Neurowetenschappelijke toepassingen in de jeugdstrafrechtketen

318

Onderzoek en beleid

Neurowetenschappelijke toepassingen in de jeugdstrafrechtketen

Inventarisatie instrumenten, preventie en interventie

L.J.M. Cornet

F. Bootsman

D.L. Alberda

C.H. de Kogel

Boomcriminologie

Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum
Ministerie van Veiligheid en Justitie

Onderzoek en beleid

De reeks Onderzoek en beleid omvat de rapporten van onderzoek dat door en in opdracht van het WODC is verricht.
Opname in de reeks betekent niet dat de inhoud van de rapporten het standpunt van de Minister van Veiligheid en Justitie weergeeft.

Exemplaren van dit rapport kunnen worden besteld bij het distributiecentrum van Boom juridisch:
Boom distributiecentrum te Meppel
Tel. 0522-23 75 55
Fax 0522-25 38 64
E-mail budh@boomdistributiecentrum.nl

De integrale tekst van de WODC-rapporten is gratis te downloaden van www.wodc.nl.
Op www.wodc.nl is ook nadere informatie te vinden over andere WODC-publicaties.

© 2016 WODC

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (art. 16 Auteurswet) kan men zich wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.stichting-pro.nl).

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

ISBN 978-94-6236-724-1

NUR 820

Voorwoord

Neurowetenschappelijk onderzoek naar antisociaal gedrag heeft de laatste decennia een enorme vlucht genomen. Onderzoek op dit terrein heeft aangetoond dat biologische informatie, in aanvulling op kennis over psychologische en sociale factoren, nodig is om antisociaal gedrag te kunnen verklaren, voorkomen en verminderen.

Er is steeds meer vraag naar neurowetenschappelijke kennis in het veld van Veiligheid en Justitie. Dat geldt ook voor de jeugdstrafrechtketen. In dit rapport wordt onderzocht op welke manier neurowetenschappelijke kennis toegepast kan worden in de jeugdstrafrechtketen met betrekking tot de volgende drie onderwerpen: instrumenten, preventiestrategieën en interventiemethoden.

Dit rapport betreft een *inventarisatie* van mogelijke neurowetenschappelijke toepassingen. Er worden richtingen aangegeven en concrete voorbeelden aangedragen voor de jeugdstrafrechtketen. Daartoe is niet alleen aangesloten bij inzichten uit de wetenschappelijke literatuur in binnen- en buitenland, maar zijn ook vraaggesprekken gehouden met experts uit wetenschap en praktijk.

Uit het rapport wordt duidelijk dat op dit moment al concrete neurowetenschappelijke toepassingen mogelijk zijn binnen de jeugdstrafrechtketen. Het daadwerkelijk implementeren van neurowetenschappelijke kennis in de praktijk vraagt uitdrukkelijk om gespecialiseerde expertise. Vanzelfsprekend dient er ook aandacht te zijn voor ethische aspecten zoals privacy en het risico van stigmatisering wanneer individuen op basis van (neurobiologische) kenmerken worden ingedeeld bij een risicogroep of worden geselecteerd voor preventie of interventie. Omdat neurowetenschappelijke toepassingen in de jeugdstrafrechtketen nog in de kinderschoenen staan, is het van belang om tegelijk met de invoering daarvan onderzoek te doen gericht op optimaliseren van de bruikbaarheid, effectiviteit en methodologische kwaliteit. Ten slotte zijn er, hoewel de kennis sterk is gegroeid, ook nog veel hiaten wat betreft onderzoek op het gebied van neurobiologische factoren en antisociaal gedrag. Om op de middellange termijn een stevige vernieuwende basis te ontwikkelen voor toepassingen, wordt in dit rapport een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.

Mede namens de auteurs wil ik op deze plaats de voorzitter en leden van de begeleidingscommissie bedanken voor hun nuttige commentaar. Ook de betrokken experts worden uitdrukkelijk bedankt voor hun waardevolle inhoudelijke bijdragen.

Prof. dr. F.L. Leeuw
Directeur WODC

Inhoud

Samenvatting		**11**
1	**Algemene inleiding**	**19**
1.1	Doel van het rapport	19
1.2	Beleidsachtergrond	21
1.3	Onderzoeksvragen	22
1.4	Begrippen	23
1.4.1	Antisociaal gedrag	23
1.4.2	Neurowetenschappelijke domeinen	23
1.4.3	Neuropsychologische begrippen	24
1.5	Opbouw rapport	26
2	**Methoden**	**27**
2.1	Overzicht	27
2.2	Werkwijze stand van zaken wetenschappelijk onderzoek	27
2.3	Werkwijze inventarisaties instrumenten, preventie en interventie	28
2.4	Reikwijdte van de kennisbeschrijving in dit rapport	30
3	**Overzicht stand van de kennis over neurobiologische factoren en antisociaal gedrag**	**31**
3.1	Hersenen en antisociaal gedrag	31
3.2	Neuropsychologie en antisociaal gedrag	34
3.3	Neurotransmitters en antisociaal gedrag	38
3.4	Hormonen en antisociaal gedrag	40
3.5	Psychofysiologie en antisociaal gedrag	45
3.6	Genen en antisociaal gedrag	48
4	**Instrumenten**	**53**
4.1	Introductie	53
4.1.1	Instrumenten in de jeugdstrafrechtketen	53
4.1.2	Neurowetenschappelijke instrumenten	53
4.1.3	Onderzoeksvragen	55
4.2	Welke neurowetenschappelijke instrumenten zijn er?	55
4.2.1	Neuropsychologie	55
4.2.2	Hormonen	71
4.2.3	Psychofysiologie	77
4.3	Toepassingsmogelijkheden	85
4.3.1	Biopsychosociaal profiel	85
4.4	Praktijkgerelateerde uitdagingen	92
4.4.1	Ethische aandachtspunten	93
4.4.2	Middelen	94
4.4.3	Verwachtingen en kennis	94
4.5	Onderzoeksagenda	95

5	**Preventie**	**97**
5.1	Achtergrond zelfregulatie en antisociaal gedrag	100
5.1.1	Wat is zelfregulatie?	100
5.1.2	Ontwikkeling van zelfregulatie tijdens de adolescentie in relatie tot de hersenontwikkeling	101
5.1.3	Zelfregulatie en antisociaal gedrag	103
5.2	Preventiestrategieën	106
5.2.1	Neurowetenschappelijk perspectief op preventiemethoden	106
5.3	Toepassingsmogelijkheden jeugdketen	127
5.3.1	Introductie en beleidscontext	127
5.3.2	Primaire preventie bij kinderen en adolescenten uit de algemene populatie	129
5.3.3	Secundaire preventie bij risicogroepen	130
5.4	Aandachtspunten en uitdagingen	133
5.4.1	Ethische aandachtspunten	133
5.4.2	Middelen	134
5.4.3	Verwachtingen en kennis	134
5.5	Onderzoeksagenda	135
6	**Interventie**	**137**
6.1	Neurobiologische interventies	138
6.1.1	Neuropsychologische trainingen	138
6.1.2	Serious gaming	141
6.1.3	Mindfulness	144
6.1.4	Voedingssupplementen	147
6.1.5	Biologische feedback	148
6.1.6	Medicijnen	152
6.1.7	Hormonen	154
6.1.8	Hersenstimulatie	156
6.2	Neurobiologische kennis bij de voorspelling van behandelsucces	158
6.2.1	Psychofysiologie	159
6.2.2	Hormonen	161
6.2.3	Neuropsychologische functies	163
6.2.4	Genen	164
6.3	Toepassingen van neurobiologische interventies	167
6.3.1	Innovatieve neurobiologische interventies	167
6.3.2	Verbetering van interventies	170
6.4	Conclusie	174
6.5	Uitdagingen en aandachtspunten	176
6.6	Onderzoeksagenda	178

7 Slothoofdstuk 179
7.1 De opbrengst van de inventarisatie van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie 179
7.2 Toepassen en doorontwikkelen 182
7.2.1 Instrumenten 182
7.2.2 Preventie 183
7.2.3 Interventie 183
7.3 Onderzoek 184
7.3.1 Introductie 184
7.3.2 Instrumentontwikkeling 185
7.3.3 Preventie- en interventieontwikkeling 187
7.3.4 Verdieping van kennis over de hersenontwikkeling in de adolescentie bij jongeren met antisociaal gedrag 188
7.4 Hoe breng je neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie naar de praktijk? 190
7.4.1 Wie gaan met neurowetenschappelijke toepassingen aan de slag? 190
7.4.2 Kennisoverdracht 192
7.4.3 Implementatie 192
7.4.4 Ethische aandachtspunten 193

Summary 197

Literatuur 207

Bijlage 1 Samenstelling begeleidingscommissie 237

Bijlage 2 Geïnterviewden 239

Bijlage 3 Deelnemers expertmeetings 241

Bijlage 4 Neuroanatomie 243

Bijlage 5 Instrumenten in de jeugdstrafrechtketen 251

Bijlage 6 Flowdiagrammen systematisch literatuur zoeken 253

Bijlage 7 Tabellen horende bij hoofdstuk 3 255

Bijlage 8 Begrippenlijst 261

Bijlage 9 Begrippen antisociaal gedrag 275

Samenvatting

Waarom dit rapport?

In dit rapport is geïnventariseerd op welke manier neurowetenschappelijke kennis toegepast kan worden in de jeugdstrafrechtketen. Neurowetenschappelijk onderzoek naar antisociaal gedrag is in de laatste decennia enorm toegenomen. Daardoor weten we nu bijvoorbeeld dat bij personen met ernstig antisociaal gedrag afwijkingen worden gevonden in bepaalde neurobiologische processen, waaronder fysiologische activiteit, hormoonafgifte en de werking van sommige hersengebieden. Er is steeds meer vraag naar neurowetenschappelijke kennis in het veld van Veiligheid en Justitie. Dat geldt ook voor de jeugdstrafrechtketen. Neurowetenschappelijke informatie vormt net als bijvoorbeeld kennis over psychologische en sociale factoren, een deel van de 'puzzelstukjes' die nodig zijn om menselijk gedrag beter te verklaren. Recent onderzoek laat zien dat het betrekken van neurowetenschappelijke kennis, naast de gebruikelijke sociale en psychologische aspecten, kan leiden tot een meer effectieve en efficiënte aanpak van jeugdcriminaliteit.

Voor wie is dit rapport bedoeld?

Het rapport is bedoeld voor degenen die werkzaam zijn binnen de jeugdstrafrechtketen of anderszins te maken hebben met vraagstukken op het gebied van antisociaal gedrag bij kinderen en adolescenten. Dit betreft onder meer beleids- en uitvoeringsorganisaties van het ministerie van Veiligheid en Justitie, de justitiële inrichtingen, de jeugdreclassering, de rechterlijke macht, de Raad voor de Rechtspraak, de Raad voor de Kinderbescherming, het Openbaar Ministerie en de politie. Dit rapport is ook bedoeld voor gemeenten en scholen. Sinds de inwerkingtreding van de nieuwe Jeugdwet in 2015 is de jeugdzorg gedecentraliseerd, waaronder ook preventie van gedragsproblemen en basis- en specialistische hulp en interventie bij gedragsproblemen. De studie is ook bedoeld voor wetenschappers. De samenwerking tussen maatschappelijke en wetenschappelijke partners is cruciaal. Dat is omdat de meeste van de in dit rapport als kansrijk benoemde meetinstrumenten, preventie- en interventiemethoden bij benutting als *pilots in practice* tegelijk nader wetenschappelijk onderzoek vereisen.

Het onderzoek

De huidige meetinstrumenten, preventiestrategieën en interventiemethoden voor jeugdige delinquenten zijn veelal volledig gebaseerd op sociale en psychologische modellen van antisociaal gedrag waarin nog geen neurowetenschappelijke kennis en methoden zijn betrokken. Dit onderzoek betreft een inventarisatie van praktijkgericht neurowetenschappelijk onderzoek voor de

jeugdstrafrechtketen op de volgende drie gebieden: instrumenten, preventie en interventie.

Onderzoeksvragen

Om een beeld te krijgen van hoe neurowetenschappelijke kennis ingezet kan worden op deze terreinen, zijn de volgende vragen centraal gesteld:
Op welke manier is neurowetenschappelijke kennis bruikbaar voor:
1 …het gebruik van meetinstrumenten in de jeugdstrafrechtketen?
2 …preventie van antisociaal gedrag bij jeugdigen?
3 …gedragsinterventies ten aanzien van antisociaal gedrag bij jeugdigen?

Onderzoeksmethoden

Voor het beantwoorden van bovenstaande vragen is gebruikgemaakt van systematisch onderzoek van literatuur uit binnen- en buitenland en vraaggesprekken met experts uit wetenschap en praktijk.

Functie van het rapport

Dit rapport betreft een inventarisatie van mogelijke neurowetenschappelijke toepassingen in de jeugdstrafrechtketen. Er worden richtingen aangegeven en concrete voorbeelden aangedragen voor toepassingen in de jeugdstrafrechtketen. Het daadwerkelijk implementeren van neurowetenschappelijke kennis in de praktijk gaat een stap verder dan in dit rapport mogelijk is en vraagt uitdrukkelijk om gespecialiseerde expertise. Omdat neurowetenschappelijke toepassingen in de jeugdstrafrechtketen nog in de kinderschoenen staan, is het van belang om tegelijk met de invoering onderzoek te doen gericht op het optimaliseren van de bruikbaarheid en methodologische kwaliteit. Ten slotte zijn er nog veel hiaten wat betreft onderzoek op het gebied van neurobiologie en antisociaal gedrag. Om op de middellange termijn een stevige vernieuwende basis te ontwikkelen voor toepassingen wordt een aantal aanbevelingen voor onderzoek gedaan.

Stand van de kennis

Om te beginnen is systematisch geïnventariseerd wat er op dit moment bekend is over neurobiologische factoren en antisociaal gedrag. De belangrijkste bevindingen worden hieronder per neurowetenschappelijk domein weergegeven (tabel S1).

Tabel S1 Belangrijkste bevindigen neurowetenschappelijke kennis en antisociaal gedrag

Neurowetenschappelijk domein	Belangrijkste bevindingen
Hersenen	Er is een relatie tussen antisociaal gedrag en verminderde activiteit en volume van bepaalde hersengebieden, waaronder frontale hersengebieden en de amygdala.
Neuropsychologie	Antisociaal gedrag wordt gekenmerkt door problemen in functies zoals zelfbeheersing, planning, problemen oplossen, maar ook in sociale cognitie.
Neurotransmitters	Er zijn aanwijzingen voor een verband tussen verlaagde serotonineconcentratie in het lichaam en antisociaal gedrag.
Hormonen	Antisociaal gedrag wordt gekenmerkt door verlaagde of verstoorde cortisolconcentraties en mogelijk verhoogde testosteronconcentraties.
Psychofysiologie	Er bestaat een duidelijk verband tussen antisociaal gedrag en een verlaagde hartslag in rust.
Genen	Genen spelen in combinatie met de omgeving een belangrijke rol in de ontwikkeling van antisociaal gedrag.

Bovenstaande neurowetenschappelijke bevindingen zijn niet los van elkaar te zien. Zo blijkt bijvoorbeeld uit onderzoek dat personen met ongevoelige/emotieloze kenmerken minder vatbaar zijn voor stress en straf. Dit heeft er waarschijnlijk mee te maken dat hun stresssysteem minder sterk reageert. Dat uit zich in een lage hartslag, lage concentraties van het stresshormoon cortisol en is gerelateerd aan een verminderde activiteit in de amygdala. Daarnaast zeggen bijna alle resultaten iets over de samenhang tussen antisociaal gedrag en neurobiologische kenmerken, maar er is nog weinig bekend over waarom bepaalde neurobiologische kenmerken afwijken bij individuen met antisociaal gedrag. Onderzoek over bijvoorbeeld de voorspellende waarde van neurobiologische kenmerken in relatie tot antisociaal gedrag is relatief schaars. Ondanks deze aandachtspunten is het op basis van bovenstaande informatie duidelijk dat neurowetenschappelijke kennis extra inzicht kan geven in de problematiek van individuen, aanvullend op de informatie vanuit andere expertises.

Neurowetenschap en instrumenten

De volgende drie neurowetenschappelijke meetmethoden zijn interessant voor en op korte termijn toepasbaar in de jeugdstrafrechtketen (tabel S2):

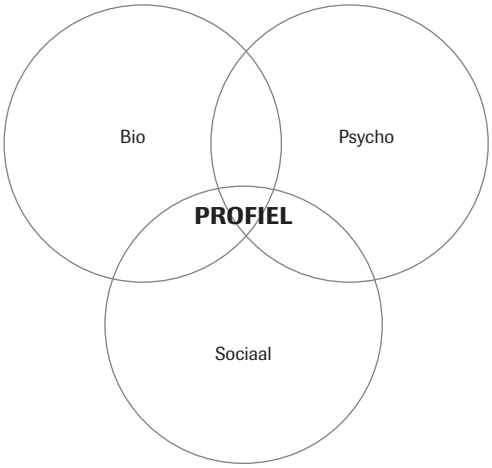
Tabel S2 Neurowetenschappelijke instrumenten

Neurowetenschappelijk domein	Voorbeelden meetmethoden
Neuropsychologie	Neuropsychologische testen die een beroep doen op werkgeheugen, aandacht, zelfregulatie, emotieregulatie, empathie en cognitieve flexibiliteit
Hormonen	Speeksel afnemen om cortisol- en testosteronconcentratie te bepalen
Psychofysiologie	Hartslagmeters inzetten om hartslag in rust te bepalen

Neurowetenschappelijke instrumenten moeten gezien worden als een *aanvullende* bron van informatie op bestaande instrumenten in de jeugdstrafrechtketen (waaronder vragenlijsten, dossieronderzoek en informatie van derden). De combinatie van neurowetenschappelijke gegevens en psychosociale informatie kan bijdragen aan het creëren van 'biopsychosociale' profielen (zie figuur S1). Dergelijke *multidimensionale* profielen kunnen ingezet worden ten behoeve van:

- Risicotaxatie: door het integreren van neurobiologische risicofactoren, zoals lage hartslag in rust, en beschermende factoren, zoals goede prestatie op neuropsychologische testen, kunnen risicotaxatie-instrumenten, ter inschatting van het risico op recidive, verrijkt en verbeterd worden.
- Interventieplanning: neurowetenschappelijke kennis kan bijdragen aan het voorspellen, het monitoren en het evalueren van behandeluitkomsten en daarmee meer maatwerk leveren voor jongeren met antisociaal gedrag.
- Bejegening en toezicht; neurowetenschappelijke kennis kan extra inzicht geven in het functioneren en de behoeften van jongeren. Met deze kennis kunnen de bejegeningsvorm en het toezicht beter daarop afgestemd worden.

Figuur S1 Biopsychosociaal profiel



Tot slot zijn er op dit moment verschillende innovaties die interessant zijn voor de jeugdstrafrechtketen. Voorbeelden zijn *wearables* die fysiologische kenmerken, zoals hartslag en huidgeleiding, eenvoudig kunnen meten (zoals de Empatica polsband, zie figuur S2).

Figuur S2 Empatica polsband



Neurowetenschap en preventie

Uit onderzoek blijkt dat op dit moment vier neurowetenschappelijk geïnspireerde preventiemethoden effectief kunnen zijn met betrekking tot het verbeteren van zelfregulatie en het verminderen van antisociaal gedrag op latere leeftijd. Deze preventiemethoden kunnen primair ingezet worden (bij jeugdigen uit de algemene populatie) of secundair (bij risicogroepen of jeugdigen met antisociale kenmerken) (tabel S3):

Tabel S3 Neurowetenschappelijk geïnspireerde preventiemethoden

Preventiemethode	Voorbeeld
Verrijken omgeving	Sociale factoren zo beïnvloeden dat ze een positief effect hebben op neurobiologische kenmerken
Zelfregulatietraining	Beloningstraining, meditatietechnieken of zelfbeheersingssessies
Voedingssupplementen	Waaronder omega-3-vetzuren
Gezinsinterventies	Begeleiding gericht op ontwikkelen/verbeteren ouder-kindrelatie; effecten gevonden op gedrag en fysiologisch stresssysteem kind

Naast het implementeren van neurobiologische preventiemethoden kan neurowetenschappelijke kennis helpen bij:

- biopsychosociale screening om te bepalen bij wie preventie nodig is;
- het *inhoudelijk* verbeteren van bestaande preventiemethoden; zo zouden bestaande preventiemethoden meer toegespitst kunnen worden op de behoeften van het kind met kennis over de onderliggende neurobiologische tekorten;
- het monitoren van de vroege (neurobiologische) ontwikkeling van het kind.

Uit gesprekken met experts blijkt ook dat algemene voorlichting over de ontwikkeling van hersenen en gedrag gedurende de kindertijd en adolescentie van belang is voor ouders, leraren en jongeren om gedrag beter te begrijpen en probleemgedrag te voorkomen.

Neurowetenschappelijke kennis biedt de mogelijkheid om vanuit een ander perspectief bij kinderen al op jonge leeftijd risicofactoren voor de ontwikkeling van antisociaal gedrag in kaart te brengen. Dit vraagt echter wel om een maatschappelijk debat rondom de vragen wanneer begonnen zou moeten worden met preventie en hoe ver we daarin zouden willen gaan.

Neurowetenschap en interventie

Een aantal neurobiologische interventies is interessant om op korte termijn toe te passen in de jeugdstrafrechtketen (tabel S4):

Tabel S4 Neurobiologische interventiemethoden

Interventievorm	Toelichting
Neuropsychologische training	Het trainen van specifieke hersenfuncties waarin tekorten zijn gevonden bij personen met antisociaal gedrag (bijvoorbeeld met serious gaming of virtual reality)
Mindfulnesstraining	Door middel van meditatie bewustwording creëren
Voedingssupplementen	Waaronder omega-3-vetzuren (figuur S3)
Psychofysiologische feedback	Zoals het monitoren en beïnvloeden van eigen hartslag
Medicijnen	Om de balans in bepaalde stoffen in de hersenen te herstellen

Naast het implementeren van neurobiologische interventies kan neurowetenschappelijke kennis helpen bij:
- het inzicht geven in en stimuleren van behandelbereidheid;
- het vooraf voorspellen van behandeluitkomst ter verbetering van selectie van de meest passende interventie;
- het monitoren en evalueren van de voortgang en uitkomst van interventies;
- het *inhoudelijk* verbeteren van bestaande interventies; zo zou op basis van neurowetenschappelijke kennis bijvoorbeeld een werkgeheugen- of emotieherkenningsmodule toegevoegd kunnen worden aan bestaande gedragsinterventies.

Ook op de langere termijn zouden enkele neurobiologische interventies ingezet kunnen worden die nu nog in ontwikkeling zijn en vooral experimenteel worden getoetst. Een voorbeeld hiervan is neurofeedback.

Voor de implementatie van neurobiologische interventies geldt dat enkele praktische en ethische uitdagingen in ogenschouw genomen moeten

Figuur S3 Omega-3-visolie als behandelvorm



worden. Allereerst zijn niet van alle neurobiologische interventies de werking en effectiviteit bekend. Daarnaast is het van belang dat bovengenoemde interventies onder deskundige begeleiding geïmplementeerd worden en dat er aandacht is voor onwenselijke bijwerkingen (van bijvoorbeeld medicatie).

Neurowetenschap in de praktijk

Neurowetenschappelijke kennis kan enerzijds bijdragen aan meer 'maatwerk' en kan anderzijds helpen om individuen meer inzicht in het eigen gedrag te geven. Zo is er bijvoorbeeld onder jongeren veel individuele variatie in de hersenontwikkeling. Het meten (met neurowetenschappelijke instrumenten) en beïnvloeden (met preventie- en interventiemethoden) van deze individuele neurobiologische kenmerken, naast psychologische en sociale kenmerken, draagt bij aan een meer persoonsgerichte aanpak. Ook het verkrijgen van meer inzicht in de eigen (neurobiologische) gegevens kan belangrijk zijn. Als een jongere weet dat ook biologische factoren een rol kunnen spelen bij zijn gedrag, kan hij wellicht betere keuzes maken dan als deze factoren buiten beeld blijven.
Wat is ervoor nodig om neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie naar de praktijk te brengen? Te denken valt onder meer aan de volgende punten:

– aandacht voor de vraag welke deskundigheid vereist is om neurowetenschappelijke instrumenten, preventie-, of interventiemethoden in de praktijk te kunnen toepassen;

- goede voorlichting en kennisoverdracht, onder andere om misverstanden over interpretatie van neurowetenschappelijke gegevens te voorkomen;
- wetenschappelijke begeleiding bij de implementatie van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie- en interventiemethoden;
- aandacht voor ethische aspecten, zoals eventuele bijwerkingen van medicatie, stigmatisering door vroege preventie en privacyaspecten van bijvoorbeeld het gebruik van 'lichaamseigen' stoffen, zoals hormonen;
- aandacht voor richtlijnen omtrent omgaan met neurowetenschappelijke gegevens, zoals eigenaarschap, gegevensbeheer en opslag van materiaal en gegevens.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

Uit dit rapport komt een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek voort. Dit uit te voeren onderzoek geeft verdieping aan het reeds verzamelde bewijs dat neurowetenschappelijke kennis toegevoegde waarde heeft voor de jeugdstrafrechtketen en daarbuiten. Hieronder volgen enkele van de aanbevelingen (zie voor de uitgebreidere lijst het volledige rapport):

a Ontwikkel aantrekkelijke en levensechtere neuropsychologische testen voor jongeren voor screening en training van neuropsychologische functies.
b Ontwikkel een neuropsychologische testbatterij toegesneden op functiestoornissen die relevant zijn voor jongeren in de strafrechtketen.
c Onderzoek met behulp van nieuwe technologieën cognitieve, emotionele en psychofysiologische kenmerken van adolescenten met antisociaal gedrag.
d Start (evaluatie)onderzoek naar de effecten van innovatieve neurobiologische preventie- en interventiemethoden op antisociaal gedrag en onderliggende neurobiologische kenmerken.
e Onderzoek potentiële neurobiologische indicatoren (o.a. neuropsychologische functies, psychofysiologie, maar ook genvarianten) van behandelsucces verder op de mogelijkheden om ze in te zetten bij de toewijzing aan behandelprogramma's.
f Ontwikkel en onderzoek vernieuwende (preventieve) interventies en benut daarbij nieuwe technieken: biofeedback, *wearables* voor fysiologische metingen, neuropsychologische training in de vorm van *serious* games, virtual reality, en hersenstimulatie.
g Onderzoek de ontwikkelingsstadia van verschillende hersengebieden en de relatie met gedrag tijdens de adolescentie om meer inzicht te krijgen in de ontwikkeling van antisociaal gedrag.
h Onderzoek wanneer neurowetenschappelijk gezien het grootste effect bereikt kan worden met specifieke preventie- en interventiemethoden.

1 Algemene inleiding

1.1 Doel van het rapport

De huidige meetinstrumenten, preventiestrategieën en interventiemethoden voor jeugdige delinquenten zijn veelal volledig gebaseerd op sociale en psychologische modellen van crimineel gedrag waarin nog geen neurowetenschappelijke kennis en methoden zijn betrokken. De kennis en inzichten over de rol van neurobiologische factoren bij agressie en antisociaal gedrag zijn echter de laatste decennia sterk toegenomen (zie o.a. de volgende meta-analyses: Van Goozen et al., 2007; Yang & Raine, 2009; Ogilvie et al., 2011).

Verschillende wetenschappers betogen dat innovatie van meetinstrumenten, preventie en interventies, waarbij naast de gebruikelijke sociale en psychologische aspecten óók neurobiologische factoren worden betrokken, kan leiden tot een meer effectieve en efficiënte preventie en aanpak van jeugdcriminaliteit (o.a. Van Goozen & Fairchild, 2008; Vaske, Galyean & Cullen, 2011; Cornet et al., 2014a, 2014b).

In 2008 verscheen het WODC-rapport *De hersenen in beeld*, waarin een aantal vragen op voor Veiligheid en Justitie relevante terreinen van neurowetenschappelijk onderzoek worden verkend (De Kogel, 2008). Sinds die tijd zijn de kennis en inzichten uit neurowetenschappelijk onderzoek verder gegroeid. Voor een deel betreft dit 'praktijkgericht neurowetenschappelijk onderzoek' gericht op het ontwikkelen van in de praktijk bruikbare middelen of methoden. Dergelijk onderzoek richt zich bijvoorbeeld op het ontwikkelen en testen van meetinstrumenten, de werkingsmechanismen van gedragsinterventies en het onderzoeken van innovatieve preventie- en behandelingsmethoden.

De doelstelling van het huidige rapport is een inventarisatie te bieden van de stand van zaken van praktijkgericht neurowetenschappelijk onderzoek op het gebied van meetinstrumenten, preventiemethoden en interventies die relevant zijn voor de jeugdstrafrechtketen. Naast internationaal literatuuronderzoek, interviews met wetenschappers en twee expertmeetings met wetenschappers en praktijkfunctionarissen, is ook de kennis die de onderzoeksprojecten binnen het programma Hersenen & Cognitie: Maatschappelijke Innovatie (HCMI) hebben opgeleverd waar mogelijk in de inventarisatie betrokken.[1]

Het rapport biedt een beknopt overzicht van de stand van zaken wat betreft kennis over neurobiologische factoren en antisociaal gedrag. Meer uitgebreid wordt vervolgens stilgestaan bij kansrijke toepassingsmogelijkheden van neurowetenschappelijke meetinstrumenten, preventie en interventie. Het

1 Op www.hersenenencognitie.nl/contents/1109 is meer informatie te vinden over de onderzoeksprojecten van de pijler Veiligheid binnen het programma Hersenen & Cognitie Maatschappelijke Innovatie.

gaat om de aanvullende waarde daarvan op waardevolle meetinstrumenten, preventie-, en interventiemethoden die er al zijn. Het rapport biedt een neerslag van onderwerpen en vragen die al leven in de wetenschappelijke literatuur en discours en ook in de praktijk van het werken met adolescenten met antisociaal gedrag. Een belangrijk doel is kennisverspreiding. Het rapport is bedoeld als startpunt voor benutting van neurowetenschappelijke meetinstrumenten, preventie en interventie en als naslagwerk.
Het rapport is bedoeld voor degenen die werkzaam zijn binnen de jeugdstrafrechtketen of anderszins te maken hebben met vraagstukken op het gebied van antisociaal gedrag bij kinderen en adolescenten. Dit betreft onder meer beleidsorganisaties van het ministerie van Veiligheid en Justitie zoals het Directoraat Generaal Straffen en Beschermen (DGS&B), in het bijzonder de portefeuille Jeugd van de Directie Sanctietoepassing en Jeugd (DSJ). Andere belangrijke partners in de jeugdstrafrechtketen zijn onder meer de Raad voor de Kinderbescherming (RvdK), de Dienst Justitiële Inrichtingen (DJI), de justitiële inrichtingen, de jeugdreclassering, de rechterlijke macht en de Raad voor de Rechtspraak, het Openbaar Ministerie (OM) en de politie. Dit rapport is ook bedoeld voor gemeenten en scholen. Sinds de inwerkingtreding van de nieuwe Jeugdwet in 2015 is de jeugdzorg gedecentraliseerd, waaronder ook preventie van gedragsproblemen, en basis- en specialistische hulp en interventie bij gedragsproblemen. Al deze ketenpartners kunnen direct of indirect betrokken zijn bij het toepassen van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie. Het rapport is ook bedoeld voor wetenschappers.
De samenwerking tussen maatschappelijke en wetenschappelijke partners is cruciaal bij het op de juiste wijze toepassen van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie. Daarbij komt dat de meeste van de in dit rapport als kansrijk benoemde meetinstrumenten, preventie- en interventiemethoden bij benutting als *pilot in practice* tegelijk nader wetenschappelijk onderzoek vereisen.

Dit rapport biedt een verkenning en inventarisatie op een globaal niveau. Dit betekent dat een aantal zaken niet diepgaand behandeld kunnen worden. In de eerste plaats is voor daadwerkelijke implementatie meer verdieping van kennis nodig dan dit rapport biedt van het desbetreffende instrument, de preventiemethode of de interventie. Daarbij is de expertise van wetenschappers nodig. In de tweede plaats zijn er belangrijke ethische aandachtspunten met betrekking tot het toepassen van neurowetenschappelijke methoden bij jeugdigen waarmee rekening moet worden gehouden bij implementatie. Denk bijvoorbeeld aan mogelijke bijwerkingen van behandelmethoden op de zich ontwikkelende hersenen, maar ook aan de vraag of al op jonge leeftijd mag worden gescreend op neurobiologische kenmerken die mogelijk verband houden met antisociaal gedrag op latere leeftijd. In de hoofdstukken 4, 5, 6 en 7 worden enkele van dergelijke aandachtspunten kort besproken. In de derde plaats legt de inventarisatie in dit rapport ook hiaten bloot in kennis

met betrekking tot de in dit rapport geïnventariseerde instrumenten, preventie- en interventiemethoden. Een voorbeeld is het ontbreken van referentiekaders of normen met betrekking tot psychofysiologische metingen die geschikt zijn voor jongeren in de strafrechtketen (zie hoofdstuk 4). Dergelijke hiaten zouden bij implementatie moeten worden aangepakt. In de vierde plaats spelen er actuele vragen in de jeugdstrafrechtketen waarvoor langerlopend en meer fundamenteel onderzoek nodig is. Een voorbeeld is de vraag of een neurowetenschappelijk instrumentarium kan ondersteunen bij de advisering aan de rechter over de vraag of een jongvolwassene moet worden berecht volgens het volwassenenstrafrecht of het jeugdstrafrecht. Dit raakt aan ingewikkelde vraagstukken in de neurowetenschap wat betreft hersenontwikkeling. Wanneer kan men bijvoorbeeld stellen dat een jongere een vertraging in de ontwikkeling van het brein heeft en wanneer moet worden vastgesteld dat de ontwikkeling van het brein afwijkend is en het niet veel verder zal rijpen? Wat verstaan we überhaupt onder een 'gerijpt' brein?

1.2 Beleidsachtergrond

In het activiteitenplan van DSJ is opgenomen dat er een innovatieagenda wordt opgesteld voor de jeugdstrafrechtketen. Onderdeel hiervan is de benutting en toepassing van neurowetenschappelijke inzichten in het huidige pakket aan interventies en instrumenten en in de rechtspraktijk ten aanzien van jeugdige justitiabelen. DSJ heeft aangegeven ten behoeve van innovatie in de jeugdstrafrechtketen inhoudelijke kennis nodig te hebben voor de volgende aspecten:

1 *Het verbeteren of aanvullen van het huidige meetinstrumentarium*
Neurowetenschappelijke kennis is nodig ten behoeve van een betere screening en selectie voor interventies, voor diagnostiek, ten behoeve van predictie van risicogedrag en van behandelresultaat, en voor monitoring van de voortgang en de meting van de effectiviteit van interventies.
2 *Het verbeteren van preventie van delinquent gedrag*
Meer inzicht is nodig in de neurowetenschappelijke factoren die een rol spelen bij de ontwikkeling, instandhouding en beëindiging van antisociaal of delinquent gedrag. Van belang is de vraag welke aangrijpingspunten deze kunnen opleveren voor effectievere preventie.
3 *Verbeteren/aanvullen van interventies*
Neurowetenschappelijke kennis is nodig ten behoeve van het up-to-date houden, verder ontwikkelen of gerichter toepassen van bestaande interventies, het aanvullen of verbeteren van interventies ten behoeve van 'niet-responders' op bestaande interventies en het ontwikkelen van nieuwe of aanvullende interventiemogelijkheden.

1.3 Onderzoeksvragen

Bij de aanvrager van het onderzoek maar ook elders in de jeugdstrafrechtketen bestaat behoefte aan een inventarisatie van neurowetenschappelijke kennis op drie deelgebieden:

a meetinstrumenten voor screening, diagnostiek en risicotaxatie;
b preventie van antisociaal gedrag bij jeugdigen;
c gedragsinterventies ten aanzien van antisociaal gedrag.

Daartoe zijn de onderstaande onderzoeksvragen geformuleerd:

1 Wat is de stand van zaken van de neurowetenschappelijke kennis in relatie tot antisociaal gedrag in grote lijnen?
2a Welke bruikbare neurowetenschappelijke instrumenten, preventiemethoden en interventies zijn er op korte termijn (twee tot vijf jaar) te verwachten?
2b Hoe zouden deze in het beleid en de praktijk van de jeugdstrafrechtketen kunnen worden gebruikt?
3 Welke neurowetenschappelijke onderzoeksonderwerpen met betrekking tot meetinstrumenten, preventiemethoden, interventies zijn op de middellange termijn (vijf tot tien jaar, tot 2020-2025) van belang voor een onderzoeksagenda? Met andere woorden, wat moet er worden onderzocht om noodzakelijke kennis te verwerven of kennis beter onderbouwd te krijgen en vervolgens deze meetinstrumenten, preventiemethoden en interventies daadwerkelijk te kunnen invoeren?
4 Welke ethische en praktische aandachtspunten zijn er bij het gebruik van de desbetreffende neurowetenschappelijke kennis?

Hoofdstuk 3 is gewijd aan onderzoeksvraag 1. De onderzoeksvragen 2 tot en met 4 komen aan de orde in elk van de hoofdstukken 4 (instrumenten), 5 (preventie) en 6 (interventie).

In principe richt de inventarisatie zich op jeugdigen en adolescenten tussen de 10 en 23 jaar. Bij preventie kan het ook gaan om jongere kinderen vanaf de geboorte of zwangerschap van de moeder.

Bij het onderdeel 'preventie' richten wij ons specifiek op 'zelfregulatie' in relatie tot preventie van (de ontwikkeling van) antisociaal gedrag. Zelfregulatie betreft het vermogen tot sturen van de eigen gedachten, gevoelens en gedrag (interview met Hanna Swaab; Keeman, 2012). Hieronder vallen bijvoorbeeld impulsbeheersing en emotieregulatie. In paragraaf 1.4 'Begrippen' volgt meer uitleg over het concept 'zelfregulatie'. Inhoudelijke redenen waarom ervoor is gekozen om de nadruk te leggen op zelfregulatie zijn de volgende. Zelfregulatie is een concept met veel facetten: sociale, psychologische maar ook neurobiologische. Zelfregulatie, met name het concept '*self-*

control', is een belangrijk thema in relatie tot antisociaal gedrag, ook binnen de criminologie (o.a. Piquero, Jennings & Farrington, 2010). Uit onderzoek blijkt verder dat er bij kinderen en adolescenten een aanzienlijke variatie is in de mate van zelfregulatie en dat minder goede zelfregulatie op jonge leeftijd een belangrijke voorspeller is voor problemen op allerlei gebied later in het leven (Moffitt et al., 2011). Daarnaast is het mogelijk om aspecten van zelfregulatie te versterken, onder meer met neuropsychologische trainingen. Kortom: zelfregulatie is een belangrijk thema omdat het verband houdt met antisociaal gedrag en omdat er mogelijkheden zijn om de ontwikkeling van zelfregulatie bij kinderen en adolescenten te ondersteunen of verbeteren.

1.4 Begrippen

1.4.1 Antisociaal gedrag

In de neurowetenschappelijke onderzoeken die in dit rapport worden besproken, kunnen globaal drie verschillende manieren worden onderscheiden waarop antisociaal gedrag wordt omschreven. Dit zijn:

1 het overtreden van wettelijke of sociale normen, meestal door agressief en gewelddadig gedrag;
2 diagnoses van psychische en gedragsstoornissen waarbij antisociaal of agressief gedrag een kenmerk is, bij jeugdigen gaat het bijvoorbeeld om de gedragsstoornissen (in het Engels) *conduct disorder* (CD), *oppositional defiant disorder* (ODD) en *disruptive behavior disorder* (DBD);
3 persoonlijkheidstrekken die gerelateerd zijn aan agressief of regelovertredend gedrag, zoals ongevoelige/emotieloze trekken bij jeugdigen, in het Engels *callous unemotional traits* (CU).

Criminaliteit, normoverschrijdend gedrag, antisociaal gedrag, agressie en gewelddadig gedrag zijn begrippen die elkaar gedeeltelijk overlappen. Zo voldoen bijvoorbeeld niet alle jeugdige delinquenten aan de kenmerken van de diagnose *conduct disorder*, en zullen omgekeerd niet alle jeugdigen met de diagnose *conduct disorder* delicten plegen waardoor ze met het strafrecht in aanraking komen. In dit rapport wordt de term 'antisociaal gedrag' gebruikt als parapluterm voor al de hierboven genoemde fenomenen. Zie bijlage 9 voor nadere omschrijving en uitleg van de in deze paragraaf genoemde begrippen.

1.4.2 Neurowetenschappelijke domeinen

De neurowetenschappen kennen verschillende domeinen en onderzoeksmethoden. Tabel 1 biedt een overzicht van de neurowetenschappelijke domeinen die in deze studie worden betrokken: hersenen, neuropsychologie,

neurotransmitters, hormonen, psychofysiologie en genetica. Ook worden in de tabel bij elk domein voorbeelden gegeven van onderzoeksgebieden, instrumenten en interventies.
In de inventarisaties in dit rapport wordt onderzoek betrokken dat kennis toevoegt over de relatie tussen neurobiologische processen en antisociaal gedrag. Zo is er onderzoek dat laat zien dat bij kinderen met DBD bij wie het zenuwstelsel minder sterk reageert op stressvolle situaties, een behandeling tegen antisociaal gedrag minder goed werkt (Van Goozen et al., 2007). Een ander voorbeeld is dat uit onderzoek blijkt dat psychologische behandelingen en gedragsinterventies ook biologische processen kunnen beïnvloeden (zie bijvoorbeeld Cornet et al., 2015a).

Tabel 1 Neurowetenschappelijke domeinen: onderzoeksgebieden, instrumenten en interventie

Neurowetenschappelijk domein	Onderzoeksgebieden	Voorbeelden instrumenten	Voorbeelden interventies
Hersenen	Hersenstructuur, verbindingen, hersenfunctie, hersenschade	Beeldvormende technieken (MRI, SPECT, PET, DTI*)	Hersenstimulatie met TMS/TDCS, DBS*
Neuropsychologie	Hersenfunctie in relatie tot gedrag	Neuropsychologische functietesten, bijvoorbeeld impulsbeheersing, richten aandacht, werkgeheugen, empathie, belonings- en strafgevoeligheid	Training met computertaken, neurofeedback, serious gaming
Neurotransmitters	Onder andere serotonine, dopamine	Meting in hersenvocht	Medicatie, voeding
Hormonen	Stresshormonen, geslachtshormonen,	Meting in speeksel, bloed	Medicatie
Psychofysiologie	Hartslag(variabiliteit), zweetreactie huid, slaapfysiologie, fysiologie angst	EMG, ECG, EEG, GSR meten m.b.v. elektroden	Fysiologische biofeedback
(Moleculaire) gedragsgenetica	Genvarianten geassocieerd met bijv. psychische stoornis, agressie, verslaving	Identificeren genotypen door analyse DNA uit speeksel	Gepersonaliseerde behandeling of bejegening

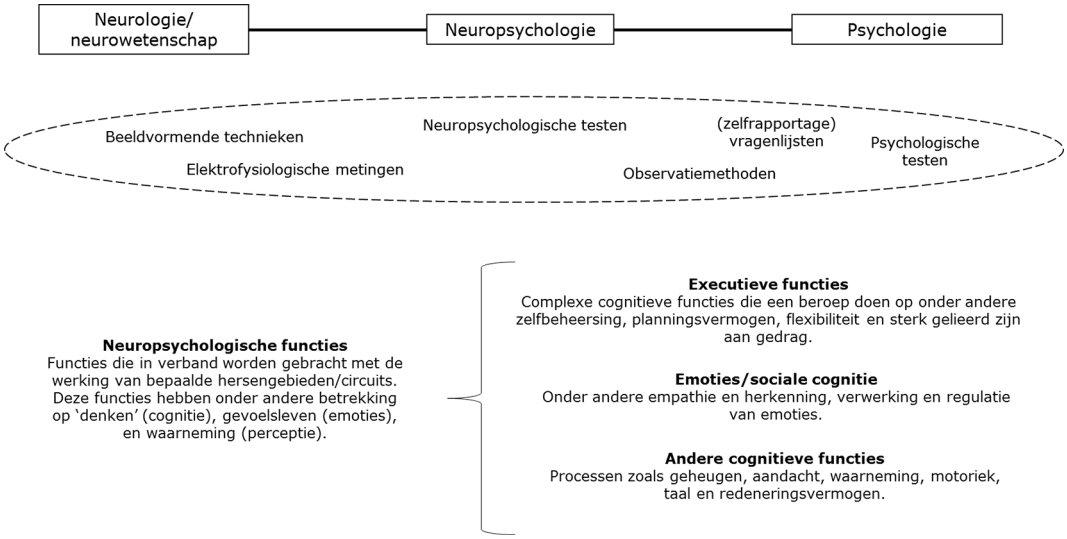
* Verklaring afkortingen: zie bijlage 8.

1.4.3 Neuropsychologische begrippen

Neuropsychologische begrippen worden in de wetenschappelijke literatuur door verschillende auteurs nogal eens verschillend omschreven. Daarnaast zijn er wisselende ideeën over hoe voornamelijk neuropsychologische begrippen, zoals 'executieve functies', en voornamelijk psychologische begrippen, zoals 'cognitie', zich tot elkaar verhouden. Het schema in figuur 1 geeft schematisch weer hoe neuropsychologie staat ten opzichte van enerzijds psychologie en anderzijds neurologie. De figuur en bijbehorende

toelichting geven ook weer hoe wij in dit rapport de verschillende termen gebruiken.

Figuur 1 Neuropsychologie ten opzichte van psychologie en neurologie



Noot: Neuropsychologie is een tak van wetenschap die nauw gerelateerd is aan het bredere veld van de psychologie. In de neuropsychologie wordt de relatie bestudeerd tussen enerzijds de werking van de hersenen en anderzijds cognitie, gevoel, waarneming en gedrag. Daarmee slaat de neuropsychologie een brug tussen de neurologie/neurowetenschap en de psychologie. Er worden verschillende meetmethoden gehanteerd in de neuropsychologie. Daarvan zijn neuropsychologische testen wellicht het meest bekend. Dit zijn testen waarvan verondersteld wordt dat ze een beroep doen op bepaalde hersengebieden of -circuits. Neurowetenschappen en de psychologie hanteren verschillende meetmethoden, al wordt er ook veel uitgewisseld tussen de vakgebieden. Met neuropsychologische testen kunnen neuropsychologische functies gemeten worden, zoals zelfbeheersing, emotieherkenning en geheugen. Neuropsychologische functies kunnen betrekking hebben op bewuste of onbewuste functies en op 'koude' of 'hete' functies (meer informatie hierover in hoofdstuk 4). Van alle neuropsychologische functies zijn de 'executieve functies' wellicht het meest bekend in relatie tot antisociaal gedrag. Een synoniem voor executieve functies is cognitieve controle. Executieve functies zijn complexe cognitieve vaardigheden, betrokken bij het controleren en reguleren van doelgericht handelen (Alvarez & Emory, 2006). Voorbeelden van executieve functies zijn inhibitievermogen, ook wel het tegenhouden van (automatische) reacties, planningsvermogen en cognitieve flexibiliteit. Behalve voor de executieve functies is er binnen onderzoek naar antisociaal gedrag ook veel aandacht voor emoties en sociale cognitie. Neuropsychologische functies die hierop betrekking hebben, zijn de verwerking, herkenning en regulatie van emoties en verschillende vormen van empathie. Ten slotte maken ook geheugen, waarneming, taal en motoriek deel uit van de verschillende neuropsychologische functies. Bovenstaande indeling van neuropsychologische functies is afgeleid uit het handboek *Neuropsychological Assessment* van Lezak (2004).

Het begrip 'zelfregulatie' speelt een belangrijke rol in het hoofdstuk over preventie (hoofdstuk 5). De term 'zelfregulatie' wordt in dit rapport omschreven als het sturen van eigen denken, emoties en gedrag (interview met Hanna Swaab; Keeman, 2012). Vaak wordt daaraan toegevoegd dat het vermogen tot zelfregulatie pas goed zichtbaar wordt in omstandigheden waarin iemand moeite moet doen om zijn gedrag te sturen, bijvoorbeeld op het moment dat emoties een rol spelen, zoals bij het beheersen van een woedeaanval

(Adolphs, 2003).[2] In dat verband wordt ook wel gesproken van 'emotieregulatie'. Daaronder verstaan we in dit rapport: het proces waarmee individuen hun emotionele ervaringen, emotionele uitingen, fysiologie – en de situaties die dergelijke emoties uitlokken – aanpassen om passend te kunnen reageren op allerlei verschillende situaties en eisen (Aldao, 2013[3]). Een aan het concept zelfregulatie gerelateerd begrip in de Engelse wetenschappelijke literatuur is het begrip *self-control*. Wij gebruiken in dit rapport daarvoor het Nederlandse begrip 'zelfbeheersing'. Hieronder verstaan wij in dit rapport: de mate van impulsiviteit en het vermogen tot uitstel van beloning. Dit is een van de hoofdelementen in de '*general theory of crime*' van Gottfredson en Hirschi (1990; Piquero, Jennings & Farrington, 2010[4]). Tot slot is aan zelfregulatie gerelateerd het begrip 'executieve functies' (zie voor de omschrijving daarvan figuur 1 en paragraaf 3.2).

1.5 Opbouw rapport

Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 worden de methoden en werkwijzen besproken. Hoofdstuk 3 biedt op basis van systematisch literatuuronderzoek een overzicht op hoofdlijnen van de stand van zaken van het wetenschappelijk onderzoek naar neurobiologische factoren in relatie tot antisociaal gedrag. De hoofdstukken 4, 5 en 6 geven een overzicht van respectievelijk neurowetenschappelijke of door neurowetenschap geïnspireerde instrumenten, preventiestrategieën en interventies. Daarbij wordt besproken welke van de gevonden aanpakken kansrijk zijn voor benutting op korte of middellange termijn, welke aspecten nog verder onderzocht moeten worden, welke praktische en ethische aandachtspunten er zijn en tot slot welke aspecten op de onderzoeksagenda moeten komen. In de hoofdstukken 4, 5 en 6 worden ten behoeve van de lezer telkens hoofdpunten samengevat in de vorm van boxen met *take home messages*. In hoofdstuk 7 ten slotte worden de belangrijkste bevindingen samengevat en besproken.

2 Adolphs (2003) formuleert het als volgt: 'Self-regulation: The ability to control one's behaviour effortfully and often in opposition to emotional drive (for example, controlling an anger outburst). Most prominent in adult humans, self-regulation depends on regions in the prefrontal cortex.'

3 Aldao (2013) formuleert de omschrijving van emotieregulatie als volgt: '(...) a process by which individuals modify their emotional experiences, expressions, and physiology and the situations eliciting such emotions in order to produce appropriate responses to ever-changing demands posed by the environment'.

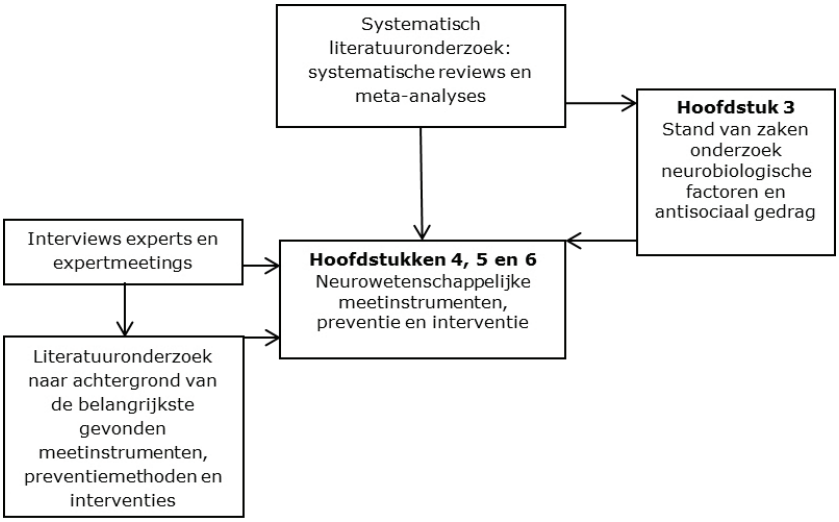
4 Uit Piquero, Jennings en Farrington (2010, p. 9): 'According to Gottfredson and Hirschi (1990), self-control is comprised of six inter-related characteristics including: (1) impulsivity and inability to delay gratification, (2) lack of persistence, tenacity, or diligence, (3) partaking in novelty or risk-seeking activities, (4) little value of intellectual ability, (5) self-centeredness, and (6) volatile temper. These characteristics are believed to come together for individuals with low self-control.'

2 Methoden

2.1 Overzicht

Dit rapport omvat enerzijds beschrijvingen op hoofdlijnen van de wetenschappelijke kennis over neurobiologische factoren en antisociaal gedrag (hoofdstuk 3) en anderzijds inventarisaties van neurowetenschappelijke instrumenten, preventiestrategieën en interventies voor gebruik in de jeugdstrafrechtketen (respectievelijk de hoofdstukken 4, 5 en 6). Figuur 2 geeft het werkproces binnen deze inventarisatie schematisch weer. In de volgende deelparagrafen worden de werkwijzen nader beschreven.

Figuur 2 Schematische weergave werkproces inventarisatie neurowetenschappelijke meetinstrumenten, preventie en interventie



2.2 Werkwijze stand van zaken wetenschappelijk onderzoek

De werkwijze bij het in kaart brengen van de globale stand van zaken van het wetenschappelijk onderzoek naar neurobiologische factoren en antisociaal gedrag per neurowetenschappelijk domein (hoofdstuk 3) was als volgt. Op basis van systematisch literatuuronderzoek met vaste zoektermen en inclusiecriteria zijn relevante systematische reviews en meta-analyses geselecteerd. Er zijn zoektermen gedefinieerd waarmee gezocht is naar literatuur in de databases *Web of Science* en *PubMed* (tabel 2). De gevonden literatuur is gescreend op bruikbaarheid volgens vooraf geformuleerde inclusiecriteria. Deze zijn:

1 Het betreft een populatie met duidelijk antisociaal gedrag.

2 De studie is een systematische review of meta-analyse, met als aanvullende eis aan de methoden van uitvoering dat de studie een omschreven systematische zoekstrategie en omschreven selectiecriteria hanteert.
3 De studie heeft betrekking op relevante neurowetenschappelijke domeinen (hersenen, neuropsychologie, neurotransmitters, hormonen, psychofysiologie of genen).
4 De studie is Engelstalig.
5 De studie is gepubliceerd in de jaren 2000 tot en met 2015.

Op basis van de gevonden studies is per neurowetenschappelijk domein een beknopte beschrijving gemaakt van de wetenschappelijke kennis in relatie tot antisociaal gedrag bij volwassenen, adolescenten en kinderen (zie bijlage 6 voor de resultaten van de systematische zoekstrategieën per neurowetenschappelijk domein).

Daarnaast is bij het onderdeel 'preventie' een inleiding opgenomen over de globale stand van zaken wat betreft de wetenschappelijke kennis over de rol van neurobiologische factoren bij de ontwikkeling van zelfregulatie tijdens de adolescentie bij zowel gezonde als antisociale jongeren (paragraaf 5.1). Hiervoor is gebruikgemaakt van enkele sleutelpublicaties op dit gebied.

Tabel 2 Zoektermen literatuur: neurobiologische factoren en antisociaal gedrag

Termen neurowetenschap	Termen antisociaal gedrag	Uitsluiten
Brain AND (funct* OR struc*)	Aggressi*	Cancer* OR tumor* OR onco*
(genet* OR genom* OR genot*)	Antisocial*	
(psychophysiolog* OR physiolog*	Externalizing*	
OR 'heart rate' OR 'skin conduct-	Externalising*	
ance' OR 'electrodermal' OR 'gal-	'Disruptive behavio$r'	
vanic')	Impulsi*	
(hormone* OR endocrinolog* OR	Violen*	
cortisol* OR testosteron* OR	Callous*	
androgen*)	'Oppositional defiant'	
(neurotransmi*)	'Conduct disorder'	
(neuropsycholog* OR neurocog-	Psychopath*	
nit* OR 'executive function' OR	Offend*	
'executive functioning' OR 'execu-	Crim*	
tive functions' OR cogniti*)	Prison*	
	Delinquen*	

2.3 Werkwijze inventarisaties instrumenten, preventie en interventie

Het doel van de inventarisaties in de hoofdstukken 4, 5 en 6 is om een overzicht te bieden van respectievelijk relevante neurowetenschappelijke

instrumenten, preventiestrategieën en interventies. Daarbij is als volgt te werk gegaan.

Instrumenten, preventiemethoden en interventies zijn gezocht in de al ten behoeve van de beschrijving van de wetenschappelijke stand van zaken (hoofdstuk 3) systematisch verzamelde literatuur. Vervolgens is ook relevante informatie uit de interviews met experts en uit de expertmeetings opgenomen. Daarbij zijn waar zinvol ook op niet-systematische wijze en via relevante websites gevonden oorspronkelijke artikelen betrokken. De bedoeling daarvan is om naast de globale stand van zaken van het vakgebied, ook nieuwe ontwikkelingen in beeld te brengen. Tot slot is voor de meest relevante nieuwe ontwikkelingen nog een beknopte systematische literatuurzoektocht ondernomen om na te gaan of geen relevante publicaties zijn gemist.

Naast de databases met wetenschappelijke literatuur is ook een aantal websites gescreend op relevante instrumenten en preventie- en interventiemethoden. Dit betreft onder meer overheidswebsites (bijv. in Engeland, Duitsland, Canada, VS) en websites van relevante onderzoeksinstituten (NIDA, Karolinska, King's College London, Duke University, etc.). Ook meer commerciële websites (zoals www.indigogo.com) zijn geraadpleegd.

In totaal maken twaalf semigestructureerde interviews met experts deel uit van het bronnenonderzoek. De experts zijn gekozen op grond van hun kennis en ervaring op het gebied van neurowetenschap en antisociaal gedrag (zie bijlage 2 voor een overzicht van de geïnterviewden). Onderwerpen in de interviews waren: welke belangrijke ontwikkelingen zijn er op het gebied van neurowetenschappelijke thema's, instrumenten, interventies of aspecten van preventie? Welke daarvan zijn nu of binnen enkele jaren bruikbaar en naar welke moet eerst meer onderzoek plaatsvinden? Elk interview is door twee onderzoekers gehouden, er is een geluidsopname gemaakt en van elk interview maakten de onderzoekers een kort verslag.

In het najaar van 2015 zijn twee expertmeetings gehouden over de thema's meetinstrumenten, preventie en interventie. Het doel van de expertmeetings was om de conceptbevindingen te toetsen en aan te vullen op basis van de kennis en visies van experts uit wetenschap en praktijk. Het betrof twee bijeenkomsten met wetenschappers en praktijkexperts en het projectteam (zie bijlage 3 voor een overzicht van de deelnemers aan de expertmeetings). De onderzoekers maakten een geluidsopname van beide expertmeetings en een kort verslag met de resultaten van de expertmeetings.

2.4 Reikwijdte van de kennisbeschrijving in dit rapport

De beschrijving van de huidige stand van zaken van neurowetenschappelijke kennis met betrekking tot antisociaal gedrag in hoofdstuk 3 is gebaseerd op een systematisch literatuuronderzoek gericht op meta-analyses en systematische reviews. Meta-analyses en systematische reviews zijn in feite bundelingen waarin de uitkomsten van (grote aantallen) wetenschappelijke onderzoeken worden gewogen en waarbij ook de methodologische kwaliteit van die onderzoeken in aanmerking wordt genomen. Het gebruik van dit type studies als basis betekent dat de beschrijving van de stand van zaken een stevige wetenschappelijke onderbouwing heeft. Het brengt ook met zich mee dat met name de terreinen waarop al relatief veel wetenschappelijk onderzoek is, in de beschrijving naar voren komen. De andere kant daarvan is dat relatief nieuwe ontwikkelingen en andere gebieden waarop nog niet veel onderzoek is verricht of alleen nog 'losse wetenschappelijke studies' zijn gedaan, niet worden gevonden. Daarom is de keuze gemaakt om bij de bespreking van mogelijke toepassingen in de hoofdstukken 4, 5 en 6 niet alleen de systematische literatuurstudie van hoofdstuk 3 te betrekken, maar ook nieuwe ontwikkelingen in kaart te brengen door middel van interviews met experts, expertmeetings en op niet-systematische wijze verkregen studies. De wetenschappelijke onderbouwing daarvan is echter nog minder zwaar getoetst dan bij de ontwikkelingen die op basis van meta-analyses en systematische reviews zijn beschreven.

Een algemene beperking van de beschrijving van de stand van zaken van de wetenschappelijke kennis over neurobiologische factoren en antisociaal gedrag in hoofdstuk 3 is dat het een zeer beknopte beschrijving betreft. Dit biedt de lezer een snel overzicht op hoofdlijnen. Over elk van de besproken onderwerpen is er echter nog veel meer verdiepende kennis beschikbaar in de wetenschappelijke literatuur. Ook is de stand van de kennis niet statisch, maar blijft het wetenschappelijk onderzoek een levend en groeiend geheel. Zo staan op dit moment, zoals in paragraaf 1.1 vermeld, de neurowetenschappen en gedragswetenschappen voor belangrijke onderzoeksuitdagingen wat betreft de ontwikkeling van het adolescentenbrein.

3 Overzicht stand van de kennis over neurobiologische factoren en antisociaal gedrag

De laatste decennia is het onderzoek naar biologische processen die mede ten grondslag liggen aan antisociaal gedrag, waaronder ook crimineel gedrag, sterk gegroeid. Biocriminologisch onderzoek heeft een enorme hoeveelheid (empirische) gegevens opgeleverd. Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de meest belangrijke bevindingen. Achtereenvolgens komen de volgende neurobiologische deelgebieden aan de orde:[5]

1 hersenen;
2 neuropsychologie;
3 neurotransmitters;
4 hormonen;
5 psychofysiologie;
6 genetica.

3.1 Hersenen en antisociaal gedrag

Met de verbetering van beeldvormende technieken heeft onderzoek naar de hersenen in relatie tot antisociaal gedrag de laatste decennia een grote vlucht genomen. Binnen het hersenonderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen functie en structuur: met *functie* wordt bedoeld datgene wat specifieke hersengebieden doen tijdens het uitvoeren van een specifieke taak, terwijl *structuur* verwijst naar de vorm, grootte of bouw van hersengebieden. Hierbij worden verschillende beeldvormende technieken toegepast (zie box 1 voor definities van de meest gebruikte beeldvormende technieken).

Hoewel onderzoek naar het functioneren en de structuur van de hersenen bij antisociaal gedrag veel studies heeft opgeleverd, zijn er maar een paar systematische artikelen of meta-analyses te vinden die alle bevindingen hebben samengevoegd. In een meta-analyse van Yang en Raine (2009) worden de resultaten besproken van 43 onderzoeken (die gebruikmaakten van fMRI, sMRI, PET en SPECT) naar de functie en de structuur van specifieke hersengebieden in de prefrontale cortex bij adolescenten, jongvolwassenen en volwassenen met antisociaal gedrag. In deze studies waren personen met antisociaal gedrag opgenomen en bij het merendeel ook een controlegroep. De onderzoekers rapporteren een verband tussen antisociaal gedrag en een *kleiner volume* van bepaalde hersengebieden zoals de rechter orbitofrontale cortex, de anterieure cingulate cortex en de linker dorsolaterale prefrontale cortex. Deze gebieden bevinden zich aan de voorkant van de hersenen en zijn

5 Bijlage 6 bevat uitgebreide informatie over de gevonden systematische reviews en meta-analyses per neurobiologisch deelgebied.

betrokken bij cognitieve functies zoals aandacht, impulsbeheersing en besluitvaardigheid (Yang & Raine, 2009) (zie ook bijlage 4).

Box 1 Wat zijn de meest gebruikte beeldvormende technieken?

MRI	Maakt gebruik van de magnetische eigenschappen van waterstof om contrasten tussen verschillende weefsels in het lichaam in beeld te brengen en zo informatie over structuur te verkrijgen. MRI kan ook bloedtoevoer naar actieve hersengebieden detecteren, dit geeft informatie over functies (functionele MRI, fMRI).
DTI	Techniek die informatie geeft over de diffusie van water langs het axon. Daarmee kan men de richting en integriteit van de wittestofbanen bepalen en uitspraken doen over de structurele verbindingen tussen hersengebieden.
PET	Beeldvormende techniek waarbij een radioactief isotoop wordt toegediend aan de proefpersoon. Deze stof bindt zich aan weefsel en vervalt onder uitzending van positronen. Positronen produceren gammafotonen: energiepakketjes die door de PET-camera gedetecteerd kunnen worden en waarmee een driedimensionaal beeld geconstrueerd kan worden van het weefsel in kwestie. PET kan ook gebruikt worden om bloedtoevoer naar de hersenen te registreren en kan daarmee informatie geven over de functie van hersengebieden.
SPECT	Vergelijkbaar met PET, maar maakt gebruikt van ander type isotopen. Detecteert gammastraling bij verval van de kern van de isotoop. Heeft een minder hoge resolutie dan PET. Kan ook gebruikt worden om bloedtoevoer naar de hersenen te registreren en daarmee informatie te geven over de functie van hersengebieden.
EEG	Meet de elektrische activiteit van de hersenen via aan de hoofdhuid bevestigde elektroden. Geeft informatie over hersenfunctie tijdens rust of tijdens het uitvoeren van een taak.

Omdat een verschil in volume van een bepaald hersengebied tussen personen met antisociaal gedrag en personen uit controlegroepen niet gelijk staat aan een verschil in functioneren van dat hersengebied, is ook onderzoek naar de activiteit van de betreffende hersengebieden noodzakelijk. Verschillende studies hebben aangetoond dat – *op groepsniveau* – de eerdergenoemde gebieden inderdaad een *verminderde activiteit* laten zien bij personen met antisociaal gedrag vergeleken met controlegroepen (Yang & Raine, 2009; Van der Gronde et al., 2014). Leeftijd blijkt geen invloed te hebben op deze relatie (Yang & Raine, 2009). In dezelfde lijn rapporteerden andere onderzoekers ook kleinere volumes en een ander activatiepatroon van frontale hersengebieden bij personen met antisociaal gedrag vergeleken met personen uit controlegroepen (Brower & Price, 2001; Wahlund & Kristiansson, 2009).

Een ander hersengebied dat in verband wordt gebracht met antisociaal gedrag is de *amygdala*, een diepgelegen hersenstructuur die onder andere betrokken is bij het herkennen van emoties bij anderen (o.a. Herpers et al., 2014). Verschillende studies laten zowel een verkleining als een verminderde activiteit van de amygdala zien bij groepen kinderen, adolescenten, jongvolwassenen en volwassenen met antisociale trekken (Hofvander et al., 2009; Van der Gronde et al., 2014; Herpers et al., 2014; Noordermeer, Luman & Oosterlaan, 2016; Rogers & De Brito, 2016). Bij groepen met antisociaal gedrag zou in vergelijking met controlegroepen een geremde emotionele ontwikkeling mogelijk samenhangen met lagere activiteit in de amygdala. Schade en slecht functioneren van de amygdala zou ook samenhangen met een slechter empathisch vermogen, verslechtering in herkenning van angstige gezichtsuitdrukkingen en ongevoeligheid voor negatieve prikkels, zoals straf (Van der Gronde et al., 2014; Herpers et al., 2014). Daarnaast lijkt er bij kinderen met antisociaal gedrag ook een verminderde communicatie te zijn tussen de specifieke frontale hersengebieden en de amygdala in vergelijking met kinderen zonder antisociale trekken (Herpers et al., 2014). Schade aan de verbinding tussen frontale gebieden en de amygdala resulteert mogelijk in een beperkte verwerking van gezichtsuitdrukkingen, hetgeen samenhangt met een onvermogen van kinderen met antisociaal gedrag om hun gedrag aan te passen op basis van angstige signalen van anderen (bijvoorbeeld Marsh & Blair, 2008; Marsh et al., 2008).

Naast afwijkingen in de amygdala laat een recente meta-analyse zien dat kinderen, adolescenten en jongvolwassenen met ODD en CD een verkleining en verminderde activatie hebben van de insula, het striatum en de mediale/superieure frontale gyrus. Dit wordt bevestigd door een andere meta-analyse waarin verkleiningen in de grijze stof in de amygdala, insula en mediale/superieure frontale gyrus worden gerapporteerd bij adolescenten met ernstig antisociaal gedrag (Rogers & De Brito, 2016). Genoemde gebieden zijn betrokken bij zogenoemde 'hete' executieve functies zoals emotieregulatie en bij introspectie en empathie (Noordermeer et al., 2016; meer informatie over hete executieve functies volgt in hoofdstuk 4). Structurele en functionele afwijkingen in deze gebieden zouden dus kunnen samenhangen met een minder goede werking van deze neuropsychologische functies.

Naast studies die MRI, PET en SPECT toepassen, wordt er ook onderzoek verricht dat gebruikmaakt van EEG. In deze studies wordt de elektrische activiteit van de hersenen tijdens rust of bij het uitvoeren van een taak gemeten via elektrodes die aan het hoofd zijn bevestigd. Twee meta-analyses waarin de resultaten van EEG-studies bij personen met externaliserend of antisociaal gedrag en bij gezonde controlepersonen werden vergeleken, laten groepsverschillen zien in *elektrische activiteit* tijdens zowel het uitvoeren van een cognitieve taak (Gao & Raine, 2009) als tijdens rust (Rudo-Hutt, 2015). De

gemeten activiteit bij de personen met antisociaal gedrag past mogelijk bij een vertraagde rijping van de hersenschors (Rudo-Hutt, 2015) en/of een onvermogen om relevante hersengebieden te betrekken bij het verwerken van cognitieve informatie (Gao & Raine, 2009). Gao en Raine (2009) merken op dat personen met antisociaal gedrag en psychopathische trekken een ander hersenactivatiepatroon laten zien dan personen met antisociaal gedrag zónder psychopathische trekken. Dat impliceert dat bij het antisociale gedrag van deze groepen verschillende onderliggende neurobiologische mechanismen een rol zouden kunnen spelen.

Hoewel het onderzoek naar de samenhang tussen hersenfunctie/structuur en antisociaal gedrag een grote slag gemaakt heeft, zijn meer systematische meta-analyses nodig om de rol van de frontale en diepergelegen hersengebieden bij antisociaal gedrag te duiden. Al met al lijken de resultaten op het gebied van hersenonderzoek bij personen met antisociaal gedrag tot nu toe te wijzen op een vermindering in activiteit en kleiner volume van hersengebieden die betrokken zijn bij de executieve functies, empathisch vermogen en emotioneel leren (beloning-strafassociaties).

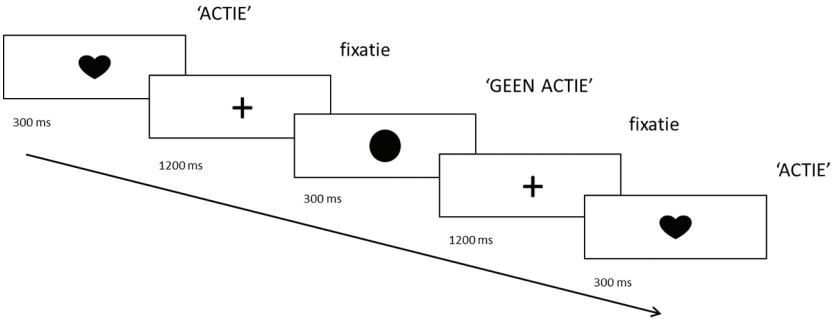
Take home message
- Er lijkt een relatie te zijn tussen antisociaal gedrag en verminderde activiteit en kleinere volumes van hersengebieden betrokken bij aandacht, impulscontrole, besluitvaardigheid, emotieverwerking en empathie.

3.2 Neuropsychologie en antisociaal gedrag

Neuropsychologie is een tak van wetenschap die nauw gerelateerd is aan het bredere veld van de psychologie. In de neuropsychologie wordt de relatie bestudeerd tussen enerzijds de werking van de hersenen en anderzijds cognitie, emotie, waarneming en gedrag. In het kader hiervan worden onder andere 'executieve functies' gemeten. Dit zijn complexe cognitieve vaardigheden die betrokken zijn bij het beheersen en reguleren van doelgericht handelen (Alvarez & Emory, 2006). Voorbeelden van executieve functies zijn inhibitievermogen (ook wel het tegenhouden van (automatische) reacties), planningsvermogen en cognitieve flexibiliteit (bijvoorbeeld het aanpassen van een gedragsstrategie als de feedback vanuit de omgeving verandert). Dit soort functies kan met neuropsychologische testen in kaart worden gebracht. Neuropsychologische testen zijn testen waarvan we weten dat ze bepaalde (netwerken van) hersengebieden activeren. Zo blijkt dat de Go/No go-taak (zie figuur 3), een taak om inhibitievermogen te testen, prefrontale-pariëtale hersennetwerken activeert (Simmonds, Pekar & Mostofsky, 2008). Daarmee geven neuropsychologische testen, in tegenstelling tot beeldvormende

technieken die hersenactiviteit meten, een meer *indirect* beeld van hersenfuncties.

Figuur 3 Voorbeeld van de Go/No go-taak



Noot: In deze figuur wordt een persoon gevraagd te reageren middels een druk op een computerknop bij het zien van een hartvormig figuur en niet te reageren bij het zien van een bolletje.

Uit onderzoek blijkt dat bij mensen met antisociaal gedrag over het algemeen tekorten in executieve functies worden gevonden. Naast onderzoek naar executieve functies wordt er ook veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen antisociaal gedrag en 'sociale cognitie'. Dit begrip heeft betrekking op het begrijpen van andermans gedrag en het adequaat reageren in sociale situaties (Spikman et al., 2012). Sociale cognitie omvat daarmee zowel het herkennen van emoties bij anderen als het meevoelen of ervaren daarvan. Uit literatuur over dit onderwerp blijkt dat over het algemeen individuen met antisociaal gedrag een verminderde sociale cognitie hebben.

Executieve functies

Een uitgebreide meta-analyse, uitgevoerd door Ogilvie en collega's (2011), toont aan dat individuen met verschillende vormen van antisociaal gedrag over het algemeen slechter presteren op executievefunctietesten dan individuen zonder antisociaal gedrag.[6] Met name op neuropsychologische testen die een beroep doen op (ruimtelijk) werkgeheugen en aandacht scoren individuen met antisociaal gedrag slechter dan controlegroepen (Ogilvie et al., 2011, p. 1090). Het gaat dan vooral om individuen met crimineel gedrag en kinderen met ernstige antisociale gedragsproblematiek. De relatie tussen executieve-functietekorten en antisociaal gedrag is onafhankelijk van leeftijd en geslacht. Daarmee lijken antisociale gedragsproblemen op verschillende leeftijden en voor zowel jongens als meisjes behoorlijk robuust verband te houden met executieve-functietekorten. Vergelijkbare resultaten werden al eerder gevonden in een meta-analyse van Morgan en Lilienfeld (2000). Ook

6 Gemiddeld presteerden de groepen met antisociaal gedrag 0,44 standaarddeviatie slechter dan controlegroepen.

Van der Gronde en collega's (2014) concluderen op basis van verschillende overzichtsstudies, waaronder die van Morgan en Lilienfield (2000), dat problematisch antisociaal gedrag gerelateerd is aan executieve-functietekorten.

Naast meta-analyses gericht op antisociaal gedrag in het algemeen, zijn er ook een aantal systematische literatuuronderzoeken uitgevoerd naar de relatie tussen executieve functies en *specifieke* antisociale kenmerken. Zo richten Frick et al. (2014) en Herpers et al. (2014) zich op kinderen en jongeren met ongevoelige/emotieloze trekken. Beide studies concluderen dat kinderen met deze persoonlijkheidskenmerken nog meer problemen in executieve functies vertonen dan kinderen met alleen ernstig antisociaal gedrag (zoals kinderen met de diagnose *conduct disorder*). Wat opvalt, is dat uit beide studies blijkt dat kinderen met ongevoelige/emotieloze trekken vooral minder gevoelig zijn voor (het vermijden van) straf of andere nadelige gevolgen van hun gedrag.

In een andere systematische literatuurstudie, door Maes en Brazil (2013), is gekeken naar de relatie tussen psychopathische trekken en executieve functies bij zowel kinderen, jongeren als volwassenen. De auteurs concluderen dat er geen duidelijk verband is tussen psychopathische trekken en de score op veelgebruikte executieve-functietesten. Wellicht heeft dat ook te maken met het beperkte aantal studies dat tot nog toe gedaan is naar executieve-functietekorten en psychopathie. Ten slotte concluderen Romero-Martínez en Moya-Albiol (2013) op basis van een systematische *review* dat daders van huiselijk geweld gekenmerkt worden door zowel een sterke mate van mentale rigiditeit als verminderde functies wat betreft inhibitievermogen, informatieverwerkingssnelheid, verbale en aandachtvaardigheden en abstract redeneren. Daarnaast blijken deze personen moeite te hebben met testen die het werkgeheugen en het langetermijngeheugen aanspreken. Volgens de auteurs van het artikel kunnen deze cognitieve tekorten deels verklaard worden door de aanwezigheid van hersenletsel en alcohol- en/of drugsgebruik in de onderzochte groep.

Hoewel intelligentie strikt genomen niet beschouwd kan worden als een executieve functie, bevatten intelligentietesten wel onderdelen die een beroep doen op bepaalde executieve functies. Zo bevat de Wechsler intelligentietest voor kinderen (de WISC) onderdelen die een beroep doen op onder andere concentratievermogen en cognitieve flexibiliteit. In dit kader is een meta-analyse door Isen (2010) interessant. De auteur onderzocht het verband tussen antisociaal gedrag en de verhouding tussen het performale[7] en verbale[8] intelligentieniveau. Opvallend is dat met name jongeren (tussen 12 en 17 jaar) met antisociaal gedrag, en niet zozeer kinderen (jonger dan 12 jaar)

7 Met performaal IQ worden niet-verbale vaardigheden bedoeld zoals motoriek en ruimtelijk inzicht.
8 Met verbaal IQ worden talige vaardigheden bedoeld zoals woordenschat, maar ook begrijpend lezen.

of volwassenen, gekenmerkt worden door een kloof tussen performaal en verbaal IQ, waarbij performaal > verbaal (P > V). Dit suggereert dat de verbale vaardigheden achter zijn gebleven op de performale ontwikkeling bij jongeren met antisociale gedragsproblematiek. Volgens Isen (2010) is een verklaring voor het lage verbale intelligentieniveau mogelijk te vinden in het feit dat delinquent gedrag en schooluitval vaak samengaan en dat een tekort aan goed taalonderwijs mogelijk leidt tot een blijvende P > V-kloof bij jongeren met antisociale gedragsproblematiek.

Sociale cognitie
Voorbeelden van sociale-cognitietesten zijn de '*Facial Expression of Emotion-Stimuli and Tests*' (FEEST), waarin emotieherkenning wordt getoetst, en de 'Faux Pas'-test, waarin emotiebegrip en gevoelens van empathie worden getoetst (Spikman et al., 2012). Op het gebied van emotieherkenning is tot nu toe één meta-analyse gedaan. Uit die meta-analyse, uitgevoerd door Marsh en Blair (2008), blijkt dat er een link is tussen antisociale gedragsproblematiek en gebrekkige herkenning van angstige gezichtsuitdrukkingen. Die relatie blijkt voor zowel jongere als oudere individuen met antisociaal gedrag te gelden. Naast deze meta-analyse zijn er twee relevante systematische literatuurstudies uitgevoerd. Bons en collega's (2013) concluderen dat kinderen met *conduct disorder* tekorten vertonen in het herkennen en het begrijpen van negatieve emoties bij anderen, maar ook in het fysiek spiegelen van emoties van anderen. Het herkennen van emoties wordt ook wel 'cognitieve empathie' genoemd, het fysiek spiegelen van emoties wordt 'motorische empathie' genoemd. De auteurs concluderen verder dat er weinig en vooral inconsistente resultaten zijn wat betreft de relatie tussen *conduct disorder* en *affectieve* empathie, het zelf *ervaren* van emoties wanneer deze waargenomen worden bij anderen. Zie tabel 7 in hoofdstuk 4 voor meer informatie over de verschillende vormen van empathie.

Frick en collega's (2014) onderzochten niet alleen executieve functies, zoals eerder beschreven, maar ook sociale cognitie bij kinderen met ongevoelige/emotieloze trekken. De auteurs concluderen dat er bewijs is voor een relatie tussen ongevoelige/emotieloze trekken en verstoorde affectieve empathie. Daarentegen lijkt er juist iets minder consistent bewijs te zijn voor de relatie tussen ongevoelige/emotieloze trekken en verstoorde cognitieve empathie. Mogelijk komen tekorten in cognitieve empathie wel voor bij kinderen met ongevoelige/emotieloze trekken, maar alleen op jonge leeftijd (vóór 9 jaar), daarna verminderen of verdwijnen ze. De tekorten in affectieve empathie blijven waarschijnlijk wel aanwezig bij kinderen met ongevoelige/emotieloze trekken naarmate ze ouder worden.

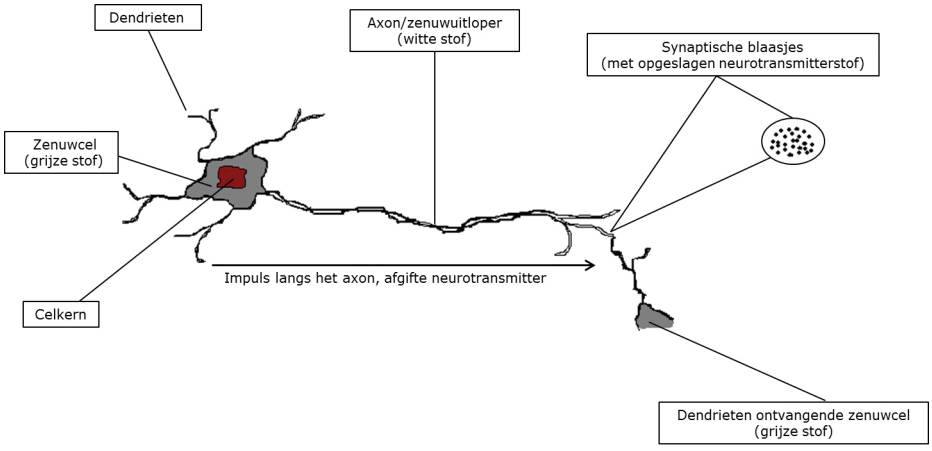
Samengevat wordt in de neuropsychologie de relatie bestudeerd tussen enerzijds de werking van de hersenen en anderzijds cognitie, gevoel, waarneming

en gedrag. Uit onderzoek blijkt dat antisociaal gedrag over het algemeen gelinkt is aan executieve-functietekorten en aan gebrekkige sociale cognitie. Individuen met *zeer* ernstig antisociaal probleemgedrag lijken nog meer, en vooral specifiekere, problemen te hebben met executieve functies en sociale cognitie.

3.3 Neurotransmitters en antisociaal gedrag

In het onderzoek naar neurowetenschappelijke factoren en antisociaal gedrag is veel aandacht voor neurotransmitters. Neurotransmitters zijn stoffen die boodschappen tussen hersencellen doorgeven. Op verschillende plaatsen in de hersenen kunnen neurotransmitters worden afgegeven door zenuwcellen. Ze zijn betrokken bij tal van functies en hun werking is dan ook sterk afhankelijk van de plaats in de hersenen waar ze voorkomen. Neurotransmitters bevinden zich in blaasjes, ook wel synaptische blaasjes, die zich bevinden aan het uiteinde van de uitlopers van zenuwcellen: de zogenoemde wittestofbanen. Die uitlopers worden axonen genoemd. Van hieruit kunnen neurotransmitters worden afgescheiden om zich te binden aan een ontvangende zenuwcel. Door de ontvangende zenuwcel te remmen of juist te stimuleren spelen neurotransmitters een belangrijke rol in impuls- en informatieoverdracht tussen zenuwcellen (figuur 4).

Figuur 4 Impulsoverdracht langs het axon, resulterend in de afgifte van neurotransmitters



Er zijn vele neurotransmitters te onderscheiden in het zenuwstelsel. De belangrijkste binnen het onderzoek naar antisociaal gedrag zijn serotonine, dopamine, GABA en glutamaat (box 2).

Box 2 Voorbeelden van bekende neurotransmitters en hun werking

Serotonine	Vooral remmende neurotransmitter. Betrokken bij onder andere regulatie van stemming, eetlust en slaap.
Dopamine	Remmende en stimulerende neurotransmitter. Onder andere betrokken bij beloningsgevoeligheid, motoriek en cognitie, waaronder aandacht.
GABA	Voornaamste remmende neurotransmitter. Reduceert opwinding/prikkelbaarheid.
Glutamaat	Vooral stimulerende neurotransmitter. Betrokken bij leren en geheugen.

Hoewel een groot aantal studies is uitgevoerd waarin de relatie tussen verschillende neurotransmitters en antisociaal gedrag is bestudeerd, zijn er maar weinig systematische overzichtsartikelen of meta-analyses. In een recente meta-analyse van Duke et al. (2013) wordt een bescheiden maar significant verband gevonden tussen een verlaagde serotonineconcentratie in het lichaam en hersenen en verhoogde agressie. Deze relatie is aangetoond in studies met voornamelijk jongvolwassenen en volwassenen. De auteurs wijzen echter op de grote inconsistentie in resultaten van de afgelopen veertig jaar en merken op dat de relatie tussen verlaagd serotonineniveau en verhoogde agressie niet zo sterk is als altijd is aangenomen. In een eerdere meta-analyse rapporteren Moore, Scarpa en Raine (2002) een verlaagde concentratie serotonine-metaboliet in de hersenvloeistof bij volwassenen met antisociaal gedrag. Een metaboliet is een afbraakproduct van een stof, in dit geval serotonine. Daarnaast wordt in een systematisch overzichtsartikel van Krakowski (2003) gewezen op een rol van serotonine bij agressie, maar wordt ook opgemerkt dat de relatie gecompliceerd is en dat vele andere factoren, zoals psychologische en sociale factoren, deze relatie beïnvloeden.

Ook medicatieonderzoek levert inzicht op over de rol van neurotransmitters bij antisociaal gedrag, omdat medicijnen de werking van een bepaalde neurotransmitter beïnvloeden en daarmee onder andere gedrag. Comai et al. (2012) voerden een systematische overzichtsstudie uit van studies die de effecten van verschillende typen medicatie op de mate van agressie beoordeelden. Bij kinderen, adolescenten en volwassenen met gedragsproblemen leek behandeling met risperidon samen te hangen met een afname in agressie. Dit is een medicijn dat valt onder de atypische antipsychotica en dat de werking van serotonine en dopamine in de hersenen blokkeert. Er zijn nog meer medicijnen die gebruikt kunnen worden in het tegengaan van agressie. Zo beschrijven Comai en collega's (2012) ook de agressiereducerende werking bij kinderen, adolescenten en volwassenen van topiramaat en valproaat, medicatie die waarschijnlijk de werking van GABA versterkt (beide) en die van glutamaat vermindert (topiramaat), maar de resultaten zijn inconsistent (Comai et al., 2012). Een andere meta-analyse laat zien dat bij volwassenen

sommige anticonvulsiva (o.a. gebruikt tegen epilepsie) en lithium (vaak gebruikt bij behandeling van bipolaire stoornissen) kunnen zorgen voor vermindering van agressie, al is het werkingsmechanisme van enkele van deze middelen grotendeels onbekend (Jones et al., 2011).

Take home message
– Er zijn aanwijzingen voor een verband tussen een verlaagde serotonineconcentratie in het lichaam en antisociaal gedrag. Echter, bevindingen op dit gebied zijn inconsistent.

Concluderend kunnen we stellen dat het leeuwendeel van de studies in de afgelopen decennia gericht is op het bestuderen van de rol van serotonine bij antisociaal gedrag. Er is enig bewijs voor een relatie tussen een verlaagd serotonineniveau en antisociaal gedrag, maar het verband is mogelijk minder sterk dan werd gedacht. Op basis van medicatieonderzoek is er voor andere neurotransmitters, zoals dopamine, GABA en glutamaat, enig indirect bewijs dat ze een relatie hebben met agressie.

3.4 Hormonen en antisociaal gedrag

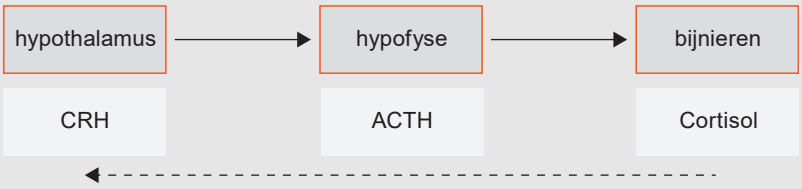
Naar de relatie tussen hormonen en antisociaal gedrag is de laatste jaren veel onderzoek gedaan. Hormonen vormen een belangrijk aspect in het neurowetenschappelijk perspectief op antisociaal gedrag, omdat ze een directe invloed hebben op het functioneren van de hersenen en daarmee op het gedrag. Het meeste onderzoek naar de relatie tussen hormonen en antisociaal gedrag richt zich op de hormonen cortisol en testosteron.

Cortisol en antisociaal gedrag
Het hormoon cortisol wordt van nature vooral aangemaakt in situaties waar spanning en stress een rol spelen. In de volksmond wordt het daarom ook wel het 'stresshormoon' genoemd. De afgifte van dit hormoon wordt gereguleerd door de hypothamalus-hypofyse-bijnier-as (de HPA-as, zie box 3). Over de relatie tussen cortisol en antisociaal gedrag is tot nu toe één meta-analyse verricht, door Alink en collega's (2008). Zij verzamelden meer dan honderd studies en vonden dat hoe ernstiger het externaliserend probleemgedrag is, des te lager het cortisolniveau in rust is. Hoewel het gevonden verband statistisch gezien significant is, is het zwak. Daarnaast is het verband tussen cortisol en externaliserend probleemgedrag alleen bij kinderen gevonden en niet bij jongeren. Ook blijkt de relatie tussen cortisolniveau in rust en antisociaal gedrag onder kinderen te variëren wanneer rekening wordt gehouden met leeftijd. Zo hebben jonge kinderen met externaliserend probleemgedrag in de leeftijd tot 5 jaar vaker een *verhoogd* cortisolniveau en blijken kinderen tussen de 5 en 12 jaar met externaliserend probleemgedrag juist gekenmerkt te

worden door een *verlaagd* cortisolniveau vergeleken met kinderen uit controlegroepen. Een mogelijke verklaring voor deze ogenschijnlijk paradoxale relatie tussen leeftijd en cortisol kan te maken hebben met blootstelling aan stress op jonge leeftijd, zoals geboortecomplicaties of een autoritaire opvoeding met zware straffen. Deze stressfactoren kunnen leiden tot een verhoogde afgifte van cortisol op jonge leeftijd. Daarnaast is bekend dat blootstelling aan dit soort stress samenhangt met de ontwikkeling van antisociaal gedrag (o.a. Farrington, 1989; Gunnar et al., 1996; Nachmias et al., 1996; Schilling, Aseltine & Gore, 2007). Een hypothese is dat langdurige ernstige stress op den duur zou kunnen leiden tot het ongevoeliger raken van de HPA-as (Fries et al., 2005; Gunnar & Vazquez, 2001). Dit proces zou dan weer kunnen verklaren waarom oudere kinderen met probleemgedrag juist een *verlaagd* cortisolniveau hebben. De auteurs van de meta-analyse vonden overigens geen relatie tussen ernstig probleemgedrag en cortisolniveau in reactie op stressvolle situaties (ook wel *cortisolreactiviteit* genoemd).

Box 3 De HPA-as

De *hypothalamic-pituitary-adrenal axis* (HPA-as), ofwel de hypothalamus-hypofyse-bijnier-as, speelt een belangrijke rol in de aanmaak van het stresshormoon cortisol. Na een stressvolle gebeurtenis produceert de hypothalamus het *corticotropin-releasing* hormoon (CRH), dat er op zijn beurt voor zorgt dat de hypofyse het *adreno-corticotroop* hormoon (ACTH) aanmaakt. ACTH stimuleert weer de aanmaak van cortisol door de bijnieren. Cortisol zorgt vervolgens voor het mobiliseren van fysieke reacties op stress. Ook komt cortisol in de hersenen terecht en zorgt daar voor een rem op de productie van CRH en ACTH. Het zou kunnen dat het verlaagde cortisolniveau, zoals dat wel gevonden wordt bij personen met ernstig agressief gedrag, veroorzaakt wordt door een te sterke rem van cortisol op de HPA-as, of doordat individuen met antisociaal gedrag een hogere grens hebben voor het ervaren van stress (Kruesi et al., 1989).



Behalve met externaliserend probleemgedrag, blijkt cortisol ook samen te hangen met andere vormen van antisociaal gedrag. Een systematische review van Van der Gronde en collega's (2014) laat zien dat er een relatie is tussen een laag cortisolniveau en sensatiezoeken, verminderde gevoeligheid voor straf en agressief gedrag bij kinderen, jongeren en volwassenen. Daarnaast is

er ook bewijs voor een relatie tussen psychopathische en ongevoelige/emotieloze kenmerken en lage cortisolconcentraties bij jongeren (Herpers et al., 2014). Zoals eerder beschreven, is er echter ook bewijs voor juist een verhoogd cortisolniveau in relatie tot agressief gedrag. Al met al zouden we kunnen concluderen dat de afgifte van cortisol bij individuen met antisociaal gedrag *uit balans* is.

Take home message
– Het cortisolniveau is mogelijk verlaagd, maar waarschijnlijk vooral verstoord bij kinderen en jongeren met antisociale gedragsproblematiek.

(Prenataal) testosteron en antisociaal gedrag
De *hypothalamic-pituitary-gonadal axis* (HPG-as), ofwel de hypothalamus-hypofyse-geslachtsklieren-as, speelt een belangrijke rol in de aanmaak van het hormoon testosteron (zie box 4).

Box 4 De HPG-as

De *hypothalamic-pituitary-gonadal axis* (HPG-as) speelt een belangrijke rol in de aanmaak van het hormoon testosteron. De hypothalamus produceert het hormoon *gonadotropin-releasing* hormoon (GnRH, dat er op zijn beurt voor zorgt dat de hypofyse *luteïnserend* hormoon (LH) en het *follicle-stimulating* hormoon (FSH) aanmaakt. Bij mannen zorgt LH onder andere voor de aanmaak van testosteron in de testikels en draagt FSH bij aan de aanmaak van spermacellen. Ook hier speelt een negatief feedbackmechanisme een rol, waarbij testosteron de werking van de hypofyse en de hypothalamus remt.

Testosteron wordt in de volksmond vaak in verband gebracht met antisociaal, agressief gedrag. Desalniettemin laat een meta-analyse, met daarin onderzoek naar kinderen, jongeren en volwassenen met agressief gedrag, zien dat het verband tussen testosteron en agressief gedrag statistisch significant, maar zwak is (Archer, Graham-Kevan & Davies, 2005). Ook wat betreft de relatie tussen *prenataal* testosteron en agressief gedrag wordt een significant maar zwak verband gevonden (Hönekopp & Watson, 2011). Tijdens de ontwikkeling in de baarmoeder hebben hormonen ook al invloed op de ontwikkeling van de hersenen. De mate waarin iemand in de baarmoeder aan testosteron is blootgesteld, kan worden bepaald door de verhouding tussen de wijsvinger en de ringvinger te meten. Een langere ringvinger zou wijzen op een verhoogd prenataal testosteronniveau.

Er zijn overigens ook overzichtsstudies die een duidelijker verband laten zien tussen verhoogde testosteronniveaus en de aanwezigheid van agressief, antisociaal, delinquent en dominant gedrag (Duke, Balzer & Steinbeck, 2014;

Yildirim & Derksen, 2012a; Van der Gronde et al., 2014). Wat echter opvalt, is dat de meeste studies crosssectioneel zijn, en dat de relatie tussen testosteron en antisociaal gedrag niet altijd gevonden wordt, zeker niet bij kinderen. Volgens een systematische review door Van der Gronde en collega's (2014) zou dit verklaard kunnen worden door het feit dat agressie bij jonge kinderen (nog) niet samenhangt met dominant gedrag, zoals dat vaak wel het geval is bij volwassenen.

In lijn met deze conclusie beschrijven Yildirim en Derksen (2012a) op basis van een uitgebreide literatuurstudie dat de samenhang tussen testosteron en antisociaal gedrag bij jonge kinderen (3 tot 12 jaar) zwak is, maar dat het verband duidelijker wordt naarmate de kinderen ouder zijn. Zo vinden de auteurs bewijs voor een redelijk sterk verband tussen testosteronconcentraties en antisociaal, delinquent en crimineel gedrag bij jongeren tussen de 12 en 20 jaar oud. Dit verband geldt overigens vooral voor jongens, veel minder voor meisjes. In een systematische review onderzochten Herpers en collega's (2014) niet alleen hersenfuncties bij jongeren met psychopathie, maar ook de relatie tussen hormonen en psychopathie bij jongeren. Er bleken echter te weinig studies te zijn om een conclusie te kunnen trekken over een verband tussen testosteronniveaus en de aanwezigheid van psychopathie of *conduct disorder* bij adolescenten. Ten slotte blijkt uit de literatuur dat juist de combinatie tussen laag cortisol en hoog testosteron geassocieerd is met een verhoogd risico op agressief/antisociaal gedrag. Een verhoogd testosteronniveau op zichzelf is dus waarschijnlijk niet 'genoeg' als risicofactor voor gewelddadig gedrag (Terburg, Morgan & Van Honk, 2009).

Take home message
- Er is bewijs voor een positief, maar zwak verband tussen testosteron en problematisch antisociaal gedrag. Dit verband geldt vooral voor jongeren en volwassenen en niet zozeer voor kinderen.

Overige hormonen
Naast cortisol en testosteron zijn er nog een aantal andere hormonen te vinden in de literatuur met betrekking tot antisociaal gedrag, waaronder:
- alpha-amylase;
- oxytocine;
- vasopressine;
- dehydroepiandrosterone (DHEA).

Alpha-amylase is een relatief nieuwe neurobiologische factor in onderzoek met betrekking tot stressgevoeligheid. Net als bij cortisol stijgt de alpha-amylaseconcentratie gewoonlijk in reactie op fysiologische en psychologische stress. Alpha-amylase wordt geproduceerd in de mondslijmvliezen en blijkt een maat te zijn voor activiteit van het sympathische autonome

zenuwstelsel (zie paragraaf 3.5 voor meer informatie en Susman et al., 2011). De concentratie van dit hormoon hangt daarom bijvoorbeeld samen met andere maten voor sympathische activiteit, zoals hartslag. Uit onderzoek blijkt dat een combinatie van lage waarden van alpha-amylase én lage cortisolwaarden geassocieerd is met verhoogd agressief/antisociaal gedrag (Gordis et al., 2006). In lijn met deze bevinding vinden Chen et al. (2015) dat een laag cortisolniveau alleen samenhangt met externaliserend gedrag wanneer ook het alpha-amylaseniveau laag is. Het lijkt er dus op dat een afwijking in beide hormoonspiegels samenhangt met ernstig antisociaal gedrag.

Naast alpha-amylase heeft het hormoon oxytocine ook steeds meer aandacht gekregen in relatie tot antisociaal gedrag. Oxytocine wordt aangemaakt door de hypothalamus en brengt van daaruit effecten teweeg in het lichaam en in de hersenen (Landgraf & Neumann, 2004). Het hormoon speelt een belangrijke rol in sociaal gedrag, waaronder empathie (Bos et al., 2012). Onderzoek door Lee et al. (2009) laat een relatie zien tussen het oxytocineniveau in de hersenen en agressief gedrag. Hoe lager het oxytocinegehalte, des te meer agressief gedrag een individu laat zien. Inmiddels zijn er ook onderzoeken die laten zien dat toediening van oxytocine door middel van een neusspray het cognitief empathisch vermogen kan verbeteren (Domes et al., 2007). Tot slot lijkt het effect van oxytocine op gedrag contextafhankelijk te zijn. Zo laat een recente studie zien dat oxytocinetoediening samenhangt met zowel beschermend gedrag naar personen uit een experimenteel gecreëerde *in-group* als een competitieve houding naar *out-group* personen (De Dreu et al., 2012).

Vasopressine is een hormoon gerelateerd aan oxytocine en is ook voornamelijk aanwezig in de hypothalamus (Nelson & Trainor, 2007). Zowel vasopressine als oxytocine spelen een belangrijke rol in sociaal gedrag bij veel diersoorten (Bos & Van Honk, 2010; Albers, 2012). Echter, vasopressine speelt voornamelijk een rol bij mannelijke agressie, dominantie en status, waar oxytocine vooral een rol speelt bij de band tussen moeder en kind. Onderzoek laat zien dat er een duidelijke relatie is tussen vasopressine en agressief gedrag bij diersoorten (Goodson & Bass, 2001). Ook onderzoek bij mensen laat zien dat er wellicht een relatie bestaat tussen vasopressine en crimineel gedrag (o.a. Coccaro et al., 1998).

Een laatste hormoon dat interessant is in relatie tot antisociaal gedrag is *DHEA*. Dit hormoon is eigenlijk een soort voorproduct van testosteron en daarmee wellicht interessant in relatie tot crimineel gedrag bij jongeren die nog niet in de puberteit zijn (Van Goozen et al., 2007). Verhoogde waarden van DHEA-S, een vorm van DHEA, blijken voor te komen bij kinderen en adolescenten met *conduct disorder* (Dmitrieva et al., 2001; Van Goozen et al., 1998). Maar de relatie tussen DHEA-S en antisociaal gedrag is nog zeker niet

duidelijk, aangezien er ook studies zijn die geen relatie vinden tussen DHEA-S en agressief gedrag bij kinderen (Constantino et al., 1993).

Samengevat weten we dat hormonen, zoals cortisol en testosteron, invloed hebben op de ontwikkeling van antisociaal gedrag. Er zijn aanwijzingen dat antisociaal gedrag gekenmerkt wordt door enerzijds een verlaagd of verstoord niveau van cortisol en anderzijds een verhoogd testosteronniveau. Naast cortisol en testosteron zijn er meer hormonen, zoals oxytocine en alpha-amylase, die in verband worden gebracht met antisociaal gedrag.

3.5 Psychofysiologie en antisociaal gedrag

Onderzoek op het terrein van de psychofysiologie richt zich onder andere op de relatie tussen de werking van het centrale zenuwstel (hersenen en ruggenmerg) alsook het autonome zenuwstelsel en gedrag. In de literatuur naar de relatie tussen antisociaal gedrag en psychofysiologische kenmerken komen vooral metingen voor die betrekking hebben op de werking van het autonome zenuwstelsel (zie box 5). Onderzoek op dit gebied heeft geleid tot de ontwikkeling van de *low arousal*-theorie. Deze theorie stelt dat individuen met antisociaal gedrag over het algemeen gekenmerkt worden door een *verminderde* activiteit van het autonome zenuwstelsel (meta-analyses op dit gebied zijn verricht door Lorber, 2004; Ortiz & Raine, 2004; Portnoy & Farrington, 2015). Die verminderde activiteit is terug te zien in bijvoorbeeld een verlaagde hartslag in rust of een verlaagde concentratie van het stresshormoon cortisol (zie paragraaf 3.4).

Box 5 Het autonome zenuwstelsel

Het autonome zenuwstelsel reguleert onder andere onze ademhaling, hartslag, hormoon- en zweetproductie. Dit systeem fungeert eigenlijk als een schakel tussen het centrale zenuwstel en de organen in de rest van het lichaam. Het autonome zenuwstel kan opgedeeld worden in het sympathische zenuwstelsel en het parasympatische zenuwstelsel. Het sympathische zenuwstelsel wordt ook wel het 'gaspedaal' van het lichaam genoemd omdat het in actie komt ten tijde van stress of bedreigende situaties. Het parasympatische zenuwstelsel daarentegen wordt ook wel het 'rempedaal' genoemd omdat het voor fysiologisch herstel en rust zorgt. Onze hartslag staat onder controle van beide zenuwstelsels. Huidgeleiding daarentegen reflecteert vooral sympathische activiteit.

Hoe kan het dat personen met antisociaal gedrag vaker dan anderen gekenmerkt worden door een lager *arousal*-niveau? Daar zijn een aantal mogelijke verklaringen voor. De eerste verklaring voor de relatie tussen antisociaal gedrag en een laag *arousal*-niveau wordt ook wel de *fearlessness*-hypothese

(oftewel: *angstloosheidshypothese*) genoemd (Raine, 1996). Volgens deze hypothese leidt een verlaagd stressniveau van het lichaam tot een verminderde gevoeligheid voor negatieve consequenties van gedrag. Met andere woorden, individuen met bijvoorbeeld een verlaagde hartslag zouden minder gevoelig zijn voor straf en hebben als gevolg daarvan een verhoogde kans om bijvoorbeeld een delict te plegen. De tweede verklaring betreft *sensation seeking* (*sensatiezoekgedrag*). Volgens deze verklaring is een verlaagde toestand van het zenuwstelsel geen plezierige staat en vergelijkbaar met een toestand van verveeldheid of vermoeidheid (Quay, 1965; Zuckerman, 1979). Om uit deze onprettige fysiologische toestand te komen, zou iemand met antisociaal gedrag risicovol gedrag kunnen gaan vertonen, waaronder het plegen van een delict. In een recente studie werd gevonden dat van beide verklaringen de *sensation seeking*-hypothese het meest waarschijnlijk onderliggend is aan de relatie tussen antisociaal gedrag en een verlaagd *arousal*-niveau (Portnoy et al., 2014). In het navolgende zal voornamelijk ingegaan worden op hartslag en huidgeleiding omdat deze twee fenomenen het meest uitgebreid bestudeerd zijn in de literatuur met betrekking tot neurobiologische kenmerken en antisociaal gedrag (Gao et al., 2012).

Hartslag

De relatie tussen het aantal hartslagen per minuut in rust en antisociaal gedrag is wellicht de meest onderzochte relatie binnen de literatuur over psychofysiologie en antisociaal gedrag. Zeer recent is daarover een uitgebreide meta-analyse verricht door Portnoy en Farrington (2015). Op basis van 45 unieke studies concluderen de auteurs dat er een significante relatie bestaat tussen een *lage* hartslag in rust en problematisch antisociaal gedrag. Deze relatie blijkt niet afhankelijk te zijn van leeftijd, geslacht en type antisociaal gedrag, zoals agressief gedrag of psychopathie. De meta-analyse van Portnoy en Farrington is niet de eerste op het gebied van hartslag en antisociaal gedrag. Eerdere meta-analyses door Ortiz en Raine (2004) en Lorber (2004) toonden al aan dat problematisch antisociaal gedrag, zoals bij individuen met *conduct disorder* en agressief gedrag, samenhangen met een lage hartslag in rust. Ten slotte bevestigen ook de resultaten uit het systematisch literatuuronderzoek van Van der Gronde en collega's (2014) het verband tussen antisociaal gedrag en een lage hartslag in rust. Ondanks de duidelijke relatie tussen een verlaagde hartslag in rust en antisociaal gedrag is het nog onduidelijk welk biologisch mechanisme ten grondslag ligt aan deze relatie (Portnoy & Farrington, 2015; Raine, 2008).

Naast hartslag in rust, blijkt uit twee meta-analyses dat ook de verandering in hartslag in reactie op mentale inspanning, ook wel *hartslagreactiviteit* genoemd, samenhangt met antisociaal gedrag bij kinderen (Lorber, 2004; Ortiz & Raine, 2004). Er lijkt echter minder overeenstemming te zijn in resultaten op dit gebied dan wat betreft de resultaten omtrent hartslag in rust.

Waar Lorber (2004) een verband vindt tussen *conduct disorder* en *verhoogde* hartslagreactiviteit, vinden Ortiz en Raine (2004) juist een relatie tussen antisociaal probleemgedrag bij kinderen en *verlaagde* hartslagreactiviteit. Het is onduidelijk wat de oorzaak is van deze ogenschijnlijk tegenstrijdige bevinding (persoonlijke communicatie A. Raine, 17-3-2016). Waarschijnlijk spelen methodologische verschillen tussen de twee meta-analyses een rol bij de verschillen in bevindingen (voor meer informatie hierover zie Portnoy & Farrington, 2015, p. 34-35).

Huidgeleiding
Huidgeleiding is een simpele, maar effectieve maat om de werking van het autonome zenuwstelsel te meten. Door het meten van kleine veranderingen in zweetproductie op de hand, krijgt men een beeld van de activiteit van het sympathische zenuwstelsel. Echter, de relatie tussen huidgeleiding en antisociaal gedrag is minder duidelijk dan die tussen hartslag in rust en antisociaal gedrag. Hoewel Van der Gronde en collega's (2014) op basis van een aantal studies concluderen dat een verlaagde huidgeleiding in het algemeen samenhangt met antisociaal gedrag, vindt Lorber (2004) dat *conduct disorder* en psychopathie samenhangen met een verlaagde huidgeleiding in reactie op stress en dat impulsief agressief gedrag juist samenhangt met een verhoogde huidgeleiding in reactie op stress. Al met al lijkt het sympathische zenuwstelsel anders te reageren op stressvolle situaties bij verschillende typen antisociale gedragsproblematiek.

Overige fysiologische processen
Naast hartslag en huidgeleiding is er nog een aantal andere fysiologische processen te vinden in de literatuur met betrekking tot antisociaal gedrag, waaronder:
– hartslagvariabiliteit (HRV);
– pre-ejectieperiode (PEP);
– spieractiviteit in het gezicht.

HRV heeft betrekking op het tijdsinterval in milliseconden tussen twee hartslagen in. In een situatie van fysieke rust is er over het algemeen veel variatie te zien in de duur van het tijdsinterval tussen twee hartslagen. Dit komt onder andere door onze eigen ademhaling. Daarom wordt HRV beschouwd als een maat voor parasympatische activiteit. Een hogere hartslagvariabiliteit is in de literatuur geassocieerd met onder andere verhoogde empathie (Fabes, Eisenberg & Eisenbud, 1993), betere emotieregulatie (Porges, 2007) en verhoogde zelfbeheersing (Fabes & Eisenberg, 1997). Kinderen met *conduct disorder* lijken over het algemeen minder variatie in het interval tussen de hartslagen te hebben (Mezzacappa et al., 1996; Pine et al., 1996).

PEP heeft betrekking op de tijd tussen het begin van een elektrische prikkel naar het hart en het daadwerkelijk openen van de linker hartklep. Deze tijd is een indicatie voor sympathische activiteit. Bij inspanning of stress is het tijdsinterval korter, bij ontspanning is het tijdsinterval langer. Uit een studie van Beauchaine et al. (2013) met 99 kinderen tussen de 4 en 6 jaar blijkt dat de kinderen die het hoogst scoorden op kenmerken van *conduct disorder* en agressief gedrag een langere PEP in rust en een kortere PEP in reactie op een beloningstaak lieten zien. Over het algemeen komt deze maat van fysiologische activiteit (nog) niet zo vaak voor in de literatuur met betrekking tot antisociaal gedrag.

Fysiologische processen worden doorgaans gemeten met elektrodes of sensoren. Daaronder valt ook het meten van spieractiviteit met behulp van elektrodes, dit wordt ook wel een electromyogram (EMG) genoemd. Binnen het onderzoek naar crimineel gedrag wordt een gezichts-EMG geregeld gebruikt om 'gezichtsimitatie', oftewel het spiegelen van gezichtsuitdrukkingen, weer te geven. Om dit te kunnen meten krijgen individuen verschillende sensoren op het gezicht geplakt, waarna ze emotionele plaatjes of filmpjes te zien krijgen. De plek van de sensoren op het gezicht wordt nauwkeurig bepaald omdat verschillende spieren in het gezicht betrokken zijn bij het imiteren van verschillende emoties. Uit een systematische review van Bons en collega's (2013) blijkt dat er nog zeer weinig onderzoek is gedaan naar gezichtsimitatie bij kinderen met *conduct disorder*. De studies die er wel zijn, suggereren dat *conduct disorder* verband houdt met een verminderde gezichtsimitatie bij het zien van negatieve emoties in filmclipjes en dat dit verband sterker is als kinderen naast *conduct disorder* ook een hoge mate van ongevoelige/emotieloze trekken hebben. Echter, onderzoek van Deschamps et al. (2014) laat geen verschil zien tussen kinderen met en zonder ernstig antisociaal gedrag als het gaat om EMG-activiteit tijdens het zien van filmclipjes met een emotionele lading.

Samengevat is er duidelijk bewijs voor een relatie tussen antisociaal gedrag en een verlaagde hartslag in rust. Minder eenduidig is de relatie tussen antisociaal gedrag en huidgeleiding. Er zijn ook andere fysiologische processen, waaronder hartslagvariabiliteit, die in verband worden gebracht met antisociaal gedrag.

3.6 Genen en antisociaal gedrag

In de afgelopen twintig jaar is er in toenemende mate aandacht gekomen voor de mogelijke rol die genen spelen in de ontwikkeling van antisociaal gedrag (zie box 6).

Box 6 Hoe beïnvloeden genen gedrag?

Genen bevatten ons erfelijk materiaal, het DNA, en bevinden zich op de chromosomen in onze lichaamscellen. Het DNA bestaat uit een code die instructies bevat voor de aanmaak van eiwitten. Het DNA bepaalt hoe en welke aminozuren aan elkaar gekoppeld moeten worden om eiwitten te maken. Aminozuren en eiwitten hebben tal van functies en eigenschappen. Zo zijn neurotransmitters, stoffen in de hersenen die de communicatie tussen hersencellen bevorderen gemaakt van aminozuren en zijn de receptoren op zenuwcellen waar neurotransmitters aan binden gemaakt van eiwitten. De werking van neurotransmitters heeft een grote invloed op het functioneren van de hersenen en daardoor ook op het gedrag. De invloed van genen op gedrag is dus *indirect*, via de aanmaak van eiwitten en neurotransmitters naar hersenfunctie.

Onderzoek naar de rol van genen wordt vaak gedaan aan de hand van tweeling- en adoptiestudies. Deze studies maken een schatting van het totale genetische aandeel in gedrag zonder daarbij specifieke genen te benoemen. Deze studies schatten dat antisociaal gedrag voor ongeveer 40-65% beïnvloed wordt door genetische factoren. Daarnaast spelen (unieke) omgevingsinvloeden een belangrijke rol in de ontwikkeling en instandhouding van antisociaal gedrag (Rhee & Waldman, 2002; Burt, 2009; Ferguson, 2010). De invloed van genen op antisociaal gedrag lijkt groter te zijn bij kinderen dan bij adolescenten en volwassenen. Een verklaring daarvoor zou kunnen zijn dat naarmate men ouder wordt, gebeurtenissen uit de omgeving zoals het oplopen van hoofdletsel of infecties en processen gerelateerd aan socialisatie zich opstapelen en een grotere invloed op het gedrag krijgen. Daardoor wordt het aandeel van genetische invloeden op (antisociaal) gedrag kleiner (Ferguson, 2010).

Als gevolg van de technologische vooruitgang is het mogelijk geworden om in het menselijk DNA specifieke genetische varianten te onderscheiden. Inmiddels is er een groot aantal studies uitgevoerd waarin getracht is een relatie te leggen tussen zogenoemde kandidaat-genen en antisociaal gedrag. Kandidaat-genen zijn genen die men vooraf selecteert om te bestuderen op basis van hun veronderstelde bijdrage aan het gedrag. In relatie tot antisociaal gedrag zijn vooral (varianten van) genen onderzocht die de concentratie en werking van serotonine en dopamine beïnvloeden, belangrijke stoffen die de communicatie tussen hersencellen waarborgen (zie paragraaf 3.3). Deze genetische varianten zijn 5HTTLPR, het MAOA-gen, het COMT-gen, het DRD4-gen, het BDNF-gen en het TPH1-gen (zie box 7) (Gunter, Vaughn & Philibert, 2010; Van der Gronde et al., 2014; Vassos, Collier & Fazel, 2014).

Take home message
– Onderzoek laat zien dat genen een grote rol spelen in het ontstaan van antisociaal gedrag, vooral op jonge leeftijd.

De relatie tussen serotonine en antisociaal gedrag is zoals eerder vermeld nog niet helemaal duidelijk. Niettemin laten verschillende overzichtsstudies een samenhang zien tussen antisociaal/agressief gedrag en het drager zijn van de 'korte' variant van 5HTTLPR of het 'lage activiteit allel' van het MAOA-gen, genen die betrokken zijn bij serotonine-neurotransmittersystemen (Ficks & Waldman, 2014; Nishioka et al., 2011).

Box 7 Welke specifieke genen worden in verband gebracht met antisociaal gedrag?

5HTTLPR	Genetische variant die codeert voor het transportenzym dat de neurotransmitter serotonine verplaatst en daarmee van invloed is op de hoeveelheid beschikbare serotonine.
COMT	Gen dat codeert voor een bepaald enzym dat verschillende neurotransmitters afbreekt en daarmee de concentratie neurotransmitters, waaronder dopamine, beïnvloedt.
MAOA	Gen dat codeert voor een bepaald enzym dat verschillende neurotransmitters afbreekt en daarmee de concentratie neurotransmitters, waaronder dopamine en serotonine, beïnvloedt.
DRD4	Gen dat codeert voor de dopaminereceptor D4. Dopamine bindt zich aan deze receptor en beïnvloedt daarmee het functioneren van zenuwcellen.
BDNF	Gen dat codeert voor een bepaald enzym dat een ondersteunende functie heeft in de overleving van bestaande zenuwcellen en de groei en differentiatie van nieuwe zenuwcellen.
TPH1	Gen dat codeert voor een enzym dat betrokken is bij de synthese van serotonine en daarmee de concentratie van serotonine beïnvloedt.

Een meta-analyse van genoomwijde associatiestudies, dit zijn studies die een groot aantal genetische varianten in één keer bekijken zonder vooraf kandidaat-genen te definiëren, toonde echter geen verband aan tussen varianten van deze en eerder genoemde genen en antisociaal gedrag (Vassos et al., 2014). Dit ondanks de consequent in tweelingstudies gerapporteerde significante relatieve invloed van genen op antisociaal gedrag (Burt, 2009; Ferguson, 2010; Van der Gronde et al., 2014).
Er is dus een verschil in inschatting van de genetische bijdrage aan antisociaal gedrag tussen tweelingstudies enerzijds en genoomwijde associatiestudies anderzijds. Een mogelijke verklaring voor dit verschil is dat complex gedrag zoals antisociaal gedrag waarschijnlijk samenhangt met het functio-

neren van honderden of duizenden individuele genen die elk een kleine invloed uitoefenen en daarnaast ook nog eens op een complexe manier met elkaar interacteren. Dit laatste wordt in genoomwijde associatiestudies niet gedetecteerd (Vassos et al., 2014). Ook is het mogelijk dat de invloed van individuele genen onderschat wordt wanneer interacties tussen genen en omgevingsinvloeden worden genegeerd in verklaringsmodellen van antisociaal gedrag. De laatste jaren is er dan ook meer aandacht voor hoe genen in combinatie met nadelige of negatieve omgevingsinvloeden (bijvoorbeeld mishandeling) gedrag kunnen verklaren. Zo zouden kinderen die een bepaalde variant van het MAOA-gen dragen en blootgesteld zijn (geweest) aan mishandeling vaker antisociaal gedrag vertonen dan kinderen die dit gen ook hebben maar niet aan dergelijke omgevingsinvloeden zijn blootgesteld (Caspi et al., 2002).

Take home message
- Hoewel enkele genetische varianten zijn geïdentificeerd die mogelijk samenhangen met antisociaal gedrag, kunnen grote genoomwijde studies maar in beperkte mate een relatie vinden tussen deze genetische varianten en antisociaal gedrag.

Ook bij dragers van varianten van bijvoorbeeld 5HTTLPR, het COMT-gen en het DRD4-gen is de invloed van de omgeving bij de totstandkoming van antisociaal gedrag onderzocht, maar hier zijn de bevindingen inconsistent (Weeland et al., 2015). In dit verband is de '*differential susceptibility hypothesis*' het vermelden waard. Deze hypothese veronderstelt dat mensen met bepaalde genetische varianten (bijvoorbeeld de 'lange' variant van het DRD4-gen) gevoeliger zijn voor positieve of negatieve omgevingsinvloeden. Dragers van een dergelijke genetische variant zouden vaker een negatieve gedragsuitkomst hebben (bijvoorbeeld meer externaliserend gedrag) bij blootstelling aan een negatieve omgeving (bijvoorbeeld mishandeling) maar ook juist vaker een positieve gedragsuitkomst hebben (bijvoorbeeld minder externaliserend gedrag) bij blootstelling aan een positieve omgeving (bijvoorbeeld betrokkenheid en warmte van de moeder). Onderzoek op dit gebied zou de rol van genen en omgeving bij de ontwikkeling van antisociaal gedrag beter in beeld kunnen brengen en zou tevens aanknopingspunten kunnen bieden voor preventie en interventie (Bakermans-Kranenburg & Van IJzendoorn, 2011). Zie voor meer informatie hierover de hoofdstukken 5 en 6.

Take home message
- Meer aandacht voor de interactie tussen genen en omgeving in het verklaren van antisociaal gedrag is noodzakelijk.

Al met al is er veel inconsistentie in de resultaten van onderzoek naar genen en antisociaal gedrag. Meer onderzoek van goede kwaliteit is noodzakelijk. Speciale aandacht zou daarbij moeten uitgaan naar de rol van interacties tussen genetische kenmerken en omgevingsinvloeden. Dat zou in de toekomst bijvoorbeeld mogelijk kunnen worden in *epigenetisch* onderzoek, waarbij men veranderingen in het al dan niet actief worden van genen onder invloed van de omgeving bestudeert.

4 Instrumenten

4.1 Introductie

4.1.1 Instrumenten in de jeugdstrafrechtketen

In de afgelopen decennia heeft neurowetenschappelijk onderzoek ons steeds meer inzicht opgeleverd in de relatie tussen neurobiologische factoren en antisociaal gedrag. Deze kennis wordt echter tot nu toe nauwelijks toegepast in het veld van Veiligheid en Justitie, waaronder de jeugdstrafrechtketen. Dat geldt ook voor het soort instrumenten dat op dit moment gebruikt wordt in de jeugdstrafrechtketen (zie voor een illustratie van instrumenten in de jeugdstrafrechtketen bijlage 5). Voorbeelden van instrumenten die in het kader van de jeugdstrafrechtketen worden gebruikt, zijn onder andere de 'Hoe Ik Denk'-vragenlijst om het effect van gedragstherapie te bepalen en de SAVRY-risicotaxatielijst om de kans op gewelddadige recidive in te schatten. Hoewel de inhoud en inzet van dit soort instrumenten verschilt, zijn ze voornamelijk gebaseerd op psychologische en sociale perspectieven op crimineel gedrag. Neurowetenschappelijke inzichten en instrumenten maken tot dusver nog geen deel uit van het instrumentarium in de jeugdstrafrechtketen.

4.1.2 Neurowetenschappelijke instrumenten

In dit hoofdstuk wordt verkend op welke manier neurowetenschappelijke instrumenten ingezet kunnen worden in de jeugdstrafrechtketen. Met neurowetenschappelijke instrumenten worden verschillende instrumenten bedoeld die de in hoofdstuk 3 besproken neurobiologische processen, zoals hartslag, hormoonspiegels en hersenfuncties betrokken bij bijvoorbeeld impulsbeheersing, pretenderen te meten. Voorbeelden van neurowetenschappelijke instrumenten zijn onder andere een hersenscanner en een hartslagmeter. Naast de instrumenten zelf is ook de wijze waarop ze worden gebruikt van belang. Er zijn bijvoorbeeld verschillende methoden en protocollen om cortisolconcentratie te meten. Beide aspecten komen in dit hoofdstuk aan de orde.

Er is een aantal voordelen van het gebruik van neurowetenschappelijke instrumenten in aanvulling op een meer traditioneel instrumentarium, zoals zelfrapportagevragenlijsten en gedragsobservatielijsten. Deze voordelen hebben onder andere betrekking op verbaal intelligentieniveau en probleeminzicht. Het blijkt dat adolescenten met antisociaal gedrag vaak gekenmerkt worden door een laag verbaal intelligentieniveau (zie hoofdstuk 3). Dit heeft enerzijds invloed op het begrip van geschreven taal, bijvoorbeeld het begrijpen van vragenlijsten, en anderzijds op de mogelijkheden van het individu om zich verbaal uit te drukken. Veel neurowetenschappelijke instrumenten doen geen beroep op taalvaardigheid en kunnen daarom ingezet worden om kenmerken van adolescenten op een andere manier in kaart te brengen dan

met de veelgebruikte 'verbale' methoden, zoals vragenlijsten en interviews. Naast een beperkt verbaal intelligentieniveau zijn probleembesef en het vermogen tot zelfreflectie vaak ook gebrekkig bij jonge delinquenten (Smeijsters et al., 2012). Niettemin worden die wel verondersteld in bepaalde mate ontwikkeld te zijn bij het afnemen van bijvoorbeeld zelfrapportagevragenlijsten. De meeste neurowetenschappelijke instrumenten doen echter geen beroep op het vermogen tot zelfinzicht. Het meten van iemands hartslag of hormoonhuishouding om fysiologische activiteit in kaart te brengen vraagt bijvoorbeeld niet om bewuste zelfreflectie. Door geen direct beroep te doen op iemands bewuste kennis, kunnen bepaalde neurowetenschappelijke instrumenten mogelijk ook sociaal wenselijk gedrag omzeilen.

Hoewel neurowetenschappelijke instrumenten een aantal voordelen hebben ten opzichte van psychosociale instrumenten, benadrukken we dat neurowetenschappelijke instrumenten niet als *vervanging* van bestaande instrumenten moeten worden gezien. Neurowetenschappelijke informatie vormt als het ware een deel van de 'puzzelstukjes' die nodig zijn om menselijk gedrag beter te verklaren, net als bijvoorbeeld psychologische en sociale factoren. Het combineren van bijvoorbeeld zelfrapportagevragenlijsten, informatie van derden, dossieronderzoek en neurowetenschappelijke instrumenten kan meer informatie over het individu opleveren.

Over welke neurowetenschappelijke instrumenten hebben we het nu eigenlijk? Tabel 3 geeft een beknopte weergave van de soorten instrumenten per neurowetenschappelijk domein. Hoewel alle in hoofdstuk 3 beschreven neurowetenschappelijke domeinen een relatie hebben met antisociaal gedrag, zijn niet alle corresponderende meetmethoden zoals weergegeven in tabel 3 praktisch toepasbaar in de jeugdstrafrechtketen. Zo zal het gebruik van een hersenscan logistiek, maar ook financieel gezien veel lastiger te implementeren zijn dan bijvoorbeeld een neuropsychologische test. In dit hoofdstuk beperken we ons daarom tot de meest praktisch toepasbare neurowetenschappelijke instrumenten. Dit zijn instrumenten op de gebieden *neuropsychologie, hormonen* en *psychofysiologie*. Meetinstrumenten op basis van beeldvormende en elektrofysiologische technieken zullen wel kort worden besproken in hoofdstuk 6.

Tabel 3 Neurowetenschappelijke domeinen en voorbeelden van bijbehorende meetmethoden

Neurowetenschappelijk domein	Voorbeelden meetmethoden
Hersenen	(f)MRI, EEG
Neuropsychologie	Neuropsychologische testen
Neurotransmitters	Onderzoek hersenvocht
Hormonen	Speeksel-, bloed- of urineonderzoek
Psychofysiologie	Hartslag-, huidgeleidingsmeting
Genetica	DNA-onderzoek

4.1.3 Onderzoeksvragen

De toegevoegde waarde van neurowetenschappelijke instrumenten voor de jeugdstrafrechtketen wordt in dit hoofdstuk verkend aan de hand van de volgende vier onderzoeksvragen:

1 Welke bruikbare neurowetenschappelijke instrumenten zijn er?
2 Wat is ervoor nodig om deze instrumenten te kunnen gebruiken in de praktijk van de jeugdstrafrechtketen?
3 Welke uitdagingen en aandachtspunten zijn er omtrent het gebruik van de desbetreffende neurowetenschappelijke instrumenten?
4 Welke onderzoeksonderwerpen met betrekking tot neurowetenschappelijke instrumenten zijn in de komende periode (tot 2020) van belang voor een onderzoeksagenda?

In paragraaf 4.2 wordt beschreven welke neurowetenschappelijke instrumenten er op dit moment zijn op de gebieden neuropsychologie, hormonen en psychofysiologie. Ook worden behoeften vanuit de praktijk omtrent het inzetten van neurowetenschappelijke instrumenten besproken. In paragraaf 4.3 worden de toepassingsmogelijkheden van neurowetenschappelijke instrumenten in de jeugdstrafrechtketen besproken, waarna in paragraaf 4.4 praktijkgerelateerde uitdagingen met betrekking tot het implementeren van neurowetenschappelijke instrumenten aan bod komen. Paragraaf 4.5 eindigt met enkele onderzoekslijnen die van belang zijn om neurowetenschappelijke instrumenten verder in de praktijk te brengen.

4.2 Welke neurowetenschappelijke instrumenten zijn er?

In deze paragraaf komen per neurowetenschappelijk domein (neuropsychologie, hormonen en psychofysiologie) de volgende onderwerpen aan bod:

– de meest voorkomende instrumenten en hun kenmerken;
– gebruik van deze instrumenten in de praktijk.

4.2.1 Neuropsychologie

Box 8 Wat zijn neuropsychologische testen?

Neuropsychologische testen meten vermogens, zoals zelfbeheersing en planningsvaardigheden, waarvan verondersteld wordt dat ze een beroep doen op bepaalde hersenfuncties of -circuits. In tegenstelling tot fMRI-scans, waarmee direct in de hersenen gekeken kan worden, geven neuropsychologische testen *indirect* een beeld van hersenfuncties, afgeleid uit de prestaties van de persoon op de test. Neuropsychologische testen zijn relatief gemakkelijk af te nemen en veel minder invasief dan bijvoorbeeld een hersenscan.

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 blijkt uit verschillende overzichtsartikelen dat groepen personen met antisociaal gedrag slechter presteren op bepaalde neuropsychologische testen (zie box 8) dan vergelijkingsgroepen met normaal gedrag. Om een indruk te krijgen welke typen neuropsychologische testen het meest worden gebruikt in onderzoek naar adolescenten met antisociaal gedrag, is gebruikgemaakt van gegevens uit de meta-analyse van Ogilvie en collega's (2011).[9] Tabel 4 geeft een beschrijving van de meest voorkomende neuropsychologische testen, gesorteerd op gemiddelde effectgrootte.[10] Op basis van de resultaten uit de studie van Ogilvie et al. (2011) kunnen een aantal constateringen worden gedaan:

– Er komen verschillende soorten testen voor, zoals testen bedoeld voor werkgeheugen, impulsiviteit, cognitieve flexibiliteit en woordvlotheid.
– Jongeren met antisociaal gedrag lijken met name op de *Self-Ordered Pointing Task* en de *Trail Making Test* slecht te scoren vergeleken met controlegroepen.
– De meest voorkomende neuropsychologische testen zoals beschreven in tabel 4 hebben betrekking op 'koude' executieve functies (zie box 9 voor meer informatie hierover).
– De meest voorkomende neuropsychologische testen zoals beschreven in tabel 4 zijn relatief lang geleden ontwikkeld.

Allereerst laten de resultaten in tabel 4 zien dat niet maar één neuropsychologisch functietekort geassocieerd is met antisociaal gedrag, maar dat het waarschijnlijk om een spectrum gaat van verschillende neuropsychologische functietekorten, waaronder problemen met werkgeheugen, zelfbeheersing, woordvlotheid, planningsvermogen en meer. Deze constatering heeft implicaties voor de praktijk. Om het neuropsychologisch functioneren van adolescenten in kaart te brengen, zouden verschillende soorten testen naast elkaar gebruikt moeten worden. Door verschillende neuropsychologische functies bij adolescenten in de jeugdstrafrechtketen te meten, kan meer inzicht verkregen worden in het *profiel* van de adolescenten (zie voor meer informatie paragraaf 4.3). Daarmee kan dan bijvoorbeeld worden bekeken wat iemands sterke en zwakkere neuropsychologische functies zijn. De neuropsychologische informatie kan samen met andere gegevens over het functioneren en het gedrag (zoals zelfrapportage van de jongeren en eventueel verzorgers en psychologische en psychiatrische rapportage) worden gebruikt om een zo compleet mogelijk beeld van de jongere te krijgen. Dit soort informatie kan dan helpen bij het opstellen van een behandelplan of het bepalen van de

9 Uit deze meta-analyse zijn alleen de studies met jongeren (< 23 jaar) geselecteerd (n=19). Om een overzichtelijke selectie te maken, is ervoor gekozen om alleen neuropsychologische (sub)testen die vaker dan drie keer voorkwamen in de meta-analyse op te nemen in de tabel. Van deze studies zijn de gemiddelde effectgroottes per test berekend.

10 Effectgrootte geeft in dit geval aan hoe groot het verschil in testscores is tussen personen met en zonder antisociaal gedrag. Een effectgrootte van 0,2 wordt als klein beschouwd, 0,5 is een gemiddelde effectgrootte en 0,8 wordt als groot gezien (Cohen, 1988).

Tabel 4 Meest voorkomende neuropsychologische testen in onderzoek naar jongeren met antisociaal gedrag

Naam	Doel	Meetpretentie	Gemiddelde effectgrootte
Self-Ordered Pointing Task	Onthouden en selecteren van afbeeldingen met inachtneming van verschillende regels	Werkgeheugen, ruimtelijk geheugen	0,62
Trail Making Test – tijd om deel B te maken	Zo snel mogelijk nummers en een combinatie van letters en nummers in de juiste volgorde doorstrepen	Cognitieve flexibiliteit	0,51
Stroop fouten/ interferentiescore	Remmen van een automatische reactie (woorden lezen) om een meer bewust gecontroleerd proces uit te kunnen voeren (kleurnamen noemen)	Interferentiecontrole	0,41
Tower of Londen – totale aantal stappen	In een aantal stappen een toren van beginstaat naar doelstaat bouwen met inachtneming van verschillende regels	Planningsvermogen	0,40
COWAT	Zo veel mogelijk woorden opnoemen die beginnen met specifieke letter binnen één minuut met inachtneming van verschillende regels	Woordvlotheid	0,23
Go/No go – reactietijd	Wel of niet reageren op een bepaalde stimulus	Responsinhibitie	0,22
Wisconsin Card Sorting Task – perseveratieve fouten	Sorteren van een pak kaarten aan de hand van wisselende regels	Gevoeligheid voor feedback en responsmodulatie	0,18

Bron: Ogilvie et al. (2011)

bejegeningsvorm. Op de toepassingsmogelijkheden van neuropsychologische testen wordt verder ingegaan in paragraaf 4.3.

Naast het feit dat veel verschillende neuropsychologische functies geassocieerd worden met antisociaal gedrag, blijkt uit de meta-analyse van Ogilvie et al. (2011) dat alle meest voorkomende testen betrekking hebben op *koude* executieve functies (box 9). Dat is opvallend, zeker omdat verschillende studies laten zien dat individuen met antisociaal gedrag, waaronder gewelddadig gedrag, antisociale persoonlijkheidsstoornis, psychopathie en ODD/CD, zeker niet alleen moeite hebben met koude executieve functies, maar juist ook met 'hete' executieve functies (o.a. De Brito et al., 2013; Hobson, Scott & Rubia, 2011). Daarnaast vragen eigenlijk bijna alle processen in het dagelijks leven om een combinatie van zowel koude als hete executieve-functiecomponenten (Hongwanishkul et al., 2005). Vandaar dat steeds meer onderzoek suggereert dat het belangrijk is om *hete* executieve-functietesten te integreren in onderzoek naar antisociaal gedrag. Dit is ook belangrijk omdat hete en koude functies zich onafhankelijk van elkaar ontwikkelen tijdens de adoles-

centie (Zelazo & Carlson, 2012). Al met al zou dus het gebruik van hete executieve-functietesten ons meer inzicht kunnen geven in de cognitieve en emotionele processen die geassocieerd zijn met antisociaal gedrag (Séguin, Arsenault & Tremblay, 2007a; Séguin, Sylvers & Lilienfeld, 2007b).

Ten slotte blijkt dat alle weergegeven testen in tabel 4 relatief oud zijn. Zo is bijvoorbeeld de *Stroop*-taak in de jaren veertig van de vorige eeuw ontwikkeld door John Ridley Stroop, werd de *Trail Making Test* in de jaren vijftig gebruikt als maat voor intelligentie en werd de *Self-Ordered Pointing Task* in 1982 door Petrides en Milner ontwikkeld. Hoewel deze testen vaak onderdeel uitmaken van bestaande neuropsychologische testbatterijen, is de vraag reëel of de inhoud van deze testen nog aansluit bij de huidige kennis over neuropsychologische functietekorten die geassocieerd zijn met antisociaal gedrag.

Box 9 'Koude' en 'hete' executieve functies

Binnen de executieve functies kan onderscheid gemaakt worden tussen koude en hete aspecten (o.a. Hongwanishkul et al., 2005; Zelazo & Carlson, 2012; Zelazo, Craik & Booth, 2004). De koude aspecten van executief functioneren hebben uitsluitend betrekking op cognitieve processen. De Self-Ordered Pointing Task is een voorbeeld van een koude executieve-functietaak. Literatuur laat zien dat dit soort functies vooral door de dorsolaterale delen van de prefrontale cortex gereguleerd worden (Fuster, 2000; Hoshi, 2006; Tanji & Hoshi, 2008). Anderzijds zijn er hete aspecten van executieve functies. Deze hebben betrekking op het reguleren van zowel cognitie als emotie in sociaal en emotioneel geladen beslissingsprocessen. Hete executieve-functieaspecten worden met name door de ventrale en mediale gebieden van de prefrontale cortex aangestuurd (Fellows & Farah, 2005; Sakagami & Pan, 2007; Tranel, Bechara & Denburg, 2002). Een voorbeeld van een hete executieve-functietaak is de Iowa Gambling-taak, waarin respondenten een goktaak uitvoeren waarin risicovol gedrag en leren van negatieve consequenties centraal staan.

In het navolgende wordt ingegaan op wat er nog voor nodig is om de eerder beschreven neuropsychologische testen naar de praktijk te brengen. Input voor deze paragrafen is vooral afkomstig uit gesprekken met experts uit wetenschap en praktijk, aangevuld met literatuur. In deze paragrafen worden de volgende behoeften besproken, zoals te kennen gegeven door verschillende experts:

– inventariseren van belangrijke neuropsychologische functies;
– verder ontwikkelen van bestaande neuropsychologische testen;
– ontwikkelen van nieuwe neuropsychologische testen.

Inventariseren van belangrijke neuropsychologische functies
Uit de meta-analyse van Ogilvie en collega's (2011, p. 1090) blijkt dat met name neuropsychologische testen die een beroep doen op (ruimtelijk) werkgeheugen[11] en aandacht sterk samenhangen met antisociaal gedrag. Daarnaast heeft een aantal experts te kennen gegeven dat van het gehele spectrum aan neuropsychologische functies vooral zelfbeheersing, emotie-/agressieregulatie, empathie en cognitieve flexibiliteit van belang zijn. Al met al lijken dus de volgende neuropsychologische functies het meest relevant te zijn voor de jeugdstrafrechtketen:
– (ruimtelijk) werkgeheugen;
– aandacht;
– zelfregulatie (gerelateerd: impulsbeheersing, inhibitie);
– emotieregulatie (gerelateerd: agressieregulatie);
– empathie;
– cognitieve flexibiliteit.

In het navolgende worden deze neuropsychologische functies besproken en worden potentiële neuropsychologische testen voorgesteld.

Werkgeheugen
Ons werkgeheugen is betrokken bij veel verschillende informatieverwerkingsprocessen, zoals manipulatie, integratie en transformatie van informatie om gedrag te plannen en te sturen (o.a. D'Esposito & Postle, 2002; Wager & Smith, 2003). Daarom wordt werkgeheugen ook wel als een centrale spil gezien binnen de executieve functies. Uit de meta-analyse van Ogilvie et al. (2011) blijkt dat specifiek twee neuropsychologische testen interessant zijn met betrekking tot het meten van (ruimtelijk) werkgeheugen: de *Self-Ordered Pointing Task* (SOPT) en de *Spatial Working Memory* (SWM) test.

Er bestaan verschillende versies van de SOPT (schriftelijke en computerversie) met verschillende stimuli, maar de werkwijze van de test blijft hetzelfde: de persoon in kwestie wordt gevraagd elke ronde een ander plaatje aan te wijzen totdat alle plaatjes zijn geweest. Echter, de plaatjes wisselen van plaats en het is niet toegestaan steeds op dezelfde plek een plaatje aan te wijzen. In deze test wordt van de betrokkene verwacht dat hij/zij onthoudt welke plaatjes aan bod zijn geweest en deze informatie elke sessie *updatet* en gebruikt om de test correct uit te voeren.

Ook van de SWM-test bestaan verschillende versies. Personen wordt gevraagd om op zoek te gaan naar een bepaalde gekleurd blokje, door stuk voor stuk neutrale blokjes om te draaien. Het aantal blokjes neemt per sessie toe en ook de kleur en de plek van de blokjes verandert. Het functioneren van het ruimtelijk werkgeheugen wordt afgeleid uit het aantal gemaakte fouten.

11 De vaardigheid om tijdelijk informatie vast te houden en daar vervolgens iets mee te doen.

Aandacht
Net als werkgeheugen wordt ook aandacht gezien als een concept met een spilfunctie binnen de executieve functies, omdat aandacht nodig is voor onder andere het reguleren van irrelevante stimuli/informatie. Aandacht is daarnaast ook betrokken bij werkgeheugenprocessen (Kane et al., 2001; Rossi et al., 2009). Uit de meta-analyse van Ogilvie en collega's (2011) blijkt bijvoorbeeld dat personen met antisociaal gedrag duidelijk slechter scoren op de D2-aandacht- en concentratietest (kortweg D2-test) vergeleken met personen zonder antisociaal gedrag. Deze test wordt niet vermeld in tabel 4 omdat maar in één studie de D2-taak is bestudeerd in relatie tot antisociaal gedrag (effectgrootte was 0,76). Tijdens de D2-test wordt aan een persoon gevraagd zo snel mogelijk alle 'D's met twee streepjes (twee streepjes onder, twee streepjes boven of één onder en één boven de D) door te strepen (zie figuur 5; Brickenkamp, 2007).

Deze 'D's staan in regels met allerlei andere symbolen, zoals 'P's met streepjes en 'D's met meer of minder dan twee streepjes. Deze andere symbolen dienen genegeerd te worden. Daarnaast is er maar beperkte tijd per regel om de 'D's met twee streepjes door te strepen, na die tijd moet verdergegaan worden met de volgende regel. Met name de concentratie-prestatiescore (het aantal correct doorgestreepte 'D's met twee streepjes min het aantal fouten) zegt iets over het aandachtvermogen van een persoon.

Figuur 5 Uitsnede van de D2-test

II	II	I	II			II	I	II	II
p	d	p	d	d	d	d	d	p	d
				II	I	II	I		II
II	I		II	II		II		I	
d	d	d	d	p	p	d	p	d	p
II		II			II		I	I	I
		II	II	II			I	I	
d	d	p	d	d	d	p	p	d	p
II	I		I		II	II	I	I	II

Deze test zal later in het rapport nog aan bod komen (zie paragraaf 4.3 en hoofdstuk 6) omdat de uitkomst op deze taak blijkt samen te hangen met de kans op behandeluitval van gevangenen.

Zelfregulatie
In interviews met experts worden termen als 'zelfregulatie', 'impulsbeheersing' en 'inhibitie' het vaakst genoemd. Deze termen zijn nauw met elkaar verbonden. In dit rapport beschouwen we de term 'zelfregulatie' als een parapluterm (zie hoofdstuk 5). Het feit dat het begrip 'zelfregulatie' zo breed te definiëren is, maakt het lastig een selectie van relevante neuropsychologi-

Tabel 5 Overzicht van neuropsychologische testen die een beroep doen op aspecten van zelfbeheersing

Soort taak	Voorbeeld	Omschrijving
Go/No go-taak	Continuous Performance Task	De deelnemer moet reageren op een vooraf aangegeven '*target*' door te drukken op een knop en mag niet reageren bij het zien van een '*non-target*'.
Stroop-taak	Stroop-taak	De deelnemer moet reageren op een serie van stimuli die de inhibitie vereisen van een eerder geleerde reactie.
Set Switching Task	Wisconsin Card Sorting Task	De deelnemer leert regels die gedurende de test veranderen. Vereist inhibitie van eerder aangeleerde regels en aanpassen van gedrag op basis van nieuwe regels.
Reflectietaak	Matching Familiar Figures Task	Een bepaalde stimulus (geometrisch patroon) wordt getoond en deelnemer moet daarop de juiste reactie kiezen (zelfde patroon erbij zoeken) uit verschillende keuzemogelijkheden.
Stop-Signal-taak	Stop-Signal-paradigma	De deelnemer voert een bepaalde taak uit, maar moet deze kort onderbreken wanneer een bepaald signaal wordt gepresenteerd.
Motor-inhibitietaak	Draw a Line Slowly Task	De deelnemer moet gecontroleerd een langzame motorische beweging uitvoeren.
Torentaken	Tower of London Test	De deelnemer moet vooruit plannen en onmiddellijke acties vermijden om tot de oplossing van een probleem te komen.
Trails-taken	Trail Making Task	De deelnemer moet eerst genummerde cirkels in de juiste volgorde met elkaar verbinden en daarna de nummers in een andere volgorde met elkaar verbinden. Het verschil tussen de twee uitvoeringen is van belang.
Porteus Maze-taak	Porteus Maze	De deelnemer voltooit een aantal in moeilijkheidsgraad oplopende doolhoven. Het succesvol voltooien van een doolhof vereist vooruitkijken en vermijden van doodlopende wegen.
Aandachttaak	Flanker Task	De deelnemer moet de aandacht vasthouden op een bepaalde *target*-stimulus terwijl andere stimuli genegeerd dienen te worden.
Iowa Gambling-taak	Iowa Gambling-taak	De deelnemer kiest tussen vier stapels met kaarten. Elke kaart resulteert in geldverlies of -winst, sommige stapels leveren meer winst op de lange termijn op dan andere stapels.
Risicotaken	Balloon Analogue Risk Task	De deelnemer speelt een spel waarbij de beloning langzaam toeneemt, maar waarbij ook het risico op verlies van alle opgestapelde beloningen steeds verder toeneemt.

Bron: Duckworth en Kern (2011)

sche testen voor te leggen. Om toch een aantal aanbevelingen te doen, is gebruikgemaakt van de meta-analyse van Duckworth en Kern (2011). Deze auteurs hebben een inventarisatie gemaakt van neuropsychologische testen die een beroep doen op vaardigheden gerelateerd aan het vermogen tot *zelfbeheersing*. De geselecteerde neuropsychologische testen zijn weergegeven in tabel 5.

Wat opvalt in tabel 5 is dat er veel verschillende soorten testen gebruikt kunnen worden om aspecten van zelfbeheersing te meten. Grofweg zijn de testen op te delen in inhibitietesten (o.a. *Go/No go-test, stop signal-test*), risicotesten

Tabel 6 Voorbeelden van emotieregulatietesten

Naam taak	Beschrijving
Emotionele Go/No go-taak	Zelfde format als de klassieke Go/No go-taak, maar in de emotionele versie worden de neutrale 'go'- en 'no go'-stimuli vervangen door afbeeldingen van gezichten met emotionele expressies, zoals boze, angstige of blije gezichten.
Emotionele Stroop-taak	Aangepaste versie van de traditionele Stroop-taak, maar hierbij zijn de namen van de kleuren vervangen door emotioneel geladen woorden of gezichten.
Emotionele N-Back-taak	Een serie waarbij emotioneel geladen plaatjes vertoond worden en de respondent moet aangeven of het plaatje dat verschijnt overeenkomt met de emotie uit het vorige plaatje.

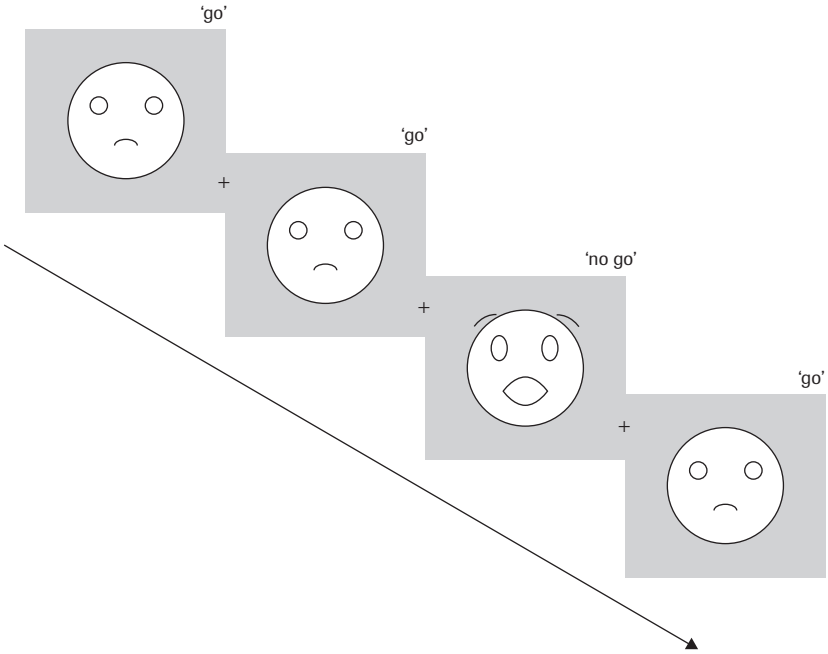
Bron: Ahmed et al. (2015)

(o.a. *balloon-test, Iowa gambling-test*) en planningstesten (o.a. torentest, *porteus maze-test*). De auteurs Duckworth en Kern (2011) concluderen dan ook dat het begrip 'zelfbeheersing' breed en complex is en dat het belangrijk is om naast neuropsychologische testen ook zelfrapportage en informatie van derden te verzamelen om een beeld te krijgen van het niveau van zelfbeheersing van een individu. Een deel van de testen in tabel 5 komt overigens ook regelmatig voor in onderzoek naar antisociaal gedrag (zie tabel 4 op basis van de overzichtsstudie van Ogilvie en collega's).

Emotieregulatie

Emotieregulatie heeft betrekking op het monitoren, evalueren en aanpassen van emoties om een doel te bereiken (Thompson, 1994). In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen *impliciete* en *expliciete* emotieregulatie. Impliciete emotieregulatie heeft betrekking op automatische en onbewuste processen, terwijl expliciete emotieregulatie betrekking heeft op bewuste strategieën om emotionele reacties aan te passen (Guyrak, Gross & Etkin, 2011). Onderzoek naar emotieregulatie en probleemgedrag richt zich met name op impliciete emotieregulatie. Om impliciete emotieregulatie te meten worden voornamelijk hete executieve-functietesten gebruikt. In een recent literatuuroverzicht van Ahmed, Bittencourt-Hewitt en Sebastian (2015) is in kaart gebracht met welke hete executieve-functietesten impliciete emotieregulatie te meten is (zie tabel 6 en figuur 6).

Figuur 6 Schematische weergave van de emotionele Go/No go-taak



Wat opvalt aan de bovengenoemde 'hete', impliciete emotieregulatietesten, is dat het alle aangepaste versies zijn van klassieke koude neuropsychologische testen. Je zou je kunnen afvragen of het simpelweg omzetten van uitsluitend cognitieve testen naar emotioneel geladen versies daarvan wel voldoende aansluit bij de emotionele tekorten die kenmerkend zijn voor adolescenten met antisociaal gedrag.

Empathie

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 zijn er verschillende soorten empathie te onderscheiden: motorische, affectieve en cognitieve empathie. Tabel 7 geeft een overzicht van de soorten testen en paradigma's die over het algemeen gebruikt worden om empathie te meten in onderzoek naar antisociaal gedrag bij jongeren. Deze methoden en paradigma's zijn afgeleid uit een meta-analyse van Bons en collega's (2013).

Tabel 7 Vormen van empathie en bijbehorende meetmethoden

Vorm van empathie	Meetmethode(n)
Motorische empathie	Elektromyogram (EMG) met elektroden in het gezicht terwijl personen kijken naar gezichten met verschillende emotionele uitdrukkingen of emotioneel geladen filmpjes. Uit de EMG-activiteit kan dan afgeleid worden in hoeverre personen de emoties van anderen spiegelen.
Affectieve empathie	Autonome zenuwstelselmetingen, zoals hartslag, hartslagvariabiliteit, pre-ejectieperiode en huidgeleiding, tijdens het zien van emotioneel geladen stukjes film of documentaire.
Cognitieve empathie	Statische of dynamische gezichten aan personen laten zien en vragen welke emotie(s) ze herkennen in de gezichten. De Ekman-gezichten worden het vaakst gebruikt als stimuli in de onderzoekssetting om de verschillende vormen van empathie te meten.

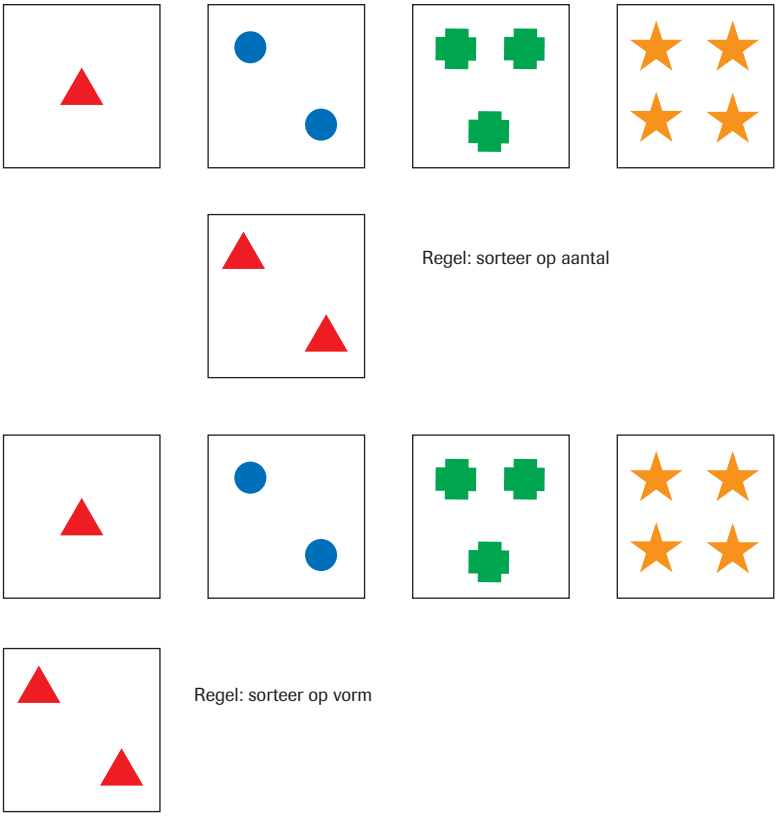
Bron: Bons et al. (2013)

De meta-analyse van Bons en collega's (2013) laat verder zien dat er niet één standaard empathietest is en dat onderzoekers de stimuli geregeld zelf aanpassen of zelfs zelf ontwikkelen. Het feit dat er vaak geen psychometrische gegevens bekend zijn van deze (zelf ontwikkelde) empathietesten, maakt het lastig één bepaalde methode aan te raden voor gebruik in de jeugdstrafrechtketen.

Cognitieve flexibiliteit

Cognitieve flexibiliteit verwijst naar de mogelijkheid om een bepaalde cognitieve strategie te kunnen aanpassen op basis van de situatie of bijvoorbeeld verandering van taakeisen (Scott, 1962). Daarmee is deze neuropsychologische functie behoorlijk complex en doet deze ook een beroep op andere neuropsychologische functies. Er zijn twee neuropsychologische testen die veelvuldig worden ingezet om cognitieve flexibiliteit in kaart te brengen, namelijk de *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST) en de *Trail Making Test* (TMT) (Gonzalez et al., 2013). Tijdens de WCST wordt deelnemers gevraagd een stapel kaarten te sorteren volgens een bepaalde regel die onverwacht verandert tijdens de taak. De testafnemer geeft telkens aan of de gesorteerde kaart *goed* of *fout* is en op basis van die feedback is het aan de deelnemer om te achterhalen welke regel op dat moment geldt (zie figuur 7).

Figuur 7 Schematische weergave Wisconsin Card Sorting Test



Bron: www.wikipedia.org/wiki/Wisconsin_card_sorting_test

Tijdens de TMT wordt allereerst (onderdeel A) aan deelnemers gevraagd zo snel mogelijk een aantal nummers in de juiste volgorde met elkaar te verbinden (1, 2, 3, etc.). Daarna volgt de tweede opdracht (onderdeel B) waarin deelnemers eerst nummers en dan letters afwisselend en in de juiste volgorde zo snel mogelijk met elkaar moeten verbinden (1, A, 2, B, 3, etc.). Net als sommige andere neuropsychologische testen, reflecteren verschillende uitkomstmaten van de TMT verschillende neuropsychologische functies. Zo kan de TMT ingezet worden om aspecten van zelfbeheersing in kaart te brengen (zie tabel 5), verdeelde aandacht te meten, maar ook om een indruk van cognitieve flexibiliteit te krijgen (door de prestaties op onderdeel A en B met elkaar te vergelijken).

De WCST en de TMT zijn twee zeer verschillende testen, maar vragen beide van deelnemers om niet vast te houden aan één strategie, maar om impliciet, zonder feedback zoals bij de WCST, of expliciet (TMT) van strategie te

wisselen om de taak succesvol af te kunnen ronden. Beide testen worden ook geregeld gebruikt in onderzoek naar antisociaal gedrag (zie tabel 5).

Verder ontwikkelen van bestaande neuropsychologische testen
Zoals beschreven in de voorgaande paragraaf zijn er al veel relevante neuropsychologische testen beschikbaar. Uit gesprekken met experts blijkt echter dat deze bestaande neuropsychologische testen wellicht nader ontwikkeld moeten worden op de volgende punten alvorens ze een toegevoegde waarde kunnen hebben voor de jeugdstrafrechtketen:
– normering;
– aansluiting bij doelgroepen binnen de jeugdstrafrechtketen;
– richtlijnen.

De behoefte om bestaande neuropsychologische testen verder te ontwikkelen en te normeren, komt voort uit het feit dat veel, zo niet alle neuropsychologische testen in eerste instantie niet ontwikkeld zijn voor forensische doelgroepen. Desondanks worden bestaande neuropsychologische testen wel gebruikt in de forensische setting en worden normscores gebaseerd op algemene, gezonde populaties gebruikt om afwijkend gedrag vast te stellen. De vraag is of deze bestaande normscores wel geschikt zijn voor forensische groepen. Mogelijk leidt het gebruik van deze normscores tot onvoldoende differentiatie tússen individuen in de forensische setting. Het zou kunnen zijn dat de scores van adolescenten met antisociaal gedrag op bepaalde neuropsychologische testen een andere statistische verdeling hebben. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat adolescenten met antisociaal gedrag over het algemeen risicovoller presteren op de *Iowa Gambling*-taak (een test die onder andere risicovol gedrag meet) en daarmee al aan de maximaal genormeerde score van de test zitten. Dit wordt ook wel een 'plafondeffect' genoemd. Doordat forensische groepen mogelijk dus een andere verdeling van scores op neuropsychologische testen hebben, kan het lastig zijn individuele verschillen te vinden wanneer gebruik wordt gemaakt van normscores op basis van gezonde controlegroepen. Verschillende experts hebben aangegeven dat er een sterke behoefte is aan goede normscores voor forensische populaties.

Eén initiatief op dit gebied is een aantal jaren geleden gestart door de Pompestichting, een forensisch-psychiatrisch instituut in Nijmegen. De initiatiefnemers (B.H. Bulten, R.J. Verkes en K. Von Borries) hebben daar het project forMINDS[12] opgezet, waarin een neuropsychologische testbatterij voor de forensische setting ontwikkeld wordt. De forMINDS-batterij beslaat zes cognitieve functies: emotieherkenning, leervermogen, impulsiviteit en aandacht, moreel en sociaal gedrag, impliciete cognitie en impliciete associatie. Tabel 8 geeft een overzicht van de geïncludeerde testen per neuropsychologisch concept.

12 www.pompestichting.nl/site/Onderzoek/Cognitief%20onderzoek.

Het project heeft meerdere doelen:
1 het ontwikkelen van een gestandaardiseerde neuropsychologische testbatterij voor een forensisch psychiatrische populatie, een gevangenispopulatie en een gezonde populatie;
2 de grote hoeveelheid door dit project verkregen gegevens inzetten voor de ontwikkeling van normscores voor de drie groepen;
3 verkrijgen van meer inzicht in de cognitieve stoornissen bij deze groepen;
4 wellicht op termijn beter inschatten en evalueren van behandelopties.

De forMINDS-testbatterij, of een aangepaste/uitgebreide versie daarvan, is mogelijk een waardevolle toevoeging als screeningsinstrument voor de jeugdstrafrechtketen (zie paragraaf 4.3). We dienen op te merken dat er ook experts zijn die aangeven dat (de nog te ontwikkelen) normscores niet al te zwart/wit gebruikt moeten worden. Dit zou een te ongenuanceerd beeld geven van het neuropsychologisch functioneren van een persoon. Beter zou zijn om meer in profielen te denken, waarbij het neuropsychologisch functioneren van een individu op basis van normscores bestempeld kan worden als bijvoorbeeld 'zwak', 'gemiddeld', of 'bovengemiddeld'.

Tabel 8 forMINDS neuropsychologische testen

Emotieherkenning	Leervermogen	Impulsiviteit en aandacht	Moreel en sociaal gedrag	Impliciete cognitie/ emotionele aandacht	Impliciete associatie
Graded Emotional Recognition Task	Trail Making Test	Continuous Performance Task	Prisoners Dilemma Game	Affectieve Go/No go-taak	Approach Avoidance Task
Faces Task*	Intradimensional/ extradimensional set shifting task	Stroop Color Word Task	Social Value Test	Emotional Stroop Task	Implicit Association Task
	Casino	Signal Detection Task	Moral Judgement Sorting Task	Perceptual Defence Task	Affect Misattribution Task
		Picture Word Stroop Task	Faces Task*		
		Stop Signal Task			

* Niet alle neuropsychologische testen zijn in te delen in één bepaald neuropsychologisch domein. De *Face Task* kan bijvoorbeeld ingezet worden om emotieherkenning, maar ook moreel/sociaal gedrag te meten.

Naast het ontwikkelen van normscores geven experts aan dat er ook gekeken moet worden of bestaande testen meer aan de doelgroep aangepast moeten worden. Het is bijvoorbeeld bekend dat jonge delinquenten over het algemeen een achterstand in taalontwikkeling hebben (Isen, 2010). De vraag is dan of bijvoorbeeld de bestaande uitleg en inhoud van neuropsychologische testen wel voldoende afgestemd is op het taalbegrip van de jonge delinquenten. Aan de andere kant is er wellicht ruimte om uit de voorhanden zijnde neuropsychologische testen, zoals weergegeven in de tabellen hierboven, te

kiezen voor een taak die qua instructies en taligheid zo goed mogelijk aansluit op de capaciteiten van adolescenten in de jeugdstrafrechtketen.

Ook geven verschillende experts aan dat de justitiële setting zou moeten profiteren van algemene richtlijnen omtrent het gebruik van neuropsychologische testen. Welke specifieke testen kunnen bijvoorbeeld het best gebruikt worden voor het meten van aandacht, werkgeheugen en zelfbeheersing? De informatie in dit rapport kan gebruikt worden als een wegwijzer voor het opstellen van een *best practice* of richtlijnen omtrent het gebruik van neuropsychologische testen in de jeugdstrafrechtketen.

Ontwikkelen van nieuwe neuropsychologische testen
Experts geven aan dat er naast de bestaande neuropsychologische testen ook behoefte is aan nieuwe neuropsychologische testen. De ontwikkeling van nieuwe neuropsychologische testen heeft betrekking op de volgende twee punten:

– *Nieuwe neuropsychologische inzichten*
  De laatste jaren is er steeds meer inzicht gekomen in de relatie tussen antisociaal gedrag en neuropsychologische functietekorten. Dit soort inzichten zou gebruikt moeten worden om de inhoud van neuropsychologische testen beter af te stemmen op de neuropsychologische kenmerken van adolescenten met antisociaal gedrag.
– *Meer levensechte neuropsychologische testen*
  Veel neuropsychologische testen betreffen pen-en-papiermethoden, terwijl testen beter afgestemd kunnen worden op de belevingswereld van adolescenten door ze meer levensecht te maken.

Nieuwe neuropsychologische inzichten
Hoewel er voldoende aanbod is wat betreft neuropsychologische testen, is het de vraag of bestaande testen voldoende aansluiten bij de cognitieve tekorten die kenmerkend zijn voor jongeren met antisociaal gedrag. Zo weten we bijvoorbeeld steeds meer over de ontwikkeling van het puberbrein en daarbij behorende sociaalemotionele ontwikkelingsprocessen (Crone & Dahl, 2012). Dit soort inzichten suggereert dat we moeten nagaan op welke neuropsychologische functies de focus moet liggen bij adolescenten met antisociaal gedrag. Het is aannemelijk dat niet alle bestaande neuropsychologische testen voldoende zijn afgestemd op de laatste inzichten met betrekking tot neuropsychologie en antisociaal gedrag. De ontwikkeling van nieuwe neuropsychologische testen op basis van deze recente inzichten kan helpen een beter beeld te krijgen van adolescenten met antisociaal gedrag.

Momenteel zijn er enkele initiatieven waarin nieuwe neuropsychologische testen ontwikkeld worden op basis van de laatste neurowetenschappelijke inzichten wat betreft antisociaal gedrag. Eén voorbeeld in dit verband is de

testbatterij van het Preventief Interventie Team (PIT) Amsterdam.[13] De onderzoekers van dit programma hebben deels zelf testen ontwikkeld om specifieke kenmerken van kinderen met probleemgedrag in kaart te brengen. Op basis van literatuur over de relatie tussen bepaalde hersenfuncties en de ontwikkeling van antisociaal gedrag bij kinderen zijn de onderzoekers tot verschillende testen gekomen die betrekking hebben op de volgende vier coördinaten:

1 het snappen van sociale informatie;
2 perspectief nemen/mentaliseren/empathiseren;
3 sociale scripts;
4 zelfregulatie.

De testbatterij bestaat uit zelfontworpen en bestaande testen en omvat onder meer neuropsychologische en psychofysiologische instrumenten.

Het coördinaat *snappen van sociale informatie* heeft betrekking op de vaardigheden van een kind om te navigeren in de sociale omgeving doordat het snapt wat de sociale omgeving verwacht, wat anderen bedoelen en wat er aan de hand is. Met verschillende testen wordt gekeken of het kind sociale signalen kan 'lezen', bijvoorbeeld door te testen hoe goed het kind gezichtsuitdrukkingen kan herkennen, of het kind de emotionele betekenis uit taal kan halen en of het oorzaak-gevolgrelaties snapt. Tijdens deze testen wordt ook gebruikgemaakt van 'eye-tracking'. Eye-tracking is een techniek waarmee de oogbewegingen nauwkeurig gevolgd kunnen worden. Daarmee kan worden nagegaan of kinderen wel naar de juiste elementen in een sociale situatie kijken. Voor het herkennen van gezichtsuitdrukkingen wordt gebruikgemaakt van een subtest van de Amsterdamse Neuropsychologische Taken,[14] een neuropsychologische testbatterij om cognitieve processen te meten.
Het coördinaat *sociaal perspectief nemen, mentaliseren en empathiseren* heeft betrekking op het vermogen van een kind om zich in een ander te verplaatsen. Ook deze vaardigheid is nodig om sociaal aangepast te kunnen functioneren. In dit domein gaat het om begrijpen van andermans emoties (mentaliseren) en om het voelen wat een ander voelt (empathiseren). Om dit te meten krijgen kinderen emotioneel geladen stimuli te zien en worden zowel huidgeleiding als hartslag gemeten tijdens het zien van deze stimuli. Een verhoogde fysiologische reactie bij het zien van emotionele stimuli suggereert dat een kind 'meevoelt' met de getoonde emotie.
Het coördinaat *sociale scripts* heeft betrekking op het eigen functioneren van het kind en op hoe het denkt over sociale regels en normen. Wat vindt het kind normaal sociaal gedrag en hoe is de morele ontwikkeling van het kind?

13 www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/organisatie/sociaal/onderwijs-jeugd-zorg/preventief/onderzoek-sociale.
14 www.boomtestuitgevers.nl/methode/8/ANT.

Ten slotte wordt ook de *zelfregulatie* van kinderen in kaart gebracht door middel van onderzoek naar beloningsgevoeligheid en zelfbeheersing. Een voorbeeld van een test die wordt ingezet is een goktaak. Ook tijdens deze testen wordt gebruikgemaakt van huidgeleidings- en hartslagmetingen.

Het interessante aan de coördinaten die centraal staan in het PIT-onderzoek, is dat deze overlappen met de belangrijkste neuropsychologische functies zoals eerdergenoemd door experts. Daarmee zouden de testen die gebruikt worden in het PIT-project zeker relevant zijn voor de jeugdstrafrechtketen, bijvoorbeeld als screeningsinstrument. De genoemde testen kunnen bijdragen aan het in kaart brengen van een individueel profiel en geven inzicht in het niveau van biopsychosociale ontwikkeling.

Meer levensechte neuropsychologische testen
Naast het inhoudelijk afstemmen van neuropsychologische testen op de laatste kennis met betrekking tot neuropsychologie en antisociaal gedrag, is er ook behoefte aan de ontwikkeling van meer levensechte neuropsychologische testen. Hoewel neuropsychologische testen bruikbaar zijn voor het inzichtelijk maken van het niveau van bepaalde functies, zijn deze testen niet ontwikkeld om conclusies te kunnen trekken over gedrag buiten de onderzoekssetting, in het dagelijks leven. De onderzoeksresultaten omtrent de ecologische validiteit[15] van neuropsychologische testen blijken behoorlijk inconsistent. Zo vinden Burgess et al. (1998) in een grote onderzoeksgroep een relatie tussen neuropsychologische testen en dagelijks functioneren zoals gerapporteerd door informanten. Echter, er zijn ook meerdere studies die met dezelfde neuropsychologische testen en vergelijkbare uitkomstmaten nauwelijks een relatie vinden tussen neuropsychologische prestatie en dagelijkse cognitieve vaardigheden (Chaytor, Schmitter-Edgecombe & Burr, 2006).

Wellicht kunnen innovatieve methoden helpen bij het ontwikkelen van meer levensechte executieve-functietesten. Experts geven aan dat er met name op het gebied van hete executieve-functietesten behoefte is aan de ontwikkeling van meer levensechte testen. Een nieuwe ontwikkeling op dit gebied is het omzetten van neuropsychologische testen naar een serious game-omgeving. Met serious gaming wordt een virtuele spelomgeving bedoeld waar niet zozeer vermaak centraal staat, maar een leer- of ontwikkelingsdoel wordt nagestreefd. Het voordeel van serious games ten opzichte van meer traditionele neuropsychologische testen is tweeledig. Enerzijds zijn serious games waarschijnlijk leuker voor de adolescenten en zijn adolescenten mogelijk dus meer gemotiveerd om een serious game te spelen dan om een traditionele neuropsychologische test te maken. Anderzijds kunnen serious games een meer realistisch beeld geven van het functioneren omdat de games aangepast kunnen worden aan de leefomgeving van adolescenten. In hoofdstuk 6

15 De mate waarin de uitkomst op een neuropsychologische test samenhangt met gedrag in het dagelijks leven.

zal dieper ingegaan worden op de toepassingsmogelijkheden van serious games voor de jeugdstrafrechtketen.

Take home messages
- Er bestaat een relatie tussen antisociaal gedrag en afwijkende prestaties op bepaalde neuropsychologische testen.
- De volgende neuropsychologische functies zijn wellicht het meest relevant voor de justitiële praktijk: werkgeheugen, aandacht, zelfbeheersing, emotieregulatie, empathie en cognitieve flexibiliteit.
- Er is behoefte aan best practices/richtlijnen voor het inzetten van neuropsychologische testen.
- Recent ontwikkelde testbatterijen voor forensische doelgroepen, zoals forMINDS en de PIT-testbatterij, zouden op termijn ingezet kunnen worden in de jeugdstrafrechtketen.
- Er is behoefte aan meer levensechte neuropsychologische testen.

4.2.2 Hormonen

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 richt onderzoek met betrekking tot hormonen en antisociaal gedrag zich voornamelijk op *cortisol* en *testosteron* (zie box 10). Deze hormonen staan dan ook centraal in deze paragraaf.

Box 10 Wat zijn hormonen?

Hormonen zijn chemische 'boodschappers' die zich via de bloedsomloop door het lichaam verplaatsen en zich binden aan bepaalde receptoren in het lichaam, waaronder in het brein. Dit in tegenstelling tot neurotransmitters, waarbij het effect meestal optreedt op de plek van afgifte. Hormonen hebben een 'regelfunctie' in het lichaam en maken deel uit van soms eenvoudige, soms complexe regelsystemen (zoals de HPA-as beschreven in hoofdstuk 3).

Instrumenten

– Cortisol meten

Alink en collega's (2008) toonden aan de hand van een meta-analyse aan dat er een significante, maar zwakke relatie is tussen externaliserend probleemgedrag en een lagere cortisolconcentratie in rust. Om een indruk te krijgen van de meest gebruikte methoden om cortisol te meten in onderzoek naar jongeren met antisociaal gedrag is gebruikgemaakt van meta-analyse van Alink en collega's (2008).[16] Uit hun onderzoek blijkt dat de meeste studies

16 In deze meta-analyse zijn alleen studies opgenomen met jongeren (< 23 jaar).

gebruikmaken van speekselonderzoek om cortisolconcentraties vast te stellen. Daarna komt bloedonderzoek het meest voor. Urineonderzoek lijkt bijna niet (meer) gangbaar te zijn in onderzoek naar cortisolconcentraties en antisociaal gedrag bij jongeren. Wat verder opvalt, is dat er veel verschillende soorten methoden worden gebruikt om speekselmonsters af te nemen (zie tabel 9). De meest logische verklaring voor de oververtegenwoordiging van speekselmethoden in de literatuur is dat het afnemen van speeksel minder invasief is dan het afnemen van bloed of urine. Tevens blijkt uit onderzoek dat de concentratie cortisol in speeksel sterk correleert met de cortisolconcentratie in bloed (Hellhammer, Wüst & Kudielka, 2009). Juist bij kinderen en jongeren heeft het gemak van speekselafname een groot voordeel omdat zij waarschijnlijk het meest gevoelig zijn voor de stressvolle situatie die het afnemen van bijvoorbeeld bloed met zich meebrengt. Wat overigens ook opvalt, is dat het aantal studies dat gebruikmaakt van urinemonsters erg klein is en dat deze studies allemaal relatief oud zijn (van voor 1990). Het lijkt erop dat deze methode uit de mode is geraakt als het gaat om het meten van cortisolconcentraties bij jongeren.

Ten tweede valt op dat er veel verschillende manieren bestaan om speeksel te verzamelen. Dit heeft betrekking op de wijze van afname (met een rietje of een katoenen staafje), of de speekselaanmaak wel of niet wordt gestimuleerd voor afname (met citroenzuur of een speciaal drankje), maar ook het tijdstip van meten (ochtend of avond), het aantal metingen (variërend van één tot tientallen samples) en de situatie waarin wordt gemeten (in rust of tijdens stress). Hoewel niet altijd alle informatie in de meta-analyse van Alink en collega's (2008) beschikbaar is, is getracht zo veel mogelijk informatie weer te geven van de verschillende methoden die gebruikt worden om cortisol te meten bij adolescenten (zie tabel 9).

Tabel 9 Verschillende onderzoeksmethoden om cortisol te meten

Afnamemethode	Stimulans	Soort stressoren
Katoenen staafje	Speciaal drankje	Competitieve/frustratietest
Via een rietje	Snoepje/kauwgom	Publieke spreekopdracht
Passief spugen	Citroenzuur	Cognitieve test(en)
Via een papieren stripje	Waxplaatje	Verzorger/kind-interactietaak

Bron: Alink et al. (2008)

We moeten echter niet vergeten dat de resultaten uit de meta-analyse van Alink en collega's (2008) maar een deel van de gebruikte meetmethoden weergeven. Zo zijn er ook andersoortige stressparadigma's, zoals de *cold pressure*-taak[17] en taken met harde/vervelende geluiden, die regelmatig in

17 Taak waarbij een persoon wordt gevraagd zijn/haar hand in een bak ijskoud water te steken en dat zo lang mogelijk vol te houden.

onderzoek naar stresshormonen worden gebruikt (Dickerson & Kemeny, 2004).

Naast de verschillende manieren van meten, bepaalt ook het moment van de dag hoe groot de concentratie cortisol is die gemeten kan worden. Dit komt omdat de afgifte van cortisol onder invloed staat van onze biologische klok en daardoor een dagelijks ritme heeft. Zo is 's ochtends de cortisolconcentratie het hoogst en neemt deze gedurende de dag af. In onderzoek naar cortisolconcentraties wordt vaak juist dit ochtendpatroon, ook wel de *cortisol awakening response* (CAR) genoemd, gemeten om de activiteit van de HPA-as te bepalen. Grootschalig recent onderzoek door Wang en collega's (2014) laat echter zien dat eigenlijk geen enkel moment van de dag een betrouwbare meting van cortisol oplevert. De ochtendpiek bijvoorbeeld varieert sterk van dag tot dag en wordt onder andere beïnvloed door etniciteit. De meest betrouwbare maat is de totale hoeveelheid aangemaakte cortisol op een dag. Echter, voor alle verschillende verzamelmethoden geldt dat voor een goede meting altijd meerdere samples op verschillende dagen gemiddeld zouden moeten worden (zie ook Kennislink[18]). Ten slotte worden cortisolwaarden vastgesteld met behulp van *immunoassay*. Dit is een specifieke biochemische test die de aanwezigheid van een substantie meet. De praktijk wijst uit dat het erg belangrijk is om de analyses te laten uitvoeren bij een betrouwbaar laboratorium om verschillen in cortisolwaardes ten gevolge van verschil in gebruik van de *immunoassay*-methode te voorkomen.

Naast het meten van cortisolconcentraties in rust, kan de verandering in cortisol tijdens stressvolle situaties ook inzicht geven in antisociaal gedrag (dit wordt cortisolreactie of cortisolrespons genoemd). Hoewel in de meta-analyse van Alink en collega's (2008) geen verschil werd gevonden in cortisolconcentraties in reactie op stress tussen adolescenten met en zonder antisociaal gedrag, zijn er wel degelijk studies waarin een relatie wordt gevonden tussen de cortisolreactie op stress en antisociaal gedrag. Zo vonden bijvoorbeeld Popma en collega's (2006) dat delinquente jongens met een disruptieve gedragsstoornis een lagere cortisolrespons vertoonden in reactie op een publieke spreektaak vergeleken met delinquente jongens zonder disruptieve gedragsstoornis. Daarnaast toonden Van der Wiel et al. (2004) aan dat kinderen met een disruptieve gedragsstoornis die een verlaagde cortisolreactie hadden op een frustratie/provocatie-computertaak, minder profijt hebben van een gedragsbehandeling. De genoemde studies suggereren dat er dus wel degelijk een relatie bestaat tussen cortisolconcentratie in reactie op stress en antisociaal gedrag, maar dat dit wellicht alleen het geval is voor adolescenten met *ernstige* vormen van antisociaal gedrag. In de meta-analyse van Alink en collega's (2008) zijn ook groepen adolescenten met minder ernstig probleemgedrag opgenomen, wat mogelijk de afwezigheid van een relatie tussen corti-

18 www.kennislink.nl/publicaties/stress-meten-in-een-klodder-speeksel.

sol in reactie op stress en antisociaal gedrag verklaart. Al met al kan het meten van de cortisolreactie op stress dus mogelijk van toegevoegde waarde zijn voor de jeugdstrafrechtketen omdat het meer inzicht geeft in de ernst en de aard van de gedragsproblematiek en de mate van behandelresponsiviteit van jongeren.

– (Prenataal) testosteron meten

Uit hoofdstuk 3 blijkt dat er enige aanwijzingen zijn voor een positieve relatie tussen een verhoogde testosteronconcentratie en agressief gedrag. Om een idee te krijgen welke methoden het meest worden gebruikt in de literatuur over agressief gedrag en testosteron, is gebruikgemaakt van de systematische literatuurstudie door Duke en collega's (2014).[19] Er valt een aantal zaken op bij het bestuderen van de geïncludeerde studies:

– voor het meten van testosteron zijn juist bloedmonsters populair (13 studies), gevolgd door de speekselmethode (7 studies);
– er wordt vaak maar één monster afgenomen, meestal in de ochtend;
– het monster wordt vaak afgenomen in rusttoestand.

Volgens één van de experts is er geen duidelijke reden voor de verschillende meetmethoden die gebruikt worden om testosteron en cortisol te meten (persoonlijke communicatie dr. P.A. Bos, 26-04-2016). Mogelijk heeft dit te maken met een algemeen verschil in onderzoekscultuur. Wellicht gebeurt testosterononderzoek vaak in meer klinische onderzoeksettings, waar bloedonderzoek tot de gebruikelijke methoden behoort.

Naast manieren om de huidige concentraties van testosteron te meten, bestaat er ook een methode om vast te stellen in hoeverre iemand prenataal aan testosteron is blootgesteld. Prenataal testosteron heeft betrekking op de hoeveelheid testosteron die is aangemaakt in de baarmoeder. De hoeveelheid prenataal testosteron heeft invloed op de verhouding tussen de wijsvinger en de ringvinger (ook wel '2d:4d' -ratio genoemd). Hoe hoger het prenataal testosteronniveau was, des te langer is de ringvinger ten opzichte van de wijsvinger en dus des te kleiner de 2d:4d-ratio. Bewijs voor deze relatie komt vooral uit onderzoek naar vrouwen met een bepaalde hormoonafwijking, *Congenital Adrenal Hyperplasie* (CAH), waardoor ze prenataal aan een sterk verhoogde testosteronconcentratie worden blootgesteld. Deze vrouwen hebben niet alleen een kleinere 2d:4d-ratio vergeleken met gezonde vrouwen, maar vertonen vaak ook meer agressief gedrag (zie Hönekopp & Watson, 2011). Ook als het gaat om het meten van de 2d:4d-ratio blijken er verschillende methoden gehanteerd te worden:

– meten met behulp van een (digitale) schuifmaat;
– scan van de hand en op basis daarvan de vingerlengtes bepalen.

19 Deze studies betroffen allemaal jongeren, jonger dan 23 jaar. Het totale aantal relevante studies was 19.

Vaak wordt de vingerlengte door twee onderzoekers onafhankelijk van elkaar gemeten om zo een meer betrouwbaar resultaat te krijgen. Hönekopp en Watson (2011) onderzochten aan de hand van een meta-analyse de relatie tussen de 2d:4d-ratio en agressief gedrag. Zoals beschreven in hoofdstuk 3 laten de resultaten van deze meta-analyse een significante, maar zwakke, relatie (r=0,06) zien tussen de 2d:4d-ratio en agressief gedrag bij mannen. Yildirim en Derksen (2012b) deden ook systematisch onderzoek naar de relatie tussen de 2d:4d-ratio en agressief gedrag bij individuen en vonden verschillende relaties voor verschillende leeftijdsgroepen. Zo blijkt de relatie tussen de 2d:4d-ratio en probleemgedrag bij kinderen zeer inconsistent te zijn. Er lijkt iets meer consistentie te zijn bij adolescenten, maar de resultaten variëren alsnog als er rekening wordt gehouden met geslacht. Ten slotte is er nog weinig onderzoek gedaan bij volwassenen.

Hoewel de resultaten met betrekking tot vingerlengte en agressief gedrag nog niet eenduidig zijn, biedt het gemak van deze methode wellicht op termijn mogelijkheden voor de jeugdstrafrechtketen.

Hormoonmetingen in de praktijk
Experts geven aan dat, in tegenstelling tot voor een groot deel van de neuropsychologische testen, er voor hormoonmetingen, maar ook voor psychofysiologische metingen, geen normscores en duidelijke richtlijnen bestaan. Dit zou implementatie van hormoonmetingen in de praktijk kunnen bemoeilijken. Wat betreft het meten van cortisol worden verschillende afname- en analysemethoden in de literatuur gebruikt en bestaan er verschillende paradigma's om gestandaardiseerde rustsituaties te creëren. Maar ook al meet men de cortisolconcentratie op exact dezelfde tijd in de ochtend, dan nog is er variatie binnen individuen in de hoogte van de ochtendpiek. Eigenlijk is er dus behoefte aan het ontwikkelen van *best practices*, of richtlijnen, voor het meten van hormonen in de forensische setting. Er bestaan wel commerciële documenten met daarin richtlijnen voor het afnemen van speekselmonsters, [20] alsook wetenschappelijke literatuur waarin beschreven wordt voor welke doeleinden welke afwegingen wat betreft hormoonmetingen moeten worden gemaakt (Kirschbaum & Hellhammer, 1994). Het is dus een kwestie van deze richtlijnen bestuderen en besluiten welke methoden het meest geschikt zijn voor de jeugdstrafrechtketen. Daarnaast moet er ook aandacht komen voor de vraag *wie* hormoonmetingen zou moeten uitvoeren in de jeugdstrafrechtketen. In hoeverre vraagt dit speciale deskundigheid of wellicht een training voor het afnemen van hormoonsamples? In hoofdstuk 7 wordt ook nog ingegaan op deze kwestie.

Ook wat betreft het meten van cortisolconcentraties in reactie op stressvolle situaties zijn er verschillende soorten paradigma's in omloop. Uit de meta-

20 www.salimetrics.com/assets/documents/Saliva_Collection_Handbook.pdf.

analyse van Alink et al. (2008) blijkt dat voornamelijk vier soorten stresstesten ingezet worden in onderzoek naar antisociaal gedrag (zie tabel 9). Volgens een overzichtsartikel van Dickerson en Kemeny (2004) zijn met name stresssituaties die gekenmerkt worden door een grote mate van oncontroleerbaarheid en sociale beoordeling effectief in het uitlokken van cortisolstressreacties. Dit zijn dan vooral publieke spreekopdrachten, zoals de *Trier Social Stress* test.[21] Echter, niet alle experts vinden dit soort testen geschikt voor adolescenten met antisociaal gedrag, omdat adolescenten naar hun mening waarschijnlijk niet gevoelig zijn voor deze vorm van stress en ze de opdracht daarom niet serieus nemen. Van Goozen en collega's maken gebruik van een frustratie/provocatietest waarbij de jongere een computerspel speelt en wordt uitgedaagd door een tegenstander op een andere computer (deze tegenstander is fictief, maar dat weet de jongere niet). Het gaat in deze computertaak onder andere om winnen en snelheid, maar de taak is zo opgezet dat deelnemers gefrustreerd raken in hun doel en verwachtingen. Wellicht is dit soort stresstesten meer geschikt voor doelgroepen binnen de jeugdstrafrechtketen.

Een laatste punt met betrekking tot hormoonmetingen is de afwezigheid van normscores. Literatuur laat over het algemeen zien dat antisociaal gedrag bij adolescenten geassocieerd is met een verlaagde concentratie van cortisol en mogelijk verhoogde concentraties testosteron. Maar wat wordt bedoeld met 'verhoogd' en 'verlaagd'? Om dat te kunnen vaststellen, zijn gegevens nodig over wat normale hormoonconcentraties zijn. Kirschbaum, voorloper op het gebied van cortisolmetingen en -analyses, beschrijft in één van zijn artikelen het verloop van cortisolwaardes gedurende de dag bij een gezonde populatie (Kirschbaum & Hellhammer, 2000). Dit soort gegevens zou gebruikt kunnen worden om grofweg in te schatten of de hormoonwaarden van een jongere verhoogd of verlaagd zijn. Er kunnen grote individuele verschillen zijn door bijvoorbeeld bepaalde medische aandoeningen. Het is daarom aan te raden de 'normale' waarden niet als cut-off waarden te beschouwen, maar ze te gebruiken om inzicht te krijgen in afwijkende waarden die dan als een aandachtspunt kunnen worden bestempeld. Andere informatie over de jongere in kwestie, waaronder dossierinformatie, psychologische kenmerken en neuropsychologisch functioneren, maar ook de verhouding van cortisol ten opzichte van testosteronconcentratie (zie hoofdstuk 3), kan vervolgens context bieden aan hormoonwaarden en zo een volledig profiel van adolescenten helpen creëren.

Take home messages

– Van alle hormonen lijkt cortisol het vaakst gemeten te worden in relatie tot antisociaal gedrag bij adolescenten.

21 Test waarbij individuen onverwachts gevraagd worden een spreekbeurt te geven voor een jury die hen beoordeelt. Vaak in combinatie met een cognitieve stressor.

– De cortisolconcentratie, in rust en in reactie op stress, wordt op uiteenlopende manieren gemeten.
– Het verkrijgen van een indicatie van de blootstelling aan prenataal testosteron is eenvoudig; literatuur laat zien dat er aanwijzingen zijn voor een relatie met agressief gedrag bij adolescenten en mogelijk ook bij volwassenen.
– Er is behoefte aan de ontwikkeling van best practices/richtlijnen voor het meten van hormoonconcentraties bij jongeren in de jeugdstrafrechtketen.

4.2.3 Psychofysiologie

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 worden individuen met antisociaal gedrag over het algemeen gekenmerkt door afwijkingen in bepaalde fysiologische processen. Fysiologische processen die het meest voorkomen in onderzoek naar antisociaal gedrag zijn: hartslag, hartslagvariabiliteit, huidgeleiding en spieractiviteit in het gezicht (zie hoofdstuk 3 voor uitleg hierover). Van al deze psychofysiologische metingen (zie box 11) blijkt hartslag het duidelijkst verband te houden met antisociaal gedrag en deze is ook het meest eenvoudig te meten.

Box 11 Wat zijn psychofysiologische metingen?

Met psychofysiologische metingen worden metingen van fysiologische gegevens bedoeld met behulp van elektrodes of sensoren op het lichaam met als doel meer inzicht in gedrag te krijgen. Met elektrodes/sensoren kan bijvoorbeeld temperatuur of spier-/zenuwactiviteit worden geregistreerd. Fysiologische metingen kunnen op verschillende soorten fysiologische processen betrekking hebben, waaronder hartslag en zweetproductie.

Psychofysiologische instrumenten

– Hartslag in rust

Een lage hartslag in rust blijkt van alle psychofysiologische factoren het meest robuust geassocieerd te zijn met antisociaal gedrag (zie hoofdstuk 3). Een ‘robuust’ verband betekent dat dat verband keer op keer in verschillende onderzoeken die onafhankelijk van elkaar zijn uitgevoerd, gevonden is. In deze paragraaf zal met name verder ingegaan worden op de stand van zaken met betrekking tot het meten van de hartslag bij adolescenten met antisociaal gedrag. Om een indruk te krijgen van de meest gebruikte hartslagmeters in onderzoek naar adolescenten met antisociaal gedrag is gebruikgemaakt

van gegevens uit de meta-analyse van Portnoy en Farrington (2015).[22]
Tabel 10 geeft de verdeling van de soorten hartslagmeters weer en de gemiddelde effectgrootte[23] gevonden met deze methode.
Op basis van tabel 10 kunnen twee constateringen worden gedaan:
– Eenvoudige hartslagmeters (bloeddrukmeter om de arm, elektrode op de vinger/oorlel, zie figuur 8) komen net zo vaak in onderzoek voor als meer complexe hartslagmeters (meerdere elektroden op het lichaam).
– De studies waarin eenvoudige hartslagmeters werden gebruikt, hadden een grotere effectgrootte dan studies met complexe meetmethoden.

Al eerder concludeerden Ortiz en Raine (2004) op basis van hun meta-analyse dat 'heart rate measures using relatively inexpensive and easy-to-use equipment (…) produced just as strong an effect size as more technically sophisticated equipment (…)' (p. 158). Al met al zijn deze bevindingen relevant voor de praktijk omdat ze aangeven dat eenvoudige hartslagmeetmethoden op een verantwoorde manier ingezet kunnen worden binnen de jeugdstrafrechtketen.

Figuur 8 Voorbeeld van een elektrodeclip op de vinger



22 Alleen studies met daarin jongeren (< 23 jaar) zijn geselecteerd (*n*=81). Van de geselecteerde studies waren 29 studies niet toegankelijk omdat het ongepubliceerde stukken, niet-openbare dissertaties of onvindbare artikelen waren. Daarnaast werd in 7 artikelen niet beschreven welke hartslagmethode gebruikt was.
23 Effectgrootte geeft in dit geval aan hoe sterk de hartslagresultaten uit bepaalde studies, die gebruikmaakten van vergelijkbare instrumenten, verschilden tussen individuen met en zonder antisociaal gedrag.

Tabel 10 Verschillende soorten hartslagmeters

Methode	Voorbeelden van instrumenten	N studies	Gemiddelde effectgrootte
Bloeddrukmeter om de arm	Omron Healthcare HEM 750-C Dinamap A&D Medical Digital Monitor	11	-0,41
Elektrodes op vinger(s) of oorlel	Photoplethysmograph 1625 Contact Precision Instrument CONTEC CMS 50D Lafayette Pulse Rate Monitor	11	-0,56
Meerdere elektrodes op het lichaam	AIM-8-V3 Wearable Cardiac Performance Monitor VU-AMS Coulbourn instruments polygraph Vitaport Bioamp MindWare Technologies Biodata PA 400 Grass model 7 polygraph	21	0,06

Bron: Portnoy en Farrington, 2015

Psychofysiologische metingen in de praktijk
Psychofysiologische metingen kunnen op twee manieren interessant zijn voor de praktijk. Enerzijds kan bijvoorbeeld worden bepaald of een jongere een extreem lage rusthartslag heeft. Om dat te doen wordt de hartslag van deze jongere vergeleken met normgegevens. Anderzijds kunnen meerdere metingen bij één persoon inzicht geven in het fysiologische patroon van dit individu. Het kan bijvoorbeeld zijn dat iemand telkens een hoge hartslag heeft voordat hij/zij een gesprek met de mentor heeft, maar juist een relatief lage hartslag heeft tijdens een woedeaanval. Met deze metingen kan als het ware een individueel fysiologisch patroon ontdekt worden.

Experts hebben aangegeven wat ervoor nodig is om fysiologische metingen naar de praktijk te brengen. De volgende behoeften worden, aangevuld met literatuur, besproken:
– methodologische kwaliteit waarborgen van hartslagmeting;
– gebruik van andere/nieuwe meetmethoden.

Methodologische kwaliteit van hartslagmetingen
Met methodologische kwaliteit wordt in deze context bedoeld hoe de uitkomst van een hartslagmeting geïnterpreteerd dient te worden (wanneer spreken we bijvoorbeeld van een lage hartslag in rust?) en hoe het beste een rusthartslagmeting kan plaatsvinden (wat zijn hiervoor de *best practices*?) in de jeugdstrafrechtketen. Zoals eerder besproken blijkt uit onderzoek dat antisociaal gedrag samenhangt met een lage hartslag in rust. Maar wat wordt precies bedoeld met een 'lage' hartslag in rust? Zijn dat 65 hartslagen per minuut, of 52? Om vast te kunnen stellen welke hartslagwaarden 'laag' zijn, zijn normgegevens nodig, oftewel informatie van grote groepen mensen om

vast te kunnen stellen wat een gemiddelde hartslag en -range is voor een gezond persoon. De Amerikaanse *National Institutes of Health*[24] hebben online gegevens beschikbaar gesteld van de gemiddelde rusthartslag per minuut per leeftijdscategorie. Tabel 11 geeft deze gemiddelden weer.

Tabel 11 Gemiddelde rusthartslag per leeftijdscategorie

Leeftijd	Gemiddelde hartslag in rust
0 tot 1 maanden	70-190
1 tot 11 maanden	80-160
1 tot 2 jaar	80-130
3 tot 4 jaar	80-120
5 tot 6 jaar	75-115
7 tot 9 jaar	70-110
10 jaar >	60-100

Bron: American Institutes of Health

Op basis hiervan zou geconcludeerd kunnen worden dat over het algemeen een hartslag onder de 60 als 'laag' bestempeld kan worden bij kinderen ouder dan tien, jongeren en volwassenen. In empirische studies wordt een 'verlaagde' hartslag echter vaak bepaald aan de hand van statistische methoden. Daarbij wordt veelal de gemiddelde hartslag van de onderzochte groep berekend. Vervolgens worden hartslagwaarden die daar één standaarddeviatie of meer onder liggen als 'laag' bestempeld. Dit leidt nogal eens tot verschillende definities van een 'lage' hartslag. Zo onderzochten Wilson en Scarpa (2014) gezonde studenten en vonden een gemiddelde hartslag van 69,03 (SD=13,31). Volgens de statistische methode zouden hartslagwaarden onder de 55,72 dan als 'laag' worden bestempeld. Een andere studie, door Armstrong en Boutwell (2012), met ook gezonde studenten kwam uit op 'lage' hartslagwaarden tussen de 56,08 en 63,90. In dit laatste voorbeeld liggen de waarden voor een 'lage' hartslag nog deels binnen de normale range op basis van tabel 11.

Meerdere experts geven te kennen dat er behoefte is aan normscores op het gebied van rusthartslag bij adolescenten om zo op individueel niveau vast te kunnen stellen of een jongere een verlaagde hartslag heeft of niet. Hoewel de richtlijnen van de *National Institutes of Health* grofweg een idee geven van wat onder een lage hartslag wordt verstaan, bestaan er in Nederland ook enkele grootschalige en longitudinale onderzoeken waarin duizenden jongeren over de tijd gevolgd worden. De resultaten van die onderzoeken zouden gebruikt kunnen worden om specifiek voor de groep tussen 12 en 23 jaar de gemiddelde rusthartslag in kaart te brengen. Zo is er bijvoorbeeld het TRAILS-onderzoek[25] (*TRacking Adolescents' Individual Lives Survey*) en het Generation R-programma.[26] Het TRAILS-onderzoek is gestart in 2000 met

24 www.medicalnewstoday.com/articles/235710.php?page=2.
25 www.trails.nl/home-2.
26 www.generationr.nl.

2.230 jongeren in de leeftijd tussen 10 en 12 jaar. Deze jongeren worden gevolgd tot ze 24 jaar zijn. Van deze kinderen wordt heel veel informatie verzameld met betrekking tot sociale, psychologische en biologische factoren, waaronder hartslaggegevens. De resultaten van zulk grootschalig onderzoek zouden gebruikt kunnen worden om per leeftijdscategorie, en voor jongens en meisjes apart, de gemiddelde hartslag en de grootte van de variatie daarin in kaart te brengen. Zo'n overzicht zou het gemakkelijker maken om op individueel niveau na te gaan of een jongere een verlaagde of verhoogde hartslag heeft. Uiteraard blijft het van belang individuele omstandigheden, zoals medicatiegebruik of extreem veel sporten, in acht te nemen en de hartslagmeting niet te zien als op zichzelf staand maar in een bredere context met andere informatie.

Een ander belangrijk punt met betrekking tot het valideren van hartslagmetingen is het gebruik van een betrouwbaar 'rustparadigma'. Hoewel de setting waarin de rusthartslag wordt gemeten lang niet altijd beschreven wordt in wetenschappelijke studies, lijken er verschillende methoden te bestaan. Zo zijn er studies die gebruik maken van de 'zit stil en doe niks'-methode (bijvoorbeeld Portnoy et al., 2014), maar er zijn ook studies die gebruik maken van rustgevende muziek en/of afbeeldingen. Er is enig bewijs dat de laatste methode effectiever is in het bereiken van een fysieke ruststand (Piferi et al., 2000). Een rustsetting hoeft niet langer dan enkele minuten te duren, maar het wordt aangeraden meerdere keren een rustmeting te doen en daar het gemiddelde van te nemen aangezien de hartslagmeting in het begin als stressvol ervaren kan worden (Cornet, 2015).

Wellicht kunnen ook voor het inzetten van hartslagmeters in de jeugdstrafrechtketen richtlijnen ontwikkeld worden waarin wordt beschreven welke hartslagmethode het best gebruikt kan worden, op welke manier de rusthartslag het beste gemeten kan worden (bijvoorbeeld met rustgevende muziek/afbeeldingen) en met welke individuele factoren men rekening moet houden bij het interpreteren van de data (zoals medicatie, sporten). Ten slotte komt ook hier de vraag aan de orde welke expertise en bevoegdheid nodig zijn om hartslagmetingen af te nemen en te interpreteren. Dit geldt overigens niet alleen wat betreft neurowetenschappelijke instrumenten, maar bijvoorbeeld ook voor neurobiologische interventiemethoden (hoofdstuk 6).

Gebruik van andere/nieuwe methoden
Hoewel er al een behoorlijk aanbod is van eenvoudige hartslagmeters die waarschijnlijk betrouwbaar ingezet kunnen worden in de jeugdstrafrechtketen, zijn er ook innovaties op het gebied van fysiologische instrumenten die mogelijkheden bieden voor de jeugdstrafrechtketen. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van fysiologische apparatuur zijn vooral te vinden op commerciële sport- of Health & Lifestyle-websites. Het voordeel van sommige nieuwe

instrumenten is dat ze naast hartslag ook andere fysiologische processen kunnen meten, zoals hartslagvariabiliteit en huidgeleiding. Daarnaast is een aantal van deze instrumenten gemakkelijk te gebruiken om continu fysiologische processen te meten in plaats van alleen incidenteel, zoals de meters in tabel 10. Dit soort continue meters wordt ook wel *wearables* genoemd omdat ze makkelijk, op het lichaam, te dragen zijn. Een voordeel van *wearables* is dat ze inzicht kunnen geven in fysiologische patronen onder natuurlijke omstandigheden (buiten de onderzoeksopstelling). Voorbeeld van *wearables* zijn sensoren in een polsband, helm of petje, koptelefoon of oordopjes, in een T-shirt of in *pads* voor op het lichaam, zoals op het been.

Een voorbeeld van een bekende hartslagpolsband is de *Fitbit*. Inmiddels zijn er al verschillende versies van de *Fitbit*-polsbanden op de markt voor dagelijks gebruik of voor fitnessdoeleinden. Met de speciale *Fitbit Charge HR* kan continu de hartslag gemeten worden door een lichtsensor op de pols. Daarnaast geeft het instrument ook informatie over fysieke activiteit en het slaappatroon. Het gemakkelijke van deze polsband is dat hij draadloos de gemeten informatie uploadt naar computer en telefoon. Een ander voorbeeld van een continue meter is het 'slimme' T-shirt, zoals het *Omsignal sensor shirt,* waarin verschillende sensoren (op de borst en rug) verwerkt zijn. Met deze sensoren kan naast hartslag ook ademhaling gemeten worden en kan zo een indruk worden verkregen van iemands stressniveau. De data kunnen direct, ook wel *realtime*, bekeken worden of kunnen opgeslagen en later bekeken worden. Het voordeel van zo'n shirt met sensor is dat het niet of nauwelijks zichtbaar is, wat in bepaalde praktijkcontexten wenselijk kan zijn.

Ook het aanbod van innovatieve 'incidentele' hartslagmeters groeit exponentieel. Zo bestaan er verschillende applicaties om de hartslag te meten via de smartphone. Eén zo'n applicatie is de *iPhysiometer* die, net als veel andere applicaties, gebruik maakt van de lichtbron op de camera van de smartphone (zie figuur 9). Door daar de wijsvinger op te leggen kan de verandering in licht (door toe- en afname van bloed) gemeten worden, ook wel de 'bloedvolumepolsslag' genoemd. Volgens onderzoek van Matsumura en Yamakoshi (2013) geeft de *iPhysiometer* even betrouwbare resultaten als meer complexe hartslagmeters.

Het voordeel van zo'n manier van meten is dat het nog gemakkelijker is dan de eenvoudige meetmethoden beschreven in tabel 10 en tegenwoordig bijna iedereen in bezit is van een smartphone en met bovenstaande applicatie in welke situatie dan ook zijn of haar hartslag kan meten zonder begeleiding. Voordat dit daadwerkelijk zou kunnen gebeuren, is uiteraard meer onderzoek nodig naar de betrouwbaarheid en kwaliteit van dit soort 'zelfmeet'-instrumenten.

Figuur 9 Schermafbeelding van de iPhysiometer



De beschreven methoden zijn vooral interessant als het gaat om het meten van de hartslag in rust. Maar zoals eerder beschreven zijn er meer fysiologische processen die interessant zijn om te meten in relatie tot antisociaal gedrag, zeker omdat hartslag onder invloed staat van zowel parasympatische als sympathische activiteit (zie hoofdstuk 3) en daarom een vrij algemene indruk geeft van de werking van het autonome zenuwstelsel. Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen antisociaal gedrag en de werking van het autonome zenuwstelsel is het van belang de activiteit van het parasympatische en het sympathische zenuwstelsel apart te meten. Er zijn verschillende instrumenten op de markt die beide componenten kunnen meten.

Een voorbeeld van een recent ontwikkelde innovatieve methode is een polsband die zowel parasympatische als sympathische activiteit kan meten: de Empatica E4-band[27] (zie figuur 10; Garbarino et al., 2014). Dit instrument is geschikt voor continumetingen en heeft vier verschillende sensoren met

27 www.empatica.com/e4-wristband.

verschillende meetpretenties. Een fotoplethysmograaf-sensor meet de toe- en afname in bloed, waaruit onder meer hartslag en hartvariabiliteit kunnen worden afgeleid. Een elektrodermale sensor pretendeert sympathische activiteit te meten door middel van zweetmetingen op de pols. Verder heeft de polsband een bewegingsmeter en een thermometer die de temperatuur van de huid aangeeft. Het instrument is te verbinden met een smartphone via de *Empatica Realtime App*. De grafieken en getallen van de sensorgegevensstromen zijn dan continu te volgen op het scherm. De gegevens kunnen door de polsband te verbinden met de computer, geüpload worden en via de *Empatica Manager*-software bewaard en bewerkt worden. Al met al is deze polsband eenvoudig in gebruik en kan deze de hiervoor besproken fysiologische processen meten (hartslag, hartslagvariabiliteit en huidgeleiding). Het voordeel van een polsband ten opzichte van bijvoorbeeld elektrodes op de hand of lichaam is dat het individu vrij is om de handen te gebruiken tijdens een meting.

Figuur 10 De Empatica-polsband



Ten slotte is het sinds enige tijd mogelijk op niet-invasieve wijze een aantal lichaamsfuncties, en zelfs bloedwaarden, continu te monitoren. Zo is het voor patiënten met diabetes mogelijk de glucosespiegel in het bloed continu te meten met behulp van een speciale pleister. De informatie uit deze pleister kan dan bijvoorbeeld met een smartphone of met een speciaal apparaatje uitgelezen geworden. Het gebruik van dit soort pleisters in de forensische context dient nog onderzocht te worden, maar het gemak van dit instrument biedt wellicht op termijn toepassingsmogelijkheden voor de jeugdstrafrechtketen. Te denken valt aan onderzoek naar de relatie tussen problemen in de glucosestofwisseling en agressief gedrag.

Take home messages
- Eenvoudige hartslagmeters zijn betrouwbaar te gebruiken in de jeugdstrafrechtketen.
- Dit soort instrumenten kan enerzijds inzicht geven in afwijkende fysiologische waarden van een persoon (variatie tussen individuen) en anderzijds in individuele fysiologische patronen (variatie binnen individuen).
- Er zijn momenteel veel ontwikkelingen op het gebied van *wearables* die mogelijk interessant zijn voor de jeugdstrafrechtketen.
- *Best practices*/richtlijnen voor het gebruik van hartslagmeters in de jeugdstrafrechtketen moeten nog opgesteld worden.

4.3 Toepassingsmogelijkheden

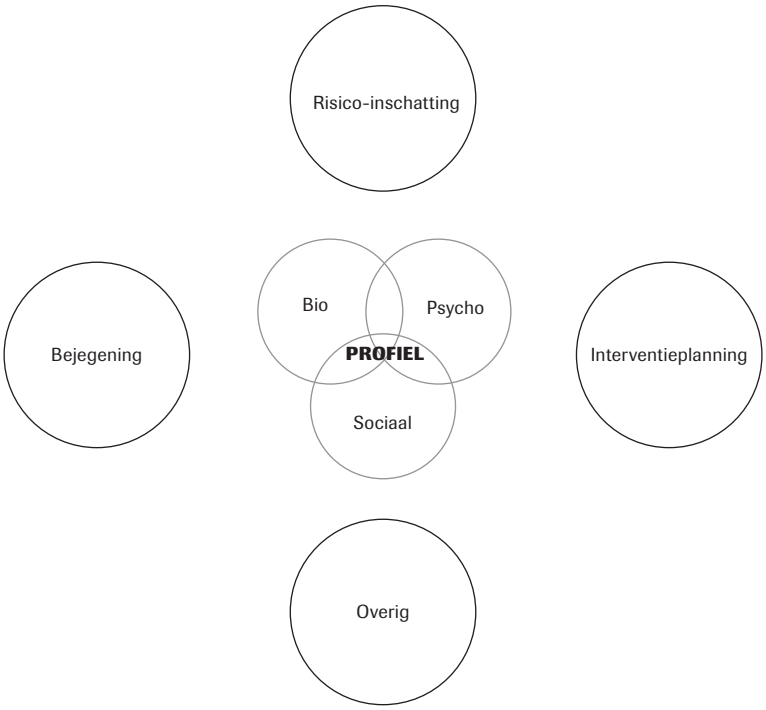
Zoals eerder beschreven zijn de huidige instrumenten in de jeugdstrafrechtketen met name gestoeld op psychologische en sociale perspectieven op antisociaal gedrag. In deze paragraaf wordt beschreven op welke manier het toevoegen van neurowetenschappelijke instrumenten kan helpen om 'biopsychosociale' profielen van adolescenten te ontwikkelen en op welke manier dit soort profielen gebruikt kan worden in de jeugdstrafrechtketen. De verschillende toepassingsmogelijkheden zijn geïnspireerd op de huidige inzet van instrumenten in de jeugdstrafrechtketen (zie figuur B5.1).

4.3.1 Biopsychosociaal profiel

Momenteel worden in de jeugdstrafrechtketen op verschillende momenten verschillende screenings- en risicotaxatie-instrumenten ingezet. Zo bepaalt de politie in het begin van de keten het recidiverisico op basis van statische gegevens (dat zijn gegevens die niet meer kunnen veranderen, zoals iemands delictgeschiedenis) en wordt verderop in de keten een uitgebreider risicoprofiel gemaakt met behulp van onder andere informatie over de sociale omgeving. Welke informatie precies verzameld moet worden en met welke instrumenten dat gebeurt, wordt bepaald door het *Landelijk Kader* (Vogelvang, Krooi & Van den Braak, 2006). De richtlijnen van het Landelijk Kader zijn voornamelijk gebaseerd op psychologische en sociale perspectieven op crimineel gedrag. In dit verband worden bijvoorbeeld problemen op school en omgang met delinquente vrienden als belangrijke risicofactoren beschouwd. Neurowetenschappelijke instrumenten maken tot op heden geen onderdeel uit van het instrumentarium in de jeugdstrafrechtketen.

In deze paragraaf verkennen we de toegevoegde waarde van neurowetenschappelijke instrumenten voor de jeugdstrafrechtketen. Met de huidige kennis die voorhanden is wat betreft neurobiologische kenmerken en antisociaal

Figuur 11 Neurowetenschappelijke instrumenten kunnen ingezet worden om 'biopsychosociale' profielen te ontwikkelen



gedrag, zien we een concrete toepassingsmogelijkheid; neurowetenschappelijke instrumenten kunnen ingezet worden als een *aanvullende* informatiebron om zo samen met psychosociale kennis tot een 'biopsychosociaal' profiel te komen van adolescenten met antisociaal gedrag (zie figuur 11). Zo'n multidimensionaal profiel zou dan kunnen bijdragen aan onder andere:
– een betere inschatting van het recidiverisico;
– een betere interventieplanning;
– beter afgestemde bejegening;

Mogelijk leidt gebruik van een dergelijk profiel tot nog meer toepassingsmogelijkheden, zoals het beter afwegen van de keuze voor het volwassenen- of jeugdstrafrecht.

Risico-inschatting
Risicotaxatie-instrumenten spelen een belangrijke rol in de jeugdstrafrechtketen. Het geschatte risiconiveau wordt onder andere ingezet voor het bepalen van strafoplegging, interventieplanning en niveau van toezicht.[28]

28 Een voorbeeld van een veelgebruikt risicotaxatie-instrument in de jeugdstrafrechtketen is de SAVRY (*Structured Assessment of Violence Risk in Youth*).

De huidige risicotaxatie-instrumenten nemen vooralsnog met name psychosociale factoren, zoals omgang met vrienden en middelenmisbruik, en demografische kenmerken mee in het bepalen van het risiconiveau. Echter, op basis van de kennis die momenteel beschikbaar is over de relatie tussen antisociaal gedrag en neurobiologische kenmerken, concluderen wij dat het toevoegen van neurowetenschappelijke kennis en de daarbij behorende instrumenten verrijkend kan zijn bij het verkrijgen van een 'risicoprofiel'.

Naast het feit dat bepaalde neurobiologische factoren, zoals een lage rusthartslag en neuropsychologische functietekorten, vaak geassocieerd worden met antisociaal gedrag, is er ook steeds meer onderzoek dat laat zien dat de aanwezigheid van bepaalde neurobiologische factoren de kans op (persistent) crimineel gedrag kan vergroten of juist kan verkleinen. Zo zijn er op basis van longitudinaal onderzoek aanwijzingen dat een lage hartslag in rust bij jongeren een risicofactor is voor het ontwikkelen van antisociaal gedrag (o.a. Raine, Venables & Mednick, 1997). Ook is er onderzoek dat laat zien dat criminele jongeren die tijdens stress een verlaagde hartslag hebben, sneller en vaker recidiveren (De Vries-Bouw et al., 2011). Ook cortisol- en testosteronconcentraties blijken voorspellend te zijn voor de (door)ontwikkeling van crimineel gedrag. Anderzijds blijkt een hoge hartslag in rust bij jongeren met risicovol gedrag een beschermende rol te spelen tegen het daadwerkelijk ontwikkelen van crimineel gedrag. Tevens is er beginnend bewijs voor een relatie tussen een hogere hartslag in rust en het stoppen met criminaliteit (zie box 12 voor meer informatie). Het idee dat bepaalde neurobiologische factoren beschouwd kunnen worden als risico- en/of beschermende factoren sluit nauw aan bij de inhoud van huidige screenings- en risicotaxatie-instrumenten.

Hoe zou deze neurowetenschappelijke informatie gebruikt kunnen worden bij het ontwikkelen van een biopsychosociale profielen? Bestaande literatuur suggereert dat met name informatie over de hartslag tijdens rust en stress en over bepaalde hormoonspiegels aanvullende informatie kan geven over enerzijds het risico van het versterken van antisociaal gedrag en anderzijds juist over de kans op bescherming tegen verdere ontwikkeling van antisociaal gedrag. Eerder is gesproken over het gebrek aan duidelijke *cut off*-scores wat betreft fysiologische en hormoonmetingen. In de context van risicoprofielen zou deze neurobiologische informatie gebruikt kunnen worden in het kader van 'kenmerken die om aandacht vragen'. Zo kunnen bijvoorbeeld een relatief lage hartslag in rust en een relatief lage cortisolconcentratie aanwijzingen zijn voor persistent crimineel gedrag. Echter, alleen met behulp van *andere beschikbare informatie*, zoals statische en psychosociale informatie, kan duiding worden gegeven aan deze neurobiologische informatie.

De combinatie van neurowetenschappelijke kennis met psychosociale en demografische informatie is ook van belang voor het interpreteren van neurobiologische kenmerken als *beschermende* factoren. Het kan namelijk zijn dat bepaalde neurobiologische kenmerken, zoals een hoge hartslag in rust, een beschermende rol hebben in relatie tot antisociaal gedrag, maar een risicofactor vormen voor andere verstoringen in gedrag, zoals een angststoornis. Vandaar dat informatie over neurobiologische kenmerken, net zoals dat geldt voor informatie over psychosociale kenmerken, altijd in de context van andere beschikbare informatie dient te worden geïnterpreteerd.

Box 12 Neurobiologische factoren als risico- en beschermende factoren

Glenn en Raine (2014) brengen in hun overzichtsstudie kennis samen over neurobiologische factoren als risicofactoren voor de ontwikkeling en persistentie van antisociaal gedrag. De auteurs concluderen dat er behoorlijk wat longitudinaal bewijs is dat een lage hartslag in rust en in reactie op stress een risicofactor is voor enerzijds het ontwikkelen van antisociaal gedrag en anderzijds persistentie van antisociaal gedrag. Ook wat betreft hormonen zijn er longitudinale studies die enerzijds laten zien dat een lage concentratie cortisol vóór de puberteit voorspellend is voor agressief gedrag jaren later en anderzijds dat een verhoogd testosteronniveau bij kinderen en adolescenten grensoverschrijdend/crimineel gedrag op volwassen leeftijd voorspelt. Ten slotte lijkt er een gebrek te zijn aan studies over neuropsychologisch functioneren als risicofactor bij jongeren voor het ontwikkelen van later antisociaal gedrag. Al eerder constateerde Moffitt (1993) dat neuropsychologische functies wellicht geen duidelijke voorspellers zijn voor de ontwikkeling van probleemgedrag. Dat neemt echter niet weg dat tekorten in neuropsychologische functies wel vaak voorkomen bij individuen met antisociaal gedrag (zie Ogilvie et al., 2011).

Er is een beperkt aantal studies verricht naar de beschermende rol van neurobiologische kenmerken. Portnoy, Chen en Raine (2013) onderzochten in hun literatuurstudie de beschermende rol van hartslag, hartslagvariabiliteit, huidgeleiding en neuropsychologisch functioneren. De auteurs concluderen dat een hoge hartslag in rust bij high risk jongeren een beschermende rol heeft bij het daadwerkelijk ontwikkelen van crimineel gedrag. Ook lijkt een hogere hartslag in rust samen te hangen met het stoppen met criminaliteit, maar bewijs hiervoor is nog schaars. Onderzoek naar hartslagvariabiliteit suggereert verder dat er potentie is voor een beschermende rol van een verhoogde hartslagvariabiliteit in relatie tot antisociaal gedrag, maar hier is nog veel meer onderzoek naar nodig. Dit geldt ook voor de beschermende rol van huidgeleiding in relatie tot het ontwikkelen van antisociaal gedrag. Tenslotte lijkt er enige evidentie te zijn voor een relatie tussen een goede

prestatie op neuropsychologische testen op jonge leeftijd en minder probleemgedrag in de daaropvolgende jaren.

Interventieplanning
In hoofdstuk 6 zal duidelijk worden dat specifieke neurobiologische factoren kunnen samenhangen met de uitkomst van een justitiële gedragsinterventie. De kennis op dit terrein impliceert dat bepaalde neurowetenschappelijke instrumenten op termijn ingezet zouden kunnen worden om:
1 voorafgaand aan behandeling de uitkomst ervan te voorspellen (en daarmee mogelijk bijdragen een betere behandelselectie);
2 het verloop van behandeling vast te stellen;
3 de uitkomst van behandeling te evalueren.

Neurowetenschappelijke instrumenten zouden dus samen met andere beschikbare informatie benut kunnen worden om 'biopsychosociale behandelprofielen' in kaart te brengen. Uit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat gevangenen die slecht presteren op de D2-aandachttaak een hogere kans hebben om voortijdig met de Cognitieve Vaardigheden (CoVa)-training te stoppen (Cornet et al., 2015b). Deze neuropsychologische informatie over iemands aandachts- en concentratievermogen zou aanvullend kunnen worden gebruikt op informatie die er al is, om te bepalen of iemand bijvoorbeeld wel geschikt is voor de CoVa-training maar extra begeleiding nodig heeft om uitval te voorkomen, of om te besluiten dat iemand meer baat heeft bij medicatie ter verhoging van het aandachtvermogen alvorens gestart wordt met de CoVa-training. Naast neuropsychologisch functioneren zijn andere neurobiologische kenmerken, zoals een lage hartslag in rust en lage cortisolconcentraties, in de literatuur in verband gebracht met minder goede behandeluitkomsten van jongeren met antisociaal gedrag (zie hoofdstuk 6 voor meer informatie hierover).

Tevens creëren neurowetenschappelijke instrumenten extra mogelijkheden om de behandeluitkomst te monitoren en vast te stellen. Verondersteld is dat gedragsinterventies alleen effectief zijn als ze veranderingen teweegbrengen in onderliggende neurobiologische tekorten (Vaske et al., 2011). Dit suggereert dat een succesvolle interventie niet alleen op gedragsniveau, maar ook op neurobiologisch niveau effectief moet zijn, iets wat het waard is om verder te onderzoeken. Met de kennis die er op dit moment is over de relatie tussen neurobiologische factoren en gedragsinterventies, kan op termijn een interventieplanning gemaakt worden die beter maatwerk oplevert doordat deze meer dimensies omvat dan de huidige methoden.

Bejegening
De manier waarop jongeren met antisociaal gedrag bejegend worden, bepaalt mede het succes van een (strafrechtelijke) interventie (Harder, 2011).

Ook voor het afstemmen van de bejegening op wat bij de desbetreffende jongere nodig is, kunnen neurowetenschappelijke kennis en bijbehorende instrumenten aangewend worden. Waar fysiologische en hormoonmetingen vooral inzicht lijken te kunnen geven in risico- en beschermende factoren, zijn neuropsychologische testen wellicht het meest geschikt als het gaat om inzicht krijgen in de behoeften en vaardigheden van adolescenten en de daarbij behorende bejegening. Een voorbeeld in dit verband heeft betrekking op het verbale intelligentieniveau van de jongere. In hoofdstuk 3 is beschreven dat het verbale IQ in de ontwikkeling vaak achterblijft bij adolescenten met antisociale gedragsproblematiek (Isen, 2010). De mate waarin het verbale IQ ontwikkeld is, bepaalt onder andere hoe goed een jongere zich verbaal kan uiten en kan begrijpen wat er gezegd wordt. Kennis over deze eventuele beperking kan helpen bij het bepalen van de juiste bejegening bij deze jongere. Ook zal een jongere die bijvoorbeeld slecht presteert op een strafgevoeligheidstaak wellicht nog meer dan anderen baat hebben bij een op beloning gerichte bejegening omdat hij/zij minder gevoelig is voor negatieve consequenties van gedrag. Ten slotte kunnen bijvoorbeeld werkgeheugen- en concentratietesten inzicht geven in de mate waarin een jongere informatie tot zich kan nemen en kan verwerken. Het feit dat concentratie- en aandachtvermogen samenhangt met behandeluitval maakt het niet ondenkbaar dat ook het effect van de bejegeningsvorm samenhangt met dit soort vaardigheden.

We dienen echter op te merken dat prestaties op neuropsychologische testen niet een-op-een vertaald kunnen worden naar gedrag in de praktijk. Zoals beschreven in paragraaf 4.2 blijken uitkomsten op neuropsychologische testen, zoals de *Wisconsin Card Sorting Test, Trail Making Test* en de *Controlled Oral Word Assocation Test*, zeker niet altijd samen te hangen met gedrag in het dagelijks leven. Neuropsychologische testen kunnen daarom wel een indicatie geven van functioneren, maar ook hier geldt dat combinatie met andere informatiebronnen noodzakelijk is om duiding te kunnen geven aan de uitkomsten op de neuropsychologische testen ten behoeve van het bepalen van de bejegeningsvorm.

Overige toepassingen

Er zijn in potentie nog meer toepassingsmogelijkheden voor neurowetenschappelijke instrumenten in de jeugdstrafrechtketen. Te denken valt aan een rol voor dit soort instrumenten in het beslissingsproces of jongeren tussen 18 en 23 jaar berecht moeten worden volgens het volwassenen- of het jeugdstrafrecht. Om tot die beslissing te komen maakt de rechter gebruik van gegevens en adviezen die worden verstrekt door verschillende ketenpartners. Belangrijke bronnen van informatie die worden gebruikt in dit beslissingsproces zijn onder andere het Wegingskader van de Reclassering en de Wegingslijst van het NIFP. Ook hier geldt dat de items die centraal staan in deze

instrumenten voornamelijk gebaseerd zijn op psychosociale kenmerken van de jongeren. Dat is opvallend, zeker omdat aan het pleidooi voor de invoering van het adolescentenstrafrecht wetenschappelijke inzichten over de hersenontwikkeling van jeugdigen en jongvolwassenen in belangrijke mate hebben bijgedragen.[29] Neurowetenschappelijke instrumenten zouden dus ook in het adolescentenstrafrecht een verrijking kunnen zijn doordat zij vanuit een andere invalshoek informatie geven over het functioneren van jongeren.

Onderzoek naar het adolescentenbrein is de laatste jaren explosief toegenomen. Ondanks de kennis die dit onderzoek heeft opgeleverd, blijft het lastig te definiëren wat het adolescentenbrein precies kenmerkt. Lang werd aangenomen dat vooral de nog 'onrijpe' frontale cortex in combinatie met overactieve emotiesystemen leidt tot impulsief en risicovolgedrag (zie voor een overzicht Ernst & Mueller, 2008). Recente inzichten laten echter zien dat dit niet zo zwart-wit kan worden gesteld. Het gebruik van de frontale cortex wisselt en hangt sterk af van de motivatie van adolescenten. Die motivatie wordt op haar beurt vooral beïnvloed door sociale en affectieve processen in de omgeving (Crone & Dahl, 2012). Het daadwerkelijk implementeren van neurowetenschappelijke instrumenten ten behoeve van het adolescentenstrafrecht vraagt om een meer verdiepende verkenning dan in dit rapport mogelijk is. Daarnaast spelen er nog ingewikkelde vraagstukken in de neurowetenschap wat betreft hersenontwikkeling. Wanneer kan men bijvoorbeeld stellen dat een jongere een vertraging in de ontwikkeling van het brein heeft en wanneer moet worden vastgesteld dat de ontwikkeling van het brein afwijkend is en het niet veel verder zal rijpen? Wat verstaan we überhaupt onder een 'gerijpt' brein? Dit zijn actuele vragen binnen de neurowetenschap; de antwoorden hierop bieden wellicht op termijn mogelijkheden voor de jeugdstrafrechtketen.

De jeugdstrafrechtketen heeft ook als doel het zorgen voor passend onderwijs en opvoeding voor adolescenten met gedragsproblematiek, om zo (persistent) crimineel gedrag te voorkomen. Neurowetenschappelijke inzichten en instrumenten kunnen ingezet worden voor het afstemmen van onderwijs op wat de jongere kan en nodig heeft. De onderzoeksgroep van professor Jolles doet uitgebreid onderzoek naar de relatie tussen het brein van adolescenten en onderwijs. Hij stelt onder andere dat met de juiste aanpak en stimulatie het intelligentieniveau nog zeker een paar punten omhoog kan schuiven, maar ook dat er grote individuele verschillen bestaan in (timing van) de ontwikkeling van cognitieve functies die betrokken zijn bij leerprocessen, zoals informatieverwerking.[30] Het regelmatig meten van dit soort functies, met bijvoorbeeld neuropsychologische testen, kan enerzijds gebruikt worden om de leersituatie voor adolescenten te optimaliseren en kan anderzijds voorkomen

29 Zie hiervoor Kempen (2014) en *Kamerstukken II*, 2012/13, 33 498, nr. 3, p. 12-13.
30 http://files.jellejolles.nl/151216ZoneJolles-kopie.pdf.

dat een jongere onterecht op een te laag (of te hoog) leerniveau wordt ingeschat.

In deze paragraaf is beschreven dat de introductie van neurowetenschappelijke instrumenten een aanvulling kan zijn op de psychosociale informatie die nu centraal staat in het instrumentarium van de jeugdstrafrechtketen. Concreet kunnen neurowetenschappelijke instrumenten ingezet worden om tot biopsychosociale profielen te komen die ons wellicht meer inzicht geven in risiconiveaus, behandelplannen en bejegeningsvormen. De voorgaande paragrafen zijn bedoeld als een 'wegwijzer' op het gebied van neurowetenschappelijke instrumenten om tot een selectie te komen van instrumenten. Hoewel onderzoek naar de relatie tussen bepaalde neurobiologische metingen en bijvoorbeeld recidivekans of behandeluitkomst nog in de kinderschoenen staat, zijn er ons inziens voldoende aanknopingspunten om specifieke neurowetenschappelijke instrumenten in te zetten als *pilots in practice*. Op die manier draagt de praktijk enerzijds bij aan het valideren van neurowetenschappelijke instrumenten voor jongeren met antisociaal gedrag en hoeven we anderzijds niet jarenlang te wachten tot de wetenschap consistent bewijs heeft gevonden voor de toegevoegde waarde van bepaalde instrumenten om tot biopsychosociale profielen te komen. Tot slot lopen er op dit moment belangwekkende onderzoeken met als doel het voorspellen van persistent crimineel gedrag. Het onderzoek van De Ruigh bij de Bascule is daar een voorbeeld van. Een scala van neuropsychologische testen, hormoonmetingen en fysiologische metingen wordt onderzocht in relatie tot het recidiverisico van adolescenten met antisociaal gedrag met als doel een biopsychosociaal risicoprofiel voor recidiverisico te vinden. De resultaten van dit onderzoek laten nog op zich wachten, maar de kennis die voortvloeit uit dit project kan bijdragen aan de toepassingsmogelijkheden van neurowetenschappelijke instrumenten in de jeugdstrafrechtketen.

Take home messages
- Neurowetenschappelijke instrumenten kunnen nu al ingezet worden om 'biopsychosociale' profielen te creëren.
- Deze profielen kunnen gebruikt worden ten behoeve van risicotaxatie, interventieplanning en afstemming van bejegening.

4.4 Praktijkgerelateerde uitdagingen

Het gebruik van neurowetenschappelijke instrumenten binnen de jeugdstrafrechtketen is niet zonder uitdagingen of ethische aandachtspunten. Het gaat in deze paragraaf niet zozeer om de instrumenten zelf – die zijn aan bod gekomen in voorgaande paragrafen – maar om de uitdagingen wat betreft het

invoeren van neurowetenschappelijke instrumenten in de jeugdstrafrechtketen. De volgende uitdagingen zullen kort besproken worden:
– ethische aandachtspunten;
– middelen;
– verwachtingen en kennis.

4.4.1 Ethische aandachtspunten

Het verzamelen van lichaamsmateriaal, waaronder speeksel, maar ook van informatie over fysiologische eigenschappen, zoals hartslag en huidgeleiding, brengt andere ethische kwesties met zich mee dan het afnemen van neuropsychologische testen en vragenlijsten. Voor beide soorten metingen geldt dat de privacy van de personen van wie de metingen afkomstig zijn een belangrijk aandachtspunt is, maar zeker voor lichaamsmateriaal is het veilig stellen van het materiaal een belangrijk punt. Waar worden bijvoorbeeld de buisjes cortisol bewaard? En als de analyse niet in eigen beheer kan worden gedaan, waar kan deze dan veilig en betrouwbaar worden uitgevoerd? Aansluitend hierop is de laatste jaren steeds meer aandacht gekomen voor het veilig opslaan en behandelen van data. Het uitbreiden van beschikbare gegevens over jonge delinquenten door de inzet van neurowetenschappelijke instrumenten vraagt dan ook om een doordacht protocol omtrent het opslaan en behandelen van deze data.

Een andere kwestie is het omgaan met inzicht in medisch gerelateerde kenmerken. Wat als de uitkomsten van hormoon- of fysiologische metingen een voorspellende waarde hebben voor de gezondheid van de betrokkene of diens naasten? Om met dit soort kwesties om te kunnen gaan is het belangrijk enerzijds voldoende voorlichting te geven aan diegenen die betrokken zijn bij het doen van fysiologische metingen en anderzijds *best practices*, of richtlijnen, te ontwikkelen voor het doen van neurowetenschappelijke metingen. Tot slot moet er aandacht zijn voor de vraag welke expertise vereist is om neurowetenschappelijke instrumenten te mogen gebruiken. Deze vraag vergt meer verdieping dan in dit rapport mogelijk is. Het is in ieder geval belangrijk om bij de implementatie van neurowetenschappelijke instrumenten, maar ook wat betreft neurowetenschappelijke preventie- en interventiemethoden, verschillende experts (o.a. neuropsychologen) te benaderen. Zij kunnen enerzijds helpen bij het selecteren van de meest relevante neurowetenschappelijke instrumenten en anderzijds medewerkers in de jeugdstrafrechtketen trainen in het gebruik van neurowetenschappelijke instrumenten. Er zijn echter instrumenten, voornamelijk bepaalde neuropsychologische testen, die niet toegepast kunnen en mogen worden zonder een diagnostiekaantekening.

4.4.2 Middelen

De toevoeging van neurowetenschappelijke instrumenten in de jeugdstrafrechtketen vraagt ruimte in de zin van extra tijd, maar ook in financiële zin. Die tijd en extra financiële middelen zijn beperkt en limiteren daarom wellicht de invoering van neurowetenschappelijke instrumenten. Echter, de introductie van neurowetenschappelijke instrumenten kan ook gezien worden als een moment om bestaande instrumenten onder de loep te nemen. Zijn de huidige risicotaxatie-instrumenten bijvoorbeeld wel voorspellend genoeg? En zijn er instrumenten ingevoerd volgens het Landelijk Kader die achteraf gezien nauwelijks bruikbaar bleken in de praktijk? Door neurowetenschappelijke instrumenten eerst als *pilots in practice* te introduceren en daarna te evalueren kan ook bekeken worden of bepaalde psychosociale items vervangen kunnen worden door neurowetenschappelijke instrumenten. Zover is het nog niet, maar hoewel neurowetenschappelijke instrumenten in eerste instantie misschien meer kosten (qua tijd en geld) met zich meebrengen, kunnen ze op den duur wellicht leiden tot een efficiëntere inzet van meetinstrumenten.

4.4.3 Verwachtingen en kennis

Een andere beperking is wellicht het gebrek aan kennis in de praktijk over neurowetenschappelijke instrumenten en neurowetenschap in het algemeen. Dit kan enerzijds leiden tot misverstanden over neurowetenschappelijke instrumenten, maar anderzijds ook (te) hoge of te lage verwachtingen in de hand werken. Uit de expertmeetings blijkt bijvoorbeeld dat neurowetenschappelijke instrumenten als objectiever worden beschouwd dan vragenlijsten of interviews. Hoewel neurowetenschappelijke instrumenten minder onder invloed staan van bewuste processen, zoals probleembesef, kunnen de uitkomsten niettemin een vertekend beeld geven wanneer ze zonder context van bijvoorbeeld psychosociale informatie geïnterpreteerd worden. Daarnaast is het waarschijnlijk dat de neurowetenschap in het algemeen nog nadelen ondervindt van de geschiedenis die deze discipline heeft gehad in relatie tot onderzoek naar antisociaal gedrag. Termen als 'determinisme'[31] en 'onveranderbaar' zijn lang geassocieerd geweest met biocriminologisch onderzoek. Dit negatieve imago is inmiddels weerlegd door wetenschappelijke studies, maar speelt mogelijk nog steeds een rol in de opvatting van personen die verder afstaan van modern biocriminologisch onderzoek (Cornet & De Kogel, 2015).

Een oplossing voor deze beperking begint wellicht bij goede voorlichting aan medewerkers in de jeugdstrafrechtketen over wat neurowetenschappelijke

31 Het idee dat eenmaal geboren met bijvoorbeeld aandoeningen in het brein per definitie leidt tot afwijkend gedrag.

instrumenten zijn en wat ze kunnen (en wat niet). Voorlichting over deze instrumenten zou vooral nuttig zijn in de context van meer algemene informatie over neurowetenschappen en antisociaal gedrag, zeker omdat er vaak 'neuromythes' bestaan omtrent de relatie tussen neurowetenschappen en (antisociaal) gedrag (Donker, 2000). In dit verband hebben Jolles en collega's (zie Dekker, Lee & Jolles,2014) een interessant onderzoek verricht. Zij onderzochten de neuromythes bij leraren in het voortgezet onderwijs en beschreven hoe deze te voorkomen zijn.[32] Naar aanleiding van dit onderzoek werken de onderzoekers momenteel aan de ontwikkeling van een formele, wetenschappelijke kennisbron over 'Brein & Leren' voor de onderwijspraktijk. Deze kennisontwikkeling kan ook benut worden door de justitiële praktijk.

4.5 Onderzoeksagenda

De volgende neurowetenschappelijke onderzoeksonderwerpen met betrekking tot meetinstrumenten zijn op de middellange termijn van belang voor een onderzoeksagenda:

- best practices/richtlijnen ontwikkelen voor het gebruik van neurowetenschappelijke instrumenten in de jeugdstrafrechtketen;
- onderzoek naar fysiologische normgegevens voor adolescenten op basis van grote datasets;
- longitudinaal onderzoek naar de relatie tussen neuropsychologische functies en kans op recidive;
- ontwikkeling van nieuwe neuropsychologische testen die aansluiten bij de cognitieve en emotionele kenmerken van adolescenten met antisociaal gedrag;
- onderzoek naar biopsychosociale profielen van adolescenten en hoe verschillende profielen samenhangen met gevoeligheid voor behandeling;
- onderzoek naar de toegevoegde waarde van neurowetenschappelijke instrumenten ten opzichte van bestaande instrumenten met als doel het effectiever inzetten van meetinstrumenten in de jeugdstrafrechtketen.

32 http://files.jellejolles.nl/Dekker-Lee-Jolles-2014-Over-het-v%C3%B3%C3%B3rkomen-en-voork%C3%B3men-van-neuromythen-in-het-onderwijs-annotated.pdf.

5 Preventie

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de preventie van delinquent gedrag in relatie tot zelfregulatieproblematiek bij jongeren. Zelfregulatie is het sturen van eigen denken, emoties en gedrag (interview met Hanna Swaab; Keeman, 2012; zie voor meer uitleg paragraaf 5.1.1). Gebrekkige zelfregulatie wordt geassocieerd met minder goed functioneren op tal van levensgebieden (Moffitt et al., 2011). Het gaat daarbij ook om antisociaal gedrag, waaronder crimineel gedrag. Daarom is het nuttig om preventiemethoden in kaart te brengen die helpen bij het bevorderen van een goede ontwikkeling van zelfregulatie en het verminderen of voorkomen van zelfregulatieproblemen. Preventie van criminaliteit wordt volgens DeLisi en Vaughn (2011) vanuit verschillende disciplines gezien als een humane, kosteneffectieve strategie om personen te weerhouden van antisociaal en crimineel gedrag. Als in een vroeg stadium voorkomen kan worden dat jeugdigen het verkeerde pad inslaan, zijn minder middelen nodig om een gezonde en veilige ontwikkeling te bereiken dan wanneer ingezet moet worden op opsporing, vervolging en interventies. Bijvoorbeeld als een jongere gedragsproblemen heeft, spijbelt en uiteindelijk de school verlaat, kan dat nieuwe risico's met zich meebrengen zoals drugs- en alcoholgebruik en uiteindelijk zelfs leiden tot het begin van een criminele carrière. Wanneer het zover is gekomen, zullen er meer onderliggende problemen opgelost moeten worden dan wanneer er sprake is van een minder ernstig gedragsprobleem zoals spijbelen. Verschillende neurobiologische correlaten van antisociaal gedrag, zoals impulsiviteit en neuropsychologische tekorten, zijn gerelateerd aan de ontwikkeling in de vroege jeugd (Van Goozen et al., 2007; Rocque, Welsh & Raine, 2012). Het op jonge leeftijd ondersteunen van de biopsychosociale ontwikkeling van kinderen draagt dan ook bij aan vermindering van de kans op ernstig antisociaal gedrag later in het leven.

Innovatie van preventie door daarbij, naast de gebruikelijke sociale en psychologische aspecten, óók neurobiologische factoren te betrekken kan volgens verschillende wetenschappers leiden tot een meer effectieve en efficiënte aanpak van jeugdcriminaliteit (o.a. Cornet et al., 2014a; Van Goozen & Fairchild, 2008; Vaske et al., 2011). Door neurobiologische kennis te betrekken bij het profiel van risico- en beschermende factoren kunnen de oorzaken en ontstaanswijzen van het antisociale gedrag beter in beeld gebracht worden en kunnen nauwkeuriger risicoprofielen van jonge kinderen ontwikkeld worden (zie ook paragraaf 4.3). Deze kennis kan vervolgens een bijdrage leveren aan meer gedifferentieerde diagnostiek van kinderen met zelfregulatieproblemen en het sneller en effectiever identificeren van de ontwikkelbehoeften van kwetsbare jongeren. Hiermee neemt de kans toe dat er preventieve interventies ontwikkeld worden die effectiever zijn omdat ze beter aansluiten bij de specifieke tekorten, behoeften en mogelijkheden van een individu. Ook neurowetenschappelijke kennis over de normale ontwikkeling van de hersenen kan benut worden voor preventiedoeleinden, bijvoorbeeld de

bevinding dat de sociaal-emotionele context een relatief grote invloed heeft op de mate van zelfregulatie van adolescenten en dat zij in bepaalde contexten beter dan in andere in staat zijn tot het goed benutten van hun executieve functies (zie figuur 1 en paragraaf 4.2 voor uitleg over neuropsychologie en executieve functies).

In dit hoofdstuk worden neurowetenschappelijke en neurowetenschappelijk geïnspireerde preventiestrategieën in kaart gebracht. Met het eerste worden preventiestrategieën bedoeld die direct ingrijpen op neurobiologische of neuropsychologische mechanismen zoals de executieve functies. Met neurowetenschappelijk geïnspireerde preventiestrategieën wordt bedoeld het gebruik van neurowetenschappelijke kennis om (bestaande) preventiestrategieën gerichter en effectiever in te zetten (zie box 13). Dit hoofdstuk richt zich specifiek op 'zelfregulatie' in relatie tot preventie van (ontwikkeling van) antisociaal gedrag. De volgende vragen staan centraal:

1 Welke bruikbare neurowetenschappelijke of neurowetenschappelijk geïnspireerde preventiestrategieën zijn er en worden er ontwikkeld?
2 Op welke manier zouden neurowetenschappelijke preventiestrategieën in de praktijk van de jeugdketen ingezet kunnen worden op korte en lange termijn?
3 Welke ethische en praktische beperkingen of dilemma's zijn er aan het gebruik van de desbetreffende neurowetenschappelijke preventiestrategieën?
4 Welke neurowetenschappelijke onderwerpen met betrekking tot preventie zijn in de komende periode (tot 2020) van belang voor een onderzoeksagenda?

In paragraaf 5.1 wordt de theoretische achtergrond van zelfregulatie in relatie tot antisociaal gedrag geschetst vanuit neurowetenschappelijk perspectief. Hierbij wordt ingegaan op het begrip zelfregulatie en de relatie tussen zelfregulatie en de executieve functies (paragraaf 5.1.1). Vervolgens komt aan de orde wat bekend is over de ontwikkeling van zelfregulatie gedurende de adolescentie in relatie tot de hersenontwikkeling in die periode (paragraaf 5.1.2). Daarna wordt de relatie tussen zelfregulatie en antisociaal gedrag besproken en wordt ingegaan op de onderliggende mechanismen van gebrekkige zelfregulatie bij antisociale jongeren (paragraaf 5.1.3). In paragraaf 5.2 worden neurowetenschappelijke preventiestrategieën besproken, waarna in paragraaf 5.3 mogelijke praktijktoepassingen daarvan in de jeugdketen aan de orde komen. In paragraaf 5.4 wordt stilgestaan bij de beperkingen van het toepassen van deze kennis in de praktijk. Hierbij gaat het om zowel ethische als praktische beperkingen. Ten slotte wordt een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek gegeven.

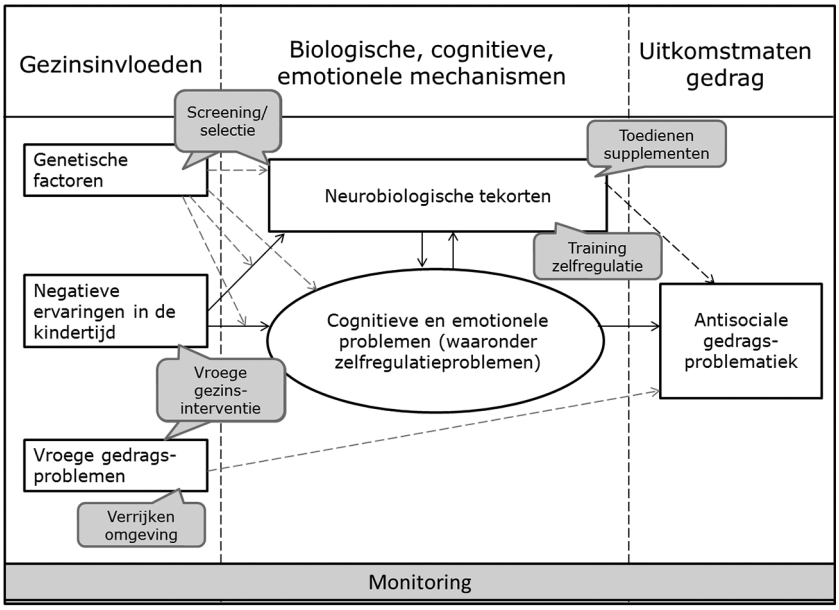
Box 13 Preventiestrategieën naar type en doelgroep

Neurowetenschappelijk geïnspireerde preventie versus neurowetenschappelijke preventie
- Neurowetenschappelijk geïnspireerde preventie: neurowetenschappelijke kennis wordt toegepast op bestaande preventiestrategie.
- Neurowetenschappelijke preventie: preventie grijpt in op neurobiologische of neuropsychologische processen.

Preventie bij algemene doelgroep versus risicogroep
- Primaire preventie: preventieprogramma's die in een algemene populatie toegepast kunnen worden.
- Secundaire preventie: preventieprogramma's die zich richten op personen uit een risicogroep, in dit geval personen die een verhoogd risico lopen op het ontwikkelen van zelfregulatieproblemen, antisociaal en crimineel gedrag.

Figuur 12 illustreert met enkele voorbeelden op welke mechanismen de in de volgende paragrafen te bespreken preventiestrategieën kunnen aangrijpen. Zo kunnen preventiemethoden aangrijpen op de omgeving (bijvoorbeeld via voeding of beweging), of op de onderliggende neurobiologische en neuropsychologische mechanismen die geassocieerd zijn met zelfregulatieproblemen. Een voorbeeld hiervan is het trainen van executieve functies. Door middel van screening kan inzicht worden verkregen in neurobiologische en neuropsychologische tekorten van jongeren en daarmee in mogelijke risico- en beschermende neurobiologische factoren voor antisociaal gedrag. Ook kan screening helpen bij het bepalen van de gevoeligheid van jongeren voor omgevingsinvloeden waaronder de sociale context. Ten slotte kan door middel van screening inzicht verkregen worden in de ontwikkeling van onder andere de executieve functies ten behoeve van indicatiestelling en behandeladvies.

Figuur 12 Voorbeelden van mogelijke aangrijpingspunten voor preventiestrategieën



Noot: Deze figuur betreft het theoretisch model van Van Goozen et al. (2007) met daarin door de auteurs van het onderhavige rapport voorbeelden aangebracht van mogelijke preventiestrategieën.

5.1 Achtergrond zelfregulatie en antisociaal gedrag

5.1.1 Wat is zelfregulatie?

Zelfregulatie wordt gezien als een essentiële capaciteit van de mens om zich aan te passen aan een veranderende omgeving en om eigen denken, emoties en gedrag te beheersen en bij te sturen, ook als dit tegen de emotionele impulsen in gaat (Schmitz et al., 2007; Adolphs, 2003 en zie box 14 en figuur 1). Hierbij moeten doelen gesteld worden en plannen gemaakt worden om die doelen te bereiken. Daartoe moet stapsgewijs en in de goede volgorde gehandeld worden, waarbij steeds in het oog moet worden gehouden of men voor het bereiken van het doel nog op de goede weg zit (Zimmerman, 1998). De executieve functies (EF) zijn belangrijk voor de zelfregulatiemogelijkheden. Onder executieve functies worden complexe zelfbeheersingsvermogens begrepen zoals het beheersen, aanpassen en monitoren van het eigen gedrag en het overzien van de gevolgen ervan (zie ook paragraaf 3.2). Voorbeelden van executieve functies die hierbij gemeten worden zijn: planning en initiatief, selectieve en volgehouden aandacht, inhibitie, cognitieve flexibiliteit of *shifting,* en werkgeheugen (Miyake et al., 2000; Van der Elst et al., 2012).

Ondanks dat de begrippen 'executieve functies' en 'zelfregulatie' veel gemeen hebben, ligt bij executieve functies het accent op cognitieve functies. Zelfregulatie is een breder concept, waaronder behalve cognitieve aspecten ook emotionele, sociale en gedragsaspecten vallen.

In het kader van preventie richten wij ons op het brede concept van zelfregulatie, waaronder concepten zoals executieve functies, impulsbeheersing en emotieregulatie. Voor een beter begrip van zelfregulatieproblemen bij jongeren en de onderliggende mechanismen daarvan wordt eerst ingegaan op de ontwikkeling van zelfregulatie in relatie tot de hersenontwikkeling tijdens de adolescentie.

Box 14 Zelfregulatie en onderliggende concepten

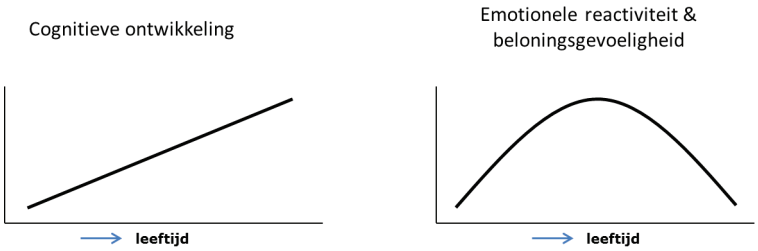
- Zelfregulatie: het sturen van eigen denken, emoties en gedrag (interview met Hanna Swaab; Keeman, 2012).
- Zelfbeheersing: de mate van impulsiviteit en het vermogen tot uitstel van beloning (uit Gottfredson & Hirschi, 1990).
- Impulsbeheersing/inhibitie: het proces van het tegenhouden of stoppen van bijvoorbeeld een handeling.
- Emotieregulatie: het proces waarmee individuen hun emotionele ervaringen, emotionele uitingen, fysiologie, en de situaties die dergelijke emoties uitlokken aanpassen om passend te kunnen reageren op allerlei verschillende situaties en eisen (Aldao, 2013).
- Executieve functies: complexe cognitieve functies die een beroep doen op onder andere zelfbeheersing, planningsvermogen, flexibiliteit en die sterk gelieerd zijn aan gedrag.

5.1.2 Ontwikkeling van zelfregulatie tijdens de adolescentie in relatie tot de hersenontwikkeling

De adolescentie kenmerkt zich door een periode waarin jongeren meer risicovol gedrag laten zien en extra gevoelig zijn voor belonende en spannende zaken (Arnett, 1999; Dahl, 2004; Ernst & Hardin, 2009; Ernst, Pine & Hardin, 2006; Steinberg & Morris, 2001; Steinberg, 2004, 2010). Op sociaal gebied zijn er veranderingen in de adolescentie waarbij de gevoeligheid voor groepsdruk en het oordeel van leeftijdgenoten toeneemt (Braams, Van Leijenhorst & Crone, 2014). De laatste jaren is er een groei van het aantal neurobiologische onderzoeken in relatie tot het gedrag van adolescenten (Casey & Caudle, 2013). Een bekend neurobiologisch model voor het kenmerkende risicovolle gedrag van adolescenten is het *dual systems model* (Steinberg, 2008, 2010). Volgens dit model is het risicovolle gedrag van adolescenten het product van de interactie tussen veranderingen in twee afzonderlijke neurobiologische systemen: een sociaal-emotioneel systeem en een cognitief controlesysteem. Het model suggereert dat de activatie van het sociaal-emotionele systeem

gedurende de levensloop een patroon laat zien bestaande uit een omgekeerde u-vorm met een piek in activatie in de adolescentie (zie figuur 13). Het cognitieve controlesysteem zou zich daarentegen geleidelijk ontwikkelen tussen de 10 en 30 jaar.

Figuur 13 Ontwikkeling van de cognitieve en affectieve hersencircuits gedurende de levensloop



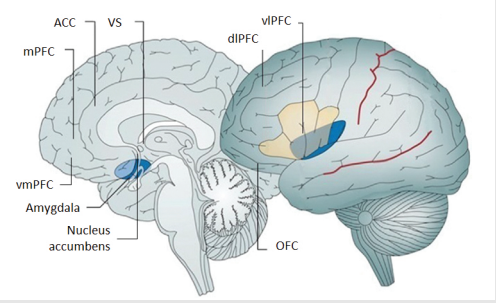
Noot: In de figuur is het verschil in ontwikkeling te zien tussen de 'cognitieve hersengebieden' en de 'emotionele hersengebieden' gedurende de adolescentie.

Het kenmerkende gedrag van adolescenten zou toegeschreven kunnen worden aan een verschil in ontwikkelingstraject tussen de emotionele circuits en controlecircuits in de adolescentie waarbij de affectieve regio's relatief actief zijn en de controleregio's relatief minder actief. Een combinatie van een hyperactief beloningssysteem, verminderde vermijding van negatieve situaties en een onrijpe of minder actieve controleregio kan er in deze visie de oorzaak van zijn dat adolescenten in vergelijking met kinderen en volwassenen minder goed in staat zijn om de toegenomen beloningsgevoeligheid te beheersen en minder gevoelig zijn voor straf (Crone et al., 2008). Echter, de opvatting dat adolescenten minder goed presteren op zelfbeheersingstesten en minder goed rationele beslissingen kunnen nemen vanwege een onrijpe prefrontale cortex (PFC) lijkt inmiddels achterhaald. Uit een meta-analyse van Crone en Dahl (2012) op basis van fMRI-studies blijkt dat adolescenten hier onder bepaalde omstandigheden wel degelijk toe in staat zijn. Uit onderzoek blijkt dat adolescenten vergeleken met volwassenen en jongere kinderen vooral een grotere emotionele ontvankelijkheid hebben. Waar adolescenten onder invloed van sociale en emotionele processen impulsiever gedrag vertonen en zich meer richten op de korte termijn, is dit niet het geval wanneer deze sociaal-emotionele context ontbreekt. Deze bevinding heeft geleid tot de veronderstelling dat er mogelijk twee aparte hersencircuits zijn (zie box 15 en figuur 14): één circuit voor het reguleren van cognitie en één voor het reguleren van emotie, waarbij adolescenten ten opzichte van kinderen en volwassenen mogelijk vooral problemen hebben met emotieregulatieprocessen (Luciana, 2013). Het gegeven dat de piek in emotionele ontvankelijkheid samenvalt met de leeftijdgerelateerde piek in crimineel gedrag (de *age-crime curve*) biedt mogelijk interessante aanknopingspunten voor preventie.

Box 15 Zelfregulatie en betrokken neurale mechanismen

Impulsbeheersing. De voorhersenen bestaan onder andere uit de prefrontale cortex (PFC) en de orbitofrontale cortex (OFC). Deze hersengebieden spelen een belangrijke rol bij executieve functies zoals aandacht, cognitieve flexibiliteit en impulsbeheersing (zie hoofdstuk 3).
Beloningsgevoeligheid. Uit MRI-studies blijkt hoe verschillende delen van de hersenen een rol spelen in het beloningssysteem (Brenhouse & Andersen, 2011). De nucleus accumbens, gelegen in het ventrale striatum (VS), reageert op de betekenis, waarde en voorspelbaarheid van een beloning (Elliott, Dolan & Frith, 2000; Elliott et al., 2003; London et al., 2000). De mediale prefrontale cortex (mPFC) is het gebied dat reageert als er een beloning wordt verwacht (Knutson et al., 2003; Schulz et al., 2004). De orbitofrontale cortex (OFC) speelt een rol bij de inschatting van de waarde van een beloning
Emotieregulatie. Bij de verwerking van emoties is een circuit van verschillende hersengebieden betrokken, waaronder de amygdala, de PFC, de OFC, hippocampus, hypothalamus, anterior cingulate cortex (ACC), insula en het ventrale striatum. Bij het reageren op emoties speelt de PFC een belangrijke rol. Deze zorgt ervoor dat de reactie gepast en specifiek is. In dit gebied reguleren bepaalde receptoren de selectieve aandacht, emotie en het daaropvolgende gedrag. Op basis van bevindingen uit fMRI-studies wordt aangenomen dat de ventromediale prefrontale cortex (vmPFC) via de cingulate cortex een temperende invloed heeft op de amygdala (Buckholtz & Meyer-Lindenberg, 2008). Zie bijlage 4 voor meer informatie over neuroanatomie.

Figuur 14 Hersengebieden betrokken bij zelfregulatie



Bron: Blakemore (2008). Figuur overgenomen met toestemming van de auteur en vervolgens aangevuld.

5.1.3 Zelfregulatie en antisociaal gedrag

Verstoorde zelfbeheersing wordt beschouwd als een belangrijke risicofactor voor antisociaal gedrag (Pratt & Cullen, 2000) waaronder delinquent gedrag (Gottfredson & Hirschi, 1990; Cauffman, Steinberg & Piquero, 2005).

Kinderen die minder goed presteren op het gebied van zelfbeheersing hebben meer risico om op volwassen leeftijd agressief, gewelddadig of crimineel gedrag te vertonen, zelfs indien rekening wordt gehouden met sociaal-economische afkomst en IQ (Moffitt et al., 2011). De ontwikkeling van problemen met zelfbeheersing naar later delinquent gedrag kan zich voltrekken via een tussenstap, bijvoorbeeld door risicovolle beslissingen of gebeurtenissen zoals schoolverlaten of vroeg ouderschap (Moffitt et al., 2011). Uit een longitudinale epidemiologische studie onder driejarigen die werden geclassificeerd op basis van hun gedrag, bleek dat degenen die beschreven werden als impulsief meer kans hadden dan de niet impulsieve kinderen om op hun 21e gediagnosticeerd te worden met een antisociale persoonlijkheidsstoornis en om crimineel gedrag te vertonen (Caspi et al., 1996).

Uit een meta-analyse van Morgan en Lilienfeld (2000) blijkt dat er een gemiddeld tot sterk verband is tussen antisociaal gedrag en problemen met executieve functies.[33] Ook in de daarop voortbouwende meta-analyse van Ogilvie en collega's (2011), waarin een breder bereik van executieve-functiematen wordt gehanteerd en meer recente studies worden geïncludeerd, wordt een robuust verband gevonden tussen antisociaal gedrag en executieve-functietekorten. De subgroep met antisociaal gedrag bij wie ook sprake was van criminaliteit presteerde het slechtst op de executieve-functietesten vergeleken met de controlegroep (zie ook paragraaf 3.2). Ten slotte laat een overzichtsstudie van DeLisi en Berg (2006) zien dat zelfregulatieproblemen geassocieerd zijn met een minder succesvolle rehabilitatie. Zo schenden delinquenten met zelfregulatieproblemen vaker reclasseringsvoorwaarden en recidiveert deze groep delinquenten vaker.

Neurobiologische factoren bij antisociaal gedrag en zelfregulatieproblemen
In hoofdstuk 3 zijn neurobiologische en neuropsychologische factoren aan de orde gekomen die in verband worden gebracht met antisociaal gedrag. We bespreken nu kort enkele voorbeelden van neurobiologische en neuropsychologische factoren die daarnaast aan zelfregulatieproblemen gelinkt kunnen worden. Diverse onderzoeken laten zien dat kinderen die problemen hebben met impulsbeheersing en agressie vaak minder goed presteren op (visueel ruimtelijk of verbale) werkgeheugentesten (Ogilvie et al., 2011; Prins et al., 2011; Westerberg et al., 2004). Naast een minder goed presterend werkgeheugen lijkt ook een verminderde strafgevoeligheid een rol te spelen bij impulsief en antisociaal gedrag (De Brito et al., 2013). Zoals eerder vermeld zijn hersengebieden die in verband gebracht worden met impulsief agressief gedrag onder andere de amygdala, het striatum en de frontale cortex. Disfuncties in de eerste twee gebieden hangen vooral samen met emotieregulatieproblemen, disfuncties van de laatste worden met name geassocieerd met

33 ES=0,62.

problemen met impulsbeheersing (Noordermeer et al., 2016; Yang & Raine, 2009).[34]

Ook bepaalde neurotransmitters en hormonen worden in verband gebracht met zelfregulatieproblemen.[35] Zo lijken lagere serotonineniveaus samen te hangen met verminderde emotieregulatie, inhibitie en impulsieve agressie (Cappadocia et al., 2009; DeWall, Finkel & Denson, 2011; Stoff & Vitiello, 1996). Daarnaast worden verhoogde cortisolniveaus geassocieerd met emotieregulatieproblemen en reactieve agressie bij antisociale jongeren (Van Goozen et al., 2007; Hyde, Shaw & Hariri, 2013).[36] Een andere neurobiologische factor die in verband is gebracht met het vermogen tot zelfregulatie (te weten slechtere emotieregulatie en minder zelfbeheersing) is een lage hartslagvariabiliteit (Porges, 2007; Fabes & Eisenberg, 1997).

Al met al laat onderzoek correlaties zien tussen enerzijds neurobiologische maten bij jongeren, waaronder hartslag, huidgeleiding en cortisol en anderzijds hun zelfregulatievermogen. De voorspellende waarde van neurobiologische maten voor agressief gedrag op latere leeftijd is in sommige gevallen zelfs beter dan die van het oordeel van de ouders. Zo blijkt uit onderzoek dat de huidgeleiding op een leeftijd van jonger dan één jaar, beter voorspelt welke kinderen twee jaar later veel agressie vertonen dan een voorspelling op basis van de inschatting van de moeder van het temperament en van aan agressie gerelateerde gedragskenmerken van het kind (Baker et al., 2013). Een andere interessante bevinding komt uit een studie van Schoorl et al. (2016). Zij onderzochten met behulp van fysiologische maten in hoeverre een tekort aan zelfregulatie bij kinderen kan leiden tot gedragsproblemen zoals agressie. Uit de resultaten bleek dat agressief gedrag binnen de groep jongens met gedragsproblemen voorspeld kon worden vanuit fysiologische *arousal* (hartslag en huidgeleiding). Een lage *arousal* bleek samen te hangen met proactieve agressie en aandachtsproblemen terwijl een hoge *arousal* juist samenhing met reactieve agressie, angst en problemen met de interpretatie van sociale situaties.

Zoals in hoofdstuk 3 is uiteengezet, is er de laatste jaren tevens meer aandacht voor de rol van genen bij de ontwikkeling van persoonlijkheidskenmerken en gedrag (Ebstein, 2006).[37] Een bekend voorbeeld in relatie tot antisociaal gedrag is het eerder vermelde MAOA-gen. In een studie van Beaver en collega's bleken neuropsychologische tekorten in combinatie met de korte

34 Zie box 15 en hoofdstuk 3.
35 Voor meer uitleg over de neurobiologische mechanismen: zie hoofdstuk 3.
36 Er wordt dan ook wel gedacht aan een model voor antisociaal gedrag bij jongeren waarbij hoge cortisolspiegels in het bloed en lage serotoninespiegels leiden tot reactieve agressie en lage cortisolniveaus juist tot proactieve agressie (Van Goozen et al., 2007).
37 Een beperking bij het identificeren van genen of gencombinaties is dat de meeste genetische testen slechts een beperkte voorspellende waarde hebben voor gedrag. Bij het ontstaan van agressief gedrag spelen vele factoren een rol. Zo is er bijvoorbeeld niet een speciaal 'agressiegen' maar is er hooguit sprake van een genetische kwetsbaarheid (Donker, 2000; Forzano et al., 2010).

variant van het MAOA-gen voorspellend te zijn voor de mate van zelfbeheersing en delinquentie bij jongeren (Beaver et al., 2010).

In het voorgaande is besproken hoe neurobiologische en neuropsychologische factoren samenhangen met zelfregulatieproblemen én antisociaal gedrag. In de volgende paragraaf staan neurowetenschappelijke preventiemethoden ten aanzien van antisociaal gedrag centraal.

5.2 Preventiestrategieën

In deze paragraaf worden enerzijds bestaande preventiestrategieën besproken vanuit een neurowetenschappelijk perspectief en worden anderzijds neurowetenschappelijke preventiestrategieën besproken (zie box 13). Het gaat hierbij zowel om preventie gericht op de totale groep van jongeren (primaire preventie) als om preventie bij risicogroepen (secundaire preventie). De doelgroep in deze paragraaf wordt gevormd door jeugdigen vanaf 0 jaar. De nadruk ligt bij secundaire preventie op jongeren met zelfregulatieproblematiek. In paragraaf 5.2.1 komt neurowetenschappelijk geïnspireerde preventie aan de orde. In paragraaf 5.2.2 komen neurowetenschappelijke preventiemethoden aan bod. In de paragrafen 5.3.1 en 5.3.2 worden de visies van de geïnterviewde experts op preventie vanuit neurowetenschappelijk perspectief besproken.

5.2.1 Neurowetenschappelijk perspectief op preventiemethoden

Verrijken van de omgeving
In deze paragraaf wordt aan de hand van enkele voorbeelden van onderzoek neurowetenschappelijke kennis besproken over effecten van positieve en negatieve omgevingsinvloeden op zelfregulatie en antisociaal gedrag van jeugdigen. Daarbij staan neurobiologisch geïnspireerde methoden om omgevingsfactoren in te zetten voor preventie van antisociaal gedrag centraal. Er is bewijs uit experimenteel dieronderzoek en cohortonderzoek bij mensen dat een voldoende 'rijke' omgeving voor een opgroeiend individu essentieel is (Raine et al., 2003). Een voldoende rijke omgeving wil zeggen een omgeving die tegemoetkomt aan belangrijke behoeften en genoeg uitdaging biedt. Zo laat een langlopend onderzoek naar een tweejarig omgevingsverrijkingsprogramma, onder een cohort kinderen afkomstig uit de in die tijd redelijk arme bevolking van Mauritius, positieve effecten zien. Dit programma, waarbij kinderen tussen de drie en vijf jaar betere voeding, educatie en fysieke oefeningen kregen, werd gerelateerd aan een afname van gedragsproblemen op 17-jarige leeftijd en van delinquentie op 23-jarige leeftijd. Ook werd bij de kinderen uit de verrijkte omgeving een verlaging van de kans op psychopathologie gevonden in de volwassenheid evenals een verbetering van de

hersenfuncties (Raine et al., 2003). Tegenslagen in de eerste levensjaren, zoals misbruik, verwaarlozing, depressie of ouders die veel onvoorspelbaar gedrag vertonen ten aanzien van het kind, kunnen daarentegen de ontwikkeling van de hersenen negatief beïnvloeden (Van Goozen et al., 2007). Kinderen die opgroeien in armoede hebben meer kans om blootgesteld te worden aan omgevingsinvloeden (dakloosheid, geweld, honger, spanningen, stress, angst) die nadelig zijn voor hun ontwikkeling (Buckner, Mezzacappa & Beardslee, 2003). Ook is het mogelijk dat armoede gepaard gaat met chronische stress die invloed heeft op de ontwikkeling van het stresssysteem van het kind en daarmee onder andere gevolgen kan hebben voor de ontwikkeling van zelfregulatie, waaronder emotieregulatie. Een aanwijzing daarvoor is de bevinding dat kinderen die zijn opgegroeid in armoede hogere cortisolniveaus laten zien op leeftijden van 7, 14 en 25 maanden die op hun beurt samenhangen met slechtere executieve functies op driejarige leeftijd (Blair et al., 2011). Uit verschillende studies blijkt ten slotte dat ook stress, angst en depressie van de moeder tijdens de zwangerschap invloed hebben op de ontwikkeling van het fysiologische stresssysteem en het zich ontwikkelende emotieregulatievermogen van de foetus en het pasgeboren kind (zie bijvoorbeeld Monk, 2001).

Naast onderzoek naar risicovolle gezinsinvloeden zijn er diverse cohortstudies uitgevoerd waarin effecten zijn aangetoond van schadelijke stoffen, zoals luchtvervuiling op gedrag van kinderen. Hieronder vallen bijvoorbeeld verhoogde concentraties lood in de atmosfeer en verhoogde blootstellingen aan CO_2, kwik en mangaan. Deze stoffen worden zowel in verband gebracht met gedragsproblemen zoals criminaliteit als met hersendisfuncties en cognitieve problemen (Newman et al., 2013; Haynes et al., 2011; Forns et al., 2016; Mielke & Zahran, 2012; Taylor et al., 2016; Nevin, 2000; Allen et al., 2016; Satish et al., 2012). Een mogelijke biologische verklaring voor het verband tussen verhoogde blootstelling aan lood en gedragseffecten kan gevonden worden in het feit dat lood invloed heeft op de werking van verschillende stoffen in de hersenen waaronder het mineraal calcium, dat een functie heeft bij de impulsgeleiding in neuronen (Zaalberg, 2012). Daarnaast is via MRI-onderzoek een relatie gevonden tussen vroege loodbelasting en beschadiging van hersenstructuren die betrokken zijn bij executieve functies, waaronder impulsbeheersing (Cecil et al., 2008). Benadrukt moet worden dat er bij de besproken onderzoeken naar effecten van schadelijke stoffen op gedrag slechts sprake is van samenhang en dat er (nog) geen causaal verband is aangetoond.

De hierboven besproken voorbeelden illustreren dat het in het algemeen voor álle kinderen belangrijk is om wat betreft de omgeving rekening te houden met de basale condities voor een goede ontwikkeling van de hersenen en cognitieve functies. Daarnaast laat onderzoek zien dat er sprake is van

individuele verschillen in neurobiologische gevoeligheid voor bepaalde omgevingsinvloeden. Zo zijn er aanwijzingen dat bij personen met de korte variant van het MAOA-gen een hersencircuit dat betrokken is bij emotieregulatie net iets anders is aangelegd dan bij personen met de lange variant van dit gen (Buckholtz & Meyer-Lindenberg, 2008).

Volgens de in hoofdstuk 3 besproken *differential susceptibility*-hypothese (Belsky & Pluess, 2009) zijn kinderen met bepaalde varianten van genen zoals het DRD4-gen en de korte variant van het MAOA-gen gevoeliger voor zowel gunstige als ongunstige omgevingsinvloeden (Glenn & Raine, 2014). Zo zou het MAOA-gen de invloed van negatieve vroege ervaringen zoals een slechte opvoeding op latere impulsieve agressie versterken. Individuele verschillen in meer algemene gevoeligheid voor omgevingsinvloeden kunnen aanknopingspunten bieden voor preventie. Aan de ene kant zouden preventiestrategieën ingezet kunnen worden waarbij omgevingsrisicofactoren ingeperkt worden. Zo kan het in een veilige omgeving laten opgroeien van kinderen met een neurobiologische gevoeligheid ervoor zorgen dat latere agressie voorkomen wordt (Buckholtz & Meyer-Lindenberg, 2008). Aan de andere kant zou het juist bij deze kinderen nuttig kunnen zijn om bepaalde trainingen in te zetten omdat omgevingsgevoeligheid tevens gepaard kan gaan met gunstiger behandeluitkomsten (Bakermans-Kranenburg & Van IJzendoorn, 2007). Een interessante ontwikkeling is dat er op dit moment verder onderzoek wordt gedaan naar de relatie tussen genetische en neurobiologische kenmerken en ontvankelijkheid voor preventieve interventie. In dit langlopende onderzoek wordt de hersenontwikkeling van een groot aantal kinderen gevolgd van 0 tot en met 16 jaar, met behulp van kennis uit zowel de ontwikkelingspsychologie als de genetica en de neurowetenschappen.[38] Hiermee wordt beoogd meer te weten te komen over de vraag welke kinderen om welke redenen problemen krijgen in hun ontwikkeling. Dit onderzoek kan ook bruikbare kennis opleveren voor preventie van antisociaal probleemgedrag bij kinderen.

Conclusie
In algemene zin is duidelijk dat het voor de hersenontwikkeling van belang is om negatieve omgevingsinvloeden bij kinderen zoals chronische stress en blootstelling aan schadelijke stoffen zoveel mogelijk te voorkomen. Ook is duidelijk dat een omgeving die voldoende rijk is aan gunstige en noodzakelijke factoren als gezonde voeding, voldoende beweging, rust en uitdaging in het algemeen belangrijk is voor een goede ontwikkeling van hersenen en gedrag. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat er individuele verschillen zijn in genetische en neurobiologische gevoeligheid voor omgevingsfactoren in het algemeen. Deze bevindingen kunnen aanknopingspunten bieden voor preventie.

38 www.dub.uu.nl/artikel/achtergrond/utrecht-start-uniek-onderzoek-naar-ontwikkeling-kinderen.html.

Take home messages
- Het beperken van negatieve omgevingsinvloeden zoals chronische stress en het verrijken van de leefomgeving via bijvoorbeeld voeding, educatie en beweging zijn belangrijk voor een goede hersenontwikkeling en preventie van probleemgedrag waaronder antisociaal en crimineel gedrag.
- Relevant met het oog op maatwerk bij preventie is dat er aanwijzingen zijn dat individuen verschillen in genetische en neurobiologische gevoeligheid voor omgevingsinvloeden.

Vroege gezinsinterventies
In deze paragraaf komen enkele voorbeelden van preventieve gezinsinterventies aan bod. Allereerst wordt aan de hand van meta-analyses de effectiviteit van gezinsinterventies in termen van preventie van later antisociaal gedrag bij kinderen besproken . Vervolgens komen ter illustratie enkele voorbeelden aan de orde van studies waarin neurobiologische effecten van deze interventies onderzocht zijn.

Effect van vroege gezinsinterventies op de zelfregulatie van het kind
Uit onderzoek blijkt dat vroegtijdig interveniëren bij kinderen effectief kan zijn om problematisch antisociaal gedrag op latere leeftijd te voorkomen (Raine et al., 2003; Lally, Mangione & Honig, 1987; Olds et al., 1998). Hoe langer met interventie gewacht wordt, hoe groter de kans dat gedragsproblemen verergeren. Verschillende gezinsinterventies laten positieve effecten zien op zowel antisociaal gedrag als op neurobiologische kenmerken van het kind. Dit blijkt uit een meta-analyse van Piquero et al. (2008) waarin aan de hand van 55 gerandomiseerde studies het effect werd onderzocht van vroege gezinsinterventies waaronder oudertrainingen en huisbezoekprogramma's op probleemgedrag van het kind (zie tabel 12). Uit de resultaten blijkt dat kinderen uit gezinnen die deelnamen aan vroege gezins- of oudertrainingen in de latere adolescentie en volwassenheid minder antisociaal en delinquent gedrag vertonen dan kinderen uit een vergelijkingsgroep.[39] In de beschreven interventies worden aan de ouders handreikingen gegeven die van belang zijn voor een effectieve opvoeding. Er wordt verondersteld dat ouders bij wie de zelfregulatiecapaciteit getraind wordt en die vervolgens op een positieve manier het ouderschap uitoefenen, de zelfregulatiecapaciteit van hun kind helpen vergroten (Piquero et al., 2008; Sanders & Mazzucchelli, 2013). Uit onderzoek blijkt onder meer dat wat betreft de opvoedingsvaardigheden de sensitiviteit van de moeder, het aanleren van 'mentale termen'[40] voor zelfregulatie en het stimuleren van de autonomie van het kind een significant

39 De gevonden effectgrootten gemeten door middel van zelfrapportage waren klein tot gemiddeld.
40 Ook wel 'mind-mindedness' genoemd. Heeft betrekking op het vermogen van ouders om zich in te leven in de gedachten en gevoelens van hun jonge kinderen.

positief effect hebben op de ontwikkeling van de executieve functies van het kind (Bernier, Carlson & Whipple, 2010).

Tabel 12 Vroege gezinsinterventies geïncludeerd in Piquero et al., 2008

Type gezins-interventie	N	Doelgroep	Bekendste programma's	Doel	Uitkomstmaat	ES
Ouder-trainingen	47	Leeftijd variërend van 6 maanden t/m 9 jaar	Incredible Years Parenting Program	Het trainen van ouders in het monitoren en gepast disciplineren van gedrag van het kind en het meer betrekken van de ouders bij de schoolervaringen van het kind om zo de sociale en emotionele vaardigheden van het kind te vergroten en probleemgedrag te verminderen.	Gedragsproblemen en delinquentie	0,36**
			Triple P (Positive Parenting Program)	Door een positieve opvoedingsstijl probleemgedrag van het kind verminderen. De ernst van de gedragsproblematiek van het kind bepaalt op welk niveau van intensiteit (1-5) het programma gegeven wordt.		
			Parent-Child Interaction Therapy (PCIT)	Creëren van een zorgzame en verantwoordelijke relatie van ouder naar kind. In fase 1 wordt de kind-ouderband verbeterd en in fase 2 worden ouders getraind om goed gedrag van het kind te belonen en ongewenst gedrag te bestraffen.		
Huisbezoeken	8	Leeftijd variërend van 0-1 jaar	Verschillende 'home visiting programs'	Ouders advies geven over hoe zij effectief het gedrag van hun kind kunnen managen.	Gedragsproblemen en delinquentie	0,30*

ES = effect size.

** $p<0{,}001$; * $p<0{,}05$; de bijbehorende effect grootten (ES) zijn klein.

Eén van de door Piquero en collega's (2008) geïncludeerde gezinsinterventies is *Triple P (Positive Parenting Program)*. Dit is een uitgebreid preventieprogramma waarin ouders positieve en niet-gewelddadige technieken leren voor het omgaan met het gedrag van hun kind. De ernst van de gedragsproblemen van het kind bepaalt op welk niveau de training ingezet wordt. Op het lichtste niveau (niveau 1) wordt algemene informatie gedeeld via video-opnamen, terwijl het zwaarste niveau (niveau 5) een uitgebreid programma is voor gezinnen met kinderen met zeer ernstig probleemgedrag (Piquero et al., 2008). Een meta-analyse van de effectiviteit van Triple P heeft aangetoond dat het programma positieve veranderingen teweegbrengt in zowel ouderschapsvaardigheden bij de ouders als in het gedrag van het kind (Nowak & Heinrichs, 2008).

Een voorbeeld van een veelbelovende preventieve interventie is 'VoorZorg'. Deze interventie is gebaseerd op het Amerikaanse *Nurse Family Partnership* (NFP)-programma waarin 40 tot 60 gestructureerde huisbezoeken worden afgelegd.[41] De interventie begint tijdens de zwangerschap en richt zich op

41 Het programma is gebaseerd op de hechtingstheorie van Bowlby, op Bandura's self-efficacy-theorie en op het ecologische model van Bronfenbrenner.

risicofactoren gedurende de eerste twee levensjaren van het kind. Verondersteld wordt dat door het aanpakken van risicofactoren, zoals verwaarlozing en mishandeling, de negatieve neurobiologische gevolgen daarvan, zoals een verstoord stresssysteem, ingeperkt kunnen worden. Ouders en kinderen die aan NFP deelnamen zijn 35 jaar lang gevolgd.[42] Uit gerandomiseerd onderzoek bleek dat kinderen uit gezinnen die aan dit programma deelnamen vijftien jaar nadat de interventie had plaatsgevonden significant minder antisociaal en crimineel gedrag vertoonden dan degenen die niet hadden deelgenomen (Olds et al., 1998). Er is wel geopperd dat omdat de basiszorg in de VS soberder is dan in Nederland, er daar meer winst te behalen is met vroege gezinsinterventies dan hier. In een recent Nederlands onderzoek werden niettemin ook positieve effecten gevonden van 'VoorZorg' (Mejdoubi et al., 2015). In gezinnen die deelnamen aan het programma verbeterden de leef- en veiligheidssituatie door positieve gedragsveranderingen van de ouders. Zo daalde bijvoorbeeld het aantal kindermishandelingsmeldingen en huiselijk geweld in de gezinnen. Aangezien geweld door de ouders nadelige gevolgen kan hebben voor de ontwikkeling van het kind, lijkt VoorZorg effectief te zijn wat betreft het aanpakken van risicofactoren daarvoor bij hoogrisicogezinnen.

Neurobiologische effecten van vroege gezinsinterventies
Het lijkt aannemelijk dat het creëren van een veilige opvoedsituatie kan dienen ter ondersteuning van een gezonde ontwikkeling van de hersenen van het kind en ter preventie van latere gedragsproblemen. Zo wordt een goede ouder-kindband verondersteld het kind te helpen bij de ontwikkeling van zelfregulatie en bij het voorkomen van de ontwikkeling van antisociaal gedrag en van de negatieve langetermijngevolgen van antisociaal gedrag (Piquero et al., 2008). Sommige onderzoekers gaan ervan uit dat de gunstige effecten van vroege interventies op het gedrag van het kind (met name de huisbezoekinterventies bij ouder en kind vanaf de zwangerschap) mede lopen via de effecten van die interventies op de neurobiologische ontwikkeling van het kind, onder meer de ontwikkeling van het fysiologische stresssysteem (Van Goozen, 2015; Bakermans-Kranenburg et al., 2008a). Een evenwichtige ontwikkeling van het fysiologische stresssysteem is vermoedelijk belangrijk voor het ontwikkelen van adequaat sociaal gedrag. Eerder in dit rapport is al besproken dat onderzoek laat zien dat het fysiologische stresssysteem bij personen met ernstig antisociaal gedrag *uit balans* kan zijn (paragraaf 3.4). Dat blijkt onder meer uit een verlaagde of verhoogde afgifte van cortisol. Van Goozen en collega's opperen (2007; en zie hierover ook Cornet et al., 2014b) dat adequaat functioneren van het fysiologische stresssysteem belangrijk is voor zelfregulatie, in het bijzonder agressieregulatie. Zo heeft het stresshormoon cortisol, dat normaal gesproken vrijkomt in situaties die als bedreigend worden ervaren, als het ware een signaalfunctie. Het lijkt erop dat

42 http://fnp.nhs.uk/evidence/proven-results-us.

een snelle toename in cortisol nodig is voor de beoordeling van een potentieel risicovolle sociale situatie (zoals een situatie die mogelijk leidt tot een conflict). Van Goozen en collega's suggereren dat deze reactie van het zenuwstelsel op een stressvolle situatie, zoals die bij de meeste mensen optreedt, een waarschuwingssignaal vormt dat aanzet tot meer terughoudend gedrag in risicovolle situaties. Kinderen met een lage cortisolreactie die daardoor dit fysiologische waarschuwingssignaal missen, worden mogelijk minder geremd in agressief gedrag en zouden meer moeite hebben om te leren van negatieve feedback zoals straf. Onderzoek naar de veronderstelde neurobiologische mechanismen van preventieve gezinsinterventies staat nog in de kinderschoenen, maar er zijn al wel enkele voorbeelden van dergelijke studies (tabel 13).

Een voorbeeld van een interventie die effecten heeft laten zien op neurobiologische uitkomstmaten is de Video-feedback Intervention to promote Positive Parenting and Sensitive Discipline (VIPP-SD). Deze interventie bestaat uit een aantal huisbezoeken. Daarbij worden video-opnamen gemaakt van interacties tussen ouder en kind die in de training worden gebruikt als leermateriaal. Via deze weg, waarbij positieve interactie en sensitieve disciplineringsstrategieën centraal staan, worden de opvoedingsvaardigheden van ouders versterkt. Onderzoek laat zien dat verschillen tussen kinderen in de mate waarin zij baat hebben bij de interventie, gerelateerd kunnen zijn aan individuele biologische verschillen. Een groep kinderen van 1 tot 3 jaar met externaliserend gedrag nam deel aan een gerandomiseerd onderzoek met controlegroep naar de effecten van de VIPP interventie. Na afloop vertoonden de kinderen met het DRD4-7R-genotype een significante vermindering van externaliserend gedrag (Bakermans-Kranenburg et al., 2008b).[43] Daarnaast lieten de kinderen met deze specifieke variant van het DRD4-gen na afloop van de interventie een significante afname zien van de dagelijkse productie van cortisol (Bakermans-Kranenburg et al., 2008a). Dit wordt geïnterpreteerd als een normalisering van een aanvankelijk verhoogde activiteit van het fysiologische stresssysteem. De auteurs beschouwen het resultaat dat kinderen met dit specifieke gen beter reageerden op de interventie als bewijs voor de *differential susceptibility theory*. Deze veronderstelt dat bepaalde genvarianten, zoals de 7R-variant van het DRD4-gen, gepaard gaan met een verhoogde gevoeligheid voor omgevingsinvloeden. De kinderen in de eerder genoemde studie lijken ontvankelijker voor een verbeterde opvoedingsstijl, met als gevolg een afname van probleemgedrag en daarmee gepaard gaande stress.

Gezinsinterventies voor pleegkinderen

Ook is onderzoek gedaan naar neurobiologische effecten van vroege gezinsinterventies bij gezinnen met pleegkinderen. De insteek daarbij is de bevin-

43 De onderzoeksgroep bestond uit kinderen die boven het 75e percentiel (>75%) scoorden van de CBCL-schaal.

ding dat pleegkinderen in veel gevallen lijden aan chronische stress (zich uitend in chronisch verhoogde cortisolniveaus) als gevolg van separatie van ouderfiguren, verwaarlozing en soms herhaalde overplaatsingen (Van Andel et al., 2014). Het is van belang te weten in hoeverre pleegzorg en gezinsinterventies ter ondersteuning daarvan kunnen bijdragen aan het verminderen van stress bij het kind en daarmee aan het normaliseren van het fysiologische stresssysteem van het kind. Zoals eerder besproken wordt verondersteld dat het normaliseren van chronisch verhoogde activiteit van het stresssysteem kan bijdragen aan het verbeteren van de emotie- en agressieregulatie (o.a. Van Goozen et al., 2007). Uit onderzoek blijkt daarnaast dat kinderen met hechtingsproblemen risico lopen op zelfregulatieproblemen (Hope, Grasmick & Pointon, 2003). Bij pleegkinderen is het risico op hechtingsproblemen groter dan bij andere kinderen omdat zij van de biologische ouders worden gescheiden en soms meerdere keren van pleeggezin wisselen.

Van Andel en collega's hebben een overzichtsstudie uitgevoerd waarin het effect van vroege gezinsinterventies bij gezinnen met pleegkinderen op de cortisolniveaus van het kind, als maat voor activiteit van het stresssysteem, werd onderzocht via RCT's (*Randomized Controlled Trials*, zie begrippenlijst). De gezinsinterventies die onderzocht werden zijn ABC-training, *Early Intervention Foster Care* (EIFC) en *Multidimensional Treatment Foster Care for Preschoolers* (MTFC-P). In de ABC-training worden aan ouders in tien sessies handreikingen geboden op het gebied van hechting en het zorgen voor een omgeving waarin het kind zelfregulatievermogen kan ontwikkelen. Kinderen van wie de pleegouders hadden deelgenomen aan deze interventie, hadden een lager *baseline* cortisolniveau dan de controlegroep van pleegkinderen van wie de ouders een standaardtraining volgden en een vergelijkbaar cortisolniveau met dat van niet-pleegkinderen (Dozier et al., 2008). Dit onderzoek kent echter wel een aantal beperkingen. Zo werd de tijd van de dag bij het meten van de cortisolwaarde niet constant gehouden.

Een andere preventieve gezinsinterventie voor pleegkinderen is het *Early Intervention Foster Care* (EIFC)-programma voor mishandelde kleuterschoolkinderen. Binnen het programma worden allereerst de opvoedstrategieën van de pleegouders onderzocht. Vervolgens krijgen zij training en ondersteuning om die strategieën te gebruiken waarvan uit onderzoek is gebleken dat ze leiden tot positieve uitkomsten voor het kind. Hierbij gaat het om consistente, respectvolle discipline, veel positieve bekrachtiging en goede monitoring en supervisie van het kind (Van Andel et al., 2014). Bij kinderen uit gezinnen die deelnamen aan dit preventieve programma waren na afloop verbeteringen in het gedrag zichtbaar die leken samen te hangen met 'normalisatie' van het cortisoldagritme (Fisher et al., 2000). Het onderzoek betrof echter slechts tien kinderen en er werd geen adequate vergelijkingsgroep gebruikt

waardoor er geen overtuigende conclusie kan worden getrokken over de effecten van deze interventie.

Een gezinsinterventie specifiek voor mishandelde pleegkinderen ter verbetering van de zelfregulatievermogens van het kind, is *Multidimensional Treatment Foster Care for Preschoolers* (MTFC-P). Bij deze interventie worden pleegouders getraind in positieve bekrachtiging van het gedrag van het kind en worden zij bijgestaan door gedragswetenschappers, gezinstherapeuten en pleegouderadviseurs. Fisher et al. (2007) onderzochten 57 kinderen die aan de interventie deelnamen en 60 kinderen in een controlegroep. Zij vonden dat gedurende de interventieperiode van een jaar bij de interventiegroep het dagritme van de cortisolniveaus normaliseerde. Naast het effect op cortisolniveaus van het kind, is ook het effect van bovengenoemde interventie op andere neurobiologische uitkomstmaten onderzocht. Bruce et al. (2009) gebruikten een taak voor cognitieve controle[44] waaronder selectieve aandacht en responsinhibitie en maten tevens EEG-activiteit.[45] Uit de resultaten bleek dat de pleegkinderen die de interventie ondergingen niet op de gedragsmaten verschilden van de controlegroep: ze vertoonden geen betere inhibitie of aandacht tijdens de taak. EEG-metingen bij de kinderen tijdens de taak lieten echter wel verbeteringen zien van de responsinhibitie. De auteurs suggereren dat deze laatste bevinding mogelijk representatiever is voor het dagelijks functioneren van de pleegkinderen dan de gedragsuitkomstmaten op de taak die werd afgenomen in een laboratoriumsetting. De MTFC-P-training leidt in deze studie tot veranderingen op neurobiologisch niveau en niet tot veranderingen op gedragsniveau. De auteurs suggereren dat gedragsmaten wellicht niet altijd sensitief genoeg zijn om verschillen in het cognitief functioneren tussen groepen aan het licht te brengen, terwijl neurobiologische maten daarvoor mogelijk gevoeliger zijn. Zij onderschrijven daarmee het belang van het meten op zowel gedragsmatig als neurobiologisch niveau.

44 Zie figuur 1 voor uitleg over cognitieve controle.
45 De taak die hier gebruikt werd is de Flanker-taak.

Tabel 13 Voorbeelden van vroege gezinsinterventies die effecten laten zien op neurobiologische uitkomstmaten

Gezinsinterventie	Auteurs	Doelgroep	Uitkomstmaat
*VIPP-oudertraining	Bakermans et al., 2008a, b	Risicokinderen***	Gedrag en cortisoldagritme
ABC-training	Dozier et al., 2008	Pleegkinderen	Cortisoldagritme en cortisolreactie
EIFC	Fisher et al., 2000**	Pleegkinderen	Gedrag en cortisoldagritme
MTFC-P	Bruce et al., 2009; Fisher et al., 2007	Pleegkinderen	Cortisoldagritme; executieve functies; hersenactiviteit

* Deze interventie is beschikbaar in Nederland.

** Op Fisher et al. (2000) na hebben alle studies een gerandomiseerd onderzoeksdesign.

*** Kinderen uit de bovenste percentielen (>75%) van de CBCL-schaal.

Conclusie

In deze paragraaf is op basis van meta-analyses en effectstudies behandeld wat we op dit moment weten over wat we qua ondersteuning van goede ontwikkeling van zelfregulatie en qua preventie van zelfregulatieproblemen en antisociaal gedrag kunnen verwachten van vroege gezinsinterventies met een neurobiologische insteek. Gegeven de neurowetenschappelijke literatuur kan worden geconcludeerd dat het inzetten van vroege gezinsinterventies over het algemeen als een effectieve strategie kan worden gezien voor het verbeteren van de zelfregulatievaardigheden van het kind en het verkleinen van de kans op het ontwikkelen van antisociaal gedrag. Vooral een combinatie van het trainen van de opvoedingsvaardigheden van ouders en het trainen van zelfbeheersingsvaardigheden van het kind blijkt effectief voor het verminderen van gedragsproblemen. Behalve in gedrag werden er ook veranderingen gesignaleerd in neurobiologische uitkomstmaten waaronder hersenactiviteit en cortisolniveaus. Deze bevinding is van belang in het kader van preventie vanwege de veronderstelling dat een adequaat functionerend stresssysteem van belang is voor het vermogen tot zelfregulatie. Het normaliseren van de werking van het stresssysteem van het kind kan mogelijk bijdragen aan betere zelfregulatievaardigheden. Dit is een belangrijk terrein waarop verder onderzoek nodig is. Ten slotte is gebleken dat de uitwerking van sociale invloeden zoals die van het gezin, maar ook die van gezinsinterventies verschilt, afhankelijk van de biologische gevoeligheid van het kind. Dergelijk inzicht kan helpen om beter te begrijpen hoe de interventies werken, om deze vervolgens zo effectief mogelijk in te kunnen zetten.

Take home messages

– Vroege gezinsinterventies zijn een effectieve strategie voor het verbeteren van de zelfregulatievaardigheden van het kind en het verminderen van het risico op ontwikkeling van antisociaal gedrag.

– Meer inzicht is nodig in de biopsychosociale mechanismen van vroege gezinsinterventies, wel is al duidelijk dat de interactie tussen biologische en sociale factoren een belangrijke rol speelt bij de effecten van deze interventies.

5.2.2 Neurowetenschappelijke preventie

Zelfregulatietraining
In de voorgaande paragrafen zijn preventiestrategieën besproken waarvan verondersteld wordt dat ze (indirect) invloed hebben op zelfregulatievaardigheden. In het navolgende wordt een meer specifieke manier van zelfregulatietraining besproken, namelijk via neuropsychologische trainingen waarbij neuropsychologische aspecten van zelfregulatie direct getraind worden. De bespreking gebeurt aan de hand van meta-analyses en effectstudies. Een aantal voorbeelden van trainingen wordt besproken ter illustratie van het effect ervan op gedragsproblemen, neurobiologische uitkomstmaten en (later) delinquent gedrag. De trainingen worden belicht aan de hand van de volgende neuropsychologische domeinen: werkgeheugen, inhibitie, emotieregulatie en aandacht.

Een adequaat vermogen tot zelfregulatie kan bijdragen aan het verminderen van het risico op later antisociaal of crimineel gedrag (Moffitt et al., 2011). Dit suggereert dat het ondersteunen van de ontwikkeling van het vermogen tot zelfregulatie door training bij kinderen bij kan dragen aan het terugdringen van het risico op latere criminaliteit. Uit neurowetenschappelijk onderzoek blijkt dat er een grote mate van plasticiteit is van de hersenen in de vroege kindertijd en adolescentie (Bradshaw et al., 2012). Dit biedt aanknopingspunten voor het verbeteren van specifieke hersenfuncties die betrokken zijn bij zelfregulatie door deze te trainen.

Bij neuropsychologische trainingen ter verbetering van zelfregulatie gaat het om het verbeteren van de hersenfuncties van het kind, zoals de executieve functies en emotieregulatie, met als doel minder probleem- en/of antisociaal gedrag. Zelfregulatietrainingen zouden ingezet kunnen worden bij verschillende doelgroepen. Ten eerste bij kinderen met zelfregulatieproblemen die tevens antisociaal gedrag laten zien. Daarnaast zouden kinderen met zelfregulatieproblemen, maar zonder antisociaal gedrag hiervan kunnen profiteren. Een derde mogelijkheid is om de training preventief in te zetten, ter ondersteuning van de ontwikkeling van het zelfregulatievermogen bij kinderen bij wie zelfregulatieproblemen (nog) niet aanwezig zijn. Bij deze groep kan de training bijvoorbeeld in een klaslokaal of thuis gegeven worden. Ook kunnen trainingen verweven worden in computergames.

Piquero en collega's (2010, 2016) onderzochten in hun meta-analyses het effect van verschillende programma's ter verbetering van zelfbeheersing op probleemgedrag en delinquentie bij kinderen en adolescenten (zie box 16). De resultaten van de meta-analyses tonen aan dat met name programma's waarbij specifieke trainingsdoeleinden zijn geformuleerd en die van korte duur zijn, bijdragen aan het verbeteren van zelfbeheersing en daarmee het reduceren van probleemgedrag en crimineel gedrag. De effecten waren klein tot middelgroot. Het langetermijneffect van de onderzochte programma's is echter nog onbekend.

Box 16 Typen zelfregulatietrainingen uit Piquero et al. (2010, 2016)

- Zelfbeheersingssessies waarin het kind bijvoorbeeld acceptabele gedragsalternatieven leert zodat het weet wat te doen als het boos is.
- *Cognitive coping:* strategiesessies waarin wordt geleerd om negatieve verbale communicatie te vermijden.
- Video-opnametraining of een rollenspelinterventie. In deze sessies worden kinderen geconfronteerd met hun al dan niet gewenste gedrag en krijgen ze daar feedback op.
- Uitgestelde-beloningstraining, waar de kinderen in een experimentele setting wordt geleerd wanneer een beloning verwacht kan worden en waarin ze getraind worden om deze juist uit te stellen.
- Meditatietraining, waarbij kinderen door meditatie en ademhalingsoefeningen wordt geleerd hun gedrag te reguleren.

De bevinding dat zelfregulatietrainingen positieve gedragseffecten hebben, is nuttig in het kader van preventie. Naast de via meta-analyse onderzochte trainingseffecten op gedrag, is het echter ook zinvol om te achterhalen of zich trainingseffecten voordoen op neurobiologisch of neuropsychologisch niveau. Allereerst omdat neuropsychologische metingen waarschijnlijk een minder subjectief gekleurd beeld geven dan vragenlijsten, waarbij veel afhangt van het oordeel van de ondervraagde. Daarnaast geeft juist de combinatie van neuropsychologische maten en vragenlijsten een completer beeld van de daadwerkelijke executieve functies dan één van beide, doordat op die manier meer facetten van executieve functies kunnen worden gemeten. Ook kunnen neuropsychologische maten een beter beeld geven van onderliggende mechanismen en meer duidelijkheid geven over bij welk specifiek aspect van executieve functies de tekorten zich voordoen. Ten slotte kunnen met beeldvormende technieken de structuur en werking van de bij executieve functies betrokken hersengebieden nauwkeurig worden bestudeerd (zie ook Jolles & Crone, 2012).

Hierna worden enkele voorbeelden van zelfregulatietrainingen besproken (zie ook tabel 14). In de trainingen worden verschillende executieve functies aangepakt zoals impulsbeheersing, aandacht en concentratie en het werk-

geheugen. De uitkomstmaten verschillen daarbij. In sommige studies wordt gekeken naar het neuropsychologisch functioneren van het kind (gemeten met executieve functietesten), terwijl in andere studies wordt gekeken naar neurobiologische uitkomstmaten die gerelateerd kunnen worden aan het gedrag.

Tabel 14 Voorbeelden van zelfregulatietrainingen waarvan effect is aangetoond op neurobiologische uitkomstmaten

Training	Auteurs	Leeftijdsgroep	Uitkomstmaat
Aandachttraining	Rueda et al., 2005	Kleuters	Aandacht: hersenactivatie (EEG)
Werkgeheugentraining	Klingberg et al., 2002; Thorell et al., 2009	Kinderen	Werkgeheugen: aandacht, inhibitie, hersenactivatie (fMRI/EEG)
SNAP*	Lewis et al., 2008**; Koegl et al., 2008	Kinderen (met ernstig antisociaal gedrag)	Hersenactivatie (EEG): emotieregulatie, agressie, delinquentie
PATHS*	Riggs et al., 2006	Peuters, schoolkinderen	Inhibitie: zelfbeheersing
TotM	Diamond et al., 2007; Blair & Raver, 2014; Wilson & Farran, 2012	Peuters, kleuters	Werkgeheugen: inhibitie, mentale flexibiliteit, executieve functies algemeen
Cogmed *	Roberts et al., 2016; McNab et al., 2009**	Kinderen, jongvolwassenen	Werkgeheugen: verandering in DRD1-binding
Beter bij de les*	Van der Donk et al., 2015	Kinderen met ADHD	Inhibitie: selectieve aandacht, plannen
CSRP	Raver et al., 2011	Peuters, kleuters	Executieve functies algemeen: aandacht, impulscontrole
REDI	Bierman et al., 2008	Peuters, kleuters	Executieve functies: inhibitie
Mindfulness***	Fishbein et al., 2016; Mendelson et al., 2010	Kinderen, adolescenten	Huidgeleiding: drankgebruik, emotieregulatie
Braingame Brian*	Van der Oord et al., 2014	Kinderen	Werkgeheugen: inhibitie, mentale flexibiliteit

* Beschikbaar in Nederland.

** Geen RCT.

*** Hieronder vallen ook: yoga-, aandacht- en meditatietrainingsprogramma's.

Emotieregulatietraining

Een belangrijk onderdeel van zelfregulatie is emotieregulatie. Aangezien emoties een cruciale rol spelen bij aanpassingen aan de omgeving en bij sociaal gedrag, is het nuttig om preventieve interventies te ontwikkelen die de mogelijkheden van kinderen vergroten om hun emoties te begrijpen en ermee om te gaan (Izard et al., 2002). Een voorbeeld van een emotieregulatietraining is *Stop Now And Plan* (SNAP). Deze systeemgerichte interventie is ontwikkeld in Canada maar is inmiddels ook vertaald naar een Nederlandse variant: *Stop Nu Ander Plan*. Het programma is bedoeld voor kinderen van 6 tot en met 12 jaar met ernstig antisociaal gedrag. In dertien wekelijkse bijeenkomsten worden aan het kind technieken geleerd om emoties te reguleren om daarmee agressie en crimineel gedrag te verminderen en te voorkomen, om zo uiteindelijk onder andere schooluitval te voorkomen. Daarnaast wordt

ook aan de opvoeders geleerd hoe zij het kind kunnen ondersteunen en stimuleren. Een gerandomiseerd onderzoek liet positieve effecten zien van deze interventie op vermindering van agressie en delinquent gedrag (Koegl et al., 2008). Onderzoek naar neurobiologische effecten van deze interventie heeft daarnaast aangetoond dat kinderen die goed reageerden op de interventie, veranderingen lieten zien in activatie van ventrale prefrontale hersengebieden die betrokken zijn bij emotieregulatie (Lewis et al., 2008).

Aandacht- of mindfulnesstraining
Eén aspect van zelfregulatie is het vast kunnen houden van de aandacht. Rueda et al. (2005) onderzochten het effect van aandachttrainingsprogramma's bij 4- en 6-jarige kinderen. Het bleek dat kinderen na een vijfdaagse aandachttraining beter scoorden op een neuropsychologische aandachttest en tevens gedurende die test een verandering van hersenactiviteit (ERP verdeling, gemeten met EEG) lieten zien in frontale hersengebieden die gerelateerd worden aan gerichte aandacht. Een andere potentiële manier om zelfregulatie te verbeteren is mindfulnesstraining. Daarbij wordt geleerd om de aandacht bewuster te vestigen op fysieke en mentale sensaties in de veronderstelling dat dit een positieve invloed heeft op de emotieregulatie. De resultaten zijn echter wisselend. Een RCT-onderzoek dat werd uitgevoerd naar een mindfulness- en yoga-interventie bij kinderen op school laat positieve resultaten zien wat betreft zelfregulatievaardigheden waaronder emotieregulatie (Mendelson et al., 2010). Na afloop van de interventie werden enkele significante verbeteringen gerapporteerd op de *responses to stress*-vragenlijst waaronder op de bijbehorende subschaal over de emotionele toestand. In hoofdstuk 6 zal nader worden ingegaan op mindfulness als potentiële interventie voor jongeren met antisociaal gedrag. In een gerandomiseerde pilotstudie onder adolescenten werd het effect onderzocht van een mindfulnesstraining op zowel gedrag (alcoholgebruik) als een fysiologische uitkomstmaat (huidgeleiding bij een stresstaak). De interventie leek enig effect te hebben op het verminderen van alcoholgebruik, maar geen effect op fysiologische activiteit (Fishbein et al., 2016).

Werkgeheugen- en inhibitietraining
Onderzoek toont aan dat werkgeheugentraining succesvol kan worden toegepast voor verbetering van het werkgeheugen waarbij tegelijk effecten op hersenactiviteit optreden, maar dat er ook bredere gunstige effecten zijn op andere functies (Klingberg, 2010). Zo laat een studie zien dat het trainen van het werkgeheugen bij kinderen kan leiden tot verbetering van het werkgeheugen zelf maar ook bredere gunstige effecten kan hebben op aandacht en concentratie en het verminderen van hyperactiviteit en impulsiviteit (Thorell et al., 2009). Peuters die gedurende vijf weken dagelijks een 15 minuten durende werkgeheugentraining volgden, lieten een significante verbetering zien van prestaties op getrainde en ongetrainde werkgeheugentesten en

daarnaast een verbetering van inhibitie bij de getrainde testen (Thorell et al., 2009). Daarnaast waren er bredere effecten van de training. Ook hun aandachtfunctie verbeterde, terwijl die niet apart was getraind. Peuters bij wie in plaats van het werkgeheugen het inhibitievermogen werd getraind, lieten na afloop op twee van de drie getrainde inhibitietesten verbetering zien. De inhibitietraining leidde echter niet tot bredere effecten. Eerder werd in een onderzoek naar een computergestuurde werkgeheugentraining bij kinderen van 7 tot 15 jaar met ADHD een significante verbetering gevonden in scores op getrainde en ongetrainde werkgeheugentesten en in het cognitief functioneren in bredere zin, waaronder logisch redeneren, probleemoplossend vermogen en inhibitie (Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002). Niet alleen aan werkgeheugen gerelateerde cognitieve vaardigheden gingen vooruit, ook vertoonden de kinderen met ADHD na de training significant minder hoofdbewegingen, een typisch kenmerk van hyperactiviteit. De training werd vijf à zes weken lang gedurende 25 minuten per dag gegeven. De auteurs geven aan dat toekomstig onderzoek zal moeten uitwijzen wat deze effecten betekenen voor het dagelijks functioneren en of de effecten langdurig in stand blijven.

Een voorbeeld van een bekende werkgeheugentraining is *Cogmed*. Deze training is bedoeld voor kinderen van 7-17 jaar met werkgeheugenproblemen. De training wordt zowel in het buitenland als in Nederland uitgevoerd. De Nederlandse training duurt vijf weken met vijf trainingsdagen per week met sessies van zo'n 45 minuten per keer. Het kind krijgt hierbij oefeningen mee voor thuis waarbij het begeleid wordt door de ouder(s) en een Cogmed-coach. In een onderzoek naar de Cogmed-training werden bij jong volwassenen positieve effecten gevonden op neurobiologische uitkomstmaten. Onderzoek naar deze training liet significante verbeteringen zien in het presteren op werkgeheugentesten die samengingen met veranderingen in neurobiologische maten. Concreet betrof dit veranderingen in dopaminereceptoren (McNab et al., 2009). Dopamine is een neurotransmitter die van belang wordt geacht voor onder meer het functioneren van het werkgeheugen (Coyne et al., 2015). Dat deze trainingseffecten mogelijk van korte duur zijn, laat een recent onderzoek zien. Deze RCT laat zien dat bij een groep van kinderen van rond de zeven jaar die de Cogmed-training hadden gevolgd twee jaar later geen van de gevonden positieve trainingseffecten op werkgeheugen nog aanwezig was. Ook schoolprestaties bleken niet te verbeteren op de lange termijn na het volgen van de werkgeheugentraining (Roberts et al., 2016).

Training van meerdere executieve functies

Een programma dat is bedoeld om meerdere executieve functies te trainen is: *Beter bij de les*. De training voor basisschoolkinderen van 8-12 jaar met ADHD is ontwikkeld door de Bascule, academisch centrum voor kinder- en

jeugdpsychiatrie, in samenwerking met het Academisch Medisch Centrum (AMC). De kernvaardigheden waar de training op inzet zijn: gerichte aandacht, planning en initiatie, verdeelde aandacht en werkgeheugen, doel- en taakgericht gedrag en metacognitie: reflectie op en controle van het eigen functioneren. Naast het kind worden ook de leerkracht en ouders betrokken bij de training zodat zij het kind kunnen ondersteunen en begeleiden bij het opbouwen van de vaardigheden en indien nodig eerder doelgericht kunnen ingrijpen. Onderzoek toont aan dat kinderen na de training verbeteringen lieten zien in inhibitie, aandacht, plannen en werkgeheugen en dat zij meer inzicht hadden in hun eigen leergedrag. Zowel de ouders als de leerkrachten rapporteerden verbeteringen in het leergedrag van het kind (Van der Donk et al., 2015).

Er zijn verschillende trainingen ontwikkeld voor peuters en kleuters met het doel om achterstanden in executieve functies en schoolrelevante vaardigheden weg te werken. Een voorbeeld van een buitenlandse zelfregulatietraining voor kinderen in de peuter- en kleuterleeftijd is het *REDI (REsearch based, Developmentally Informed)*-programma. De interventie wordt op school in de klas gegeven. In dit programma ligt de focus op het zich bewust zijn van emoties en op de regulatie van gedrag. Gunstige effecten werden gevonden op het gebied van executief functioneren, waaronder inhibitie (Bierman et al., 2008). Het *Chicago School Readiness Project (CSRP)* is een andere buitenlandse preventieve interventie die is opgezet ter verbetering van zelfregulatie bij kinderen uit arme gezinnen. De interventie leidt tot een afname van emotionele problemen en gedragsproblemen (Raver et al., 2011). Ook werden positieve effecten gevonden op verschillende executieve functies: aandacht, impulsbeheersing en werkgeheugen.

Een zelfregulatietraining voor de algemene doelgroep van peuters en kleuters in een schoolsetting is *Tools of the Mind* (TotM).[46] Dit programma is gebaseerd op theorieën en praktische inzichten op het gebied van executieve functies. In het TotM-programma is training van executieve functies verweven met vroege versies van leervakken als rekenen en taal. Het programma bestaat uit activiteiten om executieve functies te trainen zoals aandacht, inhibitie en werkgeheugen. In een recent grootschalig gerandomiseerd onderzoek naar TotM werden positieve effecten gevonden. De executieve functies en schoolprestaties van kleuterschoolkinderen die TotM hadden doorlopen, bleken na afloop significant sterker verbeterd te zijn dan die van de kinderen die de training niet hadden gevolgd (Blair & Raver, 2014). Ook uit een eerder uitgevoerde RCT kwamen positieve effecten naar voren op executieve functies bij kinderen die de training hadden gevolgd (Diamond et al., 2007). Echter uit een ongepubliceerd onderzoek van de peuterschoolversie werd een dergelijk effect niet zichtbaar (Wilson & Farran, 2012). De auteurs gaan niet

46 Bodrova en Leong (2007); Vygotsky (1978).

nader in op mogelijke verklaringen voor het verschil in effect bij peuters respectievelijk kleuters, maar wellicht zijn de mentale functies van peuters nog niet zodanig ontwikkeld dat zij de trainingen van het TotM-programma succesvol kunnen doorlopen.

Een cognitief gedragstherapeutisch programma ter verbetering van neuropsychologische tekorten die gerelateerd zijn aan zelfregulatie is het PATHS-programma. Dit programma is bedoeld om drie keer per week gegeven te worden op basisscholen of in het speciaal onderwijs gedurende minimaal 20 minuten per dag. De focus ligt onder andere op uitgestelde beloning en het beheersen van impulsen. Het PATHS-programma is in de Verenigde Staten in diverse onderwijssettings onderzocht onder ruim 8.000 kinderen. Uit onderzoek blijkt dat het PATHS-programma bij 7- tot 9-jarigen leidt tot een verbetering in inhibitie en vermindering van externaliserend gedrag (Riggs et al., 2006).[47] De auteurs suggereren daarbij dat de positieve gedragsuitkomsten van het PATHS-programma voortkomen uit verbetering van het inhibitievermogen van het kind. Een andere bevinding was dat het effect groter was bij kinderen met minder goede executieve functies. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er bij deze kinderen meer ruimte is voor verbetering. Omdat het basisniveau van de executieve functies van het kind invloed heeft op de resultaten, wordt aanbevolen om trainingen op maat te geven. Daarnaast moet nog meer onderzoek gedaan worden naar welke aspecten van de interventie het meest effectief zijn wat betreft het verbeteren van zelfbeheersing. In Nederland is dit programma voor kinderen van 6 tot en met 12 jaar beschikbaar onder de naam *Programma Alternatieve Denkstrategieën* (PAD). Uit onderzoek blijkt dat PAD na één jaar positieve effecten sorteert op agressief gedrag bij Nederlandse schoolkinderen uit speciaal en regulier basisonderwijs (Louwe et al., 2007).

Een redelijk recente computergestuurde zelfregulatietraining is *Braingame Brian* (zie ook hoofdstuk 6). Deze *serious* game is ontwikkeld voor kinderen met ADHD en traint drie executieve functies: werkgeheugen, responsinhibitie en taakwisseling. De training wordt thuis door het kind op de computer gevolgd en bestaat uit 25 sessies van elk 30 tot 45 minuten. De training kan binnen zes weken worden afgerond. Per sessie worden drie executieve functies – werkgeheugen, het remmen van gedrag en cognitieve flexibiliteit – elk twee keer getraind. Uit een gerandomiseerd onderzoek blijkt dat de behandelgroep bij de nameting significant minder aandachtsproblemen en minder hyperactiviteit en impulsiviteit vertoonde dan de controlegroep bestaande uit kinderen die op een wachtlijst stonden voor de training (Van der Oord et al., 2014). Echter, aangezien kinderen met ADHD uiteenlopende problematiek hebben wordt aanbevolen om de trainingen meer op maat te ontwikke-

47 Gemeten met respectievelijk de Stroop-taak en de CBCL-vragenlijst.

len. Een andere aanbeveling van de auteurs is om de generalisatie van deze trainingseffecten naar relevant gedrag te onderzoeken in het dagelijkse leven.

Conclusie
Samenvattend kunnen we concluderen dat er bewijs lijkt te zijn dat verschillende neuropsychologische aspecten van zelfregulatie te trainen zijn. Uit onderzoek blijkt dat zelfregulatietraining gunstig kan zijn voor zelfregulatievaardigheden zoals gerichte aandacht, werkgeheugen en inhibitie en kan leiden tot een vermindering van gedragsproblemen en later delinquent gedrag. Ook laten diverse studies effecten zien van zelfregulatietraining op neurobiologische uitkomstmaten zoals hersenactiviteit gemeten met bijvoorbeeld EEG. Het naast gedragsuitkomstmaten betrekken van neurobiologische en neuropsychologische uitkomstmaten is in het kader van preventie en behandeleffectiviteit van belang doordat het een completer beeld geeft van de mogelijke zelfregulatietekorten van het kind. Met deze kennis kunnen de trainingen gerichter ingezet worden en kunnen uitkomsten beter geïnterpreteerd worden. Omdat training zich voordoet in de context van een lerend en zich nog ontwikkelend brein, kunnen trainingseffecten dan ook het beste in die context bekeken worden (Jolles & Crone, 2012).

Veel van de besproken zelfregulatietrainingen zijn onderzocht bij kinderen. Een voordeel van het trainen op jonge leeftijd is dat jonge hersenen flexibeler zijn. Deze trainingen zouden dan wel moeten worden afgestemd op het leervermogen en de ontwikkelingsfase van het kind (Jolles & Crone, 2012). Naast het inzetten van zelfregulatietrainingen bij kinderen, is de adolescentie wellicht de meest geschikte periode om deze trainingen effectief in te zetten, doordat deze periode gekenmerkt wordt door gevoeligheid voor omgevingsprikkels en nog niet volledig ontwikkelde zelfregulatievaardigheden. Het zou dan ook goed zijn om de generaliseerbaarheid te onderzoeken van de gevonden trainingseffecten naar andere leeftijdsgroepen. Daarnaast zou het goed zijn om aanvullend onderzoek te doen naar de langetermijneffecten van de onderzochte programma's en deze te toetsen op hun werking in het dagelijks leven van jongeren aangezien bepaalde executieve-functietesten onder gecontroleerde omstandigheden mogelijk niet helemaal corresponderen met vaardigheden waarop in het echte leven een beroep wordt gedaan.

Ten slotte zou het goed zijn om bij het inzetten van zelfregulatietraining jongeren neuropsychologisch te screenen om gerichter bepaalde tekorten te trainen. Uit onderzoek blijkt dat zelfregulatie bij jeugdigen over een langere periode stabiel is, dat wil zeggen relatief laag of juist hoog blijft over de tijd (Vazsonyi & Huang, 2010; Coyne et al., 2015). Ook wordt wel verondersteld dat de mate waarin neuropsychologische beperkingen samenhangen met (persistent) antisociaal gedrag, afhangt van *de periode* in het leven waarin die neuropsychologische beperkingen voorkomen. Indien deze beperkingen al

op jonge leeftijd aanwezig zijn, vormen zij mogelijk een risicofactor voor persistent antisociaal gedrag dat niet beperkt is tot de adolescentieperiode (Moffitt, 1993). Verder lijkt onderzoek uit te wijzen dat *precursors* van agressie al aanwezig kunnen zijn vanaf zes maanden (Hay et al., 2013). Dit betekent dat het vroegtijdig gedragsmatig, neurobiologisch en neuropsychologisch screenen van kinderen, waaronder op tekorten in executieve functies en andere maten voor zelfregulatie, nuttig zou kunnen zijn in het kader van vroegtijdige preventie. Met een dergelijk biopsychosociaal profiel kan mogelijk beter voorspeld worden welke jongeren het meeste risico lopen op later antisociaal of delinquent gedrag. Een goed voorbeeld van deze werkwijze is het *Preventief Interventie Team* (PIT).[48] Dit programma bestaat naast een vroege gezinsinterventie uit een screeningsmethode en een training. Het richt zich op kinderen uit risicogroepen zoals frequente spijbelaars en broertjes en zusjes van criminelen uit de top-600 uit Amsterdam. Echter, een belangrijk punt bij het (preventief) interveniëren is de afweging hoe ver men hierbij mag, kan en met name wíl gaan. Ook zal nagedacht moeten worden over welke partijen hierbij betrokken moeten worden en op welke wijze zij hier invulling aan geven. Vanuit alle betrokken partijen, waaronder het kind, de opvoeders, experts en de samenleving, zal draagvlak gecreëerd moeten worden om effectieve implementatie van neurowetenschappelijke preventiestrategieën succesvol te maken. In hoofdstuk 7 komen deze ethische aspecten nader aan bod.

Take home messages
- Zelfregulatietraining kan leiden tot verbetering van de executieve functies en tot afname van gedragsproblemen en delinquent gedrag.
- Met neurobiologische kennis kunnen mogelijk preciezere risicoprofielen van kinderen opgesteld worden, kunnen trainingen gerichter ingezet worden en uitkomsten wellicht beter geïnterpreteerd worden.

Toedienen voedingssupplementen en screenen glucosestofwisseling

– Omega-3-vetzuren

Er is enig bewijs uit onderzoek dat voedingssupplementen, met name omega-3-visvetzuren kunnen bijdragen aan het verminderen van agressief gedrag. Omdat een dergelijk voedingssupplement een eenvoudige, laagdrempelige en weinig kostbare methode is, is deze ook interessant in het kader van preventie. Er is echter nog weinig bekend over hoe een eventueel effect van omega-3-vetzuren op gedrag precies tot stand zou kunnen komen. Een veronderstelling is dat concentraties van omega-3-vetzuren in de hersenen de afgifte van serotonine en dopamine zouden kunnen beïnvloeden (Patrick & Ames, 2015). Zoals eerder in dit rapport besproken, kunnen afwijkende con-

48 www.hersengedrag.nl/Onderzoek/detail/Preventief-Interventie-Team-snel-in-actie. Zie ook paragraaf 5.3.2.

centraties van deze neurotransmitters samenhangen met antisociaal gedrag zoals agressie en impulsbeheersingsproblemen (zie paragraaf 3.4). Een meta-analyse van het effect van het toedienen van omega-3-supplementen bij kinderen met ADHD liet een kleine maar significante afname zien van de ADHD-symptomen (Bloch & Qawasmi, 2011).[49] Het gevonden effect werd vooral toegeschreven aan hoge doseringen eicosapentaeenzuur (EPA), een bestanddeel van de omega-3-vetzuren. Ondanks dat er bij ADHD-problemen grotere effecten op het gedrag bereikt kunnen worden door toediening van psychofarmaca, wordt het toedienen van omega-3-vetzuren door de auteurs genoemd als een eventueel alternatief vanwege de mogelijke negatieve bijwerkingen van psychofarmaca (Bloch & Qawasmi, 2011). Het screenen op tekorten van omega-3-vetzuren en/of het preventief toedienen daarvan biedt wellicht ook mogelijkheden voor preventie van agressie. Uit een recente RCT komt enig bewijs naar voren voor een langetermijneffect van toedienen van supplementen bij kinderen uit de reguliere populatie (waaronder omega-3, multivitaminen en calcium; Raine et al., 2015). Na zes maanden rapporteerden de ouders van zowel kinderen uit de groep die supplementen had gekregen als kinderen uit de controlegroep minder externaliserende (agressie, antisociaal gedrag) en internaliserende gedragsproblemen (depressie, teruggetrokkenheid, angst) ten opzichte van de baseline-meting. Na twaalf maanden lieten de kinderen uit de controlegroep volgens de ouderrapportage echter weer evenveel agressie zien als aan het begin van het onderzoek, terwijl in de omega-3-groep de gedragsproblemen juist verder waren afgenomen, wat ook een positief effect had op de mate van agressie die ouders richting hun kinderen vertoonden. Dat laatste effect beïnvloedde deels het positieve effect van omega-3 op het gedrag van de kinderen.
Behalve omega-3-vetzuren worden ten slotte ook andere stoffen in verband gebracht met mogelijke effecten op zelfregulatie. Zo wordt verondersteld dat ook het toedienen van supplementen aangevuld met vitamine D gunstige effecten heeft bij individuen met impulsbeheersingsproblemen (Patrick & Ames, 2015). In hoofdstuk 6 worden meer uitkomsten besproken van onderzoek naar de effecten van toediening van voedingssupplementen op gedrag, maar dan meer in de context van volwassen delinquenten.

– Glucosestofwisselingsproblemen
Problemen in de glucosestofwisseling waardoor onder meer glucosetekorten kunnen ontstaan, worden in verband gebracht met antisociaal en crimineel gedrag (Gailliot & Baumeister, 2007). Zo is bijvoorbeeld gebleken dat criminele adolescenten een slechtere glucosetolerantie[50] hadden dan niet-crimi-

49 Alle onderliggende studies maakten gebruik van een gerandomiseerd design waarbij de controlegroep een placebo kreeg. De duur van toediening varieerde van 7 t/m 16 weken. De gemiddelde leeftijd van de in totaal 699 kinderen varieerde van 7 t/m 12 jaar. De gevonden niet-significante effecten in onderliggende studies worden door de auteurs toegeschreven aan een te lage power in die studies vanwege te kleine onderzoeksgroepen.

50 De mate waarin het lichaam glucose (suiker) uit het bloed kan verwerken.

nele adolescenten (Matykiewicz et al., 1997; Gans et al., 1990). De auteurs verklaren dit met de *limited strength theory*. Voor zelfbeheersing zijn bepaalde concentraties van neurotransmitters nodig in de hersenen die worden gevoed met glucose. Voor zelfbeheersingstesten is een bepaalde hoeveelheid bloedsuiker nodig in het lichaam. Indien die voorraad opraakt, heeft dat direct invloed op het vermogen tot zelfbeheersing. Uit een overzichtsartikel van Gailliot en Baumeister (2007) blijkt dat wanneer personen taken moesten verrichten die frustratie opwekten, het toedienen van glucose een positief effect had op de emotieregulatie. In een studie van Gailliot en collega's (2007) werd getracht een causaal verband te leggen tussen de bloedsuikerspiegel en zelfbeheersing door bij een taak die zelfbeheersing vergt de bloedsuikerspiegel direct te beïnvloeden door een glucosedrankje toe te dienen. Twee gerandomiseerde groepen kregen eerst een aandachttaak en vervolgens een *Stroop*-taak (zie hoofdstuk 4 voor uitleg over de *Stroop*-taak). De interventiegroep kreeg daarbij voor het uitvoeren van de *Stroop*-taak een glucosedrankje. Uit de resultaten bleek dat het toedienen van de glucosedrank een positief effect had op het uitvoeren van de *Stroop*-taak. Deze bevinding is in overeenstemming met de *limited strength theory* die ervan uitgaat dat zelfbeheersingstesten aanspraak maken op glucose en dat wanneer deze voorraad op dreigt te raken, de zelfbeheersing afneemt. Indien glucose invloed heeft op de mate van zelfbeheersing, zou het in het kader van preventie zinvol kunnen zijn om bij jongeren met zelfregulatie- en/of agressieproblemen te onderzoeken of de glucosestofwisseling wel goed functioneert. Echter, een recente meta-analyse trekt de *limited strength theory* in twijfel vanwege methodologische beperkingen van de daarnaar uitgevoerde onderzoeken (Carter et al., 2015).

Conclusie

Diverse studies suggereren dat omega-3-vetzuren ingrijpen op hersenprocessen die gelinkt zijn aan impulsief en agressief gedrag. Het toedienen van supplementen zoals omega-3 vetzuren biedt dan ook mogelijkheden om in het kader van preventie het risico op antisociaal gedrag te verminderen. Ook is het screenen op het functioneren van de glucosestofwisseling bij jeugdigen met zelfregulatie- en agressieproblematiek wellicht zinvol in het kader van preventie.

Take home messages

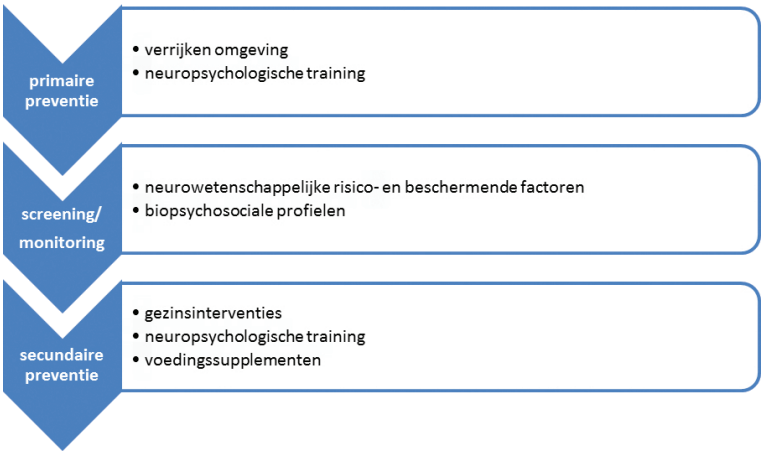
- Toedienen van omega-3-vetzuren is eenvoudig toe te passen en onderzoek biedt aanwijzingen voor een vermindering van agressief en impulsief gedrag.
- Screenen op afwijkingen van de glucosestofwisseling bij agressieproblemen zou bij wijze van pilot vaker kunnen worden toegepast in de jeugdstrafrechtketen.

5.3 Toepassingsmogelijkheden jeugdketen

5.3.1 Introductie en beleidscontext

In het voorgaande is de opbrengst aan kansrijke neurowetenschappelijke en neurowetenschappelijk geïnspireerde primaire en secundaire preventiemethoden uit het literatuuronderzoek besproken, evenals het belang van screening daarbij (zie figuur 15 voor een samenvattend schema). Primaire preventie heeft betrekking op kinderen en adolescenten uit de algemene populatie. De in dit hoofdstuk besproken primaire preventiemethoden zijn verrijking van de omgeving en neuropsychologische zelfregulatietraining. Binnen risicopopulaties en eventueel ook binnen de algemene populatie kan screening plaatsvinden op (neurobiologische) risicofactoren voor de ontwikkeling van antisociaal gedrag en/of zelfregulatieproblemen. De informatie kan gebruikt worden om biopsychosociale profielen van individuen samen te stellen waarbij de kennis over neurobiologische en andere risicofactoren kan worden gebruikt om de meest passende secundaire preventiemethode of interventie te kiezen. Secundaire preventie heeft betrekking op preventie bij risicogroepen. De in dit hoofdstuk besproken secundaire preventiemethoden zijn gezinsinterventies, neuropsychologische training en voedingssupplementen.

Figuur 15 Van primaire preventie naar secundaire preventie



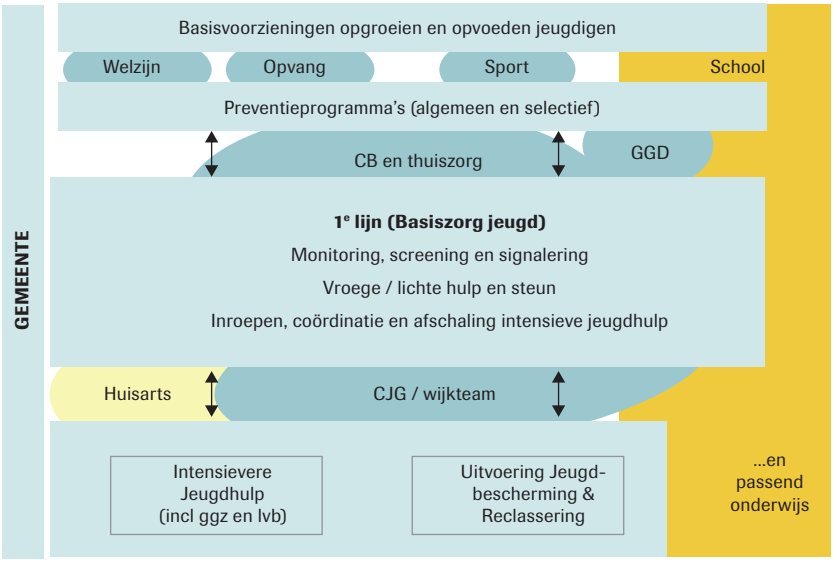
Noot: In deze figuur worden de verschillende niveaus van preventie en de in dit hoofdstuk besproken preventiemethoden schematisch weergegeven.

In deze paragraaf wordt ingegaan op toepassingsmogelijkheden van primaire (paragraaf 5.3.2) en secundaire (paragraaf 5.3.3) preventiemethoden in de jeugdketen. Daarbij worden ook de visies van de in interviews en expertmeetings geraadpleegde experts betrokken. Eerst zal echter kort worden stilgestaan bij de vraag vanuit welke beleidscontext het ministerie van Veiligheid

en Justitie en andere organisaties zoals gemeenten betrokken zijn bij preventie van gedragsproblemen bij kinderen en adolescenten.

Per 1 januari 2015 is de jeugdzorg, waaronder preventie, als gevolg van de inwerkingtreding van de nieuwe Jeugdwet, volledig onder de verantwoordelijkheid van de gemeenten gebracht.[51] De uitvoering van het nieuwe jeugdstelsel omvat geestelijke gezondheidszorg, jeugdbescherming en -reclassering en onderwijs en scholing. Het stelsel kent vier niveaus van voorzieningen: de algemene basisvoorzieningen zoals school en sport, preventieprogramma's, eerstelijnsbasiszorg, en de intensievere hulp (zie figuur 16). Om te werken aan het hoofddoel van de jeugdzorg – dat alle kinderen gezond en veilig opgroeien, hun talenten ontwikkelen en meedoen in de samenleving naar vermogen – moet er volgens de nieuwe Jeugdwet (2015) onder andere meer worden ingezet op preventie van gedragsproblemen bij jeugdigen. Een doelstelling van de nieuwe Jeugdwet is om de hulpverlening in een gedwongen (strafrechtelijk) kader zoveel mogelijk te beperken. Preventie van gedragsproblemen wordt als een belangrijk middel daartoe beschouwd. In de nieuwe Jeugdwet staan belangrijke aangrijpingspunten voor preventie voor gemeenten, scholen en wijkteams. Daarbinnen zijn er verschillende taken en projecten waarbij primaire en secundaire preventieactiviteiten kunnen aansluiten.

Figuur 16 Nieuwe jeugdstelsel per 1 januari 2015



Bron: NJI.nl

51 *Kamerstukken II*, 2012/13, 33 498, nr. 2 en 3.

5.3.2 Primaire preventie bij kinderen en adolescenten uit de algemene populatie

Hierna bespreken we twee soorten toepassingsmogelijkheden voor neurowetenschappelijke primaire preventie: verrijking van de omgeving en zelfregulatietraining. De gemeentelijke voorzieningen, maar ook scholen kunnen hierbij bijvoorbeeld een rol spelen.

Verrijken van omgeving
Vanuit de neurowetenschappen is steeds meer bekend over wat de impact is van verschillende omgevingsfactoren op de hersenen en het gedrag van de jongere. Uit onderzoek bij mens en dier is genoegzaam bekend dat het waarborgen van een optimale opgroei-omgeving van groot belang is voor de gedragsontwikkeling (o.a. Raine et al., 2003). Daarbij zijn onder meer opvoeding, voldoende prikkels in de omgeving (spel), voeding, beweging, slaap en rust van belang. Ook is het inperken van (gezondheids)risicofactoren zoals hoofdverwondingen en aanraking met giftige stoffen belangrijk voor het voorkomen van gezondheidsproblemen, maar ook voor het voorkomen van antisociaal gedrag (Zaalberg, 2012). Verrijking van de omgeving zou als vorm van preventie ingezet kunnen worden onder de tak van het nieuwe jeugdstelsel: 'basisvoorzieningen opgroeien en opvoeden jeugdigen' (zie figuur 16). In paragraaf 5.2.2 is besproken dat er enig bewijs is dat het toedienen van omega-3-visvetzuren als voedingssupplement een positieve invloed kan hebben op gedrag. Extra aandacht zou kunnen worden besteed aan de consumptie van vis dan wel omega-3-vetzuren als voedingssupplement bij jeugdigen.

Neuropsychologische training
Zoals eerder vermeld blijkt uit onderzoek dat goede zelfregulatievaardigheden op jonge leeftijd geassocieerd zijn met een gunstiger ontwikkeling op allerlei levensgebieden.[52] Een mogelijkheid is om neuropsychologische training op dit gebied, bijvoorbeeld training van de executieve functies, ter ondersteuning van de ontwikkeling via school aan te bieden aan kinderen uit de algemene populatie. Hierdoor zouden tevens kinderen met een minder goed ontwikkeld zelfregulatievermogen al vroeg kunnen worden herkend. Deze kinderen zouden dan aanvullende training kunnen krijgen om de zelfregulatie te verbeteren. Een alternatief dat sommige experts opperen is om alle kinderen op de basisschool een screening van het zelfregulatievermogen aan te bieden met behulp van een neuropsychologische testbatterij. Een voorbeeld van een zelfregulatietraining die ingezet kan worden in een klaslokaalomgeving is *Tools of the Mind* (TotM). Uit onderzoek blijkt dat toepassing van dit programma op de kleuterschool positieve effecten laat zien op zelfregulatie. Een ander voorbeeld van een programma dat breder toegepast zou kunnen worden als preventiestrategie voor zelfregulatieproblemen bij

52 Niet bekend is of het om een causaal verband gaat. Daarvoor is nader onderzoek nodig.

jongeren is het *Programma Alternatieve Denkstrategieën (PAD)*. Ook dit programma laat positieve effecten zien op het gedrag, waaronder een afname van agressie (zie paragraaf 5.2.2).

5.3.3 Secundaire preventie bij risicogroepen

Hierna worden toepassingsmogelijkheden voor drie opties voor neurowetenschappelijke secundaire preventie bij risicogroepen besproken: screening en monitoring, gezinsinterventies, neuropsychologische training en voedingssupplementen. De gemeentelijke voorzieningen voor basiszorg jeugd en voor gespecialiseerde zorg en hulp aan jeugdigen, maar ook scholen en wijkteams kunnen hierbij een rol spelen.

Screening en monitoring bij risicogroepen
Enkele van de geïnterviewde experts geven aan dat screening op risicofactoren vanaf jonge leeftijd belangrijk is omdat gedragsproblemen die vroeg ontstaan doorgaans persistenter zijn dan problemen die later in het leven ontstaan (Moffitt et al., 2011). Deze experts zijn van mening dat vroeg ingrijpen kan helpen om negatieve invloeden op de zich ontwikkelende hersenen te keren. Vanaf de babyleeftijd kan de ontwikkeling van het gedrag worden gemonitord. Het gaat dan bijvoorbeeld om de ontwikkeling van zelfregulatievermogen, waaronder de ontwikkeling van de executieve functies, sociale vaardigheden en agressief gedrag. Een voordeel van vroege neurobiologische screening is dat hiermee (bijvoorbeeld door het meten van cortisol als maat voor het stressniveau) informatie verkregen kan worden over het functioneren van zeer jonge kinderen die nog niet in staat zijn om bepaalde neuropsychologische of psychologische testen uit te voeren of vragenlijsten in te vullen.

Een neurowetenschappelijke toepassing wordt op dit moment al uitgevoerd in het kader van het eerder genoemde PIT-project van de gemeente Amsterdam.[53] Dit is een screenings- en hulpverleningsproject voor broertjes en zusjes van de top-600 jeugdcriminelen ter preventie van gedragsproblemen waaronder criminaliteit. Er wordt naast het gebruikelijke instrumentarium extra gescreend op neuropsychologische functies waardoor een completer biopsychosociaal profiel ontstaat van het kind of de jongere. Dit biedt de mogelijkheid om een meer op de behoeften van het kind toegesneden begeleiding of behandeling te bieden. Er worden op maat gesneden interventies aangeboden: van laagdrempelige eenvoudige oplossingen voor bijvoorbeeld de omgang in de klas, tot gerichte interventies waarbij het kind een bepaalde behandeling ondergaat. Daarnaast wordt de PIT-aanpak uitgebreid. Op dit moment kunnen bijvoorbeeld ook docenten op 22 scholen in Amsterdam kinderen waarbij zij problemen signaleren, voordragen voor screening door

53 www.hersengedrag.nl/Onderzoek/detail/Preventief-Interventie-Team-snel-in-actie.

PIT. Het zou zinvol kunnen zijn om de PIT-aanpak ook te gebruiken bij jongeren met risicogedrag in andere steden.

Een voorbeeld van een manier waarop neurowetenschappelijke kennis ook ingezet zou kunnen worden voor risicojongeren, is effectief gebleken neuropsychologische testen toevoegen aan bestaande werkwijzen van bijvoorbeeld gemeentelijke wijkteams. Zo zijn er speciale hulpmiddelen ontwikkeld voor jongeren die problemen hebben met zelfregulatie, zoals de 'Thermometertool'.[54] Deze geeft zowel het kind als de ouder inzicht in de manier waarop het risicovolle gedrag zich opbouwt. De tool helpt om signalen daarvan vroegtijdig op te merken en geeft handvatten en oefeningen om hiermee om te gaan. Mogelijk kunnen deze oefeningen uitgebreid worden met effectief gebleken simpele neuropsychologische trainingen om zo de zelfregulatievaardigheden van de jongeren te verbeteren.

Vroege gezinsinterventies
In het voorgaande is besproken dat vroege gezinsinterventies zoals *Nurse family partnership* (in Nederland 'VoorZorg'), waarbij moeders uit risicogroepen vanaf de zwangerschap worden begeleid, effectief zijn in termen van vermindering van kinderverwaarlozing en –mishandeling door de ouders en vermindering van antisociaal gedrag op latere leeftijd bij het kind. Dergelijke uitkomsten sluiten goed aan bij de nadruk op preventie in de nieuwe Jeugdwet. Een veronderstelling waarvoor steeds meer wetenschappelijk bewijs komt, is dat de gunstige effecten van deze programma's deels tot stand komen via neurobiologische effecten, waaronder de effecten van een betere moeder-kindband op de ontwikkeling van het fysiologische stresssysteem van het kind.

Een voorbeeld van een vroege gezinsinterventie is het coachingsprogramma 'Een goed begin'. Dit programma is gebaseerd op het in Yale ontwikkelde programma *Minding the baby*. In het door het NIHC[55] gefinancierde onderzoek naar de Nederlandse versie van het programma wordt het effect onderzocht van deze zeer vroege opvoedingsondersteuning op de ontwikkeling van het kind waarbij tevens in beeld wordt gebracht op welke neuropsychologische en psychofysiologische functies bij het kind de moeder-kindband effect heeft. Dit gebeurt bijvoorbeeld door het observeren van het gedrag van het kind bij uitgestelde-beloningtesten en door tijdens voor het kind spannende taakjes zijn of haar stressniveau te meten door middel van hartslag en huidgeleiding. Het programma richt zich op jonge moeders uit risicogroepen die voor het eerst zwanger zijn en veelal sociaal-economische en psychische problemen hebben. Het programma gaat ervan uit dat de kwaliteit van de

54 www.wijkteamswerkenmetjeugd.nl/problematisch-gedrag/ouders-en-jongeren-leren-reguleren-met-de-thermometer.
55 www.hersenenencognitie.nl.

interactie en de band tussen opvoeder en kind cruciaal is voor de ontwikkeling van het kind. Daarom richt de coaching zich op de opvoedvaardigheden van de moeder en met name op het zogeheten reflectief functioneren, waarbij de moeder meeleeft met het kind en signalen van het kind op de juiste wijze interpreteert. Het programma begint al gedurende de zwangerschap omdat bekend is dat een vroeg interventieprogramma een gunstig effect heeft op de sociale en cognitieve ontwikkeling van het kind. Het programma duurt tweeëneenhalf jaar. Een voorbeeld van een korter durende oudertraining met betrekking tot opvoedvaardigheden is de eerder besproken VIPP-interventie voor ouders van kinderen van 1 tot 3 jaar met gedragsproblemen.

Neuropsychologische trainingen
Sommige van de geïnterviewde experts bevelen aan om bij behandeling van gedragsproblemen meer op maat in te zetten op de zwakke en sterke kanten van het kind, bijvoorbeeld wat betreft executieve functies. Executieve-functietrainingen op maat zouden behulpzaam kunnen zijn bij het versterken van bepaalde functies. Er bestaan al executieve-functietrainingen maar *serious* games en virtual reality-toepassingen kunnen verder ontwikkeld worden om beter aan te sluiten bij de doelgroep van kinderen en adolescenten uit risicogroepen en in de strafrechtketen (zie hoofdstuk 6). Een voorbeeld op het gebied van emotieregulatie is de *serious* game 'Dojo' (Te Velde, Steur & Vankan, 2015). In dit biofeedbackspel[56] waarbij hartslag en huidgeleiding worden gebruikt, worden kinderen getraind om hun emoties, waaronder angst, frustratie en boosheid, onder controle te houden. Naarmate dit beter lukt, kunnen kinderen verder komen in het spel. De eerste resultaten zijn hoopvol maar grootschaliger onderzoek naar de effecten is nodig: uit een kleine pilotstudie bleek dat kinderen na de game een lagere score hadden op het externaliseren van problemen en op angst.

Voedingssupplementen
Zoals eerder vermeld laten meta-analyses zien dat er enig wetenschappelijk bewijs is voor gunstige effecten van omega-3-visvetzuren op impulsief en agressief gedrag bij kinderen. Het zou nuttig kunnen zijn om omega-3-visvetzuren aan te bieden aan kinderen en jongeren uit risicogroepen bij wie sprake is van (een verhoogde kans op) zelfregulatieproblemen en antisociaal gedrag en tegelijk de effecten verder te onderzoeken.

56 Biofeedback is een methode waarbij lichaamssignalen gemeten worden, zodat een persoon een continue terugkoppeling krijgt van wat er in het lichaam gebeurt.

Take home messages
- Neurowetenschappelijke kennis is van toegevoegde waarde voor signalering, screening en training.
- Meer (maatschappelijk) debat is nodig om te bepalen of, en zo ja, bij welke leeftijdsgroepen primaire en secundaire neurowetenschappelijke preventie moeten worden ingezet.

5.4 Aandachtspunten en uitdagingen

5.4.1 Ethische aandachtspunten

Het belangrijkste ethische aandachtspunt dat uit interviews en expertmeetings naar voren komt, is de vraag bij welke groepen en op welke leeftijden screening op (neurobiologische) risicofactoren zou mogen of moeten plaatsvinden. Sommigen van de geïnterviewde experts zijn voorstander van het al vanaf jonge leeftijd monitoren van kinderen uit de reguliere populatie met het oog op het vroegtijdig onderkennen van risicofactoren voor gedragsproblemen. Zo raden sommigen aan om prenataal, vanaf het eerste consultatiebureaubezoek of vanaf de peuterleeftijd te beginnen met monitoren en dit door te laten lopen tot 23 jaar. Het feit dat bij het kind al heel vroeg dingen mis kunnen gaan, betekent dat prenataal bijvoorbeeld al screening kan worden verricht om risicofactoren op te sporen en vervolgens kan worden gepoogd om deze te beïnvloeden ten gunste van het kind. Andere experts hebben daarentegen juist een voorkeur om screening en preventiemethoden om ernstiger probleemgedrag op latere leeftijd te voorkomen vooral in te zetten bij kinderen of adolescenten die al op jonge leeftijd grensoverschrijdend gedrag laten zien en bij kinderen uit hoogrisicogezinnen.

Een ethisch aspect dat bij secundaire preventie vaak op de voorgrond staat, is het identificeren van personen als behorende tot een 'risicogroep'. Een vrees is dat dit kan leiden tot stigmatisering en *self fulfilling prophecy*. Of een kind zonder symptomen er baat bij heeft om geïdentificeerd te worden als behorend tot een risicogroep hangt volgens sommige experts af van de voorspellende waarde van de detectie, van de vraag of er een effectieve interventie bestaat en van de vraag hoe groot de sociale en medische risico's voor het kind bij niet-detectie zijn. Het aanbieden van screening of preventie aan alle kinderen of adolescenten in plaats van aan individuen uit risicogroepen zorgt volgens sommige experts voor minder ethische bezwaren bij het inzetten ervan omdat er geen selectie plaatsvindt op basis van individuele kenmerken. Daardoor zou er minder risico zijn van stigmatisering. Indien er sprake is van een wettelijke overtreding, is het vooropstellen van het maatschappelijk belang van screening en preventie volgens sommige experts meer gerechtvaardigd dan wanneer er slechts sprake is van een risico van crimineel gedrag

bij een kind dat nog geen delict heeft gepleegd. Bij de keuze tussen het al dan niet inzetten van screening en preventie zal een goede afweging gemaakt moeten worden tussen de individuele en maatschappelijke belangen en mogelijke gevolgen.

5.4.2 Middelen

Om te komen tot gedegen wetenschappelijke kennis en bewezen effectieve preventiemethoden is zowel tijd als geld nodig. Gemeenten signaleren dat de vernieuwing en de uitvoering van taken in het kader van de nieuwe Jeugdwet door bezuinigingen in de knel dreigen te komen.[57] Uit een evaluatie van de Jeugdwet blijkt dat er een jaar na invoering nog een aantal knelpunten gesignaleerd wordt, ook met betrekking tot preventie (Van Yperen, Wijnen & Hageraats, 2016). De focus bij de uitvoering lijkt allereerst te liggen op het minder intensief maken van de zorg. Preventiedoeleinden lijken daarbij voorals nog minder aan bod te komen. Een tweede knelpunt is dat er weinig bekend is over de kwaliteit van de verschillende voorzieningen, waaronder de basisvoorzieningen, de preventie en de intensievere zorg. Wanneer wijkteams goed geregeld zijn, maar de ondersteuning van partners zoals onderwijs en jeugd-GGZ niet mee ontwikkelt, gaat dat volgens sommigen mogelijk uiteindelijk ten koste van de wijkteams omdat deze dan te veel lasten krijgen (Van Yperen, Wijnen & Hageraats, 2016). Deze ontwikkelingen zouden het inzetten van nieuwe preventieve interventies, gestoeld op neurobiologische kennis, in eerste instantie in de weg kunnen zitten. De neurowetenschappelijke kennis is nog sterk in ontwikkeling en ondanks dat deze al interessante en bruikbare resultaten heeft opgeleverd, zal er nog veel vervolgonderzoek nodig zijn. Uiteindelijk zou het investeren in deze nieuwe preventiemethoden, zoals eerder geschetst, juist kosteneffectiever kunnen zijn doordat preventiemethoden gevoed worden met neurowetenschappelijke inzichten en daardoor mogelijk effectiever kunnen worden gemaakt. Overigens laat onderzoek ook zien dat preventie van gedragsproblemen op jonge leeftijd veel kosten aan latere zorg en interventie kan besparen (Washington State Institute for Public Policy & University of Washington, 2016).

5.4.3 Verwachtingen en kennis

Een mogelijke beperking bij de vertaling van de neurowetenschappelijke kennis naar de praktijk is dat de benodigde kennis daarvoor nog niet aanwezig is bij alle betrokken partijen. De uitdaging is dan ook om alle partijen die in het nieuwe jeugdstelsel betrokken zijn bij preventie te voorzien van de nodige kennis. Sommige experts opperen dat er een landelijk expertisecentrum opgezet zou moeten worden dat kan fungeren als vraag-

57 Vereniging Nederlandse Gemeenten, GGZ-Nederland, Jeugdzorg Nederland, VGN, VOBC (2015). Brief aan de Tweede Kamer, vaste commissie voor VWS, d.d. 2 oktober 2015, kenmerk ECSD/U201501586.

baak maar dat ook kennis kan delen, lezingen en workshops kan geven om instellingen te verrijken met neurowetenschappelijke kennis en daarnaast inhoudelijke adviezen kan geven. Ook zou er volgens sommige experts voor de vier grote steden een leidende rol gecreëerd kunnen worden om neurowetenschappelijke kennis in de praktijk te brengen en kennis te verspreiden in het kader van concrete projecten zoals het eerder genoemde PIT.

Niet alleen bij de functionarissen in de jeugdketen, maar ook bij de kinderen en jongeren zelf en hun ouders/verzorgers zou de kennis over neurobiologische factoren in relatie tot (antisociaal) gedrag bevorderd moeten worden. Een mogelijkheid is om ouders en jeugdigen uit de algemene populatie voorlichting te bieden, bijvoorbeeld via scholen, over de ontwikkeling van de hersenen, waaronder de executieve functies, de verhoogde emotionele gevoeligheid en risicogedrag tijdens de adolescentie. Een voorbeeld op dit terrein is een reclamefilmpje van de Hersenstichting waarin verwezen wordt naar een brochure op haar website die ouders van pubers informatie en praktische tips geeft over de hersenontwikkeling gedurende de adolescentie en het daarbij behorende gedrag.[58] Met de voorlichting wordt beoogd ouders te helpen om hun kind ondersteuning te bieden die past bij de ontwikkelingsfase van het kind, waardoor ook gedragsproblemen beter voorkomen kunnen worden. Een ander voorbeeld van psycho-educatie is het programma 'Leer je brein kennen' (Jolles et al., 2005). 'Leer je brein kennen' is een voorlichtingsprogramma voor jongens tussen 12 en 14 jaar in de havo/vwo-brugklas die problemen hebben met plannen en impulsbeheersing. In de training krijgen de jongens informatie over de werking van de hersenen en op welke manier ze die kennis kunnen gebruiken om hun studievaardigheden te verbeteren.

5.5 Onderzoeksagenda

Het toepassen van neurowetenschappelijke kennis in het kader van preventie van antisociaal gedrag is een nieuw gebied. Het is daarom van belang dat de kennis over bijvoorbeeld neurobiologische mechanismen die een rol spelen bij de werking van preventie nader wordt vergroot. De volgende onderzoekslijnen worden voorgesteld:

– onderzoek naar effecten van executieve-functietraining op langere termijn en naar het generaliseren van trainingseffecten naar gedrag in echte leven (testen ecologische validiteit van executieve-functietrainingen) en naar effecten bij verschillende leeftijdsgroepen;
– onderzoek om de periodes in de ontwikkeling gedurende kindertijd en adolescentie en individuele biologische gevoeligheid vast te stellen waarin het grootste effect bereikt kan worden met specifieke preventiemethoden;

58 www.hersenstichting.nl/puberhersenen/puberhersenen.

- meer onderzoek naar het verband tussen neurobiologische factoren (waaronder het fysiologische en hormonale stresssysteem) en zelfregulatieproblemen bij jeugdigen met antisociaal gedrag;
- longitudinaal onderzoek en nametingen van effecten van preventiestrategieën op neurobiologische mechanismen en op gedrag.

6 Interventie

Het doel van dit hoofdstuk is om een overzicht te geven van beschikbare interventies met een neurobiologische achtergrond die mogelijk toegepast kunnen worden in de jeugdstrafrechtketen. Dat is een relatief nieuwe insteek; hoewel het onderzoek naar de neurobiologische achtergronden van antisociaal gedrag al enige tijd onderweg is, worden interventies met een neurobiologische component (hierna geduid als 'neurobiologische interventies') nog niet structureel toegepast. Eén van de doelstellingen is om te onderzoeken welke typen neurobiologische interventies er zijn en in hoeverre neurobiologische interventies een aanvulling kunnen zijn op bestaande interventies die al worden toegepast. Momenteel worden bij delinquenten verschillende interventies toegepast die beogen de cognitieve vaardigheden en het gedrag te verbeteren. Voorbeelden hiervan zijn interventies als Agressieregulatie op Maat, EQUIP, In Control!, Leren van Delict, Tools4U, Training Agressie Controle (TACt) en Out of the Circle.[59] Hoewel die interventies door de bank genomen effectief zijn wat betreft het aanleren of verbeteren van algemene cognitieve vaardigheden en het reguleren van agressief gedrag, werken zij lang niet voor alle deelnemers. Het is mogelijk dat kennis van de onderliggende neurobiologische aspecten van antisociaal gedrag kan helpen om bestaande interventies nog effectiever te maken. Daarnaast heeft het gros van de toegepaste interventies een sterk talig karakter. Dat kan voor problemen zorgen bij mensen waar mogelijk sprake is van een cognitief-verbale ontwikkelingsachterstand. Om die reden kan het zinvol zijn neurobiologische interventies te ontwikkelen die minder afhankelijk zijn van verbale vermogens.

De neurowetenschappen kunnen op verschillende manieren ingezet worden bij interventies. Voor de overzichtelijkheid is hier gekozen voor een tweedeling in typen neurobiologische interventies:
1 op zichzelf staande neurobiologische interventies;
2 neurobiologische kennis bij de voorspelling van behandelsucces.

In het eerste deel wordt onderzocht in hoeverre de neurobiologie op zichzelf een interventie kan bieden. Hierbij kan worden gedacht aan het toepassen van neuropsychologische trainingen die beogen bepaalde tekorten in cognitieve functies te verbeteren. In het tweede deel wordt ingegaan op onderzoek naar de vraag in hoeverre de neurowetenschap kan helpen bij het voorspellen van behandelsucces. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan onderzoek naar hoe mensen met een bepaald psychofysiologisch, neuropsychologisch of genetisch profiel reageren op cognitieve gedragstherapie. In dit hoofdstuk staan de volgende vragen centraal:
1 Welke ontwikkelingen vinden momenteel plaats binnen het onderzoek naar nieuwe neurobiologische interventies en welke van deze interventies zouden al op korte termijn toegepast kunnen worden?

59 Zie www.nji.nl/nl/Databank/Databank-Effectieve-Jeugdinterventies/Erkende-interventies, voor uitgebreide beschrijving van huidige erkende gedragsinterventies voor jeugdigen.

2 Hoe zouden deze nieuwe neurobiologische interventies in het beleid en de praktijk van de jeugdstrafrechtketen kunnen worden gebruikt?
3 Welke ethische en praktische uitdagingen en aandachtspunten zijn er bij het gebruik van de desbetreffende neurowetenschappelijke kennis?
4 Welke neurowetenschappelijke onderzoeksonderwerpen met betrekking tot interventies zijn in de komende periode (tot 2020) van belang voor een onderzoeksagenda?

De eerste vraag wordt behandeld in paragraaf 6.1 en 6.2, de tweede vraag in paragraaf 6.3, de derde vraag in paragraaf 6.5 en de laatste vraag komt in paragraaf 6.6 aan de orde. Hoewel het huidige onderzoek zich hoofdzakelijk richt op de neurobiologische achtergrond van crimineel gedrag bij jongeren, wordt ook vaak onderzoek onder volwassenen aangehaald. Dit heeft twee redenen. Ten eerste zijn er bevindingen die bij volwassenen ook waardevolle informatie opleveren over de mogelijkheden van interventie bij jongeren. Ten tweede zijn sommige interventies die mogelijk interessant zijn voor jongeren nog niet bij jongeren uitgevoerd, maar al wel bij volwassenen.

6.1 Neurobiologische interventies

In de literatuur verschijnen steeds meer publicaties over neurobiologische interventiemethoden in de jeugdstrafrechtketen. Sommige van deze bevinden zich nog in de experimentele fase en dienen beter onderzocht te worden waar andere al op korte termijn toegepast zouden kunnen worden. De voornaamste van deze interventies zullen hier besproken worden:
– neuropsychologische trainingen (waaronder serious gaming);
– mindfulness;
– voedingssupplementen;
– biologische feedback;
– medicijnen;
– hormonen;
– hersenstimulatie.

6.1.1 Neuropsychologische trainingen

Door middel van neuropsychologische training kunnen bepaalde hersenfuncties worden aangesproken, met als doel deze te verbeteren. Binnen groepen mensen met antisociale trekken worden vaak problemen gezien in de executieve functies (Morgan & Lilienfeld, 2000; Ogilvie et al., 2011, zie ook hoofdstuk 3). Voorbeelden van executieve functies zijn planning, werkgeheugen, initiatief nemen, flexibiliteit in het wisselen tussen opdrachten, aandacht en impulscontrole.

Het trainen van executieve functies kan voordelige effecten hebben voor het individu. Er is bijvoorbeeld enig bewijs voor de effectiviteit van trainingen om het werkgeheugen te verbeteren, bij zowel gezonde populaties als mensen met ADHD. Onderzoek laat zien dat deze trainingen daarbij ook tot verandering in het neurale netwerk kunnen leiden dat betrokken is bij het werkgeheugen (in het bijzonder frontale en pariëtale hersengebieden en de basale ganglia) (Klingberg, 2010; Morrison & Chein, 2011; Rutledge et al., 2012).

Onderzoek naar de effecten van neuropsychologische training bij mensen met antisociale trekken is nog beperkt. Hierna worden enkele voorbeelden besproken.
In hun publicatie uit 2010 pleiten Ross en Hoaken (2010) voor het vaststellen van cognitieve tekorten (bijvoorbeeld slechte responsinhibitie) op individueel niveau zodat de neuropsychologische interventies vervolgens kunnen worden afgestemd op die specifieke cognitieve tekorten. Hierbij zouden bijvoorbeeld trainingen toegepast kunnen worden die eerder zijn onderzocht en toegepast bij patiënten met schizofrenie en traumatisch hersenletsel, bij wie stoornissen in de executieve functies lijken op stoornissen die gerapporteerd worden bij delinquenten (Ross & Hoaken, 2010). In die lijn onderzochten Baskin-Sommers, Curtin & Newman (2015) het effect van twee typen neuropsychologische trainingen bij gevangenen (18-45 jaar oud). Gevangenen werden getraind in ofwel het verbeteren van aandacht voor context en emotionele informatie (*Attention To Context,* ATC) of in het verbeteren van inhibitie (*Affective Cognitive Control*, ACC) (zie tabel 15).

Tabel 15 Subtype-specifieke trainingen die zijn toegepast bij gevangenen met psychopathische of externaliserende trekken

Training	Omschrijving
Attention To Context (ATC)	De ATC-training richt zich op het aanleren van aandacht voor contextuele informatie uit de omgeving, zoals veranderingen in regels en het gebruik van emotionele informatie om gedrag mee bij te sturen
Affective Cognitive Control (ACC)	De ACC-training is ontwikkeld om individuen aan te leren meer controle te krijgen over hun gedrag (met name verbeterde inhibitie) in een emotionele context (o.a. het uitvoeren van een taak in stressvolle situaties of waarbij beloning een rol speelt)

Bron: Baskin-Sommers et al., 2015

De gedachte was dat gevangenen met psychopathische trekken, die vooral moeite hebben met het letten op informatie uit de omgeving, meer baat zouden hebben bij de aandachtstraining (ATC-training), terwijl gevangenen met externaliserende trekken, die vooral moeite hebben met het beheersen van impulsen, juist meer zouden profiteren van de inhibitietraining (ACC-training). Na de trainingsperiode lieten beide groepen delinquenten verbeteringen zien op hun specifieke probleemgebied wanneer zij de daarop

gerichte training hadden ondergaan. Opvallend hierbij was dat delinquenten niet alleen verbeteringen lieten zien op getrainde testen maar ook op niet getrainde testen die betrekking hadden op dezelfde neuropsychologische functies. Dit veronderstelt dat de verbeteringen niet testspecifiek zijn maar betrekking hebben op het hele onderliggende probleemgebied. Hadden zij echter een training ondergaan die niet aansloot op hun probleemgebied, dan lieten zij daarop ook geen verbetering zien (Baskin-Sommers, Curtin & Newman, 2015). Dit onderzoek illustreert het belang van het vaststellen van specifieke neuropsychologische problemen bij een individu en het afstemmen van de neuropsychologische training daarop.

Een ander voorbeeld betreft het trainen van emotieherkenning bij jeugdige delinquenten. Uit de literatuur blijkt dat emotieherkenning (bijvoorbeeld het herkennen van emotionele gezichtsuitdrukkingen) vaak aangedaan is bij mensen met antisociale trekken en mogelijk vooral bij mensen met psychopathische/kille persoonlijkheidstrekken (Marsh & Blair, 2008; Bons et al., 2013, zie ook hoofdstuk 3).
In een onlangs gepubliceerde studie werd de effectiviteit van een emotieherkenningstraining (*Facial Affect Recognition*, FAR) onderzocht. Jeugdige delinquenten tussen 12 en 18 jaar oud werden gedurende twee weken getraind in het herkennen van emoties. De training bestond onder andere uit het benoemen van de emoties die uitgedrukt werden door gezichten, het beschrijven van een gebeurtenis waarbij zij zelf die emotie ervoeren en het nadoen (*mimicry*) van de emotie in de spiegel. Daarnaast moesten deelnemers zich ook concentreren op specifieke details van een gezicht dat een emotie uitdrukte en de juiste beschrijving van dat detail kiezen uit een lijst van mogelijke opties. Bij de groep delinquenten die aan deze training deelnam was er een verbetering in het herkennen van de emoties angst, verdriet en woede, in vergelijking met een groep delinquenten met dezelfde demografische kenmerken die de training niet onderging. Daarnaast begingen delinquenten die aan de training deelnamen significant minder ernstige delicten in de zes maanden na de training dan voor de training. Er waren geen verschillen in het aantal nieuwe delicten tussen beide groepen (Hubble et al., 2015).

In vergelijkbare onderzoeken werd ook gevonden dat een emotieherkenningstraining kan leiden tot verbetering in emotieherkenning en affectieve empathie. Bij mannelijke, volwassen gedetineerden leidde deelname aan de training *Sensitivity to Emotional Expressions* (SEE) tot een verbetering van emotieherkenning (Schönenberg et al., 2014). Bij kinderen (gemiddeld 10-11 jaar oud) met een hoge mate van kilheid als persoonlijkheidstrek werden verbeteringen in affectieve empathie vastgesteld na een emotieherkenningstraining (Dadds et al., 2012).

Hoewel er nog niet erg veel wetenschappelijke literatuur beschikbaar is over de effectiviteit van specifieke neuropsychologische trainingen bij mensen met antisociale trekken, lijken de paar onderzoeken die wel zijn uitgevoerd te wijzen op enige effectiviteit van trainingen die beogen neuropsychologische functies zoals cognitieve controle[60] en emotieherkenning te verbeteren (zie tabel 16 voor een overzicht van neuropsychologische functies en voorbeelden van bijbehorende trainingen). Daarbij lijkt het wel van belang te zijn om de interventie af te stemmen op de specifieke neuropsychologische tekortkomingen. Het belang van een meer gepersonaliseerde toepassing van neuropsychologische rehabilitatie wordt door sommige professionals in de jeugdstrafrechtketen aangemoedigd, zoals bleek uit een door het WODC georganiseerde expertmeeting. In diezelfde expertmeeting werd gesproken over de noodzaak om meer vanuit een hypothese over hersenfuncties bepaalde neuropsychologische testen te doen. Dat wil zeggen dat men op basis van vooraf verwachte problemen in executief functioneren – op basis van wat bekend is van mensen met antisociale trekken – testen afneemt bij betrokkenen om die deficiënties vast te stellen en een eventuele behandeling daarop af te stemmen. Daarnaast dient ook verder uitgezocht te worden in hoeverre aangeleerde vaardigheden generaliseren naar toepassing in situaties in het echte leven.

Neuropsychologische trainingen kunnen ook worden aangeboden in de vorm van computerspellen, zogeheten *serious* games. Dit komt aan de orde in de volgende paragraaf.

Take home messages
- Neuropsychologische trainingen dienen afgestemd te worden op specifieke, individuele capaciteiten en tekorten om effectief te zijn.
- Neuropsychologische functies zoals de executieve functies en emotieherkenning zijn belangrijke domeinen waarop verbetering mogelijk kan leiden tot een vermindering van antisociaal gedrag.

6.1.2 Serious gaming

Een relatief nieuwe ontwikkeling binnen het interventieonderzoek is die van de zogenoemde *serious games*. Serious games zijn computerspellen met een educatieve of therapeutische insteek. Voor kinderen met ADHD bestaan serious games om neuropsychologische functies als werkgeheugen, cognitieve flexibiliteit en responsinhibitie te trainen (Prins et al., 2011; Van der Oord et al., 2014). Het is denkbaar dat dergelijke trainingen ook in te zetten

60 De termen 'cognitieve controle' en 'executieve functies' worden wel als synoniem gebruikt. In dit rapport gebruiken we in beginsel de term 'executieve functies', maar omdat in de studie van Baskin-Sommers, Curtin & Newman de term cognitieve controle wordt gebruikt, sluiten we bij de bespreking van die studie daarbij aan. Zie figuur 1 en bijlage 8 voor nadere uitleg van de begrippen.

zijn bij kinderen en adolescenten met gedragsproblemen zoals bij ODD en CD die mogelijk vergelijkbare executieve-functiestoornissen hebben (Barnett, Maruff & Vance, 2009; Ogilvie et al., 2011; Johnson, 2015). In een recent onderzoeksrapport van Dialogic, uitgevoerd in opdracht van het WODC, wordt ingegaan op de vraag in hoeverre serious games kunnen helpen bij het trainen en verbeteren van cognitieve functies bij jeugdige en volwassen gedetineerden. Zie Te Velde en collega's (2015) voor een selectie van bruikbare serious games. Te Velde en collega's (2015) signaleren twee uitdagingen bij het ontwikkelen van serious games. De eerste is dat de ontwerpkwaliteit van het spel volgens hen een grote rol speelt bij het bereiken van leer- of therapeutische effecten. Daarnaast is een van de grote uitdagingen bij het inzetten van serious games de mate van overdracht naar de 'echte wereld' van getrainde vaardigheden (Te Velde et al., 2015).

Wat is er bekend over de effecten van het trainen van specifieke neuropsychologische functies met behulp van serious games? Hierover bestaan nog geen overzichtsartikelen voor zover wij hebben kunnen nagaan. In een recent overzichtsartikel worden wel de bevindingen van een aantal empirische studies naar de effecten van *gaming* op bredere cognitieve vaardigheden vergeleken. De auteurs halen een longitudinaal onderzoek aan waarin bestudeerd werd in hoeverre het spelen van strategische games met rollenspellen van invloed is op de probleemoplossende vaardigheden van de spelers. Het bleek dat spelers van dit spel een toename lieten zien in zelfgerapporteerd probleemoplossend vermogen het jaar volgend op het onderzoek. Bij spelers van niet educatief bedoelde race- en vechtspellen waren deze verbeteringen niet zichtbaar (Adachi & Willoughby, 2013; Te Velde et al., 2015).

Hoewel er nog niet erg veel onderzoek is gedaan naar de effecten van de interventie op hersenfuncties, verschijnen er langzaamaan wel publicaties over de effecten van serious games op specifieke executieve functies bij kinderen met ADHD. Een voorbeeld van een serious game die wellicht ook inzetbaar is voor jeugdigen binnen de strafrechtketen is *Braingame Brian,*[61] een computerspel dat werkgeheugen, cognitieve flexibiliteit en responsinhibitie traint. Deze game is reeds besproken in de context van preventie (zie hoofdstuk 5; serious gaming) maar kan tevens toegepast worden als interventie. Groepen kinderen met ADHD die getraind werden met *Briangame Brian* lieten een verbetering zien in executieve functies waaronder inhibitie (Van der Oord et al., 2014).

Een ander voorbeeld is een recente studie van Stevens et al. (2016) waarin bij adolescenten (gemiddeld 15 jaar) met ADHD werd onderzocht in hoeverre een werkgeheugentraining leidde tot veranderingen in de activiteit van specifieke hersengebieden die betrokken zijn bij het werkgeheugen. Daarbij ging

61 Zie www.gamingandtraining.nl/beschrijving-braingame-brian.

het om hersengebieden waarvan tussen ADHD-patiënten en gezonde controlepersonen de activiteit verschilt. Dat kenmerkende verschil was zichtbaar voorafgaand aan de training. Het trainingsprogramma dat werd toegepast was het Cogmed-programma (zie ook hoofdstuk 5),[62] een game die specifieke elementen van het werkgeheugen traint. De onderzoekers rapporteren dat adolescenten die de training hadden gevolgd verbetering in het werkgeheugen lieten zien. Daarnaast was er bij hen ook een toename in activiteit in sommige hersengebieden die betrokken zijn bij het werkgeheugen. Die toename was zodanig dat de activiteit net zo groot was als bij adolescenten zonder ADHD. Hoewel responsinhibitie niet expliciet getraind was met de werkgeheugentraining, is er wel gekeken of deze functie verbeterde. Dit was niet zo, de gevonden effecten zijn dus specifiek voor bepaalde componenten van het werkgeheugen (Stevens et al., 2016). Desalniettemin laat deze studie zien dat training niet alleen kan leiden tot een verbetering in neuropsychologische functies (in dit geval werkgeheugen) maar ook van invloed kan zijn op het neurale netwerk dat betrokken is bij deze functie.

Tabel 16 Neuropsychologische functies en voorbeelden van geschikte interventies

Neuropsychologische functie	Training
Responsinhibitie	Affective Cognitive Control, Braingame Brian
Werkgeheugen	Cogmed, Braingame Brian
Cognitieve flexibiliteit	Braingame Brian
Emotieherkenning	Facial Affect Recognition, Sensitivity to Emotional Expressions
Aandacht	Cogmed

Serious gaming als interventiestrategie bij adolescenten met antisociaal gedrag heeft als voordeel dat het een relatief eenvoudige en toegankelijke manier is om bepaalde neuropsychologische functies te trainen en te verbeteren. Daarnaast sluit het aan bij de belevingswereld van veel adolescenten bij wie computers, virtual reality en social media een grote rol spelen in het leven. Wellicht zijn adolescenten meer gemotiveerd voor deelname aan een dergelijke interventie in vergelijking met bijvoorbeeld interventies die bestaan uit gesprekstherapie of groepstherapie, of in vergelijking met meer conventionele neuropsychologische training die minder goed aansluit bij hun belevingswereld, zoals pen-en-papier testen of computertrainingen zonder game-elementen. Echter, zowel de effectiviteit van de games als de mate waarin verworven of verbeterde vaardigheden te generaliseren zijn naar de echte wereld vereisen (nog) meer onderzoek.

62 Zie www.cogmed.com voor uitgebreide beschrijving en uitleg Cogmed-training.

Take home messages
- Neuropsychologische functies kunnen worden getraind met behulp van serious games.
- Verbeteringen in het werkgeheugen en inhibitie zijn aangetoond.
- Wellicht verhoogt de inzet van serious games als alternatief voor reguliere trainingen therapietrouw bij jongeren.

6.1.3 Mindfulness

De laatste jaren is er meer aandacht en interesse voor de invloed van mindfulness op gedrag en hersenfunctie. Onder mindfulness verstaat men het bewuster vestigen van de aandacht op de eigen gedachten en gevoelens en op prikkels uit de omgeving. Via meditatieve training kan dit bereikt worden. Zo zou meditatieve training bijvoorbeeld leiden tot verbeteringen in de aandacht en daarmee ook tot verbeteringen in emotieregulatie. Dit zou worden bewerkstelligd door het individu zich niet zozeer te laten richten op het onderdrukken of veranderen van een emotieopwekkende ervaring, maar meer op het zich bewust worden van en reflecteren op gedachten en emoties alvorens er op te reageren (Chambers, Gullone & Allen, 2009). Mindfulnesstraining zou met name uitkomst kunnen bieden voor jonge delinquenten die problemen hebben met de regulatie van hun emoties en degenen die (mogelijk daardoor) reactieve agressie laten zien.

Verschillende studies hebben zich gericht op de vraag of mindfulnesstraining effectief is en welke hersenfuncties aangesproken worden (zie tabel 17 voor een overzicht van verschillende mindfulnesstrainingen). Allen en collega's (2012) onderzochten in hoeverre een mindfulnesstraining (*Mindfulness Meditation Training*, MT) van invloed was op de executieve functies en hersenfuncties (gemeten met fMRI). Het bleek dat in vergelijking met ongetrainde individuen de groep die MT had ondergaan een statistisch significante verbetering in prestaties op een affectieve Stroop-test liet zien. Deze test meet de mate van afleidbaarheid (door het tonen van plaatjes met een emotionele lading) wanneer mensen een ongerelateerde opdracht moeten uitvoeren waarbij reactietijd gemeten wordt. Hier liet de MT-groep een verbeterde testprestatie zien: de deelnemers waren minder afgeleid en hadden snellere reactietijden dan ongetrainde proefpersonen. Dat laatste is een indicatie voor verbeterde aandacht. Daarnaast was er bij hen ook een toename in activiteit in de dorsolaterale prefrontale cortex tijdens het uitvoeren van opdrachten die de executieve functies aanspreken. Dit is een hersengebied dat onder andere betrokken is bij het richten van de aandacht en het werkgeheugen. Ook lieten de proefpersonen die het meest oefenden met mindfulness, een verbetering in inhibitie zien. Het verwerken van negatieve emotionele prikkels ging gepaard met een toename in activiteit in de ACC, mediale prefrontale cortex en rechter anterieure insula, hersengebieden die

betrokken zijn bij aandacht, bewustzijn en cognitieve controle (Bush et al., 2002; Seeley et al., 2007; Buckner, Andrews-Hanna & Schacter, 2008; Allen et al., 2012). Mogelijk zijn mensen door deze mindfulnesstraining beter in staat zichzelf te beheersen. Mindfulness kan dus zorgen voor:
– verbeteringen in aandacht en emotieregulatie;
– een toename in activiteit van hierbij betrokken hersengebieden.

In een overzichtsartikel van Tang et al. (2012) wordt besproken wat bekend is over de effectiviteit van op mindfulness gebaseerde interventies wat betreft het verbeteren van executieve functies. Zo zouden dergelijke interventies bij kinderen en volwassenen de aandacht- en emotieregulatie verbeteren en ook tot verbeteringen leiden in sociale relaties. Echter, bij veel onderzoek met kinderen ontbreekt het aan wetenschappelijke kwaliteit (Greenberg & Harris, 2012; Tang et al., 2012) waardoor de interpretatie van resultaten gecompliceerd wordt. Een mindfulnesstraining die wel redelijk goed getoetst lijkt te zijn in onder andere een aantal gerandomiseerde trials is de zogenaamde *Integrative Body-Mind Therapy* (IBMT) (Tang, 2011). Deze training wordt meestal in groepen uitgevoerd en stimuleert lichamelijke ontspanning en bewustwording van de eigen gedachten zonder daar een waardeoordeel aan te koppelen. Het doel van de training is om het individu een meditatieve toestand te laten bereiken door ontspanning en het bewust waarnemen van lichamelijke sensaties. Studies die zijn uitgevoerd met IBMT laten zien dat bij (kinderen en) adolescenten die getraind zijn met deze methode de volgehouden en selectief gerichte aandacht verbeterden (Tang et al., 2012). In een andere studie, met studenten (gemiddeld 21 jaar), werden veranderingen in de activiteit van de ACC gezien na IBMT-training (Tang et al., 2009, 2012), een hersengebied dat betrokken is bij cognitieve controle (Bush, Luu & Posner, 2000; Tang et al., 2012). In een studie met volwassenen met ADHD leidde behandeling met op mindfulness gebaseerde cognitieve training (MBCT, zie Segal, Williams & Teasdale, 2002) tot een verbetering in de executieve functie, waaronder inhibitie, cognitieve flexibiliteit, planning en werkgeheugen (Hepark et al., 2015).

Bij mensen met antisociale trekken zijn problemen in mentaliserend vermogen vastgesteld. Daarmee worden problemen bedoeld met het vermogen tot reflecteren en nadenken over de eigen gevoelens en gedachten en die te kunnen onderscheiden van die van andere mensen (Bateman & Fonagy, 2012; Bateman, Bolton & Fonagy, 2013). Volgens Velotti en collega's (2016) speelt mindfulness een rol in de relatie tussen agressie en antisociale persoonlijkheidstrekken. Het bevorderen van mindfulness kan een goede insteek voor interventie zijn wanneer men inzet op het creëren van bewustwording van hoe interne gedachten en gevoelens tot agressie leiden. Dit is een eerste stap. Vervolgens is het van belang te kijken in hoeverre die bewustwording kan

bijdragen aan het verbeteren van het gedrag en toename van mogelijke gedragsalternatieven (Velotti et al., 2016).

Tabel 17 Voorbeelden van mindfulnesstrainingen

Training	Omschrijving
Mindfulness Meditation Training (MT)	De variant van deze training zoals uitgevoerd door Allen en collega's (2012) bestaat uit vier modules. Deze zijn gericht op het vestigen van de aandacht op ademhaling, lichaam, 'zelfcompassie' en monitoring van de voorgaande drie elementen. Speciale aandacht wordt gegeven aan het bewust ervaren van gevoel en empathie.
Integrative Body-Mind Therapy (IBMT)	Stimuleert lichaamsontspanning en bewustwording van de eigen gedachten. Bewuste waarneming van ontspanning van het lichaam en lichamelijke sensaties zou het bereiken van een meditatieve staat bespoedigen.
Mindfulness-Based Cognitive Therapy (MBCT)	Ontwikkeld als behandeling voor depressie. Leert het individu anders om te gaan met de eigen gedachten en gevoelens, dat deze van voorbijgaande aard zijn en niet altijd 'waar' zijn. Het verandert de relatie die mensen hebben met hun gedachten en gevoelens door ze minder waarde te geven. Het stimuleert het bewuster waarnemen van veranderingen in gevoelens, gedachten en het lichaam.
Mindfulness and Modification Therapy (MMT)	Stimuleert visualisatie en ondergaan van negatieve gebeurtenissen in plaats van vermijden ervan. Het leren accepteren van onveranderlijke situaties, en stimulatie van emotieregulatie, zelfcompassie en empathische communicatie worden ook bevorderd.

Er zijn enkele studies uitgevoerd die de effecten van mindfulnesstraining op de mate van agressie hebben onderzocht. Wupperman en collega's (2015) onderzochten bij volwassen vrouwen met alcohol- en agressieproblematiek in hoeverre een mindfulnesstraining (*Mindfulness and Modification Therapy*, MMT) fysieke en verbale agressie reduceerde vergeleken met reguliere behandeling. Bij MMT wordt van deelnemers verlangd dat zij vervelende of negatieve gebeurtenissen visualiseren en worden zij gestimuleerd de onaangename gevoelens die daarbij ontstaan te ondergaan in plaats van te vermijden. MMT zet ook in op het leren accepteren van onveranderlijke situaties en het mindful reguleren van emoties door bevredigende activiteiten in te plannen en zelfcompassie te stimuleren. Daarnaast wordt het individu ook getraind in het verbeteren van empathische communicatie (bijv. uitdrukken van empathie) (zie Wupperman et al., 2015 voor uitgebreide beschrijving en verwijzing naar oorsprong van deze therapievorm). Het bleek dat de afname in verbale agressie bij beide groepen gelijk was, maar dat de MMT-groep significant minder fysieke agressie liet zien.

In een andere studie werd bestudeerd in hoeverre een eenmalige mindfulnesstraining van invloed was op de mate van agressief gedrag bij (jong)volwassenen (18-31 jaar oud). De mensen die de mindfulnesstraining kregen, vertoonden minder agressie dan degenen die de training niet ondergingen (Yusainy & Lawrence, 2015). Bij deze studie is het wel de vraag in hoeverre

een eenmalige training een blijvende reductie in agressie bewerkstelligt. Echter, in dezelfde lijn rapporteerden Milani en collega's (2013) een afname in zelfgerapporteerde agressie in een groep delinquente adolescenten die aan de MBCT (zie Segal, Williams & Teasdale, 2002) deelnam (Milani, Nikmanesh & Farnam, 2013). Een meta-analyse van Auty, Cope en Liebling (2015) liet zien dat gedetineerden die deelnamen aan een yoga- en mindfulnesstraining een algehele, lichte verbetering in gedrag lieten zien. Trainingsvormen die een langere periode bestreken, hadden een groter effect op gedrag dan korte trainingen.

Het lijkt dat mindfulnesstraining een eenvoudige en mogelijk effectieve therapievorm is die kan bijdragen aan een verhoogd bewustzijn van de eigen interne gedachten en emoties als ook aan een verhoogde alertheid naar de omgeving. Er zijn aanwijzingen dat mindfulnesstraining de executieve functies kan stimuleren, in het bijzonder aandacht, cognitieve flexibiliteit en inhibitie. Mogelijk bewerkstelligt dit vervolgens ook een vermindering van antisociaal en agressief gedrag. Echter, studies die mindfulnesstrainingen toetsten onder adolescenten zijn er nog nauwelijks. Om na te gaan of de eerste hoopvolle resultaten bevestigd kunnen worden is verdere studie naar de effectiviteit van dergelijke trainingen op mate van antisociaal gedrag bij adolescenten nodig.

Take home message
- Mindfulnesstrainingen kunnen verbeteringen in executieve functies als aandacht en emotieregulatie stimuleren en daardoor mogelijk bijdragen aan vermindering van agressie.

6.1.4 Voedingssupplementen

Momenteel worden de mogelijkheden verkend om voedingssupplementen aan te bieden aan volwassenen in detentiecentra ten behoeve van de vermindering van incidenten en agressie. Er is enig wetenschappelijk bewijs dat met name toevoeging aan het dieet van omega-3/6-vetzuren, mineralen en vitaminen kan leiden tot een vermindering van antisociaal gedrag. Omega-3/6-vetzuren spelen onder andere indirect een rol in de communicatie tussen hersencellen (Benton, 2007). Omega-3 beïnvloedt mogelijk de afgifte van serotonine in de frontale cortex (Patrick & Ames, 2015, zie ook hoofdstuk 5).

Een meta-analyse van acht studies en een overzichtsartikel toonden een verband aan tussen het toevoegen van vetzuren aan het dieet en een vermindering van agressief gedrag (Benton, 2007; Gow & Hibbeln, 2014). Enkele van de daarin opgenomen studies richten zich op gedetineerden. Gesch et al. (2002) en Zaalberg et al. (2010) vonden een afname van agressieve incidenten onder gedetineerden (18+ jaar oud) na het toevoegen van voedingssupplementen

met vitamines, mineralen en omega-3/6-vetzuren (waaronder Eicosapentaeenzuur (EPA) en Docosahexaeenzuur (DHA)) aan het dieet. In een recente studie onderzochten Raine en anderen (2015) de langetermijneffecten van omega-3-vetzuren op mate van antisociaal gedrag bij kinderen en adolescenten tussen de 8 en 16 jaar oud. Zij rapporteerden dat zes maanden na afloop van het experiment de kinderen en adolescenten volgens hun ouders minder externaliserend en agressief gedrag vertoonden. Hoewel de ouders zelf geen supplementen kregen, werd ook bij hen een significante vermindering in antisociaal en reactief agressief gedrag waargenomen. Een verklaring hiervoor kan liggen in de wederkerige relatie tussen ouder en kind, waarbij zij verbeteringen in elkaars gedrag wederzijds beïnvloeden (Dodge & Pettit, 2003; Raine et al., 2015).

Ten slotte heeft het toevoegen van mineralen en/of vitamines (en geen vetzuren) aan het dieet mogelijk ook een positieve invloed op de mate van agressief gedrag (Benton, 2007). Schoentaler en collega's (1997) beschrijven een afname in gewelddadig gedrag onder jeugdige gevangenen bij supplementen die wel vitamines en mineralen bevatten maar geen vetzuren.

Hoewel het bewijs beperkt is, wijzen enkele onderzoeken naar de mogelijk gunstige effecten van voedingssupplementen met essentiële vetzuren, vitamines en mineralen op de mate van agressief en antisociaal gedrag. Toekomstig onderzoek zou nog wel moeten uitwijzen wat de respectievelijke invloeden van deze individuele voedingstoffen zijn op gedrag, om voedingsinterventies zoveel mogelijk op maat aan te kunnen bieden, zowel bij jongeren als volwassenen.

Take home messages
- Met name toevoeging van omega-3-vetzuren aan een dieet kan leiden tot reductie van agressie en incidenten onder volwassen gedetineerden en kinderen en adolescenten.
- Het bewijs is schaars: er is meer onderzoek nodig naar de invloed van deze vetzuren op antisociaal gedrag.

6.1.5 Biologische feedback

Onder biologische feedback wordt verstaan het alert maken van het individu op de eigen fysiologische processen in het lichaam. Wanneer iemand zich beter bewust wordt van zijn eigen fysiologische *arousal* of agitatie bij oplopende emoties, kan dat leiden tot een zelf geïnitieerde verandering in agressief gedrag. Men kan dan bijvoorbeeld proberen zichzelf rustiger te maken of hulp te zoeken wanneer een bepaalde fysiologische grens is bereikt. Hier kan men bijvoorbeeld denken aan een extreme verhoging van de hartslag in een

stressvolle situatie, waarbij de kans op agitatie groot is. Het betreft hier echter nog een beginnend veld waarbij meer praktijkonderzoek nodig is.

Hartslag
Bij de meeste mensen wordt bij oplopende emoties de hartslagfrequentie hoger. Agressie wordt ook in verband gebracht met verhoogde fysiologische *arousal*, bijvoorbeeld verhoogde hartslagreactiviteit in reactie op een stressvolle gebeurtenis (Lorber, 2004). Bij individuen met ernstig antisociaal gedrag wordt echter juist een verlaagde hartslagreactiviteit gevonden. Dat geldt ook voor kinderen met ernstig antisociaal gedrag (Ortiz & Raine, 2004). Hoe dan ook zou registratie van hartslag bij jongeren met antisociaal gedrag meer inzicht kunnen geven in hun oplopende emoties en in hoe zij reageren in stressvolle situaties.

Ook hartslagvariabiliteit, dat wil zeggen de mate van variatie in tijdsduur tussen twee hartslagen, kan een zinvolle maat voor fysiologische feedback worden, al is er eerst meer onderzoek nodig omdat over deze maat nog veel onbekend is (zie hoofdstuk 3). Wanneer iemand zich veilig voelt en/of in rust is, is er meestal meer hartslagvariabiliteit te zien dan in situaties van opwinding. Bij kinderen met CD lijkt de hartslagvariabiliteit over het algemeen verlaagd te zijn (Mezzacappa et al., 1996; Pine et al., 1996), al laten kinderen met proactieve agressie mogelijk juist een verhoogde variabiliteit zien (Scarpa, Haden & Tanaka, 2010). Het terugkoppelen van hartslagfrequentie of -variabiliteit kan de betrokkene helpen in het signaleren van zijn of haar eigen *arousal*. De persoon kan dan, indien nodig, proberen het gedrag bij te sturen of een agressieve uitbarsting te voorkomen, bijvoorbeeld door het doen van ademhalings- of ontspanningsoefeningen.

Huidgeleiding
Een andere manier om de mate van fysiologische *arousal* vast te stellen is door middel van huidgeleiding. De mate van transpiratie is van directe invloed op de huidgeleiding en kan dienen als weergave van de mate van fysiologische reactie van een persoon op bijvoorbeeld een stressvolle gebeurtenis (zie hoofdstuk 3). Antisociaal gedrag wordt over het algemeen in verband gebracht met verlaagde huidgeleiding (Van der Gronde et al., 2014). Echter, er is mogelijk een tweedeling in typen antisociaal gedrag, waarbij CD en psychopathie samenhangen met verlaagde huidgeleidingsreactie op stress maar impulsief agressief gedrag juist samenhangt met verhoogde huidgeleiding in reactie op stress (Lorber, 2004). Het waarnemen van de eigen fysiologische *arousal* – hier veranderingen in huidgeleiding – kan bijdragen aan bewustwording van processen die in het lichaam plaatsvinden en die de kans op agressie vergroten. Die bewustwording kan ertoe leiden dat men leert welke situaties of omstandigheden de kans op agressie vergroten. Dit kan er op zijn

beurt weer toe leiden dat de persoon zelf maatregelen kan nemen om escalatie met negatieve gevolgen te voorkomen.

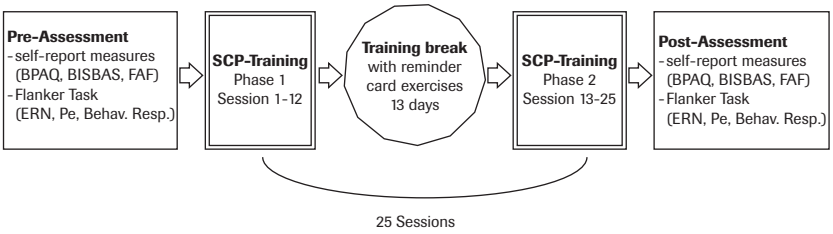
Neurofeedback

Neurofeedback is een andere methode om de persoon inzicht te laten krijgen in de eigen psychofysiologie en wel in het bijzonder in de eigen hersenactiviteit. Meestal betreft het hier het presenteren van de grootte van een elektrisch signaal in de hersenen via een videoscherm aan de persoon zelf. Vaak gaat het om spelachtige (meer tastbare) weergaven zoals in een film (Van Nieuwenhuizen et al., 2010). Het elektrische signaal is vastgesteld met behulp van EEG, waarmee de elektrische activiteit van de buitenste hersendelen kan worden gemeten (zie hoofdstuk 3). Via het videoscherm kunnen mensen dan zien hoe hun hersenactivatie fluctueert in reactie op prikkels uit de omgeving. Feedback van fMRI-activatie is ook mogelijk, waarbij de activiteit in bepaalde hersengebieden kan worden getoond aan de persoon zelf (Caria, Sitaram & Birbaumer, 2012). De gedachte achter de toepassing van neurofeedback is dat wanneer mensen een verhoogde activatie of opwinding in hun eigen hersenen waarnemen – en daarmee mogelijk het risico lopen impulsief of agressief te reageren – ze zichzelf tijdig kunnen bijsturen door hun reactie te temperen of aan te passen. In een meta-analyse van twaalf studies (Emmert et al., 2016) werd geanalyseerd hoe neurofeedback van invloed kan zijn op de activiteit in hersengebieden die betrokken zijn bij zelfregulatie en cognitieve controle. Tijdens de sessies werd er activiteit gezien in hersengebieden die onder meer betrokken zijn bij zelfregulatie en cognitieve controle, zoals de anterieure cingulate cortex (ACC), ventrolaterale prefrontale cortex, insula en de basale ganglia (Aron, Robbins & Poldrack, 2014; Emmert et al., 2016).

Ook bij groepen mensen met antisociale trekken zijn enkele studies met neurofeedback verricht. In een recente studie van Konicar en collega's (2015) werd onderzocht of psychopaten met een lange geschiedenis van gewelddadig gedrag door middel van neurofeedback in staat waren controle te krijgen over hun hersenactiviteit in de voorste delen van de hersenen, gebieden die betrokken zijn bij zelfregulatie. Via een videoscherm kregen proefpersonen te zien of zij een negatieve of positieve *shift* in de amplitude (grootte) van de hersenrespons – gemeten met EEG (zie hoofdstuk 3) – moesten 'veroorzaken'. Zij mochten daarbij hun eigen cognitieve strategie/methode ontwikkelen, die verder niet werd beschreven. Er werd hun wel verteld dat spier- en ademhalingsontspanningsoefeningen zelfregulatie verstoren en daarom niet aanbevolen werden. Proefpersonen werden gedurende 25 trainingssessies over een periode van drie maanden getraind. Voor en na de trainingsperiode werden agressievragenlijsten afgenomen en werden via de *Flanker-test* de aandacht en het inhibitievermogen van de deelnemers gemeten (zie figuur 17). De resultaten toonden aan dat de mate van zelfgerapporteerde

fysieke agressie afgenomen was bij de deelnemers en er een verbetering was in het richten van de aandacht en in inhibitie (Konicar et al., 2015).

Figuur 17 Voorbeeld van een neurofeedback-trainingsonderzoek



Noot: De figuur geeft de onderzoeksopzet weer van de studie zoals uitgevoerd door Konicar et al. (2015). SCP staat voor *Slow Cortical Potentials*. In deze training wordt via neurofeedback beoogd de deelnemers te leren om hun EEG-patroon te beïnvloeden. Figuur overgenomen met toestemming van de auteur.

In een studie van Surmeli en Ertem (2009) werden een vermindering van antisociaal gedrag en een verbetering in de aandacht voor visuele en auditieve prikkels gerapporteerd bij twaalf van de dertien proefpersonen met antisociale persoonlijkheidskenmerken die EEG-neurofeedbacktraining ondergingen. In een andere studie werden vier volwassen psychopaten getraind in het reguleren van activiteit in de insula (Sitaram et al., 2014), een gebied dat betrokken is bij emotieverwerking (Phillips et al., 2003). Bij mensen met psychopathie is, vergeleken met mensen zonder psychopathie, een kleiner volume van de insula gevonden evenals een verminderde activatie van dit hersengebied tijdens opdrachten met een emotionele lading (Birbaumer et al., 2005; De Oliveira-Souza et al., 2008; Cope et al., 2012). Sitaram en collega's (2014) lieten zien dat slechts één van hun vier deelnemers in staat was de eigen insula-activiteit te beïnvloeden. Daarnaast bleek dat proefpersonen die hoog scoorden op de PCL-SV (*Psychopathy Checklist Short Version*) minder goed in staat waren de insula te manipuleren dan proefpersonen die lager scoorden op de PCL-SV (Sitaram et al., 2014). In een overzichtsartikel van Van Outsem (2011) wordt beschreven hoe neurofeedback mogelijk kan helpen bij het verminderen van stress en middelenmisbruik, factoren die een rol spelen bij het in stand houden van antisociaal gedrag. Het aanpakken daarvan kan daardoor een afname in antisociaal gedrag betekenen (Van Outsem, 2011).

Echter, er zijn ook kritische geluiden ten aanzien van de effectiviteit van EEG-neurofeedback op cognitief functioneren. In een recent overzichtsartikel van Vollebregt et al. (2014) concluderen de auteurs dat EEG-neurofeedback weinig effectief lijkt in het verbeteren van cognitieve functies bij kinderen met ADHD. Neurofeedbackparadigma's moeten verfijnd en verbeterd worden om effectief te kunnen zijn bij het aanpakken van problemen in de cognitieve functies (Van Dongen-Boomsma et al., 2015).

Hoewel de resultaten van neurofeedback niet altijd consistent zijn, is er wel enige aanleiding om neurofeedback in de jeugdstrafrechtketen te overwegen vanwege de vermindering in antisociaal gedrag die in sommige studies is gevonden. Het gebruik van neurofeedback in de forensische praktijk wordt ieder geval aangemoedigd, al moet de methode nog wel verbeterd worden (Van Outsem, 2011; Van Dongen-Boomsma et al., 2015).

Take home messages
- De registratie en terugkoppeling aan het individu van de eigen fysiologische *arousal* kan helpen de persoon meer inzicht te geven in de eigen oplopende emoties en kan daardoor mogelijk bijdragen aan het reduceren van agressief gedrag.
- Deze biofeedback kan op verschillende manieren plaatsvinden, bijvoorbeeld via:
  - fysiologische feedback (bijvoorbeeld hartslag of huidgeleiding met polsband);
  - neurofeedback (bijvoorbeeld EEG met draagbare hoofdband of fMRI in scanner in laboratorium).

6.1.6 Medicijnen

Er zijn veel studies uitgevoerd waarin is onderzocht welke neurotransmitters – 'boodschapperstoffen' die de communicatie tussen hersencellen regelen – mogelijk betrokken zijn bij agressie en antisociaal gedrag. Het lijkt erop dat met name een verminderde concentratie van serotonine een rol speelt (Duke et al., 2013). Andere neurotransmitters zoals dopamine, glutamaat en GABA zijn mogelijk ook betrokken bij antisociaal gedrag (Comai et al., 2012; Seo, Patrick & Kennealy, 2008; Thompson, Ramos & Willett, 2014, zie ook hoofdstuk 3). Medicatie tegen agressie richt zich vooral op het beïnvloeden van neurotransmittersystemen die een rol spelen bij agressie.

Medicatie tegen agressief gedrag
Een manier om verstoringen in neurotransmittersystemen te compenseren is door middel van medicatie. Een aantal verschillende typen medicatie zou kunnen worden gebruikt in de behandeling van antisociaal gedrag. Uit enkele meta-analyses en overzichtsartikelen komt naar voren dat behandeling van agressie en antisociaal gedrag met antipsychotica, anticonvulsieve middelen en lithium succesvol kan zijn (Jones et al., 2011; Comai et al., 2012; Fazel et al., 2014). Comai en collega's rapporteerden in hun overzichtsartikel een hoge effectiviteit van atypische (nieuwe generatie) antipsychotica in de vermindering van antisociaal gedrag in studies die zijn uitgevoerd met kinderen, adolescenten en volwassenen. Die verhoogde effectiviteit is mogelijk toe te schrijven aan het feit dat atypische antipsychotica binden aan verschillende typen receptoren in de hersenen (zoals die voor serotonine, dopamine,

noradrenaline, glutamaat en GABA) en daarmee meerdere typen hersencellen kunnen stimuleren of remmen (Comai et al., 2012). Van de anticonvulsiva lijken vooral carbamazepine en fenytoïne effectief te zijn (Jones et al., 2011). Studies waarin de effectiviteit van zogenoemde selectieve serotonineheropnameremmers (SSRI's) werd onderzocht, bevestigen dat het verhogen van de serotonineconcentratie door dit type medicatie agressief gedrag reduceert (Coccaro & Kavoussi, 1997; Siever, 2008). Uit een grote, recente Zweedse studie bleek dat er een sterke reductie was in gewelddadige delicten bij mensen van 15 jaar en ouder die antipsychotica en stemmingsstabilisatoren gebruikten (Fazel et al., 2014).

Farmacogenetica: gepersonaliseerde behandeling met medicatie
Een relatief nieuwe ontwikkeling binnen het medicatieonderzoek is die van de farmacogenetica. Hierbij wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om de effectiviteit van medicijnen te voorspellen op basis van genetische profielen, dus in hoeverre iemand gevoelig is voor de werking van een bepaald medicijn op basis van zijn of haar genetische opmaak. Tevens kan deze meer gepersonaliseerde benadering van medicatietherapie ook zorgen voor minder bijwerkingen. Echter, dit type onderzoek is, voor zover wij weten, nog niet in de jeugdstrafrechtketen uitgevoerd. Wel zijn er enkele onderzoeken waarin de gevoeligheid voor antidepressiva werd getest bij mensen met psychiatrische stoornissen. Daarnaast zijn er recente overzichtsartikelen die een verband laten zien tussen specifieke genetische varianten van met name serotonine- en dopaminegenen en het behandelsucces met bepaalde psychofarmaca. De resultaten hier zijn nog niet eenduidig, maar enige vooruitgang in de voorspelling van behandelsucces bij schizofrenie met medicijnen op basis van een genetische index lijkt te worden geboekt (Arranz, Rivera & Munro, 2011; Sriretnakumar, Huang & Müller, 2015).

Wellicht kan een meer gepersonaliseerde benadering van behandeling zoals bij de farmacogenetica oplossingen bieden voor beperkingen die nu aan medicatiegebruik kleven, zoals het voorkomen van zware bijwerkingen die bekend zijn bij het gebruik van bijvoorbeeld atypische antipsychotica (in verband gebracht met diabetes en metaboolsyndroom) en SSRI's (in verband gebracht met suïcidale gedachten en agitatie) (Pappadopulos et al., 2006; Comai et al., 2012). Daarnaast werkt niet ieder medicijn voor ieder persoon. Ook kan het vaak enige tijd duren voordat iemand goed is ingesteld op een bepaald medicijn.

Take home messages
- Medicijnen kunnen helpen bij het herstellen van disbalans in neurotransmitterconcentraties.
- Met name atypische antipsychotica, stemmingsstabilisatoren en SSRI's kunnen bijdragen aan een vermindering van agressief gedrag.
- Farmacogenetisch onderzoek kan in de toekomst mogelijk leiden tot een meer gepersonaliseerde behandeling met medicatie.

6.1.7 Hormonen

Onderzoek heeft zich gericht op verstoringen in de hormoonhuishouding bij jongeren met antisociaal en/of externaliserend gedrag, waaronder agressiviteit. Het meest onderzocht zijn testosteron en cortisol, maar ook oxytocine en vasopressine spelen mogelijk een rol bij antisociaal gedrag en kunnen in de toekomst wellicht bij interventies worden gebruikt (zie hoofdstuk 3).

Vanwege de relaties tussen hormoonniveaus en antisociaal gedrag die zijn gevonden, is in enkele studies onderzocht in hoeverre experimentele beïnvloeding van hormoonniveaus tot toe- of afname van antisociaal gedrag leidt. Wellicht gaat het tegengaan van extreme hormoonwaarden gepaard met een afname in antisociaal gedrag. Directe manipulatie van hormoonniveaus in het kader van gedragsverandering is toegepast met de toediening van oxytocine en vasopressine, met wisselende resultaten. Hoewel oxytocine veel in verband is gebracht met sociale binding, vertrouwen, bereidheid tot coöperatie en generositeit (McCall & Singer, 2012), hangt oxytocine onder bepaalde omstandigheden (bijvoorbeeld een dreigende, vijandige omgeving) mogelijk ook samen met agressief gedrag. In een recent overzichtsartikel wordt gesteld dat contextuele factoren en persoonlijkheidskenmerken een rol kunnen spelen bij de invloed van oxytocine op gedrag (Shamay-Tsoory & Abu-Akel, 2016). Zo lijkt bijvoorbeeld een toename in oxytocineniveau bij mensen die eerder dan anderen geneigd zijn om agressief te worden, de agressie nog meer te verhogen (DeWall et al., 2014; Shamay-Tsoory & Abu-Akel, 2016). Ne'eman et al. (2016) lieten proefpersonen (19-46 jaar oud) een spel spelen tegen een fictieve tegenstander waarbij ze punten konden verdienen. De proefpersonen konden tijdens het spel kiezen uit meerdere opties: het toekennen van een punt aan henzelf, het afnemen van een punt van de tegenstander of het toekennen van een halve punt aan zowel zichzelf als de tegenstander. Uit de resultaten bleek dat deelnemers uit de groep die intranasaal (= via de neus door middel van een spray) oxytocine toegediend had gekregen, meer agressieve reacties gaven (= punt afnemen van tegenstander).

Met betrekking tot vasopressine zijn enkele studies uitgevoerd waarin de relatie tussen deze stof en agressie is bestudeerd. Bij mannen die intranasaal vasopressine kregen toegediend, was een toename in agressieve/dreigende

gezichtsuitdrukkingen zichtbaar. Tegelijkertijd konden zij minder goed gezichtsuitdrukkingen van andere mannen herkennen als vriendelijk. De auteurs interpreteerden de toename in agressieve/dreigende gezichtsuitdrukkingen als horende bij een mogelijk verhoogde neiging tot agressie (Thompson et al., 2006). Uzefovsky et al. (2012) lieten zien dat mannen (gemiddeld 25 jaar oud) die intranasaal vasopressine toegediend hadden gekregen slechter scoorden op het herkennen van negatieve gezichtsuitdrukkingen. Ook hier brachten de auteurs toediening van vasopressine in verband met toegenomen agressie. Vasopressine zorgt er mogelijk voor dat mannen minder empathisch reageren op negatieve prikkels uit de omgeving en daardoor eerder neigen naar agressie (Uzefovsky et al., 2012). Er zijn echter ook aanwijzingen dat vasopressine prosociaal gedrag bij mensen kan stimuleren. Guastella et al. (2010) lieten bijvoorbeeld zien dat mannen na vasopressinetoediening beter in staat waren blije en boze gezichtsuitdrukkingen te onthouden en interpreteerden dit als een aanwijzing dat vasopressine kan samenhangen zowel met prosociaal gedrag ('hechting') als met agressie, omdat het de persoon in staat stelt positieve en negatieve sociale cues beter waar te nemen. Hoewel in de studie van Thompson et al. (2006) vasopressinetoediening bij mannen in verband werd gebracht met agressie, leek het bij vrouwen juist een toename in prosociaal gedrag te stimuleren. Sekse lijkt dus een rol te spelen in de mate van sociaal gedrag na vasopressinetoediening (Thompson et al., 2006).

Als doel voor interventie lijken aanvankelijk verschillende hormonen in aanmerking te komen. Het blijkt echter dat de relatie tussen sommige van deze hormonen en antisociaal gedrag nog niet geheel duidelijk is. Van zowel vasopressine als oxytocine is gevonden dat zij, afhankelijk van de omstandigheden of van de interpretatie daarvan door de desbetreffende persoon, kunnen samenhangen met zowel prosociaal als antisociaal gedrag. Meer onderzoek is nodig om de invloed van hormoontherapie op menselijk gedrag te beoordelen. Ook is het van belang daarbij te kijken via welke neurobiologische mechanismen neuropeptiden en hormonen hun invloed uitoefenen om een beter inzicht te krijgen in de precieze werkingsmechanismen in het lichaam en hersenen om eventuele interventies beter te kunnen afstemmen. Daarnaast is het van belang te kijken naar de toedieningsvorm, aangezien er twijfels zijn of intranasale toediening van bijvoorbeeld oxytocine überhaupt wel afdoende is om de hersenen te beïnvloeden (Leng & Ludwig, 2016).

Take home message

– Hormoontoediening laat wisselende resultaten zien afhankelijk van omstandigheden. Zowel agressieverhoging als -verlaging worden gerapporteerd na toediening van oxytocine of vasopressine.

6.1.8 Hersenstimulatie

Meer technologisch geavanceerde methoden om de hersenen te stimuleren worden momenteel wetenschappelijk en experimenteel toegepast. Dit gebeurt voornamelijk in de reguliere GGZ en er is beginnend onderzoek in de jeugdstrafrechtketen. Deze methoden worden geschaard onder de noemer 'hersenstimulatie' en omvatten het direct beïnvloeden van de hersenen door middel van elektrische of elektromagnetische stimulatie. Voorbeelden van deze methoden zijn:

– *Transcraniële magnetische stimulatie* (TMS)
  Bij *transcraniële magnetische stimulatie* (TMS) wordt er een elektromagnetische spoel boven het hoofd geplaatst die door middel van een elektrische puls een magneetveld genereert. Dit magneetveld zorgt voor een stroom in de hersenen. Deze stroom kan hersengebieden aan de buitenkant van de hersenen tijdelijk stimuleren of verstoren. Op die manier kan de functie van een specifiek hersengebied beïnvloed worden.
– *Transcraniële gelijkstroomstimulatie (transcranial direct current stimulation, TDCS)*
  Een nieuwere variant van hersenstimulatie dan TMS is *transcraniële gelijkstroomstimulatie* (TDCS), waarbij elektroden aan de schedel worden bevestigd die een directe stroom kunnen aanbieden aan de hersenen en daarmee hersenfuncties kunnen beïnvloeden. Het is echter zo dat zowel met TMS als TDCS alleen hersengebieden vlak onder de schedel bereikt kunnen worden en niet die hersengebieden die dieper gelegen zijn.
– *Deep brain stimulation* (DBS)
  Een variant van hersenstimulatie waarbij wel diepere hersenkernen kunnen worden bereikt, is *deep brain stimulation* (DBS). DBS betreft een zeer invasieve techniek waarbij de schedel wordt opengemaakt en er een elektrode wordt ingebracht die zeer lokaal de hersenen kan beïnvloeden. DBS wordt doorgaans enkel toegepast als laatste redmiddel nadat andere behandelingen mislukt zijn bij mensen met ernstige psychiatrische stoornissen.

TMS

Voor zover wij weten is behandeling van antisociaal gedrag en/of agressie met behulp van TMS nog niet uitgevoerd. Wel zijn er enkele studies waarin bij adolescenten en volwassenen met ADHD naar de effectiviteit van TMS is gekeken. De resultaten waren wisselend. Weaver en collega's (2012) zagen wel een algemene afname in ADHD-symptomen bij hun deelnemers maar konden geen verschil ontdekken in de hoeveelheid ADHD-symptomen bij jongeren en jongvolwassenen die respectievelijk echte TMS en nep-TMS (als controleconditie) van de prefrontale cortex kregen. Bij volwassenen met ADHD zijn echter wel verbeteringen gerapporteerd na herhaalde TMS (repetitieve TMS, rTMS). Zo vonden bijvoorbeeld Bloch en collega's (2010) dat

stimulatie van de rechter dorsolaterale prefrontale cortex leidde tot een verbetering in aandacht bij volwassenen met ADHD. Behandeling met rTMS zou ook voor verbeteringen in aandacht kunnen zorgen bij mensen met antisociaal gedrag, maar dit zou eerst experimenteel getoetst moeten worden. Daarnaast kan het gebruik van TMS door sommigen als onaangenaam worden ervaren, ook al wordt de procedure veilig geacht.

TDCS

Er is beginnend onderzoek naar de mogelijkheid om TDCS te gebruiken om agressie en impulsiviteit te verminderen. Dambacher en collega's (2015a) toonden een verband aan tussen stimulatie van de rechter dorsolaterale prefrontale cortex door middel van TDCS en een vermindering in agressie bij mannen. Vooraf vermoedde men dat verhoogde activiteit in de rechter hemisfeer vermijdend gedrag stimuleert terwijl meer activiteit in de linker hemisfeer juist zou leiden tot toenadering. Door de rechter hemisfeer te stimuleren zou vermijdend gedrag de overhand krijgen en daardoor zou mogelijk de kans op agressie gereduceerd worden (Dambacher et al., 2015a). In een soortgelijk experiment toonden de onderzoekers aan dat een vermindering in activiteit van de rechter dorsolaterale prefrontale cortex door middel van TDCS een toename in impulsiviteit tot gevolg had bij hun proefpersonen (Beeli et al., 2008). Echter, de resultaten van deze studies zijn moeilijk te herhalen. In een andere studie van Dambacher et al. (2015b) bleek namelijk dat gelijktijdige stimulatie van de linker hersenhelft en remming van de rechter hersenhelft en vice versa, niet tot respectievelijk meer agressie of juist meer inhibitie bij de proefpersonen leidde (Dambacher et al., 2015b). De resultaten van verschillende studies zijn dus enigszins tegenstrijdig. Daarbij moet opgemerkt worden dat dit soort onderzoek zich nog in de experimentele fase bevindt en weinig is uitgevoerd met individuen met antisociaal gedrag. Daarnaast is er de laatste tijd ook wel enige discussie of TDCS überhaupt effectief is en zelfs of het überhaupt hersenactiviteit beïnvloedt. Validatie van het instrument en het meten van de effectiviteit bij het reduceren van antisociaal gedrag verdienen dus nog de nodige aandacht alvorens het ingezet kan worden in de jeugdstrafrechtketen.

DBS

In de wetenschappelijke literatuur zijn enkele artikelen verschenen waarin de toepassing wordt beschreven van DBS bij patiënten met ernstige psychiatrische en neurologische aandoeningen waarbij agressie een rol speelt. Torres en collega's (2013) rapporteerden een afname in agressie na DBS van de hypothalamus bij vijf van hun zes proefpersonen met een neurologische stoornis die onbehandelbare agressie vertoonden. Franzini et al. (2013) beschreven ook een reductie in agressie bij zes van de zeven proefpersonen met mentale retardatie na stimulatie van de hypothalamus. In een casestudie van Harat et al. (2015) werd echter gevonden dat stimulatie van de

hypothalamus slechts een tijdelijke vermindering in agressie opleverde, maar dat stimulatie van dit hersengebied gevolgd door stimulatie van zowel de linker als rechter nucleus accumbens, een gebied betrokken bij beloningsgevoeligheid (Berridge & Kringelbach, 2008), tot langdurige verbetering in gedrag leidde. Voor zover wij weten zijn er geen onderzoeken naar de toepassing van DBS bij delinquenten. DBS is een invasieve interventiemethode die als laatste redmiddel bij ernstige, medicatieresistente psychiatrische en neurologische patiënten wordt overwogen. Daarnaast is de toepassing niet vrij van ethische aspecten die in ogenschouw genomen dienen te worden. Focquaert (2014) stelt dat neurotechnologische behandeling (zoals DBS) op geen enkele manier wreed, inhumaan of vernederend moet zijn, in het belang van de betrokkene moet zijn en enkel met uitdrukkelijke toestemming van de betrokkene uitgevoerd kan worden. Echter, de mogelijkheid van ernstige bijwerkingen in combinatie met gevoelde druk om deel te nemen aan de interventie maken wellicht dat de toepassing van invasieve neurotechnologische behandeling onethisch is. De behandeling van antisociaal gedrag met DBS wordt door sommigen dan ook aangemerkt als dubieus en onwenselijk (Hariz, Blomstedt & Zrinzo, 2013; Focquaert, 2014). Wellicht behoort deze methode om deze redenen niet tot de meer toegankelijke en reeds besproken interventiemethoden als neuropsychologische training, serious gaming, mindfulnesstraining, voedingssupplementen en biologische feedback.

Take home message

– Onderzoek naar effectiviteit van hersenstimulatie bij antisociaal gedrag staat nog in de kinderschoenen. Dat betekent dat wij nog geen concrete toepassingen zien voor de jeugdstrafrechtketen.

6.2 Neurobiologische kennis bij de voorspelling van behandelsucces

Justitiële gedragsinterventies vinden nu vooral plaats vanuit psychosociaal perspectief, maar er is nog veel onduidelijkheid over hoe sommige van de toegepaste interventies werken. Meer kennis over de achterliggende werking kan bijdragen aan een meer gepersonaliseerde benadering en ook aan een hogere effectiviteit. Door het perspectief te verbreden en de neurowetenschappen te betrekken in het onderzoek naar interventies bij jongeren met antisociaal gedrag kan een stap gemaakt worden in het verbeteren van bestaande interventiemethoden. Zo kan men bijvoorbeeld op basis van deze kennis proberen te bepalen welk type interventie het best werkt bij een persoon door rekening te houden met het specifieke neurobiologische of genetische profiel van die persoon. Verder is het denkbaar dat de verschillen tussen individuen in neurobiologische kenmerken niet alleen implicaties hebben voor het risico om antisociaal gedrag te ontwikkelen maar ook implicaties

hebben voor respons op behandeling. In deze sectie worden verschillende potentiële neurobiologische voorspellers van behandelsucces besproken: hartslag en huidgeleiding, hormonen, neuropsychologische functie en genen.

6.2.1 Psychofysiologie

Van alle psychofysiologische maten is een lage hartslag in rust het meest robuust in verband gebracht met antisociaal gedrag (zie ook hoofdstuk 3). Dit wordt gekoppeld aan de *low arousal theorie* van antisociaal gedrag. Deze theorie veronderstelt dat individuen met antisociaal gedrag gekenmerkt worden door een *verminderde* activiteit in het autonome zenuwstelsel (Lorber, 2004; Ortiz & Raine, 2004; Portnoy & Farrington, 2015). *Low arousal* houdt tevens verband met een hogere variabiliteit in hartslag (zie paragraaf 6.1.5 en ook paragraaf 3.5). Een belangrijke vraag is hier of die lage afstelling van het autonome zenuwstelsel ook voorspellend is voor behandeluitkomst. Kunnen we bijvoorbeeld de mate van behandelsucces, verbetering in gedrag na behandeling, voorspellen op basis van rusthartslag of hartslagvariabiliteit?

In een recent overzichtsartikel van Cornet et al. (2014b) worden studies besproken die neurobiologische voorspellers voor behandelsucces hebben bestudeerd, waaronder bijvoorbeeld hartslag, bij mensen met problematisch antisociaal gedrag. Kinderen met antisociaal gedrag en een lage rusthartslag lieten een slechtere behandeluitkomst zien. Verbetering in gedrag was daarentegen wel zichtbaar bij kinderen met een hogere rusthartslag. De behandelingen betroffen oudertraining en cognitieve gedragstherapie (Stadler et al., 2008; Cornet et al., 2014b). Hartslagvariabiliteit (zie paragraaf 6.1.5 en ook paragraaf 3.5) is een andere fysiologische maat die is bestudeerd in relatie tot antisociaal gedrag en behandeluitkomst. Hoewel het bewijs schaars is, kan er een onderscheid zijn in de mate van variabiliteit van de hartslag tussen kinderen met meer proactieve, berekende agressie en kinderen met reactieve agressie, waarbij die eerste groep een verhoogde variabiliteit laat zien en die tweede groep juist een verlaagde variabiliteit (Mezzacappa et al., 1996; Pine et al., 1996; Scarpa et al., 2010). Beauchaine, Gartner en Hagen (2000) onderzochten de relatie tussen hartslagvariabiliteit en verbetering in probleemgedrag na gedragsbehandeling bij kinderen (gemiddeld 9 jaar) met ADHD en CD. Het bleek dat hartslagvariabiliteit negatief samenhing met behandeluitkomst, ofwel kinderen met een verhoogde variabiliteit (en zonder depressieve klachten) hadden minder profijt van gedragstherapie. Wellicht zijn kinderen met meer berekenend agressief gedrag en/of een lage afstelling van het autonome zenuwstelsel minder vatbaar voor behandeling dan kinderen met meer reactieve agressie en/of een hoge afstelling van het autonome zenuwstelsel. Ook Bagner en collega's (2012) bestudeerden de relatie tussen hartslagvariabiliteit en behandeluitkomst van jonge kinderen (rond de 3 jaar) met probleemgedrag en vonden hetzelfde als Beauchaine en collega's (2000).

Kinderen met een lage variabiliteit voorafgaand aan de interventie lieten meer verbetering zien in probleemgedrag dan kinderen die een hoge variabiliteit hadden voorafgaand aan de training (Bagner et al., 2012).

Een andere index voor het functioneren van het autonome zenuwstelsel dan hartslag is huidgeleiding. Wanneer mensen gespannen zijn transpireren zij meer, hetgeen gepaard gaat met een hogere huidgeleidingsrespons. In groepen mensen met antisociale trekken is onderzocht in hoeverre antisociale trekken samenhangen met verhoogde dan wel verlaagde huidgeleiding. Het lijkt er op dat bij antisociaal gedrag de huidgeleiding sterk verminderd is (Van der Gronde et al., 2014), hetgeen net als lage rusthartslag gekoppeld wordt aan de *low arousal*-theorie. De vraag is of deze personen ook een slechtere behandeluitkomst laten zien. Echter, er is een tekort aan onderzoeken waarin dit experimenteel getoetst is. Een onderzoek van Van Bokhoven (2004) liet wel een samenhang zien tussen verlaagde huidgeleiding in rust en een minder goede behandelrespons bij kinderen met DBD.

In lijn met de uitkomsten van bovenstaande onderzoeken naar de relatie tussen het functioneren van het autonome zenuwstelsel en behandelsucces stellen Van Goozen en Fairchild (2008) in hun overzichtsartikel dat personen met een verlaagde activiteit van het autonome zenuwstelsel (bijv. verlaagde rusthartslag en verminderde huidgeleiding) minder vatbaar zijn voor traditionele interventies, vooral bij interventies waar het aanleren van beloning-strafassociaties vooropstaat. Al met al lijkt het erop dat een verlaagd fysiologisch activiteitsniveau (lage hartslag in rust en de daarmee gepaarde verhoogde hartslagvariabiliteit en lage huidgeleiding in rust) voorspellend is voor minder profijt van gedragsbehandeling (Cornet et al., 2014b). De jeugdstrafrechtketen kan profiteren van bovenstaande bevindingen door fysiologische metingen (hartslag, hartslagvariabiliteit en huidgeleiding) mee te nemen als voorspellers van behandeluitkomst. Hier kunnen deze metingen als een *pilot in practice* ingezet worden om te onderzoeken of inderdaad een lage activiteit van het autonome zenuwstelsel voorspellend is voor het behandelsucces bij jongeren met antisociaal gedrag. Als inderdaad blijkt dat een verminderde fysiologische activiteit samenhangt met minder goede respons op behandeling, zou er nagedacht kunnen worden over alternatieve behandelingen voor degenen die niet profiteren van bestaande behandelmethoden.

Take home message

– Er is enig bewijs dat een lage activiteit van het autonome zenuwstelsel (lage rusthartslag en verminderde huidgeleiding) samenhangt met slechtere behandeluitkomst in gedragsbehandeling.

6.2.2 Hormonen

In een aantal studies is de relatie tussen hormonen en gedragsbehandeling bij jongeren met antisociaal gedrag onderzocht (zie overzichtsartikel Cornet et al., 2014b). De meeste van deze studies hebben zich gericht op cortisol maar een enkele studie heeft ook de relatie tussen testosteron en behandeluitkomst bestudeerd. Het algemene beeld lijkt te zijn dat lage cortisolspiegels in rust of een verminderde cortisolreactie (weinig cortisolafgifte in het lichaam) in een stressvolle situatie samenhangen met een slechtere behandeluitkomst.

Cortisol
Recent onderzochten Schechter et al. (2012) de voorspellende waarde van stress en cortisolniveaus voor de mate van slagen van een multisysteeminterventie bij adolescente jongens met externaliserend gedrag (bijv. agressie, delinquentie en middelenmisbruik). De onderzoekers vonden dat behandeling minder effectief was bij jongens met externaliserend gedrag die blootgesteld werden aan veel dagelijkse negatieve invloeden (frustrerende situaties zoals druk van de peergroep en burenoverlast) en die tevens in de ochtend hogere cortisolspiegels hadden. Ook leek behandeling minder goed aan te slaan bij jongens met een geschiedenis van een hoge mate van stress en lagere cortisolwaarden in de middag (Schechter et al., 2012). Deze studie laat zien dat de relatie tussen cortisol en behandelsucces niet een-op-een te ontwaren is; immers zowel verhoogde als verlaagde cortisolwaarden hingen samen met slechtere behandeluitkomst. Mogelijk speelde het tijdstip van de dag hierbij een rol (zie ook hoofdstuk 4 over fluctuaties in cortisol gedurende de dag). Cornet en collega's (2014b) opperen dat verstoorde (te hoge of te lage) cortisolconcentraties in rust of in reactie op stressvolle situaties, de behandeling mogelijk bemoeilijken.

Van de Wiel en collega's (2004) onderzochten de relatie tussen cortisolniveau en behandelsucces in gedragstherapie. Voorafgaand aan de behandeling maten de onderzoekers het cortisolniveau in rust bij kinderen met een ernstig disruptieve gedragsstoornis, maar ook tijdens en kort na een stressvolle situatie (een frustratie-provocatiespel). De kinderen met een laag cortisolniveau in rust bleken het meeste probleemgedrag te vertonen. Interessanter nog was dat bij de kinderen waarbij geen verhoging in het cortisolniveau zichtbaar was in reactie op een stressvolle situatie, het probleemgedrag *niet* verminderde na gedragstherapie. Anderzijds was bij de kinderen met een verhoging in het cortisolniveau in reactie op stress wel een duidelijke verbetering in probleemgedrag zichtbaar na behandeling, terwijl de groepen kinderen met een lage respectievelijk een hoge cortisolreactie bij aanvang van de gedragstherapie even ernstig probleemgedrag hadden laten zien. Een verklaring voor het verband tussen een verminderde cortisolreactie en een minder

goede behandelrespons is mogelijk te vinden in de functie die het fysiologische stresssysteem heeft bij sociaal gedrag. Zo laat onderzoek zien dat kinderen met een disruptieve gedragsstoornis (DBD) en een laag *arousal*-niveau bepaalde sociale informatie, bijvoorbeeld signalen van pijn en verdriet, minder goed kunnen inschatten. Van Goozen en collega's (2007) opperen dat de reactie van het zenuwstelsel op een stressvolle situatie, zoals die bij de meeste mensen plaatsvindt, als het ware een waarschuwingssignaal vormt die aanzet tot meer terughoudend gedrag in een risicovolle situatie. Kinderen die dit fysiologische waarschuwingssignaal missen, worden daardoor mogelijk minder geremd in agressief gedrag. Ook zou het voor hen hierdoor moeilijker zijn om te leren van gebeurtenissen die door anderen als negatief worden ervaren, zoals het krijgen van straf. De combinatie van deze bevindingen en hypothesen kan mogelijk de verminderde behandelrespons verklaren, omdat in gedragsinterventies sociale situaties vaak centraal staan en het geheugen nodig is om te kunnen leren. In de praktijk kan het zinvol zijn om voor kinderen met een zogenoemde *lage* afstelling van het autonome zenuwstelsel een andere interventie aan te bieden dan bij kinderen met een *hogere* afstelling van het zenuwstelsel, omdat zij mogelijk anders reageren op nu toegepaste interventies. Echter, er is meer onderzoek nodig om de precieze relatie tussen cortisolniveaus en behandelsucces te kunnen duiden, de resultaten tot nu toe zijn te beperkt om er grote conclusies aan te verbinden.

Testosteron

Wat betreft testosteron zijn er maar een paar studies geweest die dit hormoon als neurobiologische voorspeller voor behandeluitkomst hebben onderzocht. Shenk en collega's (2012) vonden bij kinderen tussen 6 en 11 jaar oud met ODD of CD dat een hoge concentratie testosteron voorafgaand aan een cognitieve gedragsbehandeling samenhing met een slechtere behandeluitkomst. Ook Ryan en collega's (2013) rapporteerden eenzelfde verband; adolescenten (15 jaar oud) met een hoge testosteronconcentratie en blootstelling aan slechte invloed van peergroepen lieten minder verbetering zien bij multisysteemtherapie. Het lijkt erop dat de relatie tussen verhoogde testosteronniveaus en antisociaal gedrag (Yildirim & Derksen, 2012b; Van der Gronde et al., 2014) ook verband zou kunnen houden met een slechtere behandeluitkomst. Ryan et al. (2013) suggereren dat jongeren met hoge niveaus van testosteron kwetsbaarder zijn voor sensatie zoeken en een sterkere aantrekking voelen tot delinquente peergroepen, hetgeen het antisociale gedrag mogelijk negatief beïnvloedt en behandeling bemoeilijkt.

Gezien het kleine aantal onderzoeken waarin de relatie tussen hormonen en behandeluitkomst is bestudeerd dient enige voorzichtigheid betracht te worden in de interpretatie van resultaten. De hier beschreven bevindingen vereisen replicatie om te bevestigen in hoeverre welke specifieke profielen in hormoonwaarden inderdaad een voorspellende waarde hebben voor het sla-

gen van een interventie. Zulke studies zouden opgezet kunnen worden om te evalueren in hoeverre hormoonspiegels als voorspellers kunnen dienen voor behandeluitkomst. Op dit moment is het echter nog lastig om personen aan specifieke behandelprogramma's toe te wijzen op basis van hormoonmarkers of om voorspellingen te doen over de behandeluitkomst.

Take home message
– Met name verlaagde cortisolconcentraties worden in verband gebracht met een slechtere behandeluitkomst.

6.2.3 Neuropsychologische functies

Een andere manier waarop de neurowetenschap een rol kan spelen in de voorspelling van behandelsucces is door te toetsen in hoeverre neuropsychologische functies – denk daarbij bijvoorbeeld aan aandacht en werkgeheugen – betekenis kunnen hebben bij het al of niet slagen van een gedragsinterventie. Het is denkbaar dat delinquenten met aandachtsproblemen minder goed zijn in het aanleren van nieuwe cognitieve vaardigheden (zoals probleemoplossende vaardigheden, perspectief nemen, moreel redeneren) die hen in staat zouden stellen zichzelf beter te handhaven in het sociale verkeer. Wanneer zij de gedragsinterventie niet kunnen onthouden of er niet adequaat mee oefenen, is het wellicht zinvoller een ander type interventie in te zetten. Het kan dus waardevol zijn om vooraf te toetsen in hoeverre een gedragsinterventie die (deels) berust op cognitieve informatieverwerking aansluit bij het specifieke neuropsychologische of cognitieve profiel van betrokkene.

Cornet et al. (2015b) onderzochten bijvoorbeeld in hoeverre prestatie op een aandachttest (D2-test, zie hoofdstuk 4) behandeluitkomst voorspelde. Gevangenen maakten deze D2-test voorafgaand aan een interventie waarbij cognitieve vaardigheden als probleemoplossend vermogen, moreel redeneren, perspectief nemen en inhibitie getraind werden (CoVa-training). Het bleek dat gevangenen die slechter presteerden op de aandachttest een hogere kans hadden om voortijdig met de behandeling te stoppen. Interessant is dat in een meta-analyse van Ogilvie en collega's (2011) een *medium* effect gevonden werd voor de relatie tussen slechte prestatie op de D2-test en antisociaal gedrag. Slechte aandacht hangt dus samen met zowel het antisociale gedrag zelf als mogelijk ook met een slechtere behandeluitkomst.

In een andere studie werd gekeken naar de relatie tussen cognitieve functies en behandeluitkomst bij volwassen gedetineerden. Hier bestond de behandeling uit cognitieve gedragstherapie gericht op het leren herkennen van situaties waarin de persoon doorgaans agressief wordt. Zodoende leerde betrokkene deze situaties te vermijden of er adequater mee om te gaan. In

deze studie bleek een slechtere prestatie op testen die inhibitie maten samen te hangen met slechtere behandeluitkomst en hogere behandeluitval. Deelnemers met verminderd vermogen tot inhibitie rapporteerden minder vaak verbetering wat betreft agressieve reacties op provocatie (Fishbein et al., 2009). In hetzelfde onderzoek werd gevonden dat impulsiviteit en verminderde cognitieve flexibiliteit (bijv. het snel kunnen wisselen tussen alternatieven bij veranderende regels) correleerden met een slechtere behandeluitkomst (Fishbein & Sheppard, 2006).

In een studie van Mullin en Simpson (2007) met volwassen gevangenen was een cognitieve vaardigheidstraining (*Enhanced Thinking Skills*, zie Clark, 2000) geassocieerd met een vermindering in impulsiviteit en een verbeterd probleemoplossend vermogen. Hier was het zo dat gevangenen die slecht scoorden op aandachts- en planningstesten voorafgaand aan de interventie juist het meeste profijt bleken te hebben van de behandeling (Mullin & Simpson, 2007; Cornet et al., 2014b).

Hoewel enkele studies laten zien dat met name personen die een verminderde aandachtsfunctie, cognitieve flexibiliteit en inhibitie hebben een slechtere behandeluitkomst laten zien, zijn er ook aanwijzingen dat juist die personen het meeste baat kunnen hebben bij interventie. Wel is het zo dat het aantal studies dat deze neuropsychologische functies in relatie tot behandeluitkomst onderzocht schaars is. Daarnaast zijn er ook grote verschillen tussen studies met betrekking tot methodologische opzet en demografische kenmerken van de onderzochte groepen. Verdere studie is nodig om te onderzoeken of neuropsychologische functies, met name de executieve functies, ingezet kunnen worden om te voorspellen in hoeverre een behandeling zal slagen.

Take home message
- Er zijn neuropsychologische maten die mogelijk geschikt zijn als voorspellers van behandelsucces: aandacht, inhibitie en cognitieve flexibiliteit.

6.2.4 Genen

Binnen onderzoek naar interventies is er in toenemende mate aandacht geweest voor de rol van genen. De laatste jaren is er vooral aandacht voor de interactie tussen genen en omgevingsfactoren bij het ontstaan van antisociaal gedrag. Bekend en veel geciteerd is het onderzoek van Caspi en collega's (2002), waarin werd gevonden dat dragers van een specifieke variant van het MAOA-gen vaker antisociaal gedrag lieten zien bij blootstelling aan verwaarlozing of mishandeling als kind. Sindsdien is er redelijk wat onderzoek

gedaan naar de interactie tussen genen en omgeving in relatie tot antisociaal gedrag. Een recent ontwikkelde hypothese daarbij is de *differential susceptibility* hypothese (o.a. Belsky & Pluess, 2009, zie box 17). Deze veronderstelt dat dragers van bepaalde genetische varianten gevoeliger zijn voor zowel positieve als negatieve omgevingsinvloeden dan mensen die die specifieke genetische varianten niet hebben. Onderzoek laat zien dat dragers van specifieke varianten van het DRD4-gen, het MAOA-gen of 5HTTLPR kwetsbaarder zijn voor negatieve omgevingsinvloeden en daarbij een groter risico lopen op het ontwikkelen van externaliserend of antisociaal gedrag (Caspi et al., 2002; Verona et al., 2006; Bakermans-Kranenburg & Van IJzendoorn, 2007, 2011). Deze genetische vatbaarheden kunnen juist ook betekenen dat betrokkenen gevoeliger zijn voor omgevingsinvloeden in het algemeen: dus zowel voor positieve als voor negatieve omgevingsinvloeden (Bakermans-Kranenburg & Van IJzendoorn, 2015). Er zijn enkele studies waarvan de resultaten dat idee ondersteunen.

Box 17 Differential susceptibility-hypothese

Aan de *differential susceptibility*-hypothese (o.a. Belsky & Pluess, 2009) ligt het idee ten grondslag dat de psychologische ontwikkeling van een individu afhankelijk is van een combinatie van biologische invloeden en invloeden uit de omgeving. Het model kan gezien worden als een uitbreiding van het bekendere *diathese-stressmodel,* dat veronderstelt dat sommige mensen biologisch kwetsbaarder (diathese) zijn voor negatieve omgevingsinvloeden (stress) en daardoor eerder negatieve gedragsuitkomsten hebben, zoals een depressie of antisociaal gedrag. De *differential susceptibility*-hypothese veronderstelt dat mensen verschillen in de mate van biologische gevoeligheid voor zowel *positieve* als *negatieve* omgevingsinvloeden (waar het diathese-stressmodel vooral uitgaat van kwetsbaarheid voor negatieve invloeden). Dit betekent dat biologische kwetsbaarheid mensen misschien vatbaarder maakt voor het ontwikkelen van negatieve uitkomsten maar juist ook voor het ontwikkelen van positieve uitkomsten, mits de invloeden uit de omgeving maar positief zijn. Dit laatste zou implicaties kunnen hebben voor behandeling. Kinderen met antisociaal gedrag met een dergelijke biologische/genetische vatbaarheid zouden extra gevoelig kunnen zijn voor een interventie die zich richt op het verbeteren van de omgeving, bijvoorbeeld de interacties in het gezin.

In een studie met gezinnen met jonge kinderen (peuters) die hoog scoorden op externaliserend gedrag bleken positieve, meer sensitieve disciplinaire maatregelen te leiden tot een vermindering in dit probleemgedrag, specifiek bij die kinderen die drager waren van de lange variant van het DRD4-gen (7-repeat-allel van de dopaminereceptor D4-gen). De interventie die hier werd toegepast was de *Video-feedback Intervention to promote Positive*

Parenting and Sensitive Discipline (VIPP-SD).[63] Deze richt zich op het verbeteren van de opvoedingsstijl van de ouders. Ouder en kind worden gefilmd in alledaagse situaties en er wordt feedback gegeven om de interacties tussen ouder en kind te verbeteren. Met de training wordt beoogd ouders te stimuleren om meer sensitieve disciplinaire maatregelen te nemen (zoals meer empathie te tonen voor frustraties bij het boze, onhandelbare kind) (zie ook Bakermans-Kranenburg et al., 2008a, 2008b).

Ook een andere multisysteeminterventie, *Strengthening Families Program: For Parents and Youth 10-14 (SFP:10-14)*, bleek effectief in het verminderen van externaliserend probleemgedrag bij adolescenten die dragers waren van de eerder genoemde DRD4-variant. Deze adolescenten werden gedurende enkele jaren gevolgd terwijl zij deelnamen aan het interventieprogramma. De onderzoekers rapporteerden een interactie-effect van de interventie en moederlijke vijandigheid op de mate van agressie bij de adolescent. Adolescenten met vijandige moeders die deze interventie ondergingen, lieten een vermindering in agressie zien. Deze relatie was nog sterker bij adolescenten die drager waren van de lange variant van het DRD4-gen en de interventie ondergingen. Interessant was dat adolescenten met de lange variant van het DRD4-gen en vijandige moeders die geen interventie ondergingen juist een toename in agressie lieten zien (Schlomer et al., 2015).

Er lijkt enig bewijs te zijn voor de voorspellende waarde van met name de lange variant van het DRD4-gen voor behandeluitkomst. Kinderen en adolescenten met deze variant zijn mogelijk gevoeliger voor zowel positieve als negatieve omgevingsinvloeden. Dat zou enerzijds kunnen betekenen dat dit hen kwetsbaarder maakt voor de ontwikkeling van antisociaal gedrag maar anderzijds dat het hen ook ontvankelijker maakt voor behandeling. Het geven van oudertrainingen en inzetten van multisysteemtherapie kan uitkomst bieden bij gezinnen waar deze interacties tussen gen en omgeving een rol spelen. Daarbij is het wel van belang aandacht te hebben voor de invloed van *real-life* negatieve omgevingsinvloeden (ook die buiten het gezin) en deze te betrekken in de therapie. Wel is er meer onderzoek nodig om de precieze mechanismen tussen genen en omgeving te kunnen duiden. Het is ook denkbaar dat er meer genetische varianten zijn die hier een rol spelen en al of niet interacteren met elkaar en de omgeving.

Take home message

– Kinderen/jongeren met bepaalde genetische varianten (bijvoorbeeld 'lange' variant van het DRD4-gen) zijn mogelijk vatbaarder voor zowel negatieve als positieve omgevingsinvloeden en daardoor mogelijk ontvankelijker voor de positieve effecten van interventie.

63 Zie www.vippleiden.com.

6.3 Toepassingen van neurobiologische interventies

In de voorgaande paragrafen is verkend welke rol de neurowetenschap kan spelen bij het direct interveniëren bij antisociaal gedrag bij jongeren en hoe de neurowetenschap kan bijdragen aan het voorspellen van behandelsucces. Het doel van de hierna volgende paragrafen is om te verkennen in hoeverre sommige van de reeds besproken neurobiologische interventies toegepast kunnen worden in de jeugdstrafrechtketen. De volgende onderwerpen komen aan bod:
– innovatieve neurobiologische interventies;
– neurobiologische kennis bij verbetering van bestaande interventies.

6.3.1 Innovatieve neurobiologische interventies

In voorgaande secties zijn innovatieve neurobiologische interventies besproken. De vraag is hoe (een deel van) deze interventies ingezet kunnen worden binnen een jeugdstrafrechtelijke justitiële context. Welke interventies zijn daarbij het meest aantrekkelijk om nu in te zetten? Sommige interventies zijn wellicht gemakkelijker te realiseren dan andere. Dat heeft onder meer te maken met de mate waarin ze invasief, technisch ingewikkeld of bewerkelijk in uitvoering zijn. Hierna worden enkele neurobiologische interventies belicht die op korte termijn al toegepast zouden kunnen worden binnen de jeugdstrafrechtketen.

Neuropsychologische training
Het trainen van neuropsychologische functies om specifieke neuropsychologische tekorten te verminderen zou een aanvulling kunnen zijn op het bestaande behandelpakket in de jeugdstrafrechtketen. Een neuropsychologische training zou toegevoegd kunnen worden aan reeds toegepaste behandelmodules maar zou ook een op zichzelf staande behandeling kunnen vormen. Door vooraf te onderzoeken of er neuropsychologische tekorten zijn en zo ja welke, kan de behandeling meer worden toegespitst op deze tekorten. Daarnaast is een groot voordeel van sommige neuropsychologische trainingen dat deze niet afhankelijk zijn van de cognitief-verbale vaardigheden van betrokkene. Cognitief-verbale ontwikkelingsachterstanden bij delinquente jongeren kunnen verhinderen dat de interventie slaagt, omdat veel traditionele interventies een sterk verbaal karakter hebben. Non-verbale neuropsychologische trainingen van de executieve functies zoals werkgeheugen, cognitieve flexibiliteit en responsinhibitie maar ook van emotieherkenning zouden een aanvulling of een alternatief kunnen bieden.

Serious gaming
In opdracht van het WODC heeft Dialogic recentelijk een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van serious gaming voor de Dienst

Justitiële Inrichtingen (DJI). Voor de doelgroep gedetineerden heeft er nog geen structurele implementatie van *serious* gaming plaatsgevonden (Te Velde et al., 2015). Vanwege de positieve invloed op het werkgeheugen, de cognitieve flexibiliteit en responsinhibitie, en als alternatief voor meer traditionele, talige interventies, is het denkbaar dat games ingezet worden in de jeugdstrafrechtketen als onderdeel van het behandelprogramma. Door games in te zetten die aantrekkelijk zijn (goed ontworpen) en aansluiten bij de belevingswereld van de jongere zouden deze zowel kunnen zorgen voor een verbetering in de bereidheid tot behandeling (*treatment readiness*) als voor het verbeteren van specifieke neuropsychologische vaardigheden.

Mindfulness
Mindfulnesstraining zou een relatief eenvoudig toe te passen behandeling kunnen vormen om delinquenten zich bewuster te laten worden van hun eigen gedrag. Mindfulnesstraining zou tevens kunnen bijdragen aan stressvermindering. Er is weinig of geen materiaal voor nodig. Onderzoek laat zien dat mindfulnesstraining kan bijdragen aan verbetering van onder meer gerichte aandacht en emotieregulatie (zie paragraaf 6.1.3). Dat stelt mensen wellicht beter in staat om niet direct op een agressieve of impulsieve manier te reageren op hun omgeving.

Voedingssupplementen
Eerder in dit hoofdstuk werd de positieve invloed van voedingssupplementen met omega-3-vetzuren, mineralen en vitamines op antisociaal gedrag besproken. Verder onderzoek moet het precieze werkingsmechanisme van deze stoffen aantonen. Het is niettemin het overwegen waard om dergelijke supplementen nu al aan te bieden vanwege de vermindering van antisociaal gedrag die gevonden is bij volwassenen in detentiecentra.

Psychofysiologische feedback
Een onderwerp dat inzet en nader onderzoek door middel van *pilots in practice* verdient, is psychofysiologische feedback (zoals eerder vermeld lopen er op dit beginnende onderzoeksterrein al enkele initiatieven binnen de strafrechtketen). Het idee is om individuen (bijvoorbeeld jongeren met problematisch impulsief agressief gedrag) een *wearable*, zoals een polsbandje, te laten dragen dat hun psychofysiologische *arousal* registreert, bijvoorbeeld hartslag of huidgeleiding. Onderzocht kan worden of betrokkene zo zelf kan leren herkennen welke situaties of spanning of agressie uitlokken. Betrokkene kan dan bijvoorbeeld zelf zien aankomen wanneer het beter is om uit de situatie te gaan om hulp te zoeken. In hoofdstuk 4 worden verschillende instrumenten beschreven waarmee hartslag, hartslagvariabiliteit of huidgeleiding gemeten kunnen worden. Een voorbeeld van een instrument dat hartslagvariabiliteit meet en terug kan koppelen aan de persoon zelf is de hartslagvariabiliteit-

meter *emWave*.[64] Dit is een apparaat ter grootte van een mobiele telefoon dat informatie geeft over de coherentie in hartslag van de drager. Een coherent, stabiel golvend patroon van het hart reflecteert eerder positieve dan negatieve emoties. De *emWave* verschaft informatie over emotionele opwinding in het lichaam waarmee de drager zijn voordeel kan doen (zie ook hoofdstuk 4). Een manier om huidgeleiding te meten is met de *Empatica*-polsband (Garbarino et al., 2014, zie ook hoofdstuk 4). Met deze polsband kan via een elektrodermale sensor de sympathische activiteit gemeten worden door de mate van transpiratie op de pols te meten. Met behulp van de *Empatica Realtime App* kunnen de grafieken en getallen van de sensor vertoond worden op het scherm van een mobiele telefoon.

De wereld van *quantified self*, het zelf meten van de eigen biologische processen, is in opmars. In de jeugdstrafrechtketen zou men er goed aan kunnen doen mee te liften op deze golf; het inzetten van polsbandjes of enkelbanden (die nu al gebruikt worden) om de eigen psychofysiologie te registreren zou, als de *pilots in practice* werken zoals gehoopt, een relatief eenvoudige en goedkope manier kunnen zijn om te interveniëren bij antisociaal gedrag. Wanneer de drager van een polsbandje leert herkennen welke situaties tot stress en eventueel agressie leiden, kan tijdig een alternatief bedacht worden of om hulp gevraagd worden. Mensen worden zo wellicht meer in staat gesteld hun eigen gedrag te evalueren en bij te sturen indien nodig.

Medicijnen
Van een aantal medicijnen, in het bijzonder antipsychotica, stemmingsstabilisatoren en antidepressiva (SSRI's), is bekend dat zij agressie kunnen verminderen (maar als bijwerking juist ook agitatie kunnen vergroten). Ook kan medicatie overwogen worden als middel om mensen te stabiliseren alvorens zij in een behandelprogramma instromen, hetgeen de kans van slagen van die behandeling wellicht vergroot. Sommige van deze medicijnen kunnen echter zware bijwerkingen hebben en zouden om die reden enkel bij zeer therapieresistente en/of delinquenten met ernstige gedragsstoornissen overwogen kunnen worden.

Bovenstaande behandelingen zouden zowel intra- als extramuraal ingezet kunnen worden als onderdeel van strafoplegging met behandeling of bijvoorbeeld als toevoeging aan een al bestaand behandeltraject waar iemand zich in bevindt. Gezien de specifieke expertise die nodig is voor het uitvoeren van genoemde behandeling is investering in het aantrekken van deskundige begeleiding een belangrijke voorwaarde.

64 www.heartmathbenelux.com/index.php?id=55.

Take home message
- Neuropsychologische training, mindfulnesstraining, voedingssupplementen, biofeedback en medicamenteuze behandeling zijn mogelijkheden voor uitvoerbare interventies.

6.3.2 Verbetering van interventies

Neurowetenschappelijke inzichten zouden op verschillende manieren kunnen bijdragen aan verbetering van bestaande interventies. In het navolgende komt aan de orde hoe neurowetenschappelijke kennis kan helpen om de bereidheid tot behandeling, de zogenoemde *treatment readiness*, te vergroten. Vervolgens wordt besproken hoe aan de hand van neurobiologische kenmerken – denk daarbij bijvoorbeeld aan neuropsychologische, genetische of hormonale kenmerken – mede bepaald zou kunnen worden welke personen het meest vatbaar zijn voor een bepaalde interventie. Neurowetenschappelijke inzichten kunnen ook helpen om de interventie zo goed mogelijk af te stemmen op de omstandigheden en kenmerken van het individu. Verder komt aan de orde hoe neurowetenschappelijke informatie gebruikt kan worden om de effectiviteit van behandeling te monitoren en evalueren. Tot slot wordt besproken hoe neurowetenschappelijke interventies als aanvulling kunnen dienen op reeds bestaande interventies door specifieke 'neurowetenschappelijke' modules aan deze interventies te koppelen.

Treatment readiness
Een groot probleem in de praktijk is de lage bereidheid tot behandeling van justitiabelen. Kenmerkend hiervoor is verzuim, minimale bijdrage aan sessies en slechte medewerking (Te Velde et al., 2015). Hierbij kunnen verschillende factoren een rol spelen. Twee belangrijke componenten van *treatment readiness* worden in de literatuur beschreven:
- motivatie;
- responsiviteit.

Deze worden hieronder kort besproken; daarna komt aan de orde wat neurowetenschappelijke kennis aan *treatment readiness* zou kunnen bijdragen.

Het is een algemeen aanvaard principe dat *motivatie* bij delinquenten een belangrijke voorwaarde is voor behandelsucces, waar van therapeuten verwacht wordt dat ze de vaardigheden hebben om motivatie te vergroten bij terughoudende individuen. Dit blijkt echter niet eenvoudig en verschillende strategieën om motivatie te vergroten zijn voorgesteld (zie McMurran & Ward, 2004; Ward et al., 2004). Hoe gemotiveerder de betrokkene, hoe kleiner de kans op behandeluitval.

Een andere belangrijke factor is de mate van *responsiviteit* op de behandeling. Die draagt ook bij aan de *treatment readiness* van een persoon. Het principe van responsiviteit verwijst naar het gebruik van een interventie die aansluit bij de interesse van betrokkene en rekening houdt met persoonlijke kenmerken als cognitief vermogen, leerstijl en waarden (Andrews & Bonta, 1998; Ward et al., 2004). Zowel motivatie als responsiviteit zijn dus dimensies die onderdeel zijn van *readiness* (Ward et al., 2004). Te Velde et al. (2015) noemen drie interne, persoonsspecifieke aspecten die in de literatuur onderscheiden worden en die van invloed kunnen zijn op de *treatment readiness* voorafgaand aan een interventie:

– cognitieve vaardigheden (attitudes, denkstijlen, verwachtingen, percepties);
– impulscontrole (emotionele reacties);
– zelfreflectie (erkennen van het probleem en de bereidheid om hulp te gaan zoeken).

Deze drie aspecten zijn dikwijls ook al onderdeel van de behandeling zelf (Ward et al., 2004; Te Velde et al., 2015) maar alvorens de behandeling te starten kan een inschatting maken van het functioneren in deze drie domeinen helpen bij het sturen van zowel de interventie zelf als ook interventies die bedoeld zijn deze drie domeinen te verbeteren.

Er is een aantal mogelijke manieren waarop neurowetenschappelijke toepassingen kunnen bijdragen aan het vergroten van *treatment readiness*. Een manier om justitiabelen te motiveren voor behandeling en hun perceptie van behandeling te veranderen zou kunnen zijn met behulp van serious gaming. Wanneer 'saaie' neuropsychologische testen bedoeld voor behandeling niet aanslaan, zou men kunnen proberen om de behandelvorm aantrekkelijker te maken met behulp van serious games. Door de 'oude' neuropsychologische testen te gieten in toegankelijke vormen die worden aangeboden in een game-omgeving kan de bereidheid tot behandeling toenemen. De implementatie van serious gaming met een neuropsychologische insteek in de jeugdstrafrechtketen kan mogelijk zorgen voor verbetering in een aantal cognitieve functies (zie paragraaf 6.1.2). Daarnaast kunnen serious games dus mogelijk ook helpen om de motivatie van jongeren om überhaupt aan behandeling deel te nemen te vergroten. Eén van de gedachten hierbij is dat door mensen iets te laten doen wat plezierig is, de motivatie toeneemt omdat ze erachterkomen dat ze wel degelijk iets kunnen (Te Velde et al., 2015). Het voordeel van serious games is dat ze niet alleen de *treatment readiness* in het algemeen kunnen vergroten maar ook al op zichzelf staande interventies inhouden die bijvoorbeeld de impulscontrole verbeteren. Ze kunnen ingezet worden als vervanging voor en/of toevoeging aan bestaande interventies wanneer hierbij de kans op uitval groot is. Adequate begeleiding is daarbij

wel noodzakelijk en tevens is het nodig te evalueren in hoeverre trainingseffecten van serious games te generaliseren zijn naar *real-life* situaties.

Mindfulnesstrainingen kunnen ook een gunstig effect hebben op de *treatment readiness*. Verschillende onderzoeken hebben laten zien dat dergelijke trainingen een positief effect hebben op de concentratie (aandacht) en emotieregulatie doordat mensen zich bewuster worden van de eigen interne ervaringen en gevoelens en hoe die kunnen verschillen van die van anderen. Ook kunnen ze bijdragen aan een verhoogde zelfreflectie waarbij betrokkene een stap dichterbij het erkennen van zijn of haar probleem komt. Daarnaast verhoogt die verbeterde aandacht mogelijk de kans dat mensen beter in staat zijn om andere therapievormen te volgen, zoals cognitieve gedragstherapie waar volgehouden en gerichte aandacht onontbeerlijk zijn.

Een andere manier om de *treatment readiness* voor bijvoorbeeld cognitieve gedragsbehandeling te vergroten kan zijn met behulp van medicatie. Zeker wanneer er sprake is van psychische problematiek kan stabilisering door middel van medicatie de therapietrouw vergroten omdat men dan bijvoorbeeld beter in staat is de aandacht bij de behandeling te houden. Ook kan de motivatie voor behandeling toenemen wanneer iemand minder lusteloos is.

De genoemde interventies kunnen bijdragen aan het vergroten van de *treatment readiness* van een persoon doordat ze de veranderingen in percepties op behandeling, impulscontrole en/of zelfreflectie bevorderen. Als bijkomend voordeel hebben deze drie interventies dat ze ook op zichzelf ingezet kunnen worden in de jeugdstrafrechtketen als onderdeel van het behandelprogramma.

Selectie en voorspellen behandeluitkomst
Een manier om kandidaten voor een bepaald type interventie te selecteren is op basis van neurobiologische kenmerken. Eerder is in dit hoofdstuk besproken hoe psychofysiologische, neuropsychologische, genetische en hormonale metingen kunnen helpen bij enerzijds het selecteren van mensen voor bepaalde interventies en anderzijds het voorspellen van behandeluitkomst.

Wanneer iemand in aanmerking lijkt te komen voor een therapievorm die een beroep doet op de cognitieve informatieverwerking en daarbij afhankelijk is van adequaat functioneren van aandacht en werkgeheugen, kan het zinvol zijn vooraf te toetsen of betrokkene wel in staat is om een dergelijk cognitief-verbaal programma te ondergaan. Als de kans op behandeluitval groot is omdat iemand niet in staat blijkt zijn aandacht bij de therapie te houden, is een ander soort interventie wellicht wenselijker, bijvoorbeeld één waarbij aangesloten wordt bij de individuele capaciteiten van de betrokkene. Zo kan het afnemen van een neuropsychologische test die de executieve

functies meet, bijdragen aan het vinden van de juiste interventie. Het verdient de voorkeur om vooral neuropsychologische functies te onderzoeken waar jongeren met antisociaal gedrag mogelijk een tekort laten zien: aandacht, werkgeheugen, responsinhibitie en cognitieve flexibiliteit. In die lijn zou men een voorbeeld kunnen nemen aan het onderzoek van Baskin-Sommers en collega's (2015, zie paragraaf 6.1.1), waarin het afstemmen van de interventie op het specifieke antisociale subtype tot verbeteringen leidde.

Naast neuropsychologische testen zou hier ook gebruikgemaakt kunnen worden van psychofysiologische metingen die inzicht geven in de mate van *arousal* van betrokkene. Wellicht zijn meer traditionele interventies zoals multisysteemtherapie of cognitieve gedragstherapie effectiever bij jongeren die geen 'afwijkende' waarden laten zien op psychofysiologische maten. Voor wie dat wel geldt, moet wellicht een andere strategie gehanteerd worden. Verder onderzoek zou moeten uitwijzen hoe robuust de relatie tussen psychofysiologie en behandeluitkomst is om deze neurobiologische maten toe te kunnen passen als voorspellers of selectiecriteria voor behandelsucces.

Een andere benadering kan zijn om op basis van genetische eigenschappen te bepalen bij welke delinquenten of risicogroepen interventie zinvol is. Hierbij kan men bijvoorbeeld denken aan het inzetten van de VIPP-training (zie paragraaf 6.2.4 en hoofdstuk 5) bij probleemgezinnen waar een kind drager is van een lange variant van het DRD4-gen. Hoewel deze mensen mogelijk kwetsbaarder zijn voor negatieve omgevingsinvloeden, kan het ook zo zijn dat juist zij het meest profiteren van interventie. Men kan ook overwegen om te kijken of preventieve interventie zinvol is bij broers of zussen van delinquente jongeren met de desbetreffende variant van het DRD4-gen die zelf geen delict gepleegd hebben maar mogelijk wel een verhoogd risico hebben daarvoor. Wel moet er goed nagedacht worden over hoe om te gaan met jongeren in probleemgezinnen die geen drager zijn van een dergelijke genetische variant.

Monitoring van behandeling
Ook bij het toetsen van de voortgang van behandeling kan een rol zijn weggelegd voor de neurowetenschappen. Het is bijvoorbeeld mogelijk om met behulp van neurowetenschappelijke instrumenten te monitoren en te evalueren of de behandeling lijkt aan te slaan. Zo kan tussentijds gekeken worden of er verbetering optreedt in specifieke neuropsychologische functies door betrokkenen neuropsychologisch te testen. Een andere manier zou kunnen zijn om te toetsen of het verstrekken van voedingssupplementen en medicatie vruchten afwerpt door de niveaus van omega-3-vetzuren en serotonine-metabolieten in het lichaam vast te stellen, naast het bepalen van de mate van agressie met behulp van gedragsobservaties, vragenlijsten en interviews. Ook zou men tussentijds kunnen nagaan of er veranderingen in

psychofysiologische functies plaatsvinden als gevolg van behandeling. Zijn er bijvoorbeeld veranderingen in hartslagfrequentie in rust of cortisolafgifte ten opzichte van voor de behandeling? Neurobiologische maten kunnen helpen bij het vaststellen van veranderingen in biologische kenmerken tijdens de behandeling om te bepalen of deze aanslaat of indien mogelijk bijgestuurd moet worden.

Toevoegen aan bestaande interventies
Het is ook denkbaar dat bestaande interventies uitgebreid worden met modules met een concrete neurowetenschappelijke insteek. Zo kan bijvoorbeeld aan de CoVa (zie paragraaf 6.2.3 en ook hoofdstuk 4, Cornet et al., 2015b) of aan een andere cognitieve gedragsbehandeling een module gekoppeld worden waarbij de persoon een korte training ondergaat gericht op het verbeteren van het herkennen van emoties bij anderen (e.g. FAR-training, Hubble et al., 2015, zie paragraaf 6.1.1). Verder zou bijvoorbeeld aan bestaande interventies gericht op het reguleren/verminderen van agressie een trainingsmodule gekoppeld kunnen worden die specifiek responsinhibitie en/of cognitieve controle traint, bijvoorbeeld zoals bij de ACC-training die eerder beschreven is (zie paragraaf 6.1.1, Baskin-Sommers, Curtin & Newman, 2015). Ook hier verdient het dan de voorkeur de aangepaste of toegevoegde trainingsmodule zo goed mogelijk af te stemmen op de individuele behoeften en vermogens van betrokkenen om de kans van slagen van de interventie te vergroten.

Take home messages
- Serious games, mindfulnesstrainingen en medicatie kunnen helpen bij het vergroten van de *treatment readiness* van delinquenten.
- Neuropsychologische, psychofysiologische en genetische eigenschappen kunnen dienen als voorspellers en/of toegepast worden in de selectie voor behandeling.
- Monitoring van behandelvoortgang kan ook plaatsvinden met behulp van neurobiologische markers.
- Bestaande interventies kunnen uitgebreid worden met neurobiologische modules als inhibitie- en/of emotieherkenningstrainingen.

6.4 Conclusie

In de hiervoor beschreven paragrafen is besproken op welke plekken in de jeugdstrafrechtketen er mogelijkheden zijn voor toepassingen van neurobiologische interventies. Deze hebben betrekking op de toepassing van de neurowetenschappelijke kennis als zelfstandige interventies of ter aanvulling van bestaande interventies, het gebruik van neurowetenschappelijke kennis bij

selecteren voor behandeling en voorspellen van behandelsucces, en het vergroten van de ontvankelijkheid voor behandeling.

Eén van de belangrijkste thema's is dat met behulp van de neurowetenschappen mogelijk de weg van meer gepersonaliseerde benadering van behandeling sterker dan voorheen kan worden ingeslagen. Zoals eerder besproken is het van belang dat de interventie afgestemd is op de individuele behoeften en capaciteiten van betrokkene. Wanneer er bijvoorbeeld sprake is van een verbale ontwikkelingsachterstand, is het inzetten van een behandelprogramma met een sterk cognitief-verbaal karakter wellicht niet zinvol. Men kan dan kiezen voor een meer visuele behandelvorm, bijvoorbeeld in de vorm van serious gaming. In het kader van gepersonaliseerde behandeling kan het tevens zinvol zijn om informatie over de neurobiologie van betrokkene te gebruiken bij het selecteren van gedragsinterventies. Individuen met bepaalde genetische varianten (dragers van de lange vorm van het DRD4-gen) of psychofysiologische (hogere rusthartslag) kenmerken kunnen ontvankelijker zijn voor dergelijke interventies dan anderen.

Bij een gepersonaliseerde aanpak past ook een relatief nieuwe ontwikkeling binnen het interventieonderzoek, namelijk die van de *quantified self*: het (continu) meten van de eigen lichamelijke (neurobiologische) processen. Hierbij kan men denken aan bijvoorbeeld het dragen van een polsband die de hartslag registreert. Het idee is dat men zich bewust wordt van de eigen fysiologische *arousal* en de situaties leert herkennen die in dat verband risicovol zijn omdat ze bijvoorbeeld kunnen leiden tot agressief gedrag. Dit zou het gemakkelijker kunnen maken voor de persoon om deze situaties te herkennen en om uit de situatie te 'stappen' of om hulp te vragen. Er bestaan verschillende ideeën waarom deze vorm van interventie potentieel effectief zou kunnen zijn. Zo zou deze een beperkte belasting vormen voor de betrokkene. Daarnaast kan de regie grotendeels in handen van betrokkene zelf worden gelegd. Dit kan bijdragen aan een gevoel van verantwoordelijkheid bij betrokkene zelf. Ook kan de interventie als minder bedreigend worden ervaren dan bijvoorbeeld een therapeutische groepssessie waarbij een actieve, betrokken en open houding verwacht wordt. Op dit moment zijn er nog weinig toepassingen van *quantified self* in de jeugdstrafrechtketen en is meer praktijkgericht onderzoek in de vorm van *pilots in practice* nodig.

Een ander belangrijk thema binnen de jeugdstrafrechtketen is dat van haalbaarheid en betaalbaarheid. Geraadpleegde experts noemen het belang van de ontwikkeling van makkelijk te implementeren interventies, die weinig tijd en geld kosten. Ingewikkelde interventies als bijvoorbeeld neurofeedback en TMS of TDCS zijn waarschijnlijk lastig te implementeren, vanwege de technologische complexiteit. Om die reden kan het de voorkeur verdienen om relatief eenvoudige maar effectieve neurobiologische behandelingen te

verkiezen. De toevoeging van neuropsychologische trainingen, serious gaming, mindfulness, voedingssupplementen en psychofysiologische feedback aan het behandelprogramma in de jeugdstrafrechtketen is zeker denkbaar. Wel vereisen sommige van deze behandelvormen bepaalde expertise (bijvoorbeeld die van neuropsychologen) en het trainen van behandelend personeel.

Take home messages
- Neurobiologische interventies kunnen zowel worden benut als toevoeging aan als ter vervanging van bestaande behandeling.
- Neurobiologische interventies kunnen ook benut worden als kader voor gepersonaliseerde behandeling.

6.5 Uitdagingen en aandachtspunten

Bij het verkennen en uitvoeren van neurobiologische behandelalternatieven voor delinquente jongeren is het van belang goed na te denken over de (ethische) uitdagingen en aandachtspunten. De volgende uitdagingen en aandachtspunten zullen kort besproken worden:
- voorlichting;
- effectiviteit;
- haalbaarheid;
- ethische aspecten.

In de eerste plaats is het cruciaal om goede voorlichting over de voorgenomen behandeling te stimuleren. De neurowetenschap is voor velen een onbekend terrein, waardoor er terughoudendheid kan zijn. Zeker wanneer toepassing van meer invasieve technieken (zoals hormoontoediening of hersenstimulatie) wordt overwogen, is het noodzakelijk goede voorlichting te verzorgen over het werkingsmechanisme en eventuele bijwerkingen. Dit geldt ook voor het gebruik van medicijnen. Van atypische antipsychotica, stemmingsstabilisatoren en antidepressiva is bekend dat ze zware bijwerkingen kunnen hebben en/of gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Daarnaast werkt niet ieder medicijn voor ieder persoon. Voorlichting is een goede manier om het vertrouwen in een behandeling te vergroten.

Andere beperkingen hebben betrekking op de effectiviteit van neurobiologische behandelingen. Van een aantal besproken interventietypen lijkt er enige wetenschappelijke evidentie te zijn voor de effectiviteit bij de behandeling van agressief en antisociaal gedrag. Echter, van interventies die gebruikmaken van neurofeedback is de effectiviteit niet onomstreden. Men kan zich afvragen of er niet nog verdere studie nodig is alvorens deze interventies te implementeren. Dat geldt met name voor neurofeedbacktrainingen die

afhankelijk zijn van dure technologie en behoorlijk tijdsintensief kunnen zijn. Verder is interventie met behulp van neuropsychologische training (al dan niet in de vorm van serious gaming) veelbelovend, maar wordt dit nog weinig toegepast in de jeugdstrafrechtketen. Er zou nog beter onderzocht kunnen worden wat de effectiviteit van dergelijke interventies is op zowel de lange als korte termijn bij delinquente jongeren en in hoeverre getrainde vaardigheden ook te generaliseren zijn naar het dagelijks functioneren. Dat laatste is een belangrijke vraag die nog niet goed beantwoord is. Ook dient men zich te realiseren dat veel van de besproken interventies alleen zijn onderzocht bij volwassenen en niet allemaal ook bij jongeren. Meer onderzoek is dus vereist om vast te stellen in hoeverre gerapporteerde positieve effecten van behandelingen bij volwassenen te vertalen zijn naar jongere delinquentgroepen.

Ook zijn er beperkingen met betrekking tot de haalbaarheid van de toepassing van interventies. Zoals eerder besproken kunnen interventies te arbeidsintensief, te complex of te kostbaar blijken te zijn. Dat geldt vooral voor technologisch geavanceerde interventies als neurofeedback, TMS en TDCS, al worden door het voortschrijden van de techniek sommige van deze interventies steeds toegankelijker. In de praktijk is het wellicht wenselijk om te kiezen voor minder complexe, kostbare en technologisch ingewikkelde interventies, zoals pen-en-papier trainingen, serious games, voedingssupplementen, medicijnen of fysiologische metingen door middel van bijvoorbeeld polsbanden.

Het is van groot belang om goed zicht te houden op eventuele ethische bezwaren die kleven aan het gebruik van neurowetenschappelijke kennis. Wanneer het gaat om de registratie van biologische kenmerken, zou nagedacht moeten worden over hoe en waar die gegevens opgeslagen en beheerd worden. Is de privacy gewaarborgd? Worden gegevens niet misbruikt voor andere doeleinden dan die voorgespiegeld zijn? Ook ligt het gevaar van stigmatisering op de loer wanneer mensen op basis van biologische kenmerken worden ingedeeld. Dat geldt zeker wanneer men bedenkt dat veel van de in dit rapport beschreven bevindingen bevestigd moeten worden in vervolgonderzoek alvorens conclusies kunnen worden getrokken. Immers, een verminderde prefrontale hersenfunctie hoeft niet noodzakelijkerwijs te leiden tot gedragsproblemen. Ook de zwaarte van bepaalde bijwerkingen van sommige neurobiologische interventies dient afgewogen te worden tegen de baten. Levert het wel genoeg op om die bijwerkingen te riskeren? Net zo belangrijk is ook het invasieve karakter van sommige interventies. Verder kunnen er ethische bezwaren zijn tegen het direct veranderen van hersenactiviteit door middel van bijvoorbeeld TMS/TDCS in de jeugdstrafrechtketen, vooral wanneer het mensen in gevangenschap betreft die mogelijk weinig vrijheid voelen zich te verzetten tegen een dergelijke behandeling. Dit in combinatie met de beperkte kennis over de effectiviteit van deze technieken in het alge-

meen en bij antisociaal gedrag in het bijzonder, en eventuele bijwerkingen die kleven aan de gebruik van TMS/TDCS, maakt dat toepassing van deze technieken in de jeugdstrafrechtketen op dit moment mogelijk nog niet opportuun is. Omdat ze op zichzelf al een grote belasting kunnen zijn voor het individu, zouden ze daarnaast op geen enkele manier wreed, inhumaan of vernederend moeten zijn. Als invasieve interventies al overwogen zouden worden, moeten die enkel plaatsvinden met uitdrukkelijke toestemming van de betrokkene, na uitgebreide en goede voorlichting en zonder dwang.

6.6 Onderzoeksagenda

De volgende neurowetenschappelijke onderzoeksonderwerpen met betrekking tot interventies zijn op de middellange termijn (vijf tot tien jaar, tot 2020-2025) van belang voor een onderzoeksagenda:

- bestaande interventies onder de 'neurowetenschappelijke loep' nemen ter verbetering van de inhoud;
- empirisch toetsen van bepaalde aannames die ten grondslag liggen aan nieuwe interventie methoden (voorbeeld van aanname: 'fysiologische kenmerken hangen samen met oplopende emoties');
- experimenteel toetsen van innovatieve interventietechnieken (waaronder hersenstimulatie en hormoontoediening);
- inzetten van meer eenvoudige interventiemethoden (zoals mindfulness en neuropsychologische training) als *pilot in practice* en gelijktijdig op effectiviteit toetsen;
- verkenning van ethische aspecten bij de toepassing van neurobiologische interventies zoals privacywaarborging, opslag en beveiliging van gegevens.

7 Slothoofdstuk

7.1 De opbrengst van de inventarisatie van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie

Uit de inventarisatie in de hoofdstukken 3 tot en met 6 van dit rapport worden twee hoofdpunten duidelijk. Enerzijds is door het onderzoek naar neurowetenschappelijke factoren en antisociaal gedrag de kennis op dit gebied enorm gegroeid en levert dit mogelijkheden op voor toepassing in de jeugdstrafrechtketen (zie tabel S1 en tabel 18). Anderzijds is er nog veel op dit terrein wat we niet weten. Dit laatste komt onder meer door beperkingen in typen onderzoek en onderzoeksmethoden. Het meeste onderzoek zegt alleen iets over de samenhang tussen neurobiologische factoren en antisociaal gedrag. Onderzoek naar de voorspellende waarde van neurobiologische kenmerken voor later antisociaal gedrag of voor behandelresultaat is dunner gezaaid. Er is ook nog weinig bekend over de oorzaken van neurobiologische afwijkingen bij individuen met antisociaal gedrag. Longitudinaal onderzoek, waarbij grote groepen langdurig worden gevolgd, en experimenteel onderzoek waarin bepaalde onderzoeksvragen heel precies worden getoetst, kunnen daarin meer inzicht geven. Daarnaast liggen er zoals eerder vermeld nog grote wetenschappelijke uitdagingen wat betreft kennis over de hersenontwikkeling bij jongeren en is het onderzoek op dat gebied nog in volle gang.

Dit rapport is bedoeld als een wegwijzer die richtingen aangeeft en concrete voorbeelden geeft waaruit met het oog op neurowetenschappelijke toepassingen in de jeugdstrafrechtketen kan worden geput. Het is bedoeld als startpunt. Voor daadwerkelijke implementatie van een toepassing zijn meer wetenschappelijke verdieping en een concreet werkplan nodig waarbij methodologische en ethische zorgvuldigheid aandachtspunten zijn. De inventarisatie in dit rapport levert meerdere mogelijkheden op voor toepassing in de jeugdstrafrechtketen. Daarnaast legt de inventarisatie een aantal beperkingen bloot van de huidige neurowetenschappelijke instrumenten, preventie- en interventiemethoden die doorontwikkeling vergen. Tot slot komt uit de inventarisatie een aantal onderzoeksthema's naar voren op het gebied van innovatie en kennisverdieping ten aanzien van neurowetenschappelijke toepassingen voor de jeugdstrafrechtketen. In tabel 18 worden deze samengevat. Belangrijk is te bedenken dat neurowetenschappelijke instrumenten en preventie- en interventiemethoden als *aanvullend* moeten worden gezien op bestaande methoden. Juist de combinatie van psychologische, sociale en biologische kennis is verrijkend.

In de inventarisatie zijn een aantal neurowetenschappelijke instrumenten, preventie- en interventiemethoden gevonden die op korte termijn kunnen worden ingezet in de vorm van *pilots in practice*. Onder *pilot in practice* verstaan we in dit rapport: het toepassen in de praktijk van een instrument of methode met als doel deze enerzijds waar mogelijk al te benutten en ander-

zijds verder te ontwikkelen en/of nader onderzoek te verrichten naar de methodologische kwaliteit en bruikbaarheid ervan. Die werkwijze is belangrijk omdat neurowetenschappelijke toepassingen in de jeugdstrafrechtketen nog in de kinderschoenen staan. *Pilots in practice* zullen naar ons idee enerzijds het inzicht in neurobiologische factoren en antisociaal gedrag doen toenemen. Anderzijds zullen ze ook de kennis over de validiteit, betrouwbaarheid en de praktische bruikbaarheid van neurowetenschappelijke instrumenten, preventiemethoden en interventies doen groeien. Uiteraard dient er daarbij aandacht te zijn voor aspecten als privacy en zorgvuldig gegevensbeheer.

In de paragrafen 7.2 en 7.3 worden respectievelijk de aanbevelingen voor *pilots in practice* en voor een onderzoeksagenda kort toegelicht. In paragraaf 7.4 wordt stilgestaan bij een aantal aandachtspunten die van belang zijn bij het naar de praktijk brengen van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie. In de eerste plaats komt de vraag aan de orde wie met neurowetenschappelijke toepassingen aan de slag gaat (paragraaf 7.4.1). Het gaat dan onder meer om de vraag welke expertise vereist is. Een belangrijk punt is daarbij de zorgvuldigheid in het omgaan met gegevens. In de tweede plaats komt aan de orde de overdracht van neurowetenschappelijke kennis (paragraaf 7.4.2). In de derde plaats wordt kort stilgestaan bij 'implementatie' als vakgebied op zich (paragraaf 7.4.3). In de vierde plaats worden enkele ethische aandachtpunten besproken, bijvoorbeeld vragen op het gebied van privacy (paragraaf 7.4.4).

Tabel 18 Aanbevelingen voor toepassingen en onderzoek neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie in de jeugdstrafrechtketen

Toepassen en doorontwikkelen	– Zet neurowetenschappelijke instrumenten in (neuropsychologie, psychofysiologie en hormoonmetingen) voor screening, monitoring en risicotaxatie. – Benut daarbij ook nieuwe technieken. – Gebruik daarbij de neurowetenschappelijke gegevens voor biopsychosociale profielen. – Ontwikkel *best practices* en normscores voor neurowetenschappelijke instrumenten. – Kansrijke preventie: omgeving verrijken, gezinsinterventies en zelfregulatietraining. – Kansrijke interventie: neuropsychologische training, voedingssupplementen, mindfulnesstraining, biofeedback en medicatie. – Ontwikkel voorlichtingsmateriaal voor gebruik neurowetenschappelijke kennis.
Onderzoeken	– Formeer onderzoeksconsortia waarin praktijkgerichte en fundamentele onderzoekers en maatschappelijke partners samen optrekken. – Ontwikkel aantrekkelijke en levensechte neuropsychologische testen voor jongeren voor screening en training van neuropsychologische functies (executieve functies/zelfregulatie en 'hete' executieve functies in het bijzonder). – Ontwikkel een neuropsychologische testbatterij toegesneden op functiestoornissen die relevant zijn met betrekking tot jongeren in de strafrechtketen. – Onderzoek hoe in de praktijk goed toepasbare (laboratorium)paradigma's kunnen worden ontwikkeld voor het opwekken van sociale stress, frustratieagressie, angstconditionering, functioneren HPA-as en emotionele hersengebieden. – Onderzoek met behulp van nieuwe technologieën cognitieve, emotionele en psychofysiologische kenmerken van adolescenten met antisociaal gedrag. – Onderzoek hoe waardevolle maar moeilijker toepasbare neurowetenschappelijke hormoonmetingen (cortisol, testosteron, oxytocine) beter toepasbaar gemaakt kunnen worden voor de praktijk. – Doe valideringsonderzoek naar psychofysiologie, als indicator voor emotionele en gedragsprocessen in relatie tot continue psychofysiologische metingen voor het voorspellen en preventie van agressie. – Benut nieuwe analysetechnieken voor *big data.* – Onderzoek potentiële neurobiologische indicatoren van behandelsucces verder op hun mogelijkheden om ingezet te worden bij de toewijzing aan behandelprogramma's (bijv. neuropsychologische functie, psychofysiologie, maar ook genvarianten). – Onderzoek neurobiologische mechanismen en korte- en langetermijneffecten van neurowetenschappelijke preventie- en interventiemethoden. – Ontwikkel en onderzoek vernieuwende (preventieve) interventies en benut daarbij nieuwe technieken: biofeedback, neuropsychologische training in de vorm van serious games, virtual reality, hormonen en hersenstimulatie. – Onderzoek de ontwikkelingsstadia van verschillende hersengebieden tijdens de adolescentie om meer inzicht te krijgen in de ontwikkeling van antisociaal gedrag – Onderzoek wanneer neurowetenschappelijk gezien het grootste effect bereikt kan worden met specifieke preventie- en interventiemethoden. – Ontwikkel op termijn, op basis van verdiepend onderzoek naar de ontwikkeling van het adolescentenbrein, neurowetenschappelijke handvatten voor de adviesfunctie bij het adolescentenstrafrecht.

7.2 Toepassen en doorontwikkelen

7.2.1 Instrumenten

Er zijn voldoende neurowetenschappelijke instrumenten die eenvoudig toepasbaar zijn. Psychofysiologische metingen, hormoonmetingen (bijvoorbeeld het meten van het stresshormoon cortisol in het speeksel) en neuropsychologische testen kunnen nu al worden toegepast als *pilots in practice* binnen de jeugdstrafrechtketen. Dit kan bijvoorbeeld in aanvulling op de huidige instrumenten in het kader van screening, bejegening, behandeling, risicotaxatie en toezicht. In hoofdstuk 4 worden concrete voorbeelden van instrumenten gegeven.

Neuropsychologische functies die aantoonbaar relevant zijn in relatie tot antisociaal gedrag zijn (ruimtelijk) werkgeheugen, aandacht, zelfbeheersing, emotie- en agressieregulatie, empathie en cognitieve flexibiliteit. Het beschikbaar komen van lichte en gemakkelijk hanteerbare *wearables* (draagbare metertjes) met sensoren biedt bredere mogelijkheden voor toepassing van bijvoorbeeld fysiologische metingen. Het eenvoudigst in te voeren zijn metingen op vaste momenten. Het afnemen van speeksel voor hormoonanalyse hoeft niet ingewikkeld te zijn. Het betrouwbaar analyseren van hormoongegevens en het rekening houden met dagritmes in hormoonproductie en de invloed van factoren als voeding, medicatie en dergelijke vraagt echter meer expertise. Ook op het gebied van hormoonmetingen zijn interessante nieuwe technologische ontwikkelingen gaande (zoals het gebruik van een smartphone voor het bepalen van cortisolniveaus) die op termijn mogelijk bruikbaar zijn voor de jeugdstrafrechtketen.

Een belangrijk punt voor de bruikbaarheid van bovengenoemde meetinstrumenten is het 'doorontwikkelen' daarvan. Ten minste twee zaken worden daarmee bedoeld:

- In de eerste plaats de keuze voor en formulering van *best practices* of richtlijnen voor de toepassing van het desbetreffende instrument in de context van de jeugdstrafrechtketen. Er zijn bijvoorbeeld voor het meten van hartslag in rust meerdere methoden in omloop. Voor de eenduidigheid en reproduceerbaarheid van de metingen op verschillende momenten, door verschillende professionals en bij verschillende instellingen en patiënten, is het van belang dat onder meer de aard en duur van de rustsituatie overeen komen en dat de hartslagmeters die gebruikt worden zijn gestandaardiseerd.
- In de tweede plaats is normering van het desbetreffende instrument nodig. Dit betekent dat van grote groepen individuen de testwaarden nodig zijn. Deze kunnen vervolgens als referentiekader (norm) dienen om na te gaan of een individuele waarde aan de hoge, gemiddelde of lage kant is.

Normgegevens zouden er moeten komen voor de reguliere populatie maar ook wat betreft de doelgroep(en) binnen de jeugdstrafrechtketen.

Wij adviseren de inzet van psychofysiologische, hormonale en neuropsychologische metingen bij screening, risicotaxatie en in monitoring van preventie en interventie. Dit zal gepaard gaan met opbouw van meer neurowetenschappelijke kennis, bijvoorbeeld over factoren die samenhangen met *treatment readiness*, behandelsucces en recidiverisico. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot meer gebruik van neurowetenschappelijke kennis bij de toewijzing van geschikte behandelingen, bejegening of toezicht.

7.2.2 Preventie

Er zijn in de inventarisatie van neurowetenschappelijke preventiemethoden vooral neurowetenschappelijk *geïnspireerde* preventiemethoden gevonden. Op korte termijn kunnen de volgende preventiemethoden worden ingezet als *pilots in practice* in de jeugdketen:

- Ten eerste zou bij algemene preventie bij (jonge) kinderen en adolescenten kunnen worden geboden: verrijking van de omgeving voor zover dat nog niet gebeurt, door bijvoorbeeld goede voeding, slaap, beperken van schadelijke omgevingsfactoren en door het creëren van een veilige (gezins)omgeving.
- Ten tweede zijn voor risicogroepen vroege gezinsinterventies effectief gebleken.
- Ten derde zou neuropsychologische zelfregulatietraining ter ondersteuning van de ontwikkeling van zelfregulatievermogen kunnen worden aangeboden aan kinderen en jeugdigen uit risicogroepen, en wellicht ook aan kinderen uit de reguliere populatie. Daarbij zouden tegelijk de effecten op korte en langere termijn van neuropsychologische zelfregulatietraining moeten worden onderzocht. Belangrijk daarbij is om te kijken naar verbetering van het vermogen tot zelfregulatie zoals vermindering van impulsiviteit of versterking van het vermogen tot emotieregulatie. Parallel daaraan zou ook moeten worden onderzocht of zelfregulatie in het 'echte leven' verbetert.
- Tot slot lijken biopsychosociale screeningsmethoden veelbelovend waarbij onder meer neurobiologische factoren worden gebruikt om te bepalen bij wie preventie nodig is.

7.2.3 Interventie

Op korte termijn kunnen een aantal neurowetenschappelijke interventies worden ingezet als *pilots in practice* in de jeugdstrafrechtketen:

- Ten eerste zouden neuropsychologische trainingen als zelfstandige interventies of als toevoeging aan bestaande interventies ingezet kunnen wor-

den, mits ze aansluiten op het individuele neuropsychologische profiel van betrokkene. Deze zouden bijvoorbeeld kunnen worden aangeboden aan jongeren met (ernstig) antisociaal gedrag die in vergelijking tot leeftijdgenoten tekorten laten zien in specifieke neuropsychologische functies. Het gaat dan vaak om het trainen van emotieherkenning en executieve functies zoals aandacht, werkgeheugen, cognitieve flexibiliteit en responsinhibitie. Neuropsychologische en cognitieve functietrainingen kunnen ook worden aangeboden in de vorm van serious games.

- Ten tweede zijn er aanwijzingen uit onderzoek voor positieve effecten van mindfulnesstraining op zelfregulatie op hersen- en gedragsniveau, waardoor ook dit een zinvolle interventie lijkt voor met name jongeren die problemen hebben met emotie- en agressieregulatie.
- Ten derde zijn er aanwijzingen voor gunstige effecten van voedingssupplementen (met name omega-3) op agressief gedrag. Aantrekkelijk aan het verstrekken van omega-3-supplementen is dat het een relatief goedkope en eenvoudige interventie betreft die goed in de praktijk kan worden toegepast en tegelijk verder kan worden onderzocht. Het proces en de effecten op kortere en langere termijn van neuropsychologische training, mindfulness en voedingssupplementen bij jongeren die al antisociaal gedrag vertonen, zouden tegelijk met de inzet moeten worden geëvalueerd.
- Ten vierde zijn er aanwijzingen uit onderzoek dat psychofysiologische feedback, het meten en terugkoppelen van psychofysiologische processen zoals hartslag of huidgeleiding aan de persoon zelf, kan leiden tot een verbetering van inzicht in de eigen fysiologie in rust of in omstandigheden van stress of provocatie.
- Ten vijfde zijn er aanwijzingen uit onderzoek dat fysiologische, hormonale, neuropsychologische en genetische maten kunnen dienen als indicatoren voor ontvankelijkheid en selectie voor psychologische behandelingen Deze maten zouden in de praktijk bij bijvoorbeeld indicatiestelling naast het gebruikelijke instrumentarium kunnen worden gebruikt en tegelijk verder kunnen worden onderzocht. Daarnaast kunnen sommige neurobiologische interventies (bijvoorbeeld serious gaming, mindfulness en medicijnen) bijdragen aan een verbetering van de motivatie voor en responsiviteit op behandeling.

7.3 Onderzoek

7.3.1 Introductie

In deze paragraaf wordt onderzoek besproken dat van belang is om op het gebied van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie een stevige, dat wil zeggen wetenschappelijk onderbouwde en vernieuwende

basis te ontwikkelen. Accenten daarbij zijn: een bruikbaar neurowetenschappelijk instrumentarium waarbij ook nieuwe technologische en wetenschappelijke ontwikkelingen worden benut, verdere ontwikkeling door middel van experimenteel onderzoek van kansrijke nieuwe neurowetenschappelijke preventie- en interventiemethoden, en longitudinaal cohortonderzoek waarbij wordt gebouwd aan voor de praktijk van preventie en interventie noodzakelijke kennis over cruciale biopsychosociale mechanismen.

7.3.2 Instrumentontwikkeling

Innovatie die een meerwaarde geeft aan de bestaande (eenvoudig toe te passen) psychofysiologische en neuropsychologische instrumenten
Nu er kleine draagbare meetinstrumenten met sensoren beschikbaar zijn die psychofysiologische maten zoals hartslag betrouwbaar kunnen meten, zijn er meer mogelijkheden dan de eerder beschreven enkele metingen op een vast moment. Continue hartslagmetingen kunnen, op een andere manier en uitgebreider dan korte metingen op vaste momenten, inzicht geven in de fysiologische processen van een individu en bijdragen aan de ontwikkeling van persoonlijke normscores. Persoonlijke normscores, waarbij de score van een individu op een bepaald moment vergeleken kan worden met zijn scores of patronen daarin op andere momenten, kunnen belangrijke informatie bieden in het kader van behandeling of bejegening. Datzelfde geldt voor de eerder genoemde groepsnormen waarbij de score van een individu vergeleken kan worden met die van een relevante groep anderen. De toepassing in relatie tot gedrag is een beginnend maar veelbelovend onderzoeksterrein. Mogelijke toepassingen liggen onder meer op het gebied van agressievoorspelling en -preventie, biofeedback met betrekking tot stress-, emotie- en agressieregulatie, en ondersteuning bij het ontwikkelen van een gezonde levensstijl. Meer onderzoek is nodig voor een *proof of concept* van de relatie tussen psychofysiologische metingen en de emotionele processen die men wil voorspellen en reguleren. Daarnaast is fundamenteel onderzoek nodig naar psychofysiologische processen waarover nog relatief weinig bekend is maar die wel theoretisch betekenisvol zijn in relatie tot gedrag en veelbelovend lijken als aanknopingspunt voor preventie en behandeling van stress en agressie, bijvoorbeeld hartslagvariabiliteit.

Veel van de huidige neuropsychologische testen zijn redelijk abstracte computer- of potlood-en-papier-testen (zie voor voorbeelden hoofdstuk 4). Zoals in hoofdstuk 4 besproken, is een aantal van deze testen geschikt om te worden toegepast in de (jeugd)strafrechtketen bij individuen met antisociaal gedrag. Er is echter volgens wetenschappers in het forensische veld ook vernieuwing van het neuropsychologisch instrumentarium nodig. Zo is er behoefte aan aantrekkelijker, bijvoorbeeld meer levensechte vormen van sommige klassieke neuropsychologische testen. Op die manier zouden de

neuropsychologische testen interessanter kunnen worden gemaakt voor jongeren, wat de betrokkenheid bij het doen van de test zou bevorderen. Een aandachts- en concentratietaak kan bijvoorbeeld zijn een potlood-en-papiertaak zoals de D2-taak, maar aandachts- en concentratievermogen kan bijvoorbeeld ook worden gemeten met een voor jongeren wellicht aantrekkelijker simulatietaak (in de virtuele ruimte) waarin een auto moet worden bestuurd waarbij doelen moeten worden genaderd of juist ontweken. Het aantrekkelijk maken van neuropsychologische testen voor jongeren is ook belangrijk met het oog op de inzet van neuropsychologische traingen. Een andere reden is de veronderstelling dat in sommige gevallen meer levensechte testen ook meer ecologisch valide zijn, met andere woorden het vermogen dat men wil meten beter weten te 'vangen'. Om aantrekkelijke en meer levensechte testen te ontwikkelen zouden virtual reality en serious games kunnen worden gebruikt. In het bijzonder wordt de behoefte aan de ontwikkeling van levensechte 'hete executieve-functietesten' genoemd.

De neurowetenschap en ook de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van kleine draagbare meetinstrumenten bieden een kans om nog persoonsgerichter te werken. Dit kan speciaal met betrekking tot het werken met jongeren belangrijk zijn omdat onderzoek laat zien dat er nogal wat individuele variatie is in hersenontwikkeling in de kindertijd en de adolescentie (zie bijvoorbeeld Crone & Elzinga, 2015). De verschillen in ontwikkeling en capaciteiten tussen adolescenten van dezelfde leeftijd worden ook onderkend in het wetsvoorstel Adolescentenstrafrecht. De ontwikkeling van geschikte neurowetenschappelijke instrumenten om bij te dragen aan handvatten voor de advisering aan de rechter in het kader van het adolescentenstrafrecht is één van de voorgestelde onderzoeksspeerpunten.

Geïnterviewde experts geven aan dat er behoefte is aan het ontwikkelen van een neuropsychologische testbatterij die relevant en gevalideerd is voor de (jeugd)strafrechtketen. Het uitgangspunt daarbij is dat een dergelijke batterij functiestoornissen in kaart brengt die relevant zijn bij de doelgroep van jongeren en volwassenen met ernstig antisociaal gedrag. Voor een dergelijke batterij kunnen bestaande testen worden geselecteerd of doorontwikkeld en daarnaast nieuwe worden ontwikkeld zoals hierboven beschreven. Er zijn al enkele initiatieven (bijvoorbeeld ForMinds) en onderzoeksprojecten (zie daarover ook hoofdstuk 4) waarop kan worden voortgebouwd.

Onderzoek naar waardevolle, maar moeilijker toe te passen neurowetenschappelijke instrumenten en paradigma's om deze beter te kunnen benutten

Laboratoriumparadigma's (proefopzetten) voor bijvoorbeeld het opwekken van sociale stress, frustratieagressie, of voor angstconditionering en voor het aanspreken van de HPA-as en van 'emotionele hersengebieden' zoals de

amygdala en insula zijn erg belangrijk voor het onderzoek naar oorzaken en mechanismen van antisociaal gedrag. Veel van deze paradigma's zijn echter bewerkelijk en/of tijdsintensief. Mede daarom worden ze niet vaak ingezet in de praktijk van de (jeugd)strafrechtketen. Een uitdaging is om paradigma's te ontwikkelen die praktisch inzetbaar en ethisch verantwoord zijn.

Er is steeds meer bekend over de rol van hormonen in menselijk sociaal gedrag. In relatie tot antisociaal gedrag is bijvoorbeeld het stresshormoon cortisol relevant: de basisconcentratie in speeksel, de cortisolreactie op bijvoorbeeld een stressor en de cortisol/testosteronverhouding. De meting van de basisconcentratie vergt het een en ander: de meettijd luistert nauw vanwege de variatie over de dag en nacht in de afgifte van cortisol. Daarnaast variëren deze zogeheten circadiane ritmes tussen en binnen personen van dag tot dag. Verder zijn veel factoren van invloed op de cortisolconcentratie (eten, roken etc.). Er zijn veel verschillende wijzen van meten in omloop. Het is nodig om *best practices* of richtlijnen samen te stellen voor cortisolmetingen in de (jeugd)strafrechtketen. Dit zou tevens moeten gebeuren voor testosteron en oxytocine.

Vernieuwing analysemethoden
De technologische ontwikkelingen maken het steeds gemakkelijker om grote hoeveelheden data te registreren. Eerder is de mogelijkheid besproken om met kleine draagbare sensoren psychofysiologische gegevens continu te meten. Om dit type grote hoeveelheden gegevens per individu en over meerdere individuen te analyseren in combinatie met andere gegevens (vragenlijsten, etc.) zijn nieuwe analysetechnieken die worden ontwikkeld voor zogeheten *big data* ook voor dit thema relevant.

7.3.3 Preventie- en interventieontwikkeling

Om preventie- en interventiemethoden daadwerkelijk te kunnen vernieuwen is het nodig te onderzoeken of de aannames die aan de preventie of interventie ten grondslag liggen daadwerkelijk wetenschappelijk kunnen worden onderbouwd. Daarnaast biedt de neurowetenschappelijke kennis over antisociaal gedrag kansen om innovatieve interventies te ontwikkelen.

Een jong onderzoeksterrein is bijvoorbeeld de inzet van hormonen om jongeren vatbaarder te maken voor andere interventies . Zo geven experts aan dat beginnend onderzoek laat zien dat oxytocine de snelheid kan vergroten waarmee emoties worden herkend, waardoor mogelijk de vatbaarheid voor bijvoorbeeld empathietraining wordt vergroot. Ook wordt bij volwassenen onderzocht of hersenstimulatie agressie kan verminderen (Dambacher et al., 2015a, 2015b) of vooraf vatbaarheid voor andere interventies, bijvoorbeeld

neuropsychologische trainingen kan vergroten.[65] Er zijn nu slechts enkele studies op dit gebied. Om duidelijker te krijgen in hoeverre hormonen en hersenstimulatie inderdaad vatbaarheid kunnen vergroten voor interventies tegen antisociaal gedrag of ter bevordering van zelfregulatie, is meer onderzoek nodig.

7.3.4 Verdieping van kennis over de hersenontwikkeling in de adolescentie bij jongeren met antisociaal gedrag

Voor daadwerkelijke vernieuwing van kennis die voor de praktijk relevant is, is ook meer diepgaand wetenschappelijk onderzoek nodig. Voor de jeugdstrafrechtketen belangrijke thema's zijn in dat kader de hersenontwikkeling bij jongeren in het algemeen en de hersenontwikkeling bij jongeren die vergeleken met leeftijdgenoten meer of ernstiger antisociaal gedrag vertonen.

Een ontwikkeling in de praktijk betreft het eerder genoemde adolescentenstrafrecht, dat sinds april 2014 van kracht is. De leeftijd waarop jongeren nog volgens het jeugdstrafrecht kunnen worden berecht is opgetrokken tot en met 22 jaar. Bovendien moet nu de reclassering bij elke jongvolwassen verdachte van 18 tot en met 22 jaar de rechter adviseren of diegene volgens het volwassenen- of het jeugdstrafrecht berecht zou moeten worden. Een centrale assumptie bij het adolescentenstrafrecht is dat adolescenten van 16-23 jaar sterk variëren in mentale ontwikkeling. Daarbij wordt aangenomen dat straffen en maatregelen effectiever zijn als de ontwikkelingsleeftijd in plaats van de kalenderleeftijd in aanmerking wordt genomen. Binnen het jeugdstrafrecht is wat dat betreft meer maatwerk mogelijk dan binnen het volwassenenstrafrecht. Kennis uit neurowetenschappelijk onderzoek ligt mede ten grondslag aan de aanname dat onvolledige emotionele, sociale, morele en intellectuele ontwikkeling onder andere de oorzaak is van een groot deel van de jeugdcriminaliteit. In de Memorie van Toelichting bij het Wetsvoorstel Adolescentenstrafrecht wordt onder meer genoemd dat specifiek risicovol gedrag in de leeftijd van 16-23 jaar mede veroorzaakt wordt door een onvolledige ontwikkeling van belangrijke hersenfuncties, die nodig zijn bij het beoordelen van (langetermijn)consequenties van gedrag, het inschatten van risico's, impulsbeheersing, emotieregulatie en empathie. De prefrontale hersengebieden die hiervoor nodig zijn, ontwikkelen zich tot een leeftijd van zeker 25 jaar. Een andere bevinding die wordt genoemd, is dat het gedrag van adolescenten meer dan dat van volwassenen wordt aangestuurd door hersengebieden die reageren op onmiddellijke beloning.

65 In het kader van het HCMI-programma onderzoeken Van Honk, Verkes en Rijnders de effecten van TDCS en oxytocine bij terbeschikkinggestelden. Op het moment dat dit rapport werd afgerond, waren de analyses van de gegevens nog in volle gang.

Neurowetenschappelijk onderzoek zou een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het ontwikkelen van handvatten voor de adviesfunctie bij het adolescentenstrafrecht. Hoewel kennis over de ontwikkeling van het adolescentenbrein en specifieke neuropsychologische testen (bijvoorbeeld voor impulsiviteit, beloningsgevoeligheid) nu al kan worden benut, liggen er fundamentele vragen open. Experts geven bijvoorbeeld aan dat een belangrijke wetenschappelijke ontdekking de emotionele ontvankelijkheid in de adolescentie is die samenhangt met een piek in probleemgedrag (*age-crime curve*, zie hoofdstuk 5). Voor de praktijk is het dan belangrijk om te weten: 'Welke groepen hebben persistente ontwikkelingsproblematiek en welke 'groeien eroverheen'? Bij bijvoorbeeld ADHD kan een groep worden onderscheiden die achterloopt in de hersenontwikkeling maar geen hersenschade heeft. De ontwikkelingsachterstand kan worden ingelopen en dan vervalt ook de diagnose ADHD (Shaw et al., 2007). Meer kennis is nodig over hoe het adolescentenbrein zich ontwikkelt bij antisociale en criminele jongeren. Eerste bevindingen (Van den Bos et al., 2014) laten zien dat informatie over normoverschrijding wel goed wordt verwerkt, maar dat er gebreken zijn in het inzicht in de intenties van anderen. Dit soort kennis kan worden toegepast bij interventies. De (normale) emotionele ontvankelijkheid van adolescenten heeft negatieve kanten (te veel risicovol gedrag) maar volgens experts juist ook positieve kanten, zoals openheid voor nieuwe ervaringen en relaties. Als goed kan worden ingespeeld op die ontvankelijkheid, zou dat juist ruimte kunnen geven voor interventies om jongeren het goede pad op te krijgen.

In het voorgaande is een aanzet gegeven tot een onderzoeksagenda met betrekking tot neurowetenschappelijke meetinstrumenten, preventie en interventie voor de jeugdstrafrechtketen. Zo'n onderzoeksagenda staat niet op zichzelf, maar bevindt zich in een context van andere ontwikkelingen op het gebied van onderzoek. Van 2010 tot en met 2016 loopt het onderzoeksprogramma Hersenen en Cognitie: Maatschappelijke Innovatie Gezondheid, Leren en Veiligheid (HCMI). Een doel van dit programma is om neurowetenschappelijk onderzoek aan universiteiten in sterkere mate in te zetten voor maatschappelijke vragen vanuit onder meer het terrein van Veiligheid en Justitie. Binnen het thema veiligheid is een tiental onderzoeksprojecten uitgevoerd gericht op kennisverwerving over neurobiologische mechanismen van gedrag in relatie tot preventie en interventie van ernstig antisociaal gedrag. Het programma heeft ook nieuwe netwerken van wetenschappelijke en maatschappelijke partners gevormd, omdat elk van de onderzoeken wordt uitgevoerd door een consortium waarin wetenschappers en maatschappelijke partners samenwerken. Enkele van de geïnterviewde experts geven aan dat het onderzoek op dit nieuwe terrein door dit programma aanzienlijk is gegroeid. Verschillende thema's uit het HCMI-programma worden mogelijk voortgezet in routes van de Nationale Wetenschapsagenda, met name de

route 'Hersenen, cognitie en gedrag'.[66] Het model van samenwerking tussen wetenschappelijke en maatschappelijke partners, waarvoor ook in de route 'Hersenen, cognitie en gedrag' is gekozen, kan rond het thema van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie voor de jeugdstrafrechtketen eveneens vruchtbaar worden uitgebouwd.

De aanbevelingen voor onderzoek op basis van dit rapport worden samengevat in tabel 18 en zijn ook op het eind van de hoofdstukken 4, 5 en 6 te vinden.

7.4 Hoe breng je neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie naar de praktijk?

7.4.1 Wie gaan met neurowetenschappelijke toepassingen aan de slag?

Uiteraard kunnen neurowetenschappelijke instrumenten, preventie- en interventiemethoden, net als niet-neurowetenschappelijke overigens, zoals eerder vermeld alleen worden ingezet wanneer alle noodzakelijke waarborgen met betrekking tot privacy in acht worden genomen. Daarnaast moet er aandacht zijn voor de verantwoordelijkheid en regelgeving met betrekking tot de veiligheid van opslag van gegevens.

Op een meer algemeen niveau is het zoals eerder vermeld van belang dat maatschappelijke en wetenschappelijke partners samenwerken zodat de *pilots in practice* wetenschappelijk verantwoord kunnen worden ontwikkeld en onderzocht. Het bepalen van de vragen waar men in de praktijk tegenaanloopt en van de meest relevante toepassingsgebieden vraagt expertise uit de praktijk van de jeugdstrafrechtketen. Daarbij kan worden gedacht aan het betrekken van beleidsfunctionarissen van ministeries of gemeenten en professionals uit bijvoorbeeld jeugdinrichtingen, jeugdreclassering, en Raad voor de Kinderbescherming, maar ook scholen en wijkteams. Verder zijn de taken van gemeenten bij de jeugdzorg en preventie met de nieuwe Jeugdwet sinds 2015 toegenomen. Door geïnterviewde experts is geopperd dat de vier grote steden een voortrekkersrol zouden kunnen spelen bij initiatieven op het gebied van preventie. Er zijn initiatieven die als voorbeeld kunnen dienen, zoals het eerder besproken PIT waarin een risicogroep, broertjes en zusjes van de top-600 jeugdcriminelen in de gemeente Amsterdam, onder meer neuropsychologisch wordt gescreend. Er wordt over gesproken om ditzelfde instrumentarium in te zetten voor gerichte preventie op basisscholen bij kinderen die veel agressie vertonen.

66 www.wetenschapsagenda.nl/planning-routeworkshops.

Essentieel is, zoals in de hoofdstukken 1 en 4 reeds is aangekaart, dat er aandacht is voor de vraag welke expertise vereist is om neurowetenschappelijke instrumenten te gebruiken. Deze vraag vergt meer verdieping dan in dit rapport mogelijk is. Het is in ieder geval belangrijk om bij de implementatie van neurowetenschappelijke instrumenten, maar ook wat betreft neurowetenschappelijke preventie- en interventiemethoden, verschillende experts (o.a. neuropsychologen) te benaderen. Zij kunnen enerzijds helpen bij het selecteren van de meest relevante neurowetenschappelijke instrumenten, preventie- en interventiemethoden en anderzijds medewerkers in de jeugdstrafrechtketen trainen in het gebruik van neurowetenschappelijke instrumenten. Er zijn ook instrumenten, voornamelijk bepaalde neuropsychologische testen, die niet afgenomen kunnen en mogen worden zonder een diagnostiekaantekening. Voor de inzet van neurowetenschappelijke instrumenten, preventie en interventie is wetenschappelijke expertise nodig op verschillende gebieden. Genoemd werd hierboven al de neuropsychologie, maar afhankelijk van de toepassing zijn ook andere expertises van belang zoals psychofysiologie, kennis van zaken op het gebied van hormonen, maar ook methodologische, sociaalwetenschappelijke en psychiatrische expertise. Tot slot spelen bij de nieuwe technologische ontwikkelingen op het gebied van bijvoorbeeld fysiologische (zelfmeet)apparatuur zoals kleine draagbare hartslagmeters, bloedsuikerpleisters maar ook serious games, commerciële bedrijven een belangrijke rol. Wetenschappers zouden een voortrekkersrol op zich kunnen nemen bij het ontwikkelen van richtlijnen of *best practices* voor de inzet van psychofysiologische instrumenten. De Raad voor de Kinderbescherming, het Openbaar Ministerie en rechters kunnen in gesprek gaan met wetenschappers over screening in het kader van onderzoek van jongeren. Volgens geïnterviewde experts hebben rechters behoefte aan meer informatie uit screening over wat in het geval van een individuele jongere de meest geschikte sancties of interventies zijn. Hierover is nu veel onduidelijkheid. Aan de andere kant wordt in de praktijk van de reguliere geestelijke gezondheidszorg vanuit een behoefte aan kennis al geëxperimenteerd met hartslagmeters en dergelijke. De verantwoordelijkheid van wetenschappers is om vanuit hun expertise de input te geven die nodig is om te waarborgen dat het ook wetenschappelijk verantwoord gebeurt. Door sommige experts is geopperd dat de praktijkgerichte neurowetenschappelijke expertise die nu al bij verschillende wetenschappers en instituten aanwezig is, zou kunnen worden gebundeld in een op te richten expertisecentrum. Een dergelijk expertisecentrum zou kunnen dienen als vraagbaak maar zou ook meer *outreachend* voorlichting kunnen bieden. Het streven daarbij is om kennis over de rol van neurowetenschappelijke factoren bij preventie en interventie bij antisociaal gedrag en andere gedragsproblemen meer gemeengoed te maken.

7.4.2 Kennisoverdracht

Veel van de kennis over neurobiologische factoren en antisociaal gedrag en over de relevantie daarvan voor preventie en interventie is relatief nieuw. Bij velen in de (jeugd)strafrechtketen is die kennis nog onbekend. Ook zijn er soms nog vooroordelen, bijvoorbeeld het idee dat biologische factoren per definitie onveranderbaar zijn (Donker, 2000). Bij invoering van het gebruik van neurowetenschappelijke instrumenten (hartslagmeters, neuropsychologische testen) in een praktijksector is het belangrijk om aan de professionals in die sector en de jongeren en ouders waar het om gaat, voorlichting te geven over de relevantie van de metingen in relatie tot gedrag en over de inzichten die de metingen kunnen opleveren.

Volgens sommige van de geïnterviewde experts is de kennis over bijvoorbeeld de relatie tussen vermogens tot impulscontrole of empathie en agressie rijp om in voorlichtings- en psycho-educatiemateriaal voor jongeren en professionals in de strafrechtketen te worden verwerkt. Het kan helpen om jongeren meer inzicht te geven in bijvoorbeeld de vraag waarom ze agressief zijn. Als voorbeeld kan dienen voorlichtingsmateriaal over ADHD, waarin de kennis over de neurobiologische kant al is verwerkt. Ook in de context van 'hersenen en leren' zijn methodieken ontwikkeld voor voorlichting en psycho-educatie over hersenen en gedrag als ondersteuning voor ouders en leraren van adolescenten (bijvoorbeeld de module 'Leer het brein kennen' en andere; Dekker, 2013; Dekker & Jolles, 2016). Niet alleen verspreiding van algemene neurowetenschappelijke kennis is belangrijk, ook het verkrijgen van meer inzicht in de eigen (neurobiologische) processen kan belangrijk zijn. Zoals eerder vermeld, wordt in de huidige screening binnen de jeugdstrafrechtketen nog vrijwel uitsluitend gebruikgemaakt van psychologische en psychiatrische gegevens, terwijl inmiddels uit onderzoek duidelijk is dat ook biologische aspecten van belang zijn bij antisociaal gedrag. Psychologische, sociale en biologische informatie samen kunnen een completer beeld geven van de jongere waar het om gaat dan elke soort informatie afzonderlijk. Als een jongere weet dat ook biologische factoren een rol kunnen spelen bij zijn of haar gedrag, kan hij of zij wellicht betere keuzes maken dan als deze factoren buiten beeld blijven (zie hierover ook Cornet & De Kogel, 2015).

7.4.3 Implementatie

Implementatie kan omschreven worden als het proces van ingebruikneming of integratie van (nieuwe) methoden of werkwijzen in een setting (Moullin et al., 2015). Implementatie kan tegenvallen. Het invoeren van gedragsinterventies binnen het werkterrein van het gevangeniswezen en de reclassering, een innovatie die vanaf begin jaren 2000 plaatsvond, verliep bijvoorbeeld niet zonder slag of stoot (Nas, Van Ooyen-Houben & Wieman, 2011). De uitvoer-

ders van de gedragsinterventies en wetenschappelijk onderzoekers kregen onder meer te maken met een tegenvallende instroom van deelnemers, een onjuiste selectie van die deelnemers en gebrekkige registratie van gegevens over de deelnemers en het verloop van de interventies. Nas en collega's brachten in kaart welke zaken de implementatie van gedragsinterventies hinderden. Enkele van de belangrijkste waren: gebrekkige ketensamenwerking als er verschillende partijen betrokken zijn bij de uitvoering en tegenvallende medewerking van medewerkers van organisaties aan de gedragsinterventies en aan het wetenschappelijk onderzoek met betrekking tot de effecten van de gedragsinterventies. Er bleek gebrek aan draagvlak te zijn voor de invoer van de gedragsinterventies door onder meer moeite met nieuwe werkwijzen, onbekendheid met de interventie, praktische problemen met inplannen en gebrek aan motivatie door reorganisaties en personeelstekort. Overigens geven ook sommigen van de voor het huidige onderzoek geïnterviewde experts aan dat überhaupt het documenteren in inrichtingen van de problemen van jongeren te wensen overlaat.

Veel omstandigheden kunnen implementatie van innovaties beïnvloeden. Daarbij kunnen problemen een rol spelen die te maken hebben met implementatie in het algemeen, maar vermoedelijk spelen bij implementatie van innovaties nog andere problemen een rol. Implementatie is een vak apart. In dit rapport is er niet de ruimte om daar uitgebreid op in te gaan. In dat licht zou het wenselijk zijn om de implementatiefase apart aandacht te geven en te onderscheiden van de uiteindelijke uitvoering. Er bestaan verschillende raamwerken voor implementatie van vernieuwingen, bijvoorbeeld interventies, richtlijnen, of nieuwe kennis, waaruit kan worden gekozen (zie bijvoorbeeld Moullin et al., 2015 voor een overzicht op het gebied van gezondheidszorg).

Specifiek op het gebied van neurowetenschap en antisociaal gedrag zijn er binnen de strafrechtketen al een aantal initiatieven waaraan leer- en aandachtspunten kunnen worden ontleend. De HCMI-onderzoeken met antisociale en hoogrisicopopulaties laten bijvoorbeeld zien dat werving van deelnemers aan onderzoek veel investering vergt in personele inzet en doorlooptijd. In het kader van een recent onderzoekproject in gesloten justitiële jeugdinrichtingen van Nauta en collega's zal een apart artikel worden geschreven over de leer- en aandachtspunten met betrekking tot de praktische implementatiekant van het onderzoek.

7.4.4 Ethische aandachtspunten

De belangrijkste ethische aandachtspunten die genoemd zijn in de interviews en expertmeetings over implementatie van neurowetenschappelijke instrumenten, preventiemethoden en interventies worden hier kort besproken.

Bij het thema 'neurowetenschappelijke meetinstrumenten' zijn de aspecten privacy en eigenaarschap van belang. Metingen van bijvoorbeeld hartslag, hersenfunctie en -structuur, of genetische profielen zouden als 'bijvangst' informatie kunnen opleveren over de gezondheid van betrokkene en in sommige gevallen ook diens verwanten. Ook is het mogelijk om uit lichaamsmateriaal of hersenscans een veelheid van gegevens af te leiden, ook andere gegevens dan die nodig zijn voor de specifieke vraag waartoe ze verzameld werden. Deze zaken zouden in onderzoeksprotocollen moeten worden geregeld. Verder kan het zijn dat betrokkene inzicht wil in zijn eigen gegevens. Dit vergt begeleiding omdat de interpretatie complex is. Omdat deze zaken in veel van de huidige medische onderzoeken ook aan de orde zijn, zijn er bestaande *best practices* en formats die kunnen worden bewerkt voor specifieke situaties. Het inzicht krijgen in de eigen (neurobiologische) processen heeft uiteraard ook positieve kanten, zoals vermeld in paragraaf 7.4.2 over kennisverspreiding.

Bij de relatief nieuwe draagbare meetinstrumenten met sensoren die online de metingen verwerken (bijvoorbeeld de Empatica-polsband, zie hoofdstuk 4) wordt het punt van eigenaarschap en privacy als risico aangeduid (De Groot, Timmers & Den Braber, 2014). Een hoofdpunt betreft de vraag wie zeggenschap heeft over de gegevens die verzameld worden. Is dat degene die de gegevens verzamelt over zichzelf, de eigenaar van het apparaat, of degene wiens platform gebruikt wordt? De data van een Empatica-polsband gaan bijvoorbeeld automatisch naar de fabrikant. Dit heeft consequenties voor de privacy van de gebruikers. Hoe weet een gebruiker waar zijn gegevens zich bevinden en wat gebeurt er als een gebruiker zijn gegevens wil verwijderen? Een vraag is ook op welke basis mensen kunnen worden gestimuleerd om mee te doen met het verzamelen van informatie. Om redenen van kosten(besparing), of vanwege het belang dat wordt gehecht aan inzicht in de eigen gezondheid? Kunnen of moeten mensen worden aangezet tot zelfmetingen die kunnen bijdragen aan een hoger gezondheidsdoel voor de samenleving? Voor de wijze waarop men in de jeugdstrafrechtketen hiermee wil omgaan moet wellicht ook een richtlijn worden gemaakt.

Bij het thema 'neurowetenschappelijke preventie' wordt door geïnterviewde experts vooral de vraag gesteld welke belangen mogen of moeten worden gediend met preventie. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen algemene (of primaire) preventie bij groepen uit de reguliere populatie en specifieke (of secundaire) preventie bij risicogroepen. Bij algemene preventie zou er volgens sommigen het meest voor te zeggen zijn om deze zuiver vanuit het belang van het kind in te zetten. Als wordt ingezet op het stimuleren van goede mentale gezondheid, cognitieve vaardigheden en sociale ontwikkeling van een kind, vergroot dat waarschijnlijk ook de kans dat het kind geen antisociaal gedrag ontwikkelt. De inzet zou dan niettemin het belang van het

kind moeten blijven. Op het moment dat er al een delict gepleegd is, zou er ook een maatschappelijke reden zijn om in te grijpen omdat het kind al heeft laten zien dat het daadwerkelijk een risico is voor anderen. Dat maakt volgens sommigen neurobiologisch of ander ingrijpen beter te rechtvaardigen. Door experts wordt daarnaast ook benoemd dat het juist onethisch kan zijn om niet de beschikbare neurowetenschappelijke kennis te gebruiken waardoor mogelijk effectieve preventie of interventie aan jongeren onthouden wordt. Ook wordt door sommigen aangegeven dat een kind meer schade oploopt als het vroeger in de jeugd problemen ontwikkelt. Door vroege preventie kan dat bij een aantal kinderen voorkomen worden. Een aandachtspunt dat nadere belichting en debat verdient, is de vraag hoe ver de overheid mag gaan met (preventief) interveniëren. Daarnaast is het belangrijk dat er meer maatschappelijke discussie komt over de wenselijkheid van vroege screening.

Bij het thema interventie worden daarnaast nog ethische risico's benoemd van invasieve interventies zoals hersenstimulatie of toediening van hormonen. De effecten daarvan op langere termijn zijn nog niet bekend. Ook kunnen bij sommige behandelingen zware bijwerkingen een rol spelen. Dergelijke vragen zijn, meer nog dan bij andere groepen, van belang bij kwetsbare groepen in afhankelijkheidssituaties, bijvoorbeeld in jeugdinrichtingen, waarbij het risico van ervaren (subtiele) drang moeilijk is uit te sluiten.

Bij alle drie de thema's ten slotte is de vrees voor stigmatisering van belang wanneer individuen op basis van neurobiologische maten worden ingedeeld bij een risicogroep of worden geselecteerd voor preventie of interventie. Gesteld kan worden dat het hoofdpunt is of iemand gestigmatiseerd wordt of niet en dat het niet uitmaakt of dat gebeurt op basis van psychologische, sociale, neurobiologische of andere factoren. Toch zijn er aanwijzingen dat neurowetenschappelijke informatie soms als extra gezaghebbend wordt gezien. Zo bleek uit onderzoek dat mensen allerlei verklaringen voor gedrag aanzienlijk serieuzer nemen als er afbeeldingen van MRI-scans of neurowetenschappelijke termen bij worden gebruikt (Weisberg et al, 2008; McCabe & Castel, 2008; West, Lawson & Grose-Fifer, 2014). Daarnaast is een misverstand over biologische factoren in relatie tot antisociaal gedrag, het idee dat biologische factoren onveranderbaar zijn, nog steeds wijdverbreid (Rocque, Welsh & Raine, 2014; Donker, 2000).

Het bovenstaande illustreert het belang van goede voorlichting en het wegnemen van misverstanden over het neurowetenschappelijk perspectief op antisociaal gedrag. Op die manier kunnen enerzijds de onbekendheid met neurowetenschap en anderzijds te hoge of te lage verwachtingen van de neurowetenschap verminderen.

Summary

Neuroscientific applications in the juvenile criminal justice system
An inventory of measurement instruments, prevention and intervention methods

Why this report?

This report investigates how neuroscientific research could be applied in the juvenile criminal justice system. Neuroscientific research on antisocial behavior has gained more attention in the last decades. This has resulted in a better understanding of neurobiological characteristics that presumably underlie antisocial behavior, such as alterations in hormone levels and deficits in brain functioning. In the field of criminal justice, there is an increasing demand for neuroscientific knowledge concerning antisocial behavior. Of particular interest is how neurobiological mechanisms and processes contribute to juvenile delinquency. Knowledge of the neurobiological mechanisms underlying behavior may be viewed as a piece of the puzzle, just as knowledge about psychological and social factors in relation to behavior. Recent studies show that incorporating neuroscientific knowledge, in addition to traditional psychosocial perspectives, may lead to a more effective and efficient approach of juvenile criminal behavior.

For whom is this report intended?

This report is aimed at everyone working in the juvenile criminal justice system or otherwise involved in targeting antisocial behavior in children and adolescents. This includes the Ministry of Security and Justice, judicial institutions, the Child Care and Protection Board, the Juvenile Probation Service, the Council for the Judiciary, the Prosecution Service and the police. This report is also intended for municipal institutions and schools. Since the inception of a new juvenile law in 2015 in the Netherlands, the legal responsibility for the welfare of children and adolescents has been decentralized and secured at the municipal level. This includes the provision of basic and specialized intervention for behavioral problems. This report is also for the benefit of scientists. Collaboration between societal and scientific communities is crucial, as many of the measurement instruments and methods of prevention and intervention described in this report could be implemented as *pilots in practice*, requiring scientific scrutiny in the process.

The study

Current measurement instruments, prevention strategies and intervention methods for juvenile delinquents are based on social and psychological models of antisocial behavior that do not yet incorporate knowledge, methods and practices from neurobiology. The present study aims to provide an update on the current application of neuroscientific research in the juvenile criminal justice system and comprises three areas of interest: *measurement instruments, prevention and intervention.*

Research questions

In order to obtain a perspective on how neuroscience can be used in these three areas, the following research questions were formulated. In what way could neuroscience be applicable:

1 …to the use of measurement instruments in the juvenile criminal justice system?
2 …to the prevention of antisocial behavior in juveniles?
3 …to the intervention of antisocial behavior in juveniles?

Research methods

To answer these questions a systematic literature review was carried out. In addition, meetings and workshops were organized with experts from science and forensic practice.

Main objective of this report

This report concerns an inventory of possible neuroscientific applications in the juvenile criminal justice system. Its primary function is to serve as a reader's guide in the field of neuroscience involved with criminal justice, and to give examples of neuroscientific applications in the juvenile criminal justice system. For the actual implementation of neuroscientific practices in the juvenile criminal justice system, specific expertise is required. As the application of neuroscientific knowledge in the juvenile criminal justice system is still in development, it is important to continue studying the neurobiological mechanisms involved in antisocial behavior in order to optimize its usability and methodological quality. Finally, much is still unknown about the neurobiological correlates of antisocial behavior. Therefore, in order to develop a firm and innovative basis for the application of neuroscience in the juvenile

criminal justice system, recommendations for additional scientific research are provided.

Current state of knowledge

A systematic literature search concerning the neurobiology of antisocial behavior was carried out. Key findings are summarized for each domain we surveyed (Table S1).

Table S1 Key findings of the neurobiology of antisocial behavior

Neuroscientific domain	Key findings
Brain	There appears to be a relation between antisocial behavior and less activity and smaller volume of specific brain regions, including frontal brain areas and the amygdala.
Neuropsychology	Antisocial behavior has been linked to deficits in neuropsychological functions, including those pertaining to self-control, planning, problem solving and social cognition.
Neurotransmitters	There is some evidence linking low serotonin levels to antisocial behavior.
Hormones	Antisocial behavior may be associated with low or altered cortisol concentrations and possibly with high concentrations of testosterone.
Psychophysiology	There is a robust association between antisocial behavior and low resting heart rate.
Genetics	The combination of genes an environmental factors, play an important role in the development of antisocial behavior.

The findings mentioned above are to be considered in concert. For example, research shows that individuals who exhibit callous-unemotional traits appear to be less sensitive to stress and punishment. This may be due to a less responsive stress system which, in turn, may be associated with lower resting heart rate, lower concentrations of cortisol and less activity of the amygdala compared to individuals without callous-unemotional traits. In addition, results indicate an association between antisocial behavior and specific neurobiological markers or mechanisms. However, much is still unknown about why certain neurobiological markers are different or deficient in individuals with antisocial behavior. Furthermore, there is limited research available on the predictive value of neurobiological markers in relation to antisocial behavior. Nevertheless, despite these limitations, neuroscientific knowledge may enhance our understanding of individual problems and can be of additive value to the knowledge obtained in other areas of expertise.

Neuroscience and measurement instruments

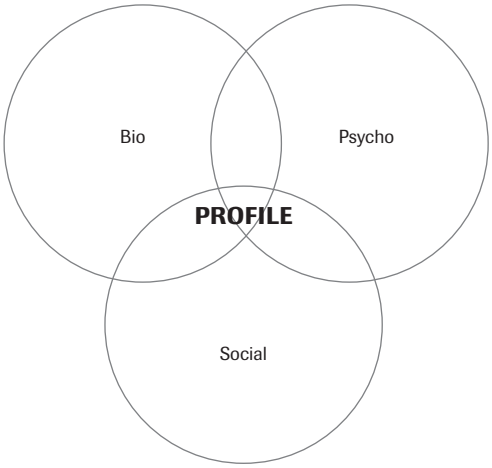
The following three neuroscientific measurement methods may be implemented in the juvenile criminal justice system in the short term (table S2):

Table S2 Neuroscientific methods

Neuroscientific domain	Examples
Neuropsychology	Neuropsychological tests that assess working memory, attention, self-regulation, emotion regulation, empathy and cognitive flexibility.
Hormones	Saliva samples to determine cortisol and testosterone levels.
Psychophysiology	Heart rate instruments to assess resting heart rate.

Neuroscientific measurement instruments should be viewed as an *additional* source of information to methods that are already being used in the juvenile criminal justice system (including (self-report) questionnaires, file records and third-party information). Combining neuroscientific and psychosocial information could aid in establishing *biopsychosocial profiles* (figure S1).

Figure S1 Biopsychosocial profile



These kinds of *multidimensional* profiles can be used to:

– Assess risk; by integrating neurobiological risk factors (such as lower resting heart rate) and protective factors, (such as better neuropsychological functioning), tools intended to assess risk of for instance criminal behavior can be improved;
– plan interventions; neuroscientific knowledge could contribute to the prediction, monitoring and evaluation of treatment outcome, and therefore enhance personalized treatment for juveniles with antisocial behavior;

– enhance treatment and supervision; neuroscience could offer an extra perspective in providing insight in general functioning and needs of juveniles, with this knowledge treatment and supervision can be better adapted to the needs of juveniles.

Finally, a number of innovative developments could be of interest for the juvenile criminal justice system. An example is the development of 'wearables', sensors carried on the body that allow easy measurement of physiological functions, such as heart rate (the Empatica wristband for example, see figure S2).

Figure S2 Empatica wristband



Neuroscience and prevention

Research shows that four neuroscience-based prevention methods could be effective in improving self regulation and reducing antisocial behavior later in life. These may be applied as *primary* (with juveniles from the general population) or *secondary* (with at risk juveniles or those with antisocial traits) prevention methods (table S3):

Table S3 Neuroscience-based prevention methods

Prevention method	Examples
Environmental enrichment	Influencing environmental factors to exert a positive effect on neurobiological traits.
Self regulation training	Reward training, meditation techniques or self regulation training.
Dietary supplements	Omega-3 supplements.
Family interventions	Training aimed at developing and improving the parent-child relationship.

In addition to the implementation of neuroscientific prevention methods, neuroscience may be of help in:
- biopsychosocial screening to determine which individuals are at risk for developing antisocial behavior and for whom preventive intervention should be indicated;
- improving existing prevention methods to accommodate the individual needs of the child, based on knowledge about possible neurobiological deficits;
- monitoring the early neurobiological development of the child.

Experts in the field agree on the importance of raising awareness in parents, teachers and adolescents about the development of brain and behavior during childhood and adolescence, in order to gain a better understanding of behavior and to prevent problematic behavior.
Knowledge about neurobiological mechanisms and processes can help in the early identification of risk factors for the development of antisocial behavior. However, this calls for an ethical discussion about at what age prevention should take place and how far we, as a society, are willing to go in this respect.

Neuroscience and intervention

A number of neurobiological interventions could be implemented in the short term in the juvenile criminal justice system (table S4):

Table S4 Neurobiological interventions

Intervention	Examples
Neuropsychological training	Training specific brain functions that show deficits in persons with antisocial behavior (for example with serious gaming).
Mindfulness training	Stimulating heightened awareness through meditation.
Food supplements	Including omega-3 fatty acids (figure S3).
Psychophysiological feedback	Monitoring and influencing one's own heart rate.
Medication	Restoring balance in certain chemicals (neurotransmitters) in the brain.

Aside from implementing neurobiological interventions, neuroscience may also contribute to:
- providing insight in treatment motivation and readiness;
- prediction of treatment outcome and thereby improve selection of appropriate interventions;

– monitoring and evaluation of treatment progress and outcome;
– improving the content of traditional interventions by, for example, adding a module designed to improve working memory or emotion recognition.

In the long term, innovative neurobiological interventions currently under investigation and in development, may be implemented. An example of such an intervention is neurofeedback.

Regarding the implementation of neurobiological interventions, it is important that certain practical and ethical challenges are addressed. First of all, the precise working mechanisms and effectiveness of some of the neurobiological interventions are unknown. Second, it is important that the aforementioned interventions are implemented under scientific guidance and are carried out by properly trained personel. Furthermore, adequate attention should be given to avoidance of strenuous side-effects (of medication for example).

Figure S3 Omega-3 fish oil as treatment



Neuroscience in practice

Neuroscientific knowledge could contribute, on the one hand, to a more personalized treatment approach and, on the other hand, provide individuals with a better insight in their own behavior. This is particularly relevant given the large individual variation in adolescent brain development. Measuring (with neuroscientific methods) and influencing (with prevention and intervention methods) individual neurobiological characteristics, aside from psy-

chological and social characteristics, contributes to a more personalized approach. Also, attaining more insight in one's own neurobiological functioning could be important. When a person knows that neurobiological factors play a role in behavior, he or she might make different choices compared to when the influences of these factors are unknown or not considered.

How to bring neuroscientific instruments, prevention and intervention methods into practice?

The following should be considered:
- having regard for the question as to which expertise is required to apply neuroscientific instruments or prevention/intervention methods;
- raising awareness and stimulate transfer of knowledge to prevent misunderstandings about the interpretation and meaning of neuroscientific outcome measures;
- promote scientific guidance or supervision during the implementation of neuroscientific instruments and prevention/intervention methods;
- paying attention to ethical aspects such as side-effects of medication, stigmatization due to early prevention, and privacy issues concerning the use of organic material (e.g., hormones);
- adhering to guidelines regarding the handling of neuroscientific data, particularly with respect to ownership, data administration, and storage of material.

Recommendations for further research

This report brings forth a number of recommendations for further research. These issues aim to provide more substance and depth to the evidence indicating an added value of neuroscience to the juvenile criminal justice system and beyond. Some of the recommendations are given below (please see chapter 7 of the report for the full set of recommendations):

a For the screening and training of juveniles, develop neuropsychological tests that are more attractive and closer resemble real life situations.
b Develop a neuropsychological test battery designed to determine neuropsychological deficits that are specific to adolescents with antisocial behavior.
c Promote research that uses new technologies to study cognitive, emotional and psychophysiological characteristics of adolescents with antisocial behavior.
d Start research to evaluate the effectiveness of innovative neurobiological prevention and intervention methods targeting antisocial behavior and underlying neurobiological mechanisms.

e Study potential neurobiological indices (e.g., neuropsychological functioning, psychophysiology, gene variants) of treatment outcome and their added value in assigning treatment programs to individuals.
f Stimulate development of new (preventive) interventions using new techniques such as biofeedback, serious gaming, hormone treatment and possibly brain stimulation.
g Study the developmental stages of different brain regions during adolescence to gain more insight in the development of antisocial behavior.
h Attempt to determine within which developmental stage the largest effects can be reached with specific prevention and intervention methods.

Literatuur

Adachi, P.J., & Willoughby, T. (2013). More than just fun and games: The longitudinal relationships between strategic video games, self-reported problem solving skills, and academic grades. *Journal of Youth and Adolescence, 42,* 1041-1052.

Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behavior. *Nature Reviews Neuroscience, 4,* 165-178.

Ahmed, S.P., Bittencourt-Hewitt, A., & Sebastian, C.L. (2015). Neurocognitive bases of emotion regulation development in adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience, 15,* 11-25.

Albers, H.E. (2012). The regulation of social recognition, social communication and aggression: Vasopressin in the social behavior neural network. *Hormones and Behavior, 61,* 283-292.

Aldao, A. (2013). The future of emotion regulation research: Capturing context. *Perspectives on Psychological Science, 8,* 155-172.

Alink, L.R.A., IJzendoorn, M.H. van, Bakermans-Kranenburg, M.J., Mesman, J., Juffer, F., & Koot, H.M. (2008). Cortisol and externalizing behavior in children and adolescents: Mixed meta-analytic evidence for the inverse relation of basal cortisol and cortisol reactivity with externalizing behavior. *Developmental Psychobiology, 50*, 427-50.

Allen, M., Dietz, M., Blair, K.S., Beek, M. van, Rees, G., Vestergaard-Poulsen, P., & Roepstorff, A. (2012). Cognitive-affective neural plasticity following active-controlled mindfulness intervention. *Journal of Neuroscience, 32,* 15601-15610.

Allen, J.G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J.D. (2016). Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental Health Perspective, 124*, 805-812.

Alvarez, J.A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review. *Neuropsychology Review, 16,* 17-42.

American Psychiatric Association (APA), (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fourth edition (DSM-IV)*. Washington DC: APA.

Andel, H.W.H. van, Jansen, L.M.C., Grietens, H., Knorth, E.J., & Gaag R.J. van der (2014). Salivary cortisol: a possible biomarker in evaluating stress and effects of interventions in young foster children? *European Child & Adolescent Psychiatry, 23,* 3-12.

Anderson, C.A., & Bushman, B.J. (2002). Human aggression. *Annual Review of Psychology, 53*, 27-51.

Andrews, D.A., & Bonta, J. (1998). *The psychology of criminal conduct* (2nd ed.). Cincinnati, OH: Anderson.

Archer, J., Graham-Kevan, N., & Davies, M. (2005). Testosterone and aggression: A reanalysis of Book, Starzyk, and Quinsey's (2001) study. *Aggression and Violent Behavior, 10,* 241-261.

Armstrong, T.A., & Boutwell, B.B. (2012). Low resting heart rate and rational choice: Integrating biological correlates of crime in criminological theories. *Journal of Criminal Justice, 40,* 31-39.

Arnett, J.J. (1999). Adolescent storm and stress, reconsidered. *American Psychologist, 54*, 317-326.

Aron, A.R., Robbins, T.W., & Poldrack, R.A. (2014). Inhibition and the right inferior frontal cortex: One decade on. *Trends in Cognitive Sciences, 18*, 177-185.

Arranz, M.J., Rivera, M., & Munro, J.C. (2011). Pharmacogenetics of response to antipsychotics in patients with schizophrenia. *CNS Drugs, 25,* 933-969.

Auty, K.M., Cope, A., & Liebling, A. (2015). A systematic review and meta-analysis of yoga and mindfulness meditation in prison: Effects on psychological well-being and behavioural functioning. *International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology.*[Epub ahead of print].

Bagner, D.M., Graziano, P.A., Jaccard, J., Sheinkopf, S.J., Vohr, B.R., & Lester, B.M. (2012). An initial investigation of baseline respiratory sinus arrhythmia as a moderator of treatment outcome for young children born premature with externalizing behavior problems. *Behavior Therapy, 43,* 652-665.

Baker, E.C., Shelton, K.H., Baibazarova, E., Hay, D.F., & Goozen, S.H.M. van (2013). Low skin conductance activity in infancy predicts aggression in toddlers 2 years later. *Psychological Science, 24,* 1051-1056.

Bakermans-Kranenburg, M.J., & IJzendoorn, M.H. van (2007). Research Review: Genetic vulnerability or differential susceptibility in child development: The case of attachment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 48,* 1160-1173.

Bakermans-Kranenburg, M.J., & IJzendoorn, M.H. van (2011). Differential susceptibility to rearing environment depending on dopamine-related genes: New evidence and a meta-analysis. *Development and Psychopathology, 23*, 39-52.

Bakermans-Kranenburg, M.J., & IJzendoorn, M.H. van (2015). The hidden efficacy of interventions: Gene × environment experiments from a differential susceptibility perspective. *Annual Review of Psychology, 66*, 381-409.

Bakermans-Kranenburg, M.J., IJzendoorn, M.H. van, Mesman, J., Alink, L.R.A., & Juffer, F. (2008a). Effects of an attachment-based intervention on daily cortisol moderated by DRD4: A randomized control trial on 1-3-year-olds screened for externalizing behavior. *Development & Psychopathology, 20*, 805-820.

Bakermans-Kranenburg, M.J., IJzendoorn, M.H. van, Pijlman, F.T.A., Mesman, J., & Juffer, F. (2008b). Experimental evidence for differential susceptibility: Dopamine D4 receptor polymorphism (DRD4 VNTR) moderates intervention effects on toddlers' externalizing behavior in a randomized controlled trial. *Developmental Psychology, 44,* 293-300.

Barnett, R., Maruff, P., & Vance, A. (2009). Neurocognitive function in attention-deficit-hyperactivity disorder with and without comorbid disruptive

behaviour disorders. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry, 43,* 722-730.

Baskin-Sommers, A.R., Curtin, J.J., & Newman, J.P. (2015). Altering the cognitive-affective dysfunctions of psychopathic and externalizing offender subtypes with cognitive remediation. *Clinical Psychological Science, 3,* 45-57.

Bateman, A., Bolton, R., & Fonagy, P. (2013). Antisocial personality disorder: a mentalizing framework. *Focus: Journal of Lifelong Learning in Psychiatry, 11*, 178-186.

Bateman, A. & Fonagy, P. (2012). *Handbook of mentalizing in mental health practice*. Washington: American Psychiatric Press.

Beauchaine, T.P., Gartner, J., & Hagen, B. (2000). Comorbid depression and heart rate variability as predictors of aggressive and hyperactive symptom responsiveness during inpatient treatment of conduct-disordered, ADHD boys. *Aggressive Behavior, 26,* 425-441.

Beauchaine, T.P., Gatzke-Kopp, L., Neuhaus, E., Chipman, J., Reid, M.J., & Webster-Stratton, C. (2013). Sympathetic- and parasympathetic-linked cardiac function and prediction of externalizing behavior, emotion regulation, and prosocial behavior among preschoolers treated for ADHD. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 81,* 481-493.

Beaver, K., DeLisi, M., Vaughn, M., & Wright, J. (2010). The intersection of genes and neuropsychological deficits in the prediction of adolescent delinquency and low self-control. *International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology, 54*, 22-42.

Beeli, G., Casutt, G., Baumgartner, T., & Jäncke, L. (2008). Modulating presence and impulsiveness by external stimulation of the brain. *Behavioral and Brain Functions, 4,* 33.

Belsky, J., & Pluess, M. (2009). Beyond diathesis stress: differential susceptibility to environmental influences. *Psychological Bulletin, 135,* 885-908.

Benton, D. (2007). The impact of diet on antisocial, violent and criminal behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews 31,* 752-774.

Bernier, A., Carlson, S.M., & Whipple, N. (2010). From external regulation to self-regulation: early parenting precursors of young children's executive functioning. *Child Development, 81*, 326-339.

Berridge, K.C., & Kringelbach, M.L. (2008). Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals. *Psychopharmacology, 199,* 457-480.

Bierman, K.L., Nix, R.L., Greenberg, M.T., Blair, C., & Domitrovich, C.E. (2008). Executive functions and school readiness intervention: impact, moderation, and mediation in the Head Start REDI program. *Development and Psychopathology, 20*, 821-843.

Binder, D.K., & Scharfman, H.E. (2004). Brain-derived neurotrophic factor. *Growth Factors, 22,* 123-131.

Birbaumer, N., Veit, R., Lotze, M., Erb, M., Hermann, C., Grodd, W., & Flor, H. (2005). Deficient fear conditioning in psychopathy – A functional magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry 62,* 799-805.

Blair, C., Granger, D.A., Willoughby, M., Mills-Koonce, R., Cox M., Greenberg M.T., … FLP Investigators (2011). Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Development, 82*, 1970-1984.

Blair, C., & Raver, C.C. (2014). Closing the achievement gap through modification of neurocognitive and neuroendocrine function: Results from a cluster randomized controlled trial of an innovative approach to the education of children in kindergarten. *PLoS ONE, 9*, e112393.

Blakemore, S.J. (2008). The social brain in adolescence. *Nature Reviews Neuroscience 9*, 267-277.

Bloch, Y., Harel, E.V., Aviram, S., Govezensky, J., Ratzoni, G., & Levkovitz, Y. (2010). Positive effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on attention in ADHD Subjects: a randomized controlled pilot study. *World Journal of Biological Psychiatry, 11,* 755-758.

Bloch, M.H., & Qawasmi, A. (2011). Omega-3 fatty acid supplementation for the treatment of children with attention-deficit/hyper-activity disorder symptomatology: Systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 50*, 991-1000.

Bodrova, E., & Leong, D.J. (2007). *Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education*. New York: Merrill/Prentice Hall.

Bokhoven, I. van (2004). *Stability and change of antisocial behavior in children and adolescents: The role of neurobiological factors*. Proefschrift. Universitair Medisch Centrum Utrecht.

Bons, D., Broek, E. van den, Scheepers, F., Herpers, P., Rommelse, N., & Buitelaar, J.K. (2013). Motor, emotional, and cognitive empathy in children and adolescents with autism spectrum disorder and conduct disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology, 41,* 425-443.

Bos, P.A., & Honk, J. van (2010). De rol van testosteron en oxytocine in menselijke sociale interactie. *Neuropraxis, 6,* 174-177.

Bos, P.A., Panksepp, J., Bluthé, R.M., & Honk, J. van (2012). Acute effects of steroid hormones and neuropeptides on human social-emotional behavior: A review of single administration studies. *Frontiers in Neuroendocrinology, 33,* 17-35.

Bos, W. van den, Vahl, P., Güroğlu, B., Nunspeet, F. van, Colins, O., Markus, M., … Crone, E.A. (2014). Neural correlates of social decision-making in severely antisocial adolescents. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9*, 2059-2066.

Braams, B.R., Leijenhorst, L. van, & Crone, E.A. (2014). Risks, Rewards, and the Developing Brain in Childhood and Adolescence. In V.F. Reyna & V. Zayas (red.), *The neuroscience of risky decision making*. Washington DC: American Psychological Association.

Bradshaw, C.P., Goldweber, A., Fishbein, D., & Greenberg, M.T. (2012). Infusing developmental neuroscience into school-based preventive inter-

ventions: Implications and future directions. *Journal of Adolescent Health, 51*, 41-47.

Brenhouse, H.C., & Andersen, S.L. (2011). Developmental trajectories during adolescence in males and females: A cross-species understanding of underlying brain changes. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 35*, 1687-1703.

Brickenkamp, R. (2007). *D2 Aandachts- en concentratietest Handleiding.* Amsterdam: Hogrefe Uitgevers.

Brower, M.C., & Price, B.H. (2001). Neuropsychiatry of frontal lobe dysfunction in violent and criminal behaviour: a critical review. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 71,* 720-726.

Bruce, J., McDermott, J.M., Fisher, P.A., & Fox, N.A. (2009). Using behavioral and electrophysiological measures to assess the effects of a preventive intervention: A preliminary study with preschool-aged foster children. *Prevention Science, 10,* 129-140.

Buckholtz, J.W., & Meyer-Lindenberg, A. (2008). MAOA and the neurogenetic architecture of human aggression. *Trends in Neuroscience, 31*, 120-129.

Buckner, R.L., Andrews-Hanna, J.R., & Schacter, D.L. (2008). The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1124*, 1-38.

Buckner, J.C., Mezzacappa, E., & Beardslee, W.R. (2003). Characteristics of resilient youths living in poverty: The role of self-regulatory processes. *Development and Psychopathology, 15*, 139-162.

Buikhuisen, W. (2006). Criminologie, biologie en de centrale plaats van de amygdala. *Justitiële verkenningen, 32*, 11-32.

Buikhuisen, W. (2007). *Chronische criminaliteit: De betekenis van het amygdaloid complex en prenatal malnutrition.* Voordracht Congres Voeding en Gedrag, Utrecht.

Burgess, P.W., Alderman, N., Evans, J., Emslie, H., & Wilson, B.A. (1998). The ecological validity of tests of executive function. *Journal of the International Society, 4,* 547-558.

Burt, A.S. (2009). Are there meaningful etiological differences within antisocial behavior? Results of a meta-analysis. *Clinical Psychology Review, 29*, 163-178.

Burt, A.S. (2013). Do etiological influences on aggression overlap with those on rule breaking? A meta-analysis. *Psychological Medicine, 43*, 1801-1812.

Bush, G., Luu, P., & Posner, M.I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences, 4,* 215-222.

Bush, G., Vogt, B.A., Holmes, J., Dale, A.M., Greve, D., Jenike, M.A., & Rosen, B.R. (2002). Dorsal anterior cingulate cortex: A role in reward-based decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A., 99,* 523-528.

Cappadocia, M.C., Desrocher, M., Pepler, D., & Schroeder, J.H. (2009). Contextualizing the neurobiology of conduct disorder in an emotion dysregulation framework. *Clinical Psychology Review, 29,* 506-518.

Caria, A., Sitaram, R., & Birbaumer, N. (2012). Real-time fMRI: A tool for local brain regulation. *The Neuroscientist, 18,* 487-501.

Carter, E.C., Kofler, L.M., Forster, D.E., & McCullough, M.E. (2015). A series of meta-analytic tests of the depletion effect: Self-control does not seem to rely on a limited resource. *Journal of Experimental Psychology: General, 144*, 796-815.

Casey, B.J., & Caudle, K. (2013). The teenage brain: Self control. *Current Directions in Psychological Science, 22*, 82-87.

Caspi, A., McClay, J., Moffitt, T.E., Mill, J., Martin, J., Craig, I.W., … Poulton, R. (2002). Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children. *Science, 297,* 851-854.

Caspi, A., Moffitt, T.E., Newman, D.L., & Silva, P.A. (1996). Behavioral observations at age 3 years predicts adult psychiatric disorders. *Archives of General Psychiatry, 53,* 1033-1039.

Caspi, A., Sugden, K., Moffitt, T.E., Taylor, A., Craig, I.W., Harrington, H., … Poulton, R. (2003). Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene. *Science, 301*, 386-389.

Cauffman, E., Steinberg, L., & Piquero, A.R. (2005). Psychological, neuropsychological and physiological correlates of serious antisocial behavior in adolescence: the role of self-control. *Criminology, 43*, 133-176.

Cecil, K.M., Brubaker, C.J., Adler, C.M., Dietrich, K.N., Altaye, M., Egelhoff, J.C., … Lanphear, B.P. (2008). Decreased brain volume in adults with childhood lead exposure. *PLoS Medicine, 5*, e112.

Chambers, R., Gullone, E., & Allen, N.B. (2009). Mindful emotion regulation: An integrative review. *Clinical Psychology Review, 29*, 560-572.

Chaytor, N., Schmitter-Edgecombe, M., & Burr, R. (2006). Improving the ecological validity of executive functioning assessment. *Archives of Clinical Psychology, 21,* 217-227.

Chen, F.R., Raine, A., Soyfer, L., & Granger, D.A. (2015). Interaction of adrenocortical activity and autonomic arousal on children's externalizing and internalizing behavior problems. *Journal of Abnormal Child Psychology, 43,* 189-202.

Clark, D. (2000). *Theory manual for enhanced thinking skills*. Geschreven voor Joint Accreditation Panel, UK.

Coccaro, E.F., & Kavoussi, R.J. (1997). Fluoxetine and impulsive aggressive behavior in personality-disordered subjects. *Archives of General Psychiatry, 54,* 1081-1088.

Coccaro, E.F., Kavoussi, R.J., Hauger, R.L., Cooper, T.B., & Ferris, C.F. (1998). Cerebrospinal fluid vasopressin levels correlates with aggression and serotonin function in personality disordered subjects. *Archives of General Psychiatry, 55,* 708-714.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.

Comai, S., Tau, M., Pavlovic, Z., & Gobbi, G. (2012). The psychopharmacology of aggressive behavior: A translational approach. Part 2: Clinical studies using atypical antipsychotics, anticonvulsants, and lithium. *Journal of Clinical Psychopharmacology, 32*, 237-260.

Constantino, J.N., Grosz, D., Saenger, P., Chandler, D.W., Nandi, R., & Earls, F.J. (1993). Testosterone and aggression in children. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 32,* 1217-1222.

Cope, L.M., Shane, M.S., Segall, J.M., Nyalakanti, P.K., Stevens, M.C., Pearlson, G.D., … Kiehl, K.A. (2012). Examining the effect of psychopathic traits on gray matter volume in a community substance abuse sample. *Psychiatry Research, 204,* 91-100.

Cornet, L.J.M. (2015). Using basic neurobiological measures in criminological research. *Crime Science, 4,* 1-16.

Cornet, L.J.M., Böhmer, M.N., Laan, P.H. van der, & Kogel, C.H. de (2014a). Neurobiologisch onderzoek en justitiële gedragsinterventies, *Delikt & Delinkwent, 72*, 750-762.

Cornet, L.J.M., & Kogel, C.H. de (2015). Is de mens voor een biocriminoloog per definitie onvrij? *Justitiële Verkenningen, 5,* 50-61.

Cornet, L.J.M., Kogel, C.H. de, Nijman, H.L.I., Raine, A., & Laan, P.H. van der (2014b). Neurobiological factors as predictors of cognitive-behavioral therapy outcome in individuals with antisocial behavior: A review of the literature. *International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology, 58,* 1279-1296.

Cornet, L.J.M., Kogel, C.H. de, Nijman, H., Raine, A., & Laan, P.H. van der (2015a). Neurobiological changes after intervention in individuals with antisocial behavior: A literature review. *Criminal Behaviour and Mental Health, 25,* 10-27.

Cornet, L.J.M., Laan, P.H. van der, Nijman, H.L.I., Tollenaar, N., & Kogel, C.H. de (2015b). Neurobiological factors as predictors of prisoners' response to a cognitive skills training. *Journal of Criminal Justice, 43,* 122-132.

Coyne, M.A., Vaske, J.C., Boisvert, D.L., & Wright, J.P. (2015). Sex differences in the stability of self-regulation across childhood. *Journal of Developmental and Life-Course Criminology, 1,* 4-20.

Crone, E.A., Bullens, L., Plas, E.A. van der, Kijkuit, E.J., & Zelazo, P.D. (2008). Developmental changes and individual differences in risk and perspective taking in adolescence. *Development and Psychopathology, 20,* 1213-1229.

Crone, E.A., & Dahl, R.E. (2012). Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility. *Nature Reviews Neuroscience, 13,* 636-650.

Crone, E.A., & Elzinga, B. (2015). Changing brains: How longitudinal functional neuroimaging inform us about developmental grown trajectories. *Wiley Cognitive Science, 6,* 53-63.

Dadds, M.R., Cauchi, A.J., Wimalaweera, S., Hawes, D.J., & Brennan, J. (2012). Outcomes, moderators, and mediators of empathic-emotion recognition training for complex conduct problems in childhood. *Psychiatry Research, 199,* 201-207.

Dahl, R.E. (2004). Adolescent brain development: A period of vulnerabilities and opportunities. Keynote address. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1021*, 1-22.

Dambacher, F., Schuhmann, T., Lobbestael, J., Arntz, A., Brugman, S., & Sack, A.T. (2015a). Reducing proactive aggression through non-invasive brain stimulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 10,* 1303-1309.

Dambacher, F., Schuhmann, T., Lobbestael, J., Arntz, A., Brugman, S., & Sack, A.T. (2015b). No effects of bilateral tDCS over inferior frontal gyrus on response inhibition and aggression. *PloS One, 10, e0132170.*

De Brito, S.A., Viding, E., Kumari, V., Blackwood, N., & Hodgins, S. (2013). Cool and hot executive function impairments in violent offenders with antisocial personality disorder with and without psychopathy. *PLoS ONE, 8,* e65566.

Dekker, S. (2013). Brain Lessons. *Neuropsychological insights and interventions for secondary education.* Proefschrift. Vrije Universiteit van Amsterdam.

Dekker, S., & Jolles, J. (2016). Leer het brein kennen. Werken aan het doelgericht gedrag van leerlingen. Bij de les. Geraadpleegd op 5 oktober 2016: www.hersenenenleren.nl//wp-content//uploads//2015//12//150721PdekkerLBKbijdelesJJsd.pdf.

Dekker, S., Lee, N.C., & Jolles, J. (2014). Over het vóórkomen en voorkómen van neuromythen in het onderwijs. *Neuropraxis, 18,* 62-66.

DeLisi, M., & Berg, M.T. (2006). Exploring theoretical linkages between self-control theory and criminal justice system processing. *Journal of Criminal Justice, 34*, 153-163.

DeLisi, M., & Vaughn., M.G. (2011). The importance of neuropsychological deficits relating to self-control and temperament to the prevention of serious antisocial behavior. *International Journal of Child, Youth and Family Studies, 2,* 12-35.

De Oliveira-Souza, R., Hare, R.D., Bramati, I.E., Garrido, G.J., Azevedo Ignácio, F., Tovar-Moll, F., & Moll, J. (2008). Psychopathy as a disorder of the moral brain: fronto-temporo-limbic grey matter reductions demonstrated by voxel-based morphometry. *Neuroimage, 40,* 1202-1213.

Deschamps, P., Munsters, N., Kenemans, L., Schutter, D., & Matthys, W. (2014). Facial mimicry in 6-7 year old children with disruptive behavior disorder and ADHD. *PlosOne, 9,* 1-7.

D'Esposito, M., & Postle, B.R. (2002). *The organization of working memory function in lateral prefrontal cortex: evidence from event-related functional MRI.* Principles of Frontal Lobe Function, New York: Oxford University Press.

DeWall, C.N., Finkel, E.J., & Denson, T.F. (2011). Self-Control Inhibits Aggression. *Social and Personality Psychology Compass, 5(7),* 458-472.
DeWall, C.N., Gillath, O., Pressman, S.D., Black, L.L., Bartz, J.A., Moskovitz, J., & Stetler, D.A. (2014). When the love hormone leads to violence: Oxytocin increases intimate partner violence inclinations among high trait aggressive people. *Social Psychological and Personality Science, 5,* 691-697.
Diamond, A, Barnett, W.S., Thomas, J, & Munro, S. (2007) Preschool program improves cognitive control. *Science, 318,* 1387-1388.
Dickerson, S.S., & Kemeny, M.E. (2004). Acute stressor and cortisol response: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin, 130,* 355-391.
Dmitrieva, T.N., Oades, R.D., Hauffa, B.P., & Eggers, C. (2001). Dehydro-epiandrosterone sulphate and corticotropin levels are high in young male patients with conduct disorder: Comparisons for growth factors, thyroid and gonadal hormones. *Neuropsychobiology, 43,* 134-140.
Dodge, K.A. (1991). The structure and function of reactive and proactive aggression. In D.J. Pepler & K.H. Rubin (red.), *The development and treatment of childhood aggression* (pp. 201-218). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
Dodge, K.A., & Pettit, G.S. (2003). A biopsychosocial model of the development of chronic conduct problems in adolescence. *Developmental Psychology, 39,* 349-371.
Domes, G., Heinrichs, M., Michel, A., Berger, C., & Herpertz, S.C. (2007). Oxytocin improves mind reading in humans. *Biological Psychiatry, 61,* 731-733.
Dongen-Boomsma, M. van, Vollebregt, M.A., Slaats-Willemse, D., & Buitelaar, J.K. (2015). Efficacy of frequency-neurofeedback and Cogmed JM-working memory training in children with ADHD. *Tijdschrift voor Psychiatrie, 57,* 508-516.
Donk, M. van der, Hiemstra-Beernink, A-C., Tjeenk-Kalff, A., Leij, A. van der, & Lindauer, R. (2015). Cognitive training for children with ADHD: A randomized controlled trial of cogmed working memory training and 'paying attention in class'. *Frontiers in Psychology, 6*, 1081.
Donker, A.G. (2000). Het agressie-gen en andere misverstanden. *Justitiële Verkenningen, 26,* 9-18.
Dozier, M., Peloso, E., Lewis, E., Laurenceau, J., & Levine, S. (2008). Effects of an attachment-based intervention on the cortisol production of infants and toddlers in foster care. *Development and Psychopathology, 20,* 845-859.
Dreu, C.K.W. de, Shalvi, S., Greer, L.L., Kleef. G.A. de, & Handgraaf, M.J.J. (2012). Oxytocin motivates non-cooperation in intergroup conflict to protect vulnerable in-group members. *PLoS ONE, 7, e46751.*
Duckworth, A.L., & Kern, M.L. (2011). A meta-analysis of the convergent validity of self-control measures. *Journal of Research in Personality, 45,* 259-268.

Duke, S.A., Balzer, B.W.R., & Steinbeck, K.S. (2014). Testosterone and its effects on human male adolescent mood and behavior: A systematic review. *Journal of Adolescent Health, 55,* 315-322.

Duke, A.A., Bèque, L., Bell, R., & Eisenlohr-Moul, T. (2013). Revisiting the serotonin-aggression relation in humans: a meta-analysis. *Psychological Bulletin, 139,* 1148-1172.

Ebstein, R.P. (2006). The molecular genetic architecture of human personality: Beyond self-report questionnaires. *Molecular Psychiatry, 11,* 427-445.

Elliott, R., Dolan, R.J., & Frith, C.D. (2000). Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: Evidence from human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex, 10*, 308-317.

Elliott, R., Newman, J.L., Longe, O.A., & Deakin, J.F.W. (2003). Differential response patterns in the striatum and orbitofrontal cortex to financial reward in humans: A parametric functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience, 23,* 303-307.

Elst, W. van der, Ouwehand, C., Werf, G. van der, Kuyper, H., Lee, N., & Jolles, J. (2012). The Amsterdam Executive Function Inventory (AEFI): Psychometric properties and demographically corrected normative data for adolescents aged between 15 and 18 years. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 34,* 160-171.

Emmert, K., Kopel, R., Sulzer, J., Brühl, A.B., Berman, B.D., Linden, D.E.J., … Haller, S. (2016). Meta-analysis of real-time fMRI neurofeedback studies using individual participant data: How is brain regulation mediated? *NeuroImage, 124*, 806-812.

Ernst, M., & Hardin, M. (2009). Neurodevelopment underlying adolescent behavior. In P. D. Zelazo, M. Chandler & E. Crone (red.), *Developmental Social Cognitive Neuroscience*. New York: Psychology Press.

Ernst, M., & Mueller, S.C. (2008). The adolescent brain: Insights from functional neuroimaging research. *Developmental Neurobiology, 68,* 729-743.

Ernst, M., Pine, D.S., & Hardin, M. (2006). Triadic model of the neurobiology of motivated behavior in adolescence. *Psychological Medicine, 36*, 299-312.

Fabes, R.A., & Eisenberg, N. (1997). Regulatory control and adults' stress-related responses to daily life events. *Journal of Personality and Social Psychology, 73,* 1107-1117.

Fabes, R.A., Eisenberg, N., & Eisenbud, L. (1993). Behavioral and physiological correlates of children's reactions to others in distress. *Developmental Psychology, 29,* 655-663.

Farrington, D.P. (1989). Early predictors of adolescent aggression and adult violence. *Violence and Victims, 4,* 79-100.

Fazel, S., & Danesh, J. (2002). Serious mental disorder in 23.000 prisoners: A systematic review of 62 surveys. *Lancet, 359,* 545-550.

Fazel, S., Zetterqvist, J., Larsson, H., Långström, N., & Lichtenstein, P. (2014). Antipsychotics, mood stabilisers, and risk of violent crime. *Lancet, 384,* 1206-1214.

Fellows, L.K., & Farah, M.J. (2005). Different underlying impairments in decision making following ventromedial and dorsolateral frontal damage in humans. *Cerebral Cortex, 15,* 58-63.

Ferguson, C. (2010). Genetic contributions to antisocial personality and behavior: A meta-analytic review from an evolutionary perspective. *Journal of Social Psychology, 150*, 160-180.

Ficks, C.A., & Waldman, I.D. (2014). Candidate genes for aggression and antisocial behavior: A meta-analysis of association studies of the 5HTTLPR and MAOA-uVNTR. *Behavioral Genetics, 44*, 427-444.

Fishbein, D., Miller, S., Herman-Stahl, M., Williams, J., Lavery, B., Markovitz, G., & Johnson, M. (2016). Behavioral and psychophysiological effects of a yoga intervention on high-risk adolescents: A randomized control trial. *Journal of Child and Family Studies, 25*, 518-529.

Fishbein, D., & Sheppard, M. (2006). *Assessing the role of neuropsychological functioning in inmates treatment response.* Baltimore, MD: RTI International.

Fishbein, D., Sheppard, M., Hyde, C., Hubal, R., Newlin, D., Serin, R., … Alesci, S. (2009). Deficits in behavioral inhibition predict treatment engagement in prison inmates. *Law and Human Behavior, 33,* 419-435.

Fisher, P.A., Gunnar, M.R., Chamberlain, P., & Reid, J.B. (2000). Preventive intervention for maltreated preschoolers: Impact on children's behaviour, neuroendocrine activity and foster parent functioning. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry 39,* 1356-1364.

Fisher, P.A., Stoolmiller, M., Gunnar, M.R., & Burraston, B.O. (2007). Effects of a therapeutic intervention for foster preschoolers on diurnal cortisol activity. *Psychoneuroendocrinology 32*, 892-905.

Focquaert, F. (2014). Mandatory neurotechnological treatment: Ethical issues. *Theoretical Medicine and Bioethics, 35,* 59-72.

Forns, J., Dadvand, P., Foraster, M., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas I., López-Vicente, M., … Sunyer, J. (2016). Traffic-related air pollution, noise at school, and behavioral problems in Barcelona schoolchildren: A cross-sectional study. *Environmental Health Perspectives, 124,* 529-535.

Forzano, F., Borry, P., Cambon-Thomsen, A., Hodgson, S.V., Tibben, A., de Vries, P., … Cornel, M. (2010). Italian appeal court: A genetic predisposition to commit murder. *European Journal of Human Genetics, 18*, 519-521.

Franzini, A., Broggi, G., Cordella, R., Dones, I., & Messina, G. (2013). Deep-brain stimulation for aggressive and disruptive behavior. *World Neurosurgery, 80,* S29.e11-14.

Frick, P.J., Ray, J.V., Thornton, L.C., & Kahn, R.E. (2014). Can callous-unemotional traits enhance the understanding, diagnosis, and treatment of serious conduct problems in children and adolescents? A comprehensive review. *Psychological Bulletin, 140,* 1-57.

Fries, E., Hesse, J., Hellhammer, J., & Hellhammer, D.H. (2005). A new view on hypocortisolism. *Psychoneuroendocrinology, 30,* 1010-1016.

Fuster, J.M. (2000). Executive frontal functions. *Experimental Brain Research, 133,* 66-70.

Gailliot, M.T., Baumeister, R.F. (2007). The physiology of willpower: Linking blood glucose to self-control. *Personality and Social Psychology Review, 11,* 303-327.

Gailliot, M.T., Baumeister, R.F., DeWall, C.N., Maner, J.K., Plant, E.A., Tice, D.M., … Schmeichel, B.J. (2007). Self-control relies on glucose as a limited energy source: Willpower is more than a metaphor. *Journal of Personality and Social Psychology, 92,* 325-336.

Gans, D., Harper, A., Bachorowski, J., Newman, J., Shrago, E., & Taylor, S. (1990). Sucrose and delinquency: Oral sucrose tolerance test and nutritional assessment. *Pediatrics, 86,* 254-262.

Gao, Y., Glenn, A.L., Peskin, M., Rudo-Hutt, A.S., Schug, R., Yang, Y., & Raine, A. (2012). Neurocriminological Approaches. In D. Gadd, S. Karstedt & S.F. Messner (red.), *The Sage handbook of criminological research methods* (pp. 63-75). London: SAGE Publications.

Gao, Y., & Raine, A. (2009). P3 event-related potential impairments in antisocial and psychopathic individuals: A meta-analysis. *Biological Psychology, 82,* 199-210.

Garbarino, M., Lai, M., Bender, D., Picard, R.W., & Tognetti, S. (2014). Empatica-E3 A wearable wireless multi-sensor device for real-time computerized biofeedback and data acquisition. *International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare,* 39-42.

Gazzaniga, M.S., Ivry, R.B., & Mangun, G.R. (2002). *Cognitive neuroscience: The biology of the mind* (2e ed.). New York: W.W. Norton & Company.

Gesch, C.B., Hammond, S.M., Hampson, S.E., Eves, A., & Crowder, M.J. (2002). Influence of supplementary vitamins, minerals and essential fatty acids on the antisocial behavior of young adult prisoners: Randomised, placebo-controlled trial. *British Journal of Psychiatry, 181,* 22-28.

Glenn, A.L., & Raine, A. (2014). Neurocriminology: Implications for the punishment, prediction and prevention of criminal behaviour. *Nature Reviews Neuroscience, 15,* 54-63.

Goodson, J.L., & Bass, A.H. (2001). Social behavior functions and related anatomical characteristics of vasotocin/vasopressin systems in vertebrates. *Brain Research Reviews, 35,* 246-265.

Gonzalez, C.A., Figueroa, I.J., Bellows, B.G., Rhodes, D., & Youmans, R.J. (2013). A new behavioral measure of cognitive flexibility. *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, 8019,* 297-306.

Goozen, S.H.M. van (2015). The role of early emotion impairments in the development of persistent antisocial behavior. *Child Development Perspectives, 9,* 206-210.

Goozen, S.H.M. van, & Fairchild, G. (2008). How can the study of biological processes help design new interventions for children with severe antisocial behavior? *Development and Psychopathology, 20,* 941-973.

Goozen, S.H.M. van, Fairchild, G., Snoek, H., & Harold, G.T. (2007). The evidence for a neurobiological model of childhood antisocial behavior. *Psychological Bulletin, 133,* 149-182.

Goozen, S.H.M. van, Matthys, W., Cohen-Kettenis, P.T., Thijssen, J.H.H., & Engeland, H. van (1998). Adrenal androgens and aggression in conduct disorder prepubertal boys and normal controls. *Biological Psychiatry, 43,* 156-158.

Gordis, E.B., Granger, D.A., Susman, E.J., & Trickett, P.K. (2006). Asymmetry between salivary cortisol and alpha amylase reactivity to stress: Relation to aggressive behavior in adolescents. *Psychoneuroendocrinology, 31,* 976-987.

Gottfredson, M.R., & Hirschi, T. (1990). *A general theory of crime.* Palo Alto, Calif.: Stanford University Press.

Gow, R.V., & Hibbeln, J.R. (2014). Omega-3 fatty acid and nutrient deficits in adverse neurodevelopment and childhood behaviors. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America, 23,* 555-590.

Greenberg , M.T. & Harris, A.R. (2012). Nurturing mindfulness in children and youth: Current state of research. *Child Development Perspectives, 6,* 161-166.

Gronde, T. van der, Kempes, M., El, C. van, Rinne, T., & Pieters, T. (2014). Neurobiological correlates in forensic assessment: A systematic review. *PloS One, 9,* 1-15.

Groot, M. de, Timmers, B., & Braber, M. den (2014). De zelfmetende mens. *Medisch Contact, 35,* 1618-1620.

Guastella, A.J., Kenyon, A.R., Alvares, G.A., Carson, D.S., & Hickie, I.B. (2010). Intranasal arginine vasopressin enhances the encoding of happy and angry faces in humans. *Biological Psychiatry, 67,* 1220-1222.

Gunnar, M.R., Broderson, L., Nachmias, M., Buss, K., & Rigatuso, J. (1996). Stress reactivity and attachment security. *Developmental Psychobiology, 29,* 191-204.

Gunnar, M., & Vazquez, D.M. (2001). Low cortisol and a flattening of expected daytime rhythm: Potential indices of risk in human development. *Development and Psychopathology, 13,* 515-538.

Gunter, T.D., Vaughn, M.G., & Philibert, R.A. (2010). Behavioral genetics in antisocial spectrum disorders and psychopathy: a review of the recent literature. *Behavioral Sciences and the Law, 28,* 148-173.

Guyrak, A., Gross, J.J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: A dual-process framework. *Cognition and Emotion, 25,* 400-412.

Haller, J., & Kruk, M.R. (2006). Normal and abnormal aggression: Human disorders and novel laboratory models. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 30,* 292-303.

Harat, M., Rudaś, M., Zieliński, P., Birska, J., & Sokal, P. (2015). Deep brain stimulation in pathological aggression. *Stereotactic and Functional Neurosurgery, 93,* 310-315.

Harder, A.T. (2011). *The downside up? A study of factors associated with a successful course of treatment for adolescents in secure residential care.* (Proefschrift University of Groningen).

Hariz, M., Blomstedt, P., & Zrinzo, L. (2013). Future of brain stimulation: New targets, new indications, new technology. *Movement Disorders, 28,* 1784-1792.

Hay, D.F., Waters, C.S., Perra, O., Swift, N., Kairis, V., Phillips, R., … Goozen, S. van (2013). Precursors to aggression are evident by 6 months of age. *Developmental Science, 17*(3), 471-480.

Haynes, E.N., Chen, A., Ryan, P., Succop, P., Wright, J., & Dietrich, K.N. (2011). Exposure to airborne metals and particulate matter and risk for youth adjudicated for criminal activity. *Environmental Research, 111,* 1243-1248.

Hellhammer, D.H., Wüst, S., & Kudielka, B.M. (2009). Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology, 34,* 163-171.

Henry, S. (2001). Crime. In E. McLaughlin & J. Muncie (red.), *The Sage dictionary of criminology*. Londen: Sage.

Hepark, S., Janssen, L., de Vries, A., Schoenberg, P.L.A., Donders, R., Kan, C.C., & Speckens, A.E.M. (2015). The efficacy of adapted MBCT on core symptoms and executive functioning in adults With ADHD: A preliminary randomized controlled trial. *Journal of Attention Disorders*. Epub ahead of print. doi: 10.1177/1087054715613587.

Herpers, P.C.M., Scheepers, F.E., Bons, D.M., Buitelaar, J.K., & Rommelse, N.N.J. (2014). The cognitive and neural correlates of psychopathy and especially callous-unemotional traits in youth: A systematic review of the evidence. *Development and Psychopathology, 26,* 245-273.

Hobson, C.W., Scott, S., & Rubia, K. (2011). Investigation of cool and hot executive function in ODD/CD independently of ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 52,* 1035-1043.

Hofvander, B., Ossowski, D., Lundström, S., & Anckarsäter, H. (2009). Continuity of aggressive antisocial behavior from childhood to adulthood: The question of phenotype definition. *International Journal of Law and Psychiatry, 32,* 224-234.

Hönekopp, J., & Watson, S. (2011). Meta-analysis of the relationship between digit-ratio 2D:4D and aggression. *Personality and Individual Differences, 51,* 381-386.

Hongwanishkul, D., Happaney, H.R., Lee, W.S.C., & Zelazo, P.D. (2005). Assessment of hot and cold executive function in young children: Age-related changes and individual differences. *Developmental Neuropsychology, 28,* 617-644.

Hope, T.L., Grasmick, H.G., & Pointon, L.J. (2003). The family in Gottfredson and Hirschi's general theory of crime: Structure, parenting, and self-control. *Sociological Focus, 36,* 291-311.

Hoshi, E. (2006). Functional specialization within the dorsolateral prefrontal cortex: A review of anatomical and physiology studies of non-human primates. *Neuroscience Research, 54,* 73-84.

Hubble K., Bowen, K.L., Moore, S.C., & Goozen, S.H. van (2015). Improving negative emotion recognition in young offenders reduces subsequent crime. *PLoS One, 10, e0132035*.

Hyde, L.W., Shaw, D.S., & Hariri, A.R. (2013). Understanding youth antisocial behavior using neuroscience through a developmental psychopathology lens: Review, integration, and directions for research. *Developmental Review, 33,* 168-223.

Isen, J. (2010). A meta-analytic assessment of Wechsler's P>V sign in antisocial populations. *Clinical Psychology Review, 30,* 423-435.

Izard, C.E., Fine, S., Mostow, A., Trentacosta, C., & Campbell, J. (2002). Emotion processes in normal and abnormal development and preventive intervention. *Development and Psychopathology, 14,* 761-787.

Johnson, A.C. (2015). Developmental pathways to attention-deficit/hyperactivity disorder and disruptive behavior disorders: Investigating the impact of the stress response on executive functioning. *Clinical Psychology Review, 36,* 1-12.

Jolles, D.D., & Crone, E.A. (2012). Training the developing brain: a neurocognitive perspective. *Frontiers in Human Neuroscience, 6, 76*.

Jolles, J., Groot, R. de, Benthem, J. van, Dekkers, H., Glopper, C. de, Uijlings, H., & Wolff-Albers, A. (2005). *Leer het brein kennen: Over een 'New Learning Science' op het kruispunt van neurowetenschap, cognitiewetenschap en onderwijswetenschap: Resultaat van een invitational conference georganiseerd door NWO op 5 februari 2004*. Den Haag: NWO.

Jones, R.M., Arlidge, J., Gilham, R., Reagu, S., Bree, M. van den, & Taylor, P.J. (2011). Efficacy of mood stabilisers in the treatment of impulsive or repetitive aggression: Systematic review and meta-analysis. *British Journal of Psychiatry, 198,* 93-98.

Kahn, R. (2006). *Onze hersenen*. Amsterdam: Balans.

Kane, M.J., Bleckley, M.K., Conway, A.R.A., & Engle, R.W. (2001). A controlled attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General, 130,* 169-183.

Keeman, P. (2012). Prof. Dr. Hanna Swaab over executieve functies: Hoe ontwikkel je zelfregulatie bij kinderen? Interview. *Talent, 14,* 4-7.

Kempen, M.A.H. (2014). Het adolescentenstrafrecht; een flexibel sanctiestelsel voor jongvolwassenen. *Tijdschrift voor Familie- en Jeugdrecht, 5,* 122-127.

Kirschbaum, C., & Hellhammer, D.H. (1994). Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: Recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology, 19,* 313-333.

Kirschbaum, C., & Hellhammer, D.H. (2000). Salivary cortisol. *Encyclopedia of Stress, 3,* 379-383.

Kim-Cohen, J., Caspi, A., Taylor, A., Williams, B., Newcombe, R., Craig, I.W., & Moffitt, T.E. (2006). MAOA, maltreatment, and gene – environment interaction predicting children's mental health: new evidence and a meta-analysis. *Molecular Psychiatry, 11*, 903-913.

King Badouin Foundation/Rathenau Instituut (2004). *Connecting brains and society: Proceedings and synthesis report*. Brussel/Den Haag: King Badouin Foundation/Rathenau Instituut.

Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 24,* 781-791.

Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Science, 14*, 317-324.

Knutson, B., Fong, G.W., Bennett, S.M., Adams, C.M., & Hommer, D. (2003). A region of mesial prefrontal cortex tracks monetarily rewarding outcomes: Characterization with rapid event-related fMRI. *Neuroimage, 18,* 263-272.

Koegl, C.J., Farrington, D.P., Augimeri, L.K., & Day, D.M. (2008). Evaluation of a targeted cognitive-behavioural programme for children with conduct problems – The SNAP® Under 12 Outreach Project: Service intensity, age and gender effects on short- and long-term outcomes. *Clinical Child Psychology and Psychiatry, 13,* 419-434.

Kogel, C.H. de (2008). *De hersenen in beeld: Neurobiologisch onderzoek en vraagstukken op het gebied van verklaring, reductie en preventie van criminaliteit*. Den Haag: Boom Juridische uitgevers. Onderzoek en beleid 270.

Konicar, L., Veit, R., Eisenbarth, H., Barth, B., Tonin, P., Strehl, U., & Birbaumer, N. (2015). Brain self-regulation in criminal psychopaths. *Scientific Reports, 5*, 9426.

Krakowski, M. (2003). Violence and serotonin: Influence of impulse control, affect regulation, and social functioning. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 15*, 294-305.

Kruesi, M.J., Schmidt, M.E., Donnelly, M., Hibbs, E.D., & Hamburger, S.D (1989). Urinary free cortisol output and disruptive behavior in children. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 28*, 441-443.

Lally, J.R., Mangione, P.L., & Honig, A.S. (1987). *The Syracuse University Family Development Research Program: Long-range impact of an early intervention with low-income children and their families*. San Francisco, CA: Center for Child & Family Studies, Far West Laboratory for Educational Research & Development.

Landgraf, R., & Neumann, I.D. (2004). Vasopressin and oxytocin release within the brain: a dynamic concept of multiple and variable modes of neuropeptide communication. *Frontiers in Neuroendocrinology, 25,* 150-176.

Lee, H.J., Macbeth, A., Pagani, J., & Young, W. (2009). Oxytocin: The great facilitator of life. *Progress in Neurobiology, 88*, 127-151.

Leng, G., & Ludwig, M. (2016). Intranasal oxytocin: Myths and delusions. *Biological Psychiatry, 79*, 243-250.

Lewis, M.D., Granic, I., Lamm, C., Zelazo, P.D., Stieben, J., Todd, R.M., … Pepler, D. (2008). Changes in the neural bases of emotion regulation associated with clinical improvement in children with behavior problems. *Development and Psychopathology, 20,* 913-939.

Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological assessment.* Oxford University Press, USA.

Lieberman, M.D. (2007). Social cognitive neuroscience: A review of core processes. Annual Review of Psychology, 58, 259-289.

London, E., Ernst, M., Grant, S., Bonson, K., & Weinstein, A. (2000). Orbitofrontal cortex and human drug abuse: Functional imaging. *Cerebral Cortex, 10,* 334-342.

Lorber, M.F. (2004). Psychophysiology of aggression, psychopathy, and conduct problems: A meta analysis. *Psychological Bulletin, 130,* 531-552.

Louwe, J.J., Overveld, C.W. van, Merk, W., Orobio de Castro, B., & Koops, W. (2007). De invloed van het Programma Alternatieve Denkstrategieën op reactieve en proactieve agressie bij jongens in het primair onderwijs: Effecten na één jaar. *Pedagogische Studiën, 84,* 277-292.

Luciana, M. (2013). Adolescent brain development in normality and psychopathology. *Development and Psychopathology, 25*, 1325-1345.

Maes, J.H.R., & Brazil, I.A. (2013). No clear evidence for a positive association between the interpersonal-affective aspects of psychopathy and executive functioning. *Psychiatry Research, 210,* 1265-1274.

Marsh, A.A., & Blair, R.J.R. (2008). Deficits in facial affect recognition among antisocial populations: a meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 32,* 454-465.

Marsh, A.A., Finger, E.C., Mitchell, D.G., Reid, M.E., Sims, C., Kosson, D.S., … Blair, R.J.R. (2008). Reduced amygdala response to fearful expressions in children and adolescents with callous-unemotional traits and disruptive behavior disorders. *American Journal of Psychiatry, 165,* 712-720.

Matsumura, K., & Yamakoshi, T. (2013). PhysioMeter: A new approach for measuring heart rate and normalized pulse volume using only a smartphone. *Behavior Research Methods, 45,* 1272-1278.

Matykiewicz, L., La Grange, L., Vance, P., Mu, W., & Reyes, E. (1997). Adjudicated adolescent males: Measures of urinary 5-hydroxyindoleacetic acid and reactive hypoglycemia. *Personality and Individual Differences, 22,* 327-332.

McCabe, D.P., & Castel, A.D. (2008). Seeing is believing: The effect of brain images on judgments of scientific reasoning. *Cognition, 107*, 343-352.

McCall, C., & Singer, T. (2012). The animal and human neuroendocrinology of social cognition, motivation and behavior. *Nature Neuroscience, 15,* 681-688.

McMurran, M., & Ward, T. (2004). Motivating offenders to change in therapy: An organizing framework. *Legal and Criminological Psychology, 9,* 295-311.
McNab, F., Varrone, A., Farde, L., Jucaite, A., Bystritsky, P., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2009). Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science, 323,* 800-802.
Mejdoubi, J., Heijkant, S.C.C.M. van den, Leerdam, F.J.M. van, Heymans, M.W., Crijnen, A., & Hirasing, R.A. (2015). The effect of VoorZorg, the Dutch nurse-family partnership, on child maltreatment and development: A randomized controlled trial. *PLoS One 10, e0120182.*
Mendelson, T., Greenberg, M.T., Dariotis, J.K., Gould, L.F., Rhoades, B.L., & Leaf, P.J. (2010). Feasibility and preliminary outcomes of a school-based mindfulness intervention for urban youth. *Journal of Abnormal Child Psychology, 38,* 985-994.
Mezzacappa, E., Tremblay, R.E., Kindlon, D., Saul, J.P., Arseneault, L., Pihland, R.O., & Earls, F. (1996). Relationship of aggression and anxiety to autonomic regulation of heart rate variability in adolescent males. *Annals of the New York Academy of Science, 794,* 376-378.
Mielke, H.W., & Zahran, S. (2012). The urban rise and fall of air lead (Pb) and the latent surge and retreat of societal violence. *Environment International, 43,* 48-55.
Milani, A., Nikmanesh, Z., & Farnam, A. (2013). Effectiveness of mindfulness-based cognitive therapy (MBCT) in reducing aggression of individuals at the juvenile correction and rehabilitation center. *International Journal of High Risk Behaviors and Addiction, 2,* 126-131.
Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., & Wager, T.D. (2000). The unity and diversity to complex 'Frontal Lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41,* 49-100.
Moffitt, T.E. (1993). Adolescence-limited and life-course-persistent antisocial behavior: A developmental taxonomy. *Psychological Review, 100,* 674-701.
Moffitt, T.E. (2005). The new look of behavioural genetics in developmental psychopathology: Gene-environment interplay in antisocial behaviours. *Psychological Bulletin, 131,* 533-554.
Moffitt, T.E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R.J., Harrington, H., … Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108,* 2693-2698.
Monk, C. (2001). Stress and mood disorders during pregnancy: Implications for child development. *Psychiatric Quarterly, 72,* 347-357.
Moore, T.M., Scarpa, A., & Raine, A. (2002). A meta-analysis of serotonin metabolite 5-HIAA and antisocial behavior. *Aggressive Behavior, 28,* 299-316.
Morgan, A.B., & Lilienfeld, S.O. (2000). A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function. *Clinical Psychology Review, 20,* 113-136.

Morrison, A.B., & Chein, J.M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin and Review, 18*, 46-60.

Moullin, J.C., Sabater-Hernandez, D., Fernandez-Llimos, F., & Benrimoj, S.I. (2015). A systematic review of implementation frameworks of innovations in healthcare and resulting generic implementation framework. *Health Research Policy and Systems, 13*, 1-11.

Mullin, S., & Simpson, J. (2007). Does executive functioning predict improvement in offenders' behaviour following enhanced thinking skills training? An exploratory study with implications for rehabilitation. *Legal and Criminological Psychology, 12*, 117-131.

Nachmias, M., Gunnar, M., Mangelsdorf, S., Parritz, R.H., & Buss, K. (1996). Behavioral inhibition and stress reactivity: The moderating role of attachment security. *Child Development, 67*, 508-522.

Nas, C.N., Ooyen-Houben, M.M.J. van, & Wieman, J. (2011). *Wat er mis kan gaan bij de uitvoering van justitiële (gedrags)interventies en hoe dat komt.* Den Haag: WODC. Memorandum 2011-2.

Ne'eman, R., Perach-Barzilay, N., Fischer-Shofty, M., Atias, A., & Shamay-Tsoory, S.G. (2016). Intranasal administration of oxytocin increases human aggressive behavior. *Hormones and Behavior, 80,* 125-131.

Nelson R.J., & Trainor, B.C. (2007). Neural mechanisms of aggression. *Nature Reviews, 8,* 536-546.

Nevin, R. (2000). How lead exposure relates to temporal changes in IQ, violent crime, and unwed pregnancy. *Environmental Research Section, A 83*, 1-22.

Newman, N.C., Ryan, P., LeMasters, G., Levin, L., Bernstein, D., Khurana Hershey, G.K., … Dietrich, K.N. (2013). Traffic-related air pollution exposure in the first year of life and behavioral scores at 7 years of age. *Environmental Health Perspectives, 121,* 731-736.

Nieuwenhuizen, C. van, Bink, M., Bongers, I.L., & Ruijter, L. de (2010). *Neurofeedback bij jongens met ADHD, co-morbide stoornissen en een civiel- of strafrechtelijke maatregel.* Eindhoven: GGzE.

Nishioka, S.A., Perin, E.A., Sampaio, A.S., Cordeiro, Q., Cappi, C., Mastrorosa, R.S., … Hounie, A.G. (2011). The role of the VNTR functional polymorphism of the promoter region of the MAOA gene on psychiatric disorders. *Revista de Psiquiatria Clínica, 38,* 34-42.

Noordermeer, S.D., Luman, M., & Oosterlaan, J. (2016). A systematic review and meta-analysis of neuroimaging in oppositional defiant disorder (ODD) and conduct disorder (CD) taking attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) into account. *Neuropsychology Review, 26*, 44-72.

Nowak, C., & Heinrichs, N. (2008). A comprehensive meta-analysis of Triple P – Positive Parenting Program using hierarchical linear modelling: Effectiveness and moderating variable. *Clinical Child and Family Psychology Review, 11,* 114-144.

Ogilvie, J.M., Stewart, A.L., Chan, R.C.K., & Shum, D. (2011). Neuropsychological measures of executive function and antisocial behavior: A meta-analysis. *Criminology, 49,* 1063-1108.

Olds, D.L., Henderson, C.R. Jr, Cole, R., Eckenrode, J., Kitzman, H., Luckey, D., … Powers, J. (1998). Long-term effects of nurse home visitation on children's criminal and antisocial behavior. *Journal of the American Medical Association, 280,* 1238-1244.

Oord, S. van der, Ponsioen, A.J.G.B., Geurts, H.M., ten Brink, E.L., & Prins, P.J.M. (2014). A pilot study of the efficacy of a computerized executive functioning remediation training with game elements for children with ADHD in an outpatient setting: Outcome on parent- and teacher-rated executive functioning and ADHD behavior. *Journal of Attention Disorders, 18,* 699-712.

Ortiz, J., & Raine, A. (2004). Heart rate level and antisocial behavior in children and adolescents: A meta analysis. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 43,* 154-162.

Outsem, R. van (2011). The applicability of neurofeedback in forensic psychotherapy: A literature review. *Journal of Forensic Psychiatry & Psychology, 22,* 223-242.

Pappadopulos, E., Woolston, S., Chait, A., Perkins, M., Connor, D.F., & Jensen, P.S. (2006). Pharmacotherapy of aggression in children and adolescents: Efficacy and effect size. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 15,* 27-39.

Patrick, R.P., & Ames, B.N. (2015). Vitamin D and the omega-3 fatty acids control serotonin synthesis and action, part 2: Relevance for ADHD, bipolar, schizophrenia, and impulsivebehavior. *FASEB Journal, 29,* 2207-2222.

Phillips M.L., Drevets W.C., Rauch S.L., & Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry, 54,* 504-514.

Philipse, M., Ruiter, C. de, Hildebrand, M., & Bouman, Y. (2000). *HCR-20: Beoordelen van het risico van gewelddadig gedrag: Versie 2* (HCR-20: Assessing the risk of violence. Version 2). Nijmegen/Utrecht: Pompestichting/Van der Hoevenstichting.

Piferi, R.L., Kline, K.A., Younger, J., & Lawler, K.A. (2000). An alternative approach for achieving cardiovascular baseline: Viewing an aquatic video. *International Journal of Psychophysiology, 37,* 207-217.

Pine, D.S., Wasserman, G., Coplan, J., Fried, J., Sloan, R., Myers, M., & Parsons, B. (1996). Serotonergic and cardiac correlates of aggression in children. *Annals of the New York Academy of Science, 794,* 391-393.

Piquero, A.R., Farrington, D.P., & Blumstein, A. (2003). The criminal career paradigm. In M. Tonry (red.), *Crime and justice: A review of research (Vol. 30)* (pp. 359-506). Chicago: University of Chicago Press.

Piquero, A., Farrington, D., Welsh, B., Tremblay, R., & Jennings, W. (2008). Effects of early family/parenting programs on antisocial behavior and delinquency. *Campbell Systematic Reviews, 11,* 1-122.

Piquero, A.R., Jennings, W.G., & Farrington, D.P. (2010). Self-control interventions for children under age 10 for improving self-control and delinquency and problem behaviors. *Campbell Systematic Reviews, 2,* 1-110.

Piquero, A.R., Jennings, W.G., Farrington, D.P., Diamond, B., & Reingle Gonzalez, J.M. (2016). A meta-analysis update on the effectiveness of early self-control improvement programs to improve self-control and reduce delinquency. *Journal of Experimental Criminology, 12,* 249-264.

Polman, H., Orobio de Castro, B., Koops, W., Boxtel, H.W. van, & Merk, W.W. (2007). A meta-analysis of the distinction between reactive and proactive aggression in children and adolescents. *Journal of Abnormal Child Psychology, 35*, 522-535 .

Popma, A., Jansen, L.M.C., Vermeiren, R., Steiner, H., Raine, A., Goozen, S.H.M. van, … Doreleijers, T.A.H. (2006). Hypothalamus pituitary adrenal axis and autonomic activity during stress in delinquent male adolescents and controls. *Psychoneuroendocrinology, 31,* 948-957.

Porges, S.W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology, 74,* 116-143.

Portnoy, J., Chen, F.R., & Raine, A. (2013). Biological protective factors for antisocial and criminal behavior. *Journal of Criminal Justice, 41,* 292-299.

Portnoy, J., & Farrington, D.P. (2015). Resting heart rate and antisocial behavior: An updated systematic review and meta-analysis. *Aggression and Violent Behavior, 22,* 33-45.

Portnoy, J., Raine, A., Chen, F.R., Pardini, D., Loeber, R., & Jennings, J.R. (2014). Heart rate and antisocial behavior. The mediating role of impulsive sensation seeking. *Criminology, 52,* 292-311.

Pratt, T.C., & Cullen, F.T. (2000). The empirical status of Gottfredson and Hirschi's general theory of crime: A meta-analysis. *Criminology, 38,* 931-964.

Prins, P.J.M., Dovis, S., Ponsioen, A., ten Brink, E., & Oord, S. van der (2011). Does computerized working memory training with game elements enhance motivation and training efficacy in children with ADHD? *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking, 14,* 115-122.

Put, C. van der, Spanjaard, H., Domburgh, L. van, Doreleijers, T., Lodewijks, H., Ferwerda, H., … Stams, G.J. (in druk). Risico- en behoeftetaxatie bij jeugdige daders: het Landelijke Instrumentarium Jeugdstrafrechtketen (LIJ). *Justitiële Interventies.*

Qiu, J. (2006). Unfinished symphony. *Nature, 44,* 143-145.

Quay, H.C. (1965). Psychopathic personality as pathological stimulation-seeking. *American Journal of Psychiatry, 122,* 180-183.

Raine, A. (1996). Autonomic nervous system factors underlying disinhibited, antisocial, and violent behavior – Biosocial perspectives and treatment implications. *Understanding Aggressive Behavior in Children, 794,* 46-59.

Raine, A. (2008). From genes to brain to antisocial behavior. *Current Directions in Psychological Science, 17,* 323-328.

Raine, A., Mellingen, K., Venables, P., & Mednick, S.A. (2003). Effects of environmental enrichment at ages 3-5 years on schizotypal personality and antisocial behavior at ages 17 and 23 years. *American Journal of Psychiatry, 160,* 1627-1635.

Raine, A., Portnoy, J., Liu, J., Mahoomed, T., & Hibbeln, J.R. (2015). Reduction in behavior problems with omega-3 supplementation in children aged 8-16 years: a randomized, double-blind, placebo-controlled, stratified, parallel-group trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 56,* 509-520.

Raine, A., Venables, P.H., & Mednick, S.A. (1997). Low resting heart rate at age 3 years predisposes to aggression at age 11 years: Evidence from the Mauritius Child Health Project. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 36,* 1457-1464.

Raver, C.C., Jones, S.M., Li-Grining, C.P., Zhai, F., Bub, K., & Pressler, E. (2011). CSRP's impact on low-income preschoolers' pre-academic skills: Self-regulation as a mediating mechanism. *Child Development, 82,* 362-378.

Rhee, S.H., & Waldman, I.D. (2002). Genetic and environmental influences on antisocial behavior: A meta-analysis of twin and adoption studies. *Psychological Bulletin, 128,* 490-529.

Riggs, N.R., Greenberg, M.T., Kusche, C.A, & Pentz, M.A. (2006). The mediational role of neurocognition in the behavioral outcomes of a social-emotional prevention program in elementary school students: Effects of the PATHS Curriculum. *Prevention Science, 7,* 91-102.

Roberts, G., Quach, J., Spencer-Smith, M., Anderson, P.J., Gathercole, S., Gold, L., … Wake, M. (2016). Academic outcomes 2 years after working memory training for children with low working memory: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics, 170,* e154568.

Rocque, M., Welsh, B.C., & Raine, A. (2012). Biosocial criminology and modern crime prevention. J*ournal of Criminal Justice, 40,* 306-312.

Rocque, M., Welsh, B.C., & Raine, A. (2014). Policy implications of biosocial criminology: crime prevention and offender rehabilitation. In: K.M. Beaver, J.C. Barnes & Boutwell (red.), *The nurture vs biosocial debate in criminology: On the origins of criminal behavior and criminality* (pp. 431-446). California: Sage.

Rogers, J.C., & De Brito, S.A. (2016). Cortical and subcortical gray matter volume in youths with conduct problems: A meta-analysis. *JAMA Psychiatry, 73,* 64-72.

Romero-Martínez, A., & Moya-Albiol, L. (2013). Neuropsychology of perpetrators of domestic violence: The role of traumatic brain injury and alcohol abuse and/or dependence. *Revista de Neurología, 57,* 515-522.

Ross, E.H., & Hoaken, P.N.S. (2010). Correctional remediation meets neuropsychological rehabilitation: How brain injury and schizophrenia research

can improve offender programming. *Criminal Justice and Behavior, 37,* 656-677.

Rossi, A.F., Pessoa, L., Desimone, R., & Ungerleider, L.G. (2009). The prefrontal cortex and the executive control of attention. *Experimental Brain Research, 192,* 489-497.

Rudo-Hutt, A.S. (2015). Electroencephalography and externalizing behavior: A meta-analysis. *Biological Psychology, 105*, 1-19.

Rueda, M.R., Rothbart, M.K., McCandliss, B.D., Saccomanno, L., & Posner, M.I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 102,* 14931-14936.

Rutledge, K.J., Bos, W. van den, McClure, S.M., & Schweitzer, J.B. (2012). Training cognition in ADHD: Current findings, borrowed concepts, and future directions. *Neurotherapeutics, 9*, 542-558.

Ryan, S.R., Brennan, P.A., Cunningham, P.B., Foster, S.L., Brock, R.L., & Whitmore, E. (2013). Biosocial processes predicting multisystemic therapy treatment response. *Biological Psychology, 92,* 373-379.

Sakagami, M., & Pan, X. (2007). Functional role of the ventrolateral prefrontal cortex in decision making. *Current Opinion in Neurobiology, 17,* 228-233.

Sanders, M.R., & Mazzucchelli, T.G. (2013). The promotion of self-regulation through parenting interventions. *Clinical Child and Family Psychology Review, 16,* 1-17.

Satish, U. Mendell, M.J. Shekhar, K., Hotchi, T. Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W.J. (2012). Is CO_2 an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO_2 concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives, 120*, 1671-1677.

Scarpa, A., Haden, S.C., & Tanaka, A. (2010). Being hot-tempered: autonomic, emotional, and behavioral distinctions between childhood reactive and proactive aggression. *Biological Psychology, 84,* 488-496.

Schechter, J.C., Brennan, P.A., Cunningham, P.B., Foster, S.L., & Whitmore, E. (2012). Stress, cortisol, and externalizing behavior in adolescent males: An examination in the context of multisystematic therapy. *Journal of Abnormal Child Psychology, 40,* 913-922.

Schilling, E.A., Aseltine, R.H., & Gore, S. (2007). Adverse childhood experiences and mental health in young adults: A longitudinal survey. *BMC Public Health, 7*, 30.

Schlomer, G.L., Cleveland, H.H., Vandenbergh, D.J., Feinberg, M.E., Neiderhiser, J.M., Greenberg, M.T., … Redmond, C. (2015). Developmental differences in early adolescent aggression: A gene x environment x intervention analysis. *Journal of Youth and Adolescence, 44*, 581-597.

Schmitz, B., Schmidt, M., Landmann, M., & Spiel, C. (2007). New developments in the field of self-regulated learning. *Journal of Psychology, 215*, 153-156.

Schoentaler, S., Amos, S., Doraz, W., Kelly, M-A., Muedeking, G., & Wakefield, J. (1997). The effect of randomized vitamin-mineral supplementation on violent and non-violent antisocial behavior among incarcerated juveniles. *Journal of Nutritional and Environmental Medicine, 7,* 343-352.

Schönenberg, M., Christian, S., Gaußer, A.K., Mayer, S.V., Hautzinger, M., & Jusyte, A. (2014). Addressing perceptual insensitivity to facial affect in violent offenders: First evidence for the efficacy of a novel implicit training approach. *Psychological Medicine, 44,* 1043-1052.

Schoorl, J., Rijn, S. van, Wied, M. de, Goozen, S.H.M. van, & Swaab, H. (2016). Variability in emotional/behavioral problems in boys with oppositional defiant disorder or conduct disorder: The role of arousal. *European Child & Adolescent Psychiatry, 25,* 821-830.

Schulz, K., Fan, J., Tang, C., Newcorn, J., Buchsbaum, M., & Cheung, A. (2004). Response inhibition in adolescents diagnosed with attention deficit hyperactivity disorder during childhood: An event-related fMRI study. *American Journal of Psychiatry, 161,* 1650-1656.

Scott, W.A. (1962). Cognitive complexity and cognitive flexibility. *Sociometry, 25,* 405-414.

Seeley, W.W., Menon, V., Schatzberg, A.F., Keller, J., Glover, G.H., Kenna, H., … Greicius, M.D. (2007). Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience, 27,* 2349-2356.

Segal, Z., Williams, J., & Teasdale, J. (2002). *Mindfulness-based cognitive therapy for depression: A new approach to relapse prevention.* New York, NY: Guilford Press.

Séguin, J.R., Arsenault, L., & Tremblay, R.E. (2007a). The contribution of 'cool' and 'hot' components of decision-making in adolescence: Implications for developmental psychopathology. *Cognitive Development, 22,* 530-543.

Séguin, J.R., Sylvers, P., & Lilienfeld, S.O. (2007b). The neuropsychology of violence. In I.D. Waldman, D.J. Flannery & A.T. Vazsonyi (red.), *The Cambridge handbook of violent behavior and aggression* (pp. 187-214). New York: Cambridge University Press.

Seo, D., Patrick, C.J., & Kennealy, P.J. (2008). Role of serotonin and dopamine system interactions in the neurobiology of impulsive aggression and its comorbidity with other clinical disorders. *Aggression and Violent Behavior, 13,* 383-395.

Shamay-Tsoory, S.G., & Abu-Akel, A. (2016). The social salience hypothesis of oxytocin. *Biological Psychiatry, 79,* 194-202.

Shaw, P., Eckstrand, K., Sharp, W., Blumenthal, J., Lerch, J.P., Greenstein, D., … Rapoport, J.L. (2007). Attention-deficit/hyperactivity disorder is characterized by a delay in cortical maturation. *Proceedings of the National Academy of Science, 104,* 19649-19654.

Shenk, C.E., Dorn, L.D., Kolko, D.J., Susman, E.J., Noll, J.G., & Bukstein, O.G. (2012). Predicting response to treatment for oppositional defiant disorder

and conduct disorder using pre-treatment adrenal and gonadal hormones. *Journal of Child and Family Studies, 21*, 973-981.

Siever, L.J. (2008). Neurobiology of aggression and violence. *American Journal of Psychiatry, 165,* 429-442.

Simmonds, D.J., Pekar, J.J., & Mostofsky, S.H. (2008). Meta-analysis of Go/No-go tasks, demonstrating that fMRI activation associated with response inhibition is task-dependent. *Neuropsychologia, 46,* 224-232.

Sitaram, R., Caria, A., Veit, R., Gaber, T., Ruiz, S., & Birbaumer, N. (2014). Volitional control of the anterior insula in criminal psychopaths using real-time fMRI neurofeedback: A pilot study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 8*, 344.

Smeijsters, H., Kurstjens, H., Kil, J., Welten, J., Willemars, G., & Dijkema, P. (2012). *Muziektherapie in de justitiële jeugdinrichtingen en gesloten jeugdzorg: Resultaten van praktijkgericht onderzoek*. Heerlen: KenVak Publishers.

Spikman, J.M., Timmerman, M.E., Milders, M.V., Veenstra, W.S., & Naalt, J. van der (2012). Social cognition impairments in relation to general cognitive deficits, injury severity, and prefrontal lesions in traumatic brain injury patients. *Journal of Neurotrauma, 29,* 101-111.

Sriretnakumar, V., Huang, E., & Müller, D.J. (2015). Pharmacogenetics of clozapine treatment response and side-effects in schizophrenia: An update. *Expert Opinion on Drug Metabolism and Toxicology, 11,* 1709-1731.

Stadler, C., Grasmann, D., Fegert, J.M., Holtmann, M., Poustka, F., & Schmeck, K. (2008). Heart rate and treatment effect in children with disruptive behavior disorders. *Child Psychiatry and Human Development, 39,* 299-309.

Steinberg, L. (2004). Risk-taking in adolescence: What changes, and why? *Annals of the New York Academy of Sciences, 1021*, 51-58.

Steinberg, L. (2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental Review, 28,* 78-106.

Steinberg, L. (2010). A dual systems model of adolescent risk-taking. *Developmental Psychobiology, 52,* 216-224.

Steinberg, L., & Morris, A.S. (2001). Adolescent development. *Annual Review of Psychology 52*, 83-110.

Stevens, M.C., Gaynor, A., Bessette, K.L., & Pearlson, G.D. (2016). A preliminary study of the effects of working memory training on brain function. *Brain Imaging and Behavior, 10,* 387-407.

Stoff, D.M., & Vitiello, B. (1996). Role of serotonin in aggression of children and adolesecents: Biochemical and phamacological studies. In: D.M. Stoff(red.), *Aggression and violence: Genetic, neurobiological and biosocial perspectives* (pp. 101-123). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Surmeli, T., & Ertem, A. (2009). QEEG guided neurofeedback therapy in personality disorders: 13 case studies. *Clinical EEG and Neuroscience, 40*, 5-10.

Susman, E.J., Dockray, S., Granger, D.A., Blader, K.T., Randazzo, W., Heaton, J.A., & Dorn, L.D. (2011). Cortisol and alpha amylase reactivity and timing of puberty: Vulnerabilities for antisocial behaviour in young adolescents. *Psychoneuroendocrinology, 35,* 557-569.

Tang, Y-Y. (2011). Mechanism of integrative body-mind training. *Neuroscience Bulletin, 27,* 383-388.

Tang, Y-Y., Ma, Y., Fan, Y., Feng, H., Wang, J., Feng, S., & Fan, M. (2009). Central and autonomic nervous system interaction is altered by short term meditation. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106,* 8865-8870.

Tang, Y-Y., Yang, L., Leve, L.D., & Harold, G.T. (2012). Improving executive function and its neurobiological mechanisms through a mindfulness-based intervention: Advances within the field of developmental neuroscience. *Child Development Perspectives, 6,* 361-366.

Tanji, J., & Hoshi, E. (2008). Role of the lateral and prefrontal cortex in executive behavioral control. *Physiological Review, 88,* 37-57.

Taylor, M.P., Forbes, M., Opeskin, B., Parr, N., & Lanphear, B.P. (2016). The relationship between atmospheric lead emissions and aggressive crime: An ecological study. *Environmental Health, 15,* 23.

Terburg, D., Morgan, B., & Honk, J. van (2009). The testosterone-cortisol ratio: A hormonal marker for proneness to social aggression. *International Journal of Law and Psychiatry, 32,* 216-223.

Thompson, R.A. (1994). Emotion regulation: A theme in search of definition. *Monographs of Society for Research in Child Development, 59,* 25-52.

Thompson, R.R., George, K., Walton, J.C., Orr, S.P., & Benson, J. (2006). Sex-specific influences of vasopressin on human social communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 103,* 7889-7894.

Thompson, D.F., Ramos, C.L., & Willett J.K. (2014). Psychopathy: clinical features, developmental basis and therapeutic challenges. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics, 39,* 485-495.

Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science, 12,* 106-113.

Torres, C.V., Sola, R.G., Pastor, J., Pedrosa, M., Navas, M., García-Navarrete, E., … García-Camba, E. (2013). Long-term results of posteromedial hypothalamic deep brain stimulation for patients with resistant aggressiveness. *Journal of Neurosurgery, 119,* 277-287.

Tranel, D., Bechara, A., & Denburg, N.L. (2002). Asymmetric functional roles of right and left ventromedial prefrontal corticies in social conduct, decision-making, and emotional processing. *Cortex, 38,* 589-612.

Uzefovsky, F., Shalev, I., Israel, S., Knafo, A., & Ebstein, R.P. (2012). Vasopressin selectively impairs emotion recognition in men. *Psychoneuroendocrinology, 37,* 576-580.

Vaske, J., Galyean, K., & Cullen, F.T. (2011). Toward a biosocial theory of offender rehabilitation: Why does cognitive-behavioral therapy work? *Journal of Criminal Justice, 39,* 90-102.

Vassos, E., Collier, D.A., & Fazel, S. (2014). Systematic meta-analyses and field synopsis of genetic association studies of violence and aggression. *Molecular Psychiatry, 19,* 471-477.

Vazsonyi A.T., & Huang, L. (2010). Where self-control comes from: On the development of self-control and its relationship to deviance over time. *Developmental Psychology, 46,* 245-257.

Velde, R. te , Steur, J., & Vankan, A. (2015). *Gaming en gamification voor justitiële inrichtingen.* Utrecht/Den Haag: Dialogic Innovatie & Interactie/ WODC.

Velotti, P., Garofalo, C., D'Aguanno, M., Petrocchi, C., Popolo, R., Salvatore, G., & Dimaggio, G. (2016). Mindfulness moderates the relationship between aggression and Antisocial Personality Disorder traits: Preliminary investigation with an offender sample. *Comprehensive Psychiatry, 64,* 38-45.

Verona, E., Joiner, T.E., Johnson, F., & Bender, T.W. (2006). Gender specific gene-environment interactions on laboratory-assessed aggression. *Biological Psychology, 71,* 33-41.

Vingerhoets, G., & Lannoo, E. (1998). *Handboek neuropsychologie.* Leuven/ Amersfoort: ACCO.

Vogelvang, B.O., Krooi, H., & Braak, J. van den (2006). *Landelijk Kader Instrumentarium Jeugdstrafrechtketen Deel 1: Informatie en samenwerking in de keten.* Woerden/Den Haag: Adviesbureau Van Montfoor / Ministerie van Justitie – Directoraat-generaal Preventie Jeugd en Sancties / Jeugd Utrecht.

Vollebregt, M.A., Dongen-Boomsma, M. van, Buitelaar, J.K., & Slaats-Willemse, D. (2014). Does EEG-neurofeedback improve neurocognitive functioning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder? A systematic review and a double-blind placebo-controlled study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 55,* 460-472.

Vries-Bouw, M. de, Popma, A., Vermeiren, R., Doreleijers, T.A.H., Ven, P.M. van de, & Jansen, L.M.C. (2011). The predictive value of low heart rate and heart rate variability during stress for reoffending in delinquent male adolescents. *Psychophysiology, 48,* 1596-1603.

Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Wager, T.D., & Smith E.E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: A meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 3,* 255-274.

Wahlund, K., & Kristiansson, M. (2009). Aggression, psychopathy and brain imaging – Review and future recommendations. *International Journal of Law and Psychiatry, 32,* 266-271.

Wang, X., Sánchez, B.N., Golden, S.H., Shrager, S., Kirschbaum, C., Karlamangla, A.S., … Roux, A.V.D. (2014). Stability and predictors of change in

salivary cortisol measures over six years: MESA. *Psychoneuroendocrinology, 49,* 310-320.
Ward, T., Day, A., Howells, K., & Birgden, A. (2004). The multifactor offender readiness model. *Aggression and Violent Behavior, 9,* 645-673.
Washington State Institute for Public Policy, & University of Washington (2016). *Updated inventory of evidence-based, research-based, and promising practices: For prevention and intervention services for children and juveniles in the child welfare, juvenile justice, and mental health systems.* Washington: Washington State Institute for Public Policy & University of Washington.
Weaver, L., Rostain, A.L., Mace, W., Akhtar, U., Moss, E., & O'Reardon, J.P. (2012). Transcranial magnetic stimulation (TMS) in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder in adolescents and young adults: A pilot study. *Journal of ECT, 28,* 98-103.
Weeland, J., Overbeek, G., Orobio de Castro, B., & Matthys, W. (2015). Underlying mechanisms of gene – environment interactions in externalizing behavior: A systematic review and search for theoretical mechanisms. *Clinical Child and Family Psychology Review, 18,* 413-442.
Weisberg, S.D., Keil, F.C., Goodstein, J., Rawson, E., & Gray, J.R. (2008). The seductive allure of neuroscience explanations. *Journal of Cognitive Neuroscience, 20,* 470-477.
West, M., Lawson, V.Z., & Grose-Fifer, J. (2014). The effect of electrophysiological neuroscientific deception detection evidence on juror judgments in a criminal trial. *Basic and Applied Social Psychology, 36,* 133-144.
Westerberg, H., Hirvikoski, T., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2004). Visuospatial working memory span: A sensitive measure of cognitive deficits in children with ADHD. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence, 10,* 155-161.
Wiel, N.M. van de, Goozen, S.H.M. van, Matthys, W., Snoek, H., & Engeland, H. van (2004). Cortisol and treatment effect in children with disruptive behavior disorders: A preliminary study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 43,* 1011-1018.
Wilson, S., & Farran, D. (2012). *Experimental evaluation of the Tools of the Mind curriculum.* Artikel gepresenteerd tijdens Society for Research on Educational Effectiveness Spring 2012 Conference, Washington, DC.
Wilson, L.C., & Scarpa, A. (2014). Aggressive behavior: An alternative model of resting heart rate and sensation seeking. *Aggressive Behavior, 40,* 91-98.
Wupperman, P., Cohen, M.G., Haller, D.L., Flom, P., Litt, L.C., & Rounsaville, B.J. (2015). Mindfulness and Modification Therapy for behavioral dysregulation: A comparison trial focused on substance use and aggression. *Journal of Clinical Psychology, 71,* 964-978.
Yang, Y.L., & Raine, A. (2009). Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: A meta-analysis. *Psychiatry Research-Neuroimaging, 174,* 81-88.

Yildirim, B.O., & Derksen, J.J.L. (2012a). A review on the relationship between testosterone and the interpersonal/affective facet of psychopathy. *Psychiatry Research, 197,* 181-198.
Yildirim, B.O., & Derksen, J.J.L. (2012b). A review on the relationship between testosterone and life-course persistent antisocial behavior. *Psychiatry Research, 200,* 984-1010.
Yperen, T. van, Wijnen, B., & Hageraats, R. (2016). *Evaluatie Jeugdwet: Meer kwaliteit en minder zorgen.* Utrecht: Nederlands Jeugd Instituut.
Yusainy, C., & Lawrence, C. (2015). Brief mindfulness induction could reduce aggression after Depletion. *Consciousness and Cognition, 33,* 125-134.
Zaalberg, A. (2012). Lood en criminaliteit. Een overzicht van recente studies naar de effecten van een neurotoxisch metaal. *Tijdschrift voor Criminologie 53,* 48-61.
Zaalberg, A., Nijman, H., Bulten, E., Stroosma, L., & Staak, C. van der (2010). Effects of nutritional supplements on aggression, rule-breaking, and psychopathology among young adult prisoners. *Aggressive Behavior, 36,* 117-126.
Zelazo, P.D., & Carlson, S.M. (2012). Hot and cold executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives, 6,* 354-360.
Zelazo, P.D., Craik, F.I.M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica, 115,* 167-183.
Zimmerman, B.J. (1998). Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: An analysis of exemplary instructional models. In D.H. Schunk & B.J. Zimmerman (red.), *Self-regulated learning; from teaching to self-reflective practice* (pp. 1-19). New York: Guilford Press.
Zuckerman, M. (1979). *Sensation seeking: Beyond the optimal level of arousal.* Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.

Kamerstukken

Kamerstukken II, 2012/13, 33 498, nr. 3.
Kamerstukken II, 2012/13, 33 684, nr. 3.

Bijlage 1 Samenstelling begeleidingscommissie

Voorzitter

Dr. L.M.C. Nauta-Jansen	Senior onderzoeker kinder- en jeugdpsychiatrie, VU Medisch Centrum

Leden

Dr. P.A. Bos	Onderzoeker en universitair docent Psychologie en Psychologische Functieleer, Universiteit Utrecht
Mr. R. Brandon	Programma-manager Preventie Interventie Team (PIT), Gemeente Amsterdam
Drs. A.W.M. Eijken	Senior beleidsmedewerker, Directie Sanctiebeleid en Jeugd, afdeling Jeugd, ministerie van Veiligheid en Justitie
Drs. F.A. Jonker	Cognitief neuropsycholoog, Altrecht en onderzoeker Klinische Neuropsychologie, Vrije Universiteit Amsterdam

Bijlage 2 Geïnterviewden

Mw. prof. dr. E.A.M Crone	Hoogleraar Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie, Universiteit Leiden
Dhr. prof. dr. M. Dadds	Hoogleraar Psychologie, University of Sydney, Australië; onderzoeker, National Health and Medical Research Council of Australia
Mw. prof. dr. S.H.M. van Goozen	Hoogleraar Psychologie, Cardiff University, Wales
Mw. dr. D. Horstkötter	Postdoc onderzoeker, Health, Ethics & Society, Maastricht University
Mw. dr. M. Kempes	Senior onderzoeker, Nederlands Instituut voor Forensische Psychiatrie en Psychologie
Dhr. drs. M. de Kok	Beleidsmedewerker Reclassering Nederland
Dhr. J.M. Ogilvie	Promovendus, Griffith University Brisbane, Australië; senior clinicus, Griffith Youth Forensic Service
Dhr. dr. A. Ponsioen	Klinisch neuropsycholoog, Lucertis Kinder- en Jeugdpsychiatrie
Dhr. prof. dr. A. Popma	Hoogleraar Forensische Psychiatrie, Universiteit Leiden; Kinder- en Jeugdpsychiater, VUMC de Bascule
Dhr. prof. dr. A. Raine	Hoogleraar Criminology, Psychology en Psychiatry, University of Pennsylvania, USA
Dhr. dr. M.A. Rocque	Assistant Professor in Sociology, Bates College, USA
Mw. prof. dr. J.T. Swaab-Barneveld	Hoogleraar neuropedagogiek en ontwikkelingsstoornissen, Universiteit Leiden; directeur Ambulatorium Universiteit Leiden

Bijlage 3 Deelnemers expertmeetings[67]

Dhr. J.P.H. Arts	Politie
Mw. dr. M. Bink	Vrije Universiteit
Mw. mr. J. Calkoen-Nauta	Raad voor de Rechtspraak
Dhr. R. David	Jeugdreclassering
Mw. dr. C. van El	VUMC
Dhr. dr. T. Fassaert	Gemeente Amsterdam
Mw. drs. A.P.M. Frowijn	Raad voor de Kinderbescherming
Dhr. prof. dr. J. Hendriks	Vrije Universiteit
Dhr. dr. S.S. Hoppenbrouwer	Vrije Universiteit
Mw. drs. E. de Heus	Politie
Dhr. drs. F.A Jonker	Vrije Universiteit
Mw. mr. E. van Kalveen	Rechtbank Midden-Nederland
Dhr. drs. M. van der Klei	Jeugdzorg Nederland
Mw. drs. N. Kuin	PI Vught
Mw. drs. J. Mooij	Reclassering Nederland
Dhr. mr. R.H.G. Odink	Raad voor de Rechtspraak
Dhr. prof. dr. A. Popma	VUMC, De Bascule
Mw. drs. A. Rijnveld	Gemeente Amsterdam
Mw. S. Rutten	ASKO scholen
Dhr. M. Schippers	Politie
Mw. I. Schuurs	Raad voor de Kinderbescherming
Mw. J. Specker	Erasmus Universiteit Rotterdam
Mw. M.C van der Veldt	Nederlands Jeugdinstituut
Mw. J. Wientjes	Politie

67 Door wijzigingen op het laatste moment in aan- en afmeldingen is deze lijst mogelijk niet volledig.

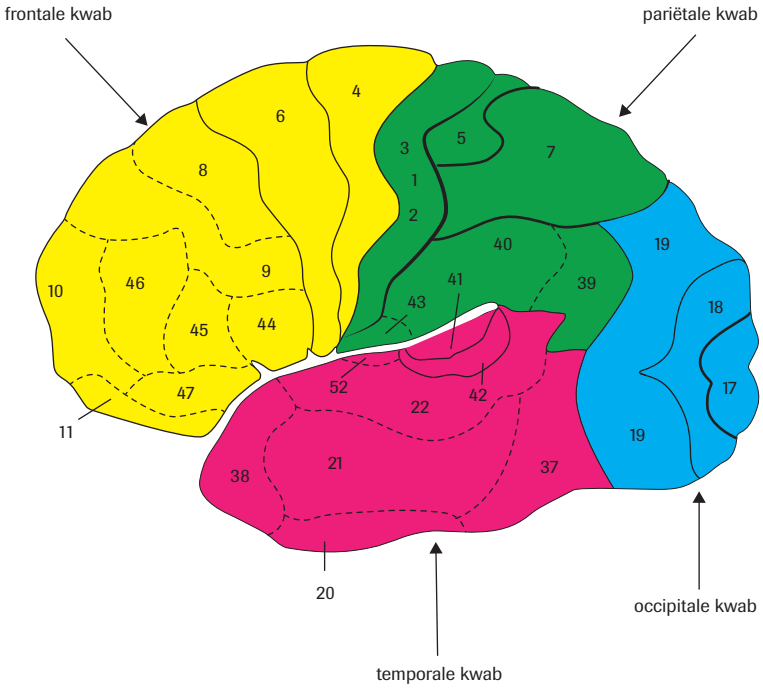
Bijlage 4 Neuroanatomie

Deze bijlage betreft een bewerking en vertaling van Appendix A uit Vaske et al. (2011). Met goedkeuring van de auteurs is deze appendix vertaald naar het Nederlands.

1 Hersenkwabben

Onze hersenen zijn onder te verdelen in vier kwabben: de frontale kwab, de temporale kwab, de pariëtale kwab en de occipitale kwab (figuur B4.1). In dit onderzoeksrapport staan vooral de frontale en in mindere mate de temporale en pariëtale kwab centraal. De occipitale kwab lijkt niet direct gerelateerd te zijn aan antisociaal gedrag. Elke kwab in het brein kan verder onderverdeeld worden in verschillende gebieden, ook wel 'Brodmann areas' (BA) genoemd. BA's zijn gebieden met vergelijkbare cellen die bij soortgelijke functies betrokken zijn.

Figuur B4.1 De vier hersenkwabben en Brodmann areas (BA)



Noot: Figuur overgenomen met toestemming van de auteur (Robert W. Thatcher).

De *frontale* kwab ligt vooraan in de hersenen, net achter het voorhoofd en loopt door tot het midden van ons hoofd. De frontale kwab is betrokken bij verschillende functies waaronder abstract redeneren, probleemoplossend

vermogen, plannen, zelfbeheersing, en sommige motorische functies.
De frontale kwab bevat de volgende Brodmann-gebieden:
– gebied 4: primaire motorische cortex;
– gebied 6: premotorische cortex en supplementair motorisch gebied;
– gebied 8: frontale ooggebied;
– gebied 9: dorsolaterale prefrontale cortex;
– gebied 10: frontopolair gebied;
– gebied 11 en 12: orbitofrontale cortex;
– gebied 44 en 45: Broca's gebied;
– gebied 46: dorsolaterale prefrontale cortex;
– gebied 47: inferieure prefrontale gyrus.

De *temporale* kwab ligt meer onderin het brein. De temporale kwab is betrokken bij functies zoals waarneming en verwerking van auditieve signalen, het maken van langetermijn herinneringen, verwerking van taal, visuele waarneming en emotiegerelateerde functies (o.a. herkennen van emoties, emotioneel geheugen). Deze kwab bevat de volgende Brodmann-gebieden:
– gebied 20: inferieure temporale gyrus;
– gebied 21: middelste temporale gyrus;
– gebied 22: superieure temporale gyrus en Wernicke's gebied;
– gebied 37: fusiforme gyrus;
– gebied 38: temporopolair gebied;
– gebied 41 en 42: primaire en auditieve associatie cortex;
– gebied 52: para-insulair gebied.

De *pariëtale* kwab bezet het middelste gedeelte van de hersenen en reikt tot aan achterin het hoofd. Deze kwab is betrokken bij functies zoals tast, waarneming, verwerking van somato-sensorische informatie (o.a. pijn, aanraking, hitte), motorische vaardigheden en de integratie van visuele en somato-sensorische informatie met motorische vaardigheden (o.a. hand-oogcoördinatie). De pariëtale kwab omvat de volgende Brodmann-gebieden:
– gebied 1, 2 en 3: primaire somato-sensorische cortex;
– gebied 5: secundaire somato-sensorische associatie cortex;
– gebied 7: posterior pariëtale cortex;
– gebied 39: angulaire gyrus, deel van Wernicke's gebied;
– gebied 40: supramarginale gyrus, deel van Wernicke's gebied;
– gebied 43: subcentraal gebied.

De *occipitale* kwab ligt meer achterin het brein, vlakbij de hersenstam en het cerebellum. Deze kwab is verantwoordelijk voor waarneming en verwerking van visuele informatie. Deze kwab bevat de volgende Brodmann-gebieden:
– gebied 17: primaire visuele cortex;
– gebied 18 en 19: laterale occipitale gyrus.

2 Gyri en sulci

De hersenen bestaan uit hobbels die van elkaar gescheiden worden door groeven.
De hobbels worden aangeduid als ‘gyri’ (of gyrus voor enkelvoud) en de groeven worden ‘sulci’ genoemd (of sulcus voor enkelvoud). Een hersenkwab kan meerdere gyri en sulci bevatten. Bijvoorbeeld de frontale kwab heeft een superieure frontale gyrus, een mediale frontale gyrus en een inferieure frontale gyrus, waarbij elke gyrus worden gescheiden van de aangrenzende gyrus door een sulcus.

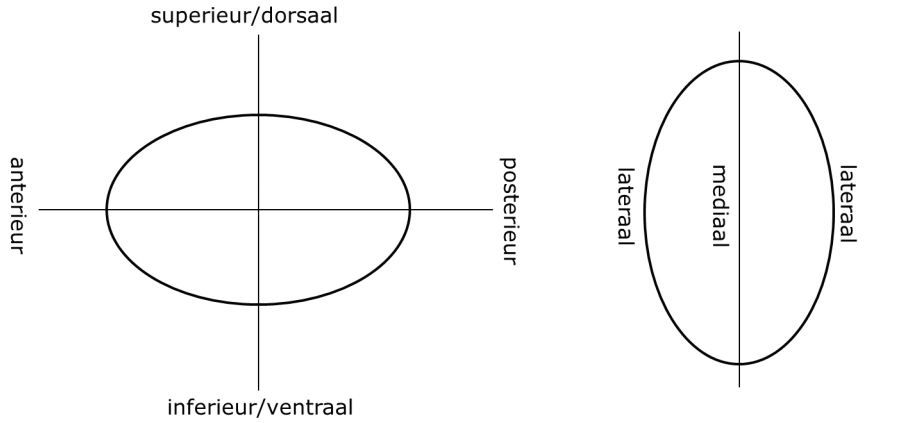
3 Richting

Een manier om de kwabben en de gyri te onderscheiden is aan de hand van de richting. Zoals weergegeven hieronder worden gebieden dichtbij de voorkant van het brein aangeduid als ‘anterieur’ en gebieden meer richting de achterkant van het brein als ‘posterieur’. De cingulate cortex is bijvoorbeeld verdeeld in een anterieur gedeelte (het gedeelte dichtbij de voorkant van het brein) en een posterieur gedeelte (het gebied dichtbij de achterkant van het hoofd).

Hersengebieden kunnen ook gelabeld worden volgens een verticale verdeling. Dat wil zeggen dat de gebieden benoemd worden al naar gelang ze dichtbij de bovenkant van het hoofd liggen (superieur/dorsaal) of meer richting de onderkant van de hersenen (inferieur/ventraal).

Ten slotte kunnen hersengebieden ook ingedeeld worden vanuit een ‘inside-out’ perspectief. Dat wil zeggen dat neuronen die het dicht bij het middelpunt van het brein liggen ‘mediaal’ worden genoemd en gebieden meer naar de buitenkant van het brein worden ‘lateraal’ genoemd (figuur B4.2).

Figuur B4.2 Schematische weergave van verschillende doorsnedes van het brein



Zij aanzicht.
Waarbij de neus naar links wijst

Boven aanzicht.
Waarbij de neus naar boven wijst

4 Specifieke hersengebieden

Frontale cortexgebieden

Mediaal prefrontale cortex
- Afkorting: MPFC.
- Brodmann-gebieden die vallen onder de MPFC zijn de gebieden 9, 10, 11, 14, 24, 25, 32.
- Functies die gerelateerd zijn aan een verhoogde activiteit in de MPFC: perspectief nemen, morele gevoelens, moreel redeneren, zelfbewustzijn, zelfbeheersing, inschattingsvermogen, gedachte onderdrukken en anticiperen op gevolgen.
- Sommige van de meer specifieke vaardigheden die in verband worden gebracht met de MPFC: waarnemen van gezichten en objecten, introspectieve gedachten, reguleren van emotie, aandacht, werkgeheugen, zelfbewustzijn en toeschrijven van bedoeling aan gedrag.
- Opmerking: de MPFC is een groot gebied dat enerzijds bestaat uit en anderzijds overlapt met andere structuren, zoals de dorsolaterale prefrontale cortex, ventromediale prefrontale cortex, orbitofrontale cortex en anterieure cingulate cortex.

Dorsolaterale prefrontale cortex
- Afkorting: DLPFC.
- Brodmann-gebieden die vallen onder de DLPFC zijn gebieden 9 en 46. Sommige wetenschappers scharen ook andere Brodmann-gebieden onder de DLPFC zoals 10,11, 45 en 47.
- Functies die gerelateerd zijn aan een verhoogde activiteit in de DLPFC: perspectief nemen, moreel redeneren, zelfbewustzijn, zelfbeheersing, inschattingsvermogen, gedachten onderdrukken, planning, besluitvorming en gevoel van autonomie.
- Sommige van de meer specifieke functies die in verband worden gebracht met de DLPFC: zelfevaluatie, handhaven van aandacht tijdens een taak, remmen van gedragsreacties, werkgeheugen, taakswitching, en de mogelijkheid om een plan te vormen en een oplossing te bedenken.

Dorsomediale prefrontale cortex
- Afkorting: DMPFC.
- De DMPFC omvat de volgende Brodmann-gebieden: 8 en 32.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de DMPFC: perspectief nemen, herwaardering en gedachten onderdrukken.
- Sommige van de meer specifieke functies die in verband worden gebracht met de DMPFC zijn: evalueren van emotionele toestand van anderen, cognitieve regulering, begrijpen van verband tussen iemands externe omgeving en iemands interne toestand.

Ventrolaterale prefrontale cortex
- Afkorting: VLPFC.
- VLPFC bevat de volgende Brodmann-gebieden: 44, 45 en 47.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de VLPFC: perspectief nemen, zelfbeheersing, herwaardering, gedachten onderdrukken en planning.
- Meer specifieke functies: reguleren van emoties, cognitie en gedragsmatige reacties.

Ventromediale prefrontale cortex
- Afkorting: VMPFC.
- Brodmann-gebieden: 10, 12, 24, 32 en 47.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de VMPFC: perspectief nemen, morele gevoelens, moreel redeneren, planning, anticiperen op gevolgen van gedrag en besluitvorming.
- Meer specifieke functies: sociale emoties (zoals schuld, schaamte), negatieve emoties, uitvoeren van een plan, overwegen van meerdere soorten informatie tijdens besluitvormingsproces, efficiënte besluitvorming, anticiperen op lange termijn positieve en negatieve gevolgen, en het beoordelen van overeenkomsten tussen jezelf en anderen.

Orbitofrontale cortex
- Afkorting: OFC.
- Brodmann-gebieden: 10, 11 en 47.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in PFC: perspectief nemen, morele gevoelens, moreel redeneren, zelfbewustzijn, zelfbeheersing, herwaardering, gedachten onderdrukken, anticiperen op gevolgen van gedrag en besluitvorming.
- Meer specifieke functies: emotieregulatie, motiverende aspecten van planning en gedrag, anticiperen op en evaluatie van beloning en straf, verbinden van emoties aan morele oordelen.

Cingulate cortex

Anterieure cingulate cortex
- Afkorting: ACC.
- Brodmann-gebieden: 24 en 32.
- Functies gerelateerd aan een grotere activatie in de ACC: perspectief nemen, morele gevoelens, moreel redeneren, zelfbewustzijn, zelfbeheersing, herwaardering, gedachten onderdrukken, planning en besluitvorming.
- Meer specifieke functies: aandacht, toezicht op prestaties, zelfbewustzijn van de interne en fysiologische staat, oplossen van conflicterende reacties (bijvoorbeeld conflicterende emotionele en cognitieve toestand), emotieregulatie ten tijde van stress.

Posterieure cingulate cortex
- Afkorting PCC.
- Brodmann-gebieden: 23 en 31.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de PCC: perspectief nemen, morele gevoelens, moreel redeneren, zelfbewustzijn, zelfbeheersing en besluitvorming.
- Meer specifieke functies: monitoren van zintuigelijke signalen, verwerken van emotionele signalen, bewustzijn van eigenschappen en vaardigheden, emotioneel geheugen en reguleren van aandacht.

Premotorische cortex
- Afkorting: niet van toepassing.
- Brodmann-gebied: 6.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de premotorische cortex: zelfbeheersing en gevoel van autonomie.
- Meer specifieke functies: planning en reguleren van motorische vaardigheden en reacties.

Inferieure pariëtale cortex
- Afkorting: IFP-cortex.
- Brodmann-gebieden: 40.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de IFP-cortex: moreel redeneren, zelfbeheersing, planning en besluitvorming.
- Meer specifieke functies: ruimtelijk werkgeheugen, coördineren van bewegingen, verwerken van symbolen of woorden tijdens lezen, vermogen om irrelevante informatie te filteren, inschatten van risico's en planning van doelgerichte acties.

Insula
- Afkorting: niet van toepassing.
- Brodmann-gebieden: 13, 14, 15; sommige onderzoekers scharen ook 44, 45 en 52 onder de insula.
- De insula stuurt zintuiglijke informatie en emotionele signalen naar hogere structuren (o.a. anterieure cingulate) en van hogere-ordestructuren naar andere gebieden (o.a. pariëtale cortex, amygdala).
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de insula: perspectief nemen, morele gevoelens, zelfbewustzijn, zelfbeheersing, anticiperen op gevolgen van gedrag, besluitvorming, gevoel van autonomie.
- Meer specifieke functies: inschatten van risico's, attributie, koppelen van emoties aan cognities, verwerken van sociaal-emotionele signalen, verwerken van pijn en aversieve sensorische signalen.

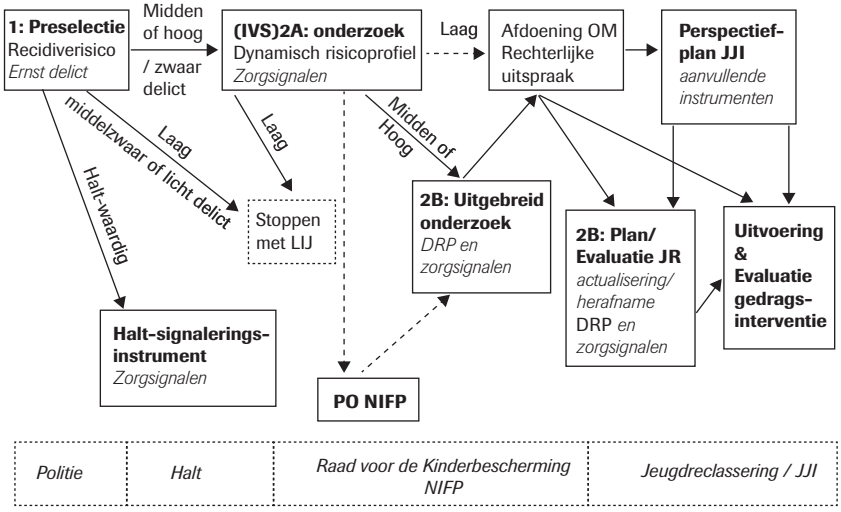
Temporaal-pariëtale junctie
- Afkorting: TPJ.
- Brodmann-gebieden: 39, 22 en de posterieure superieure temporale sulcus (pSTS).
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de TPJ: perspectief nemen, morele gevoelens, moreel redeneren, zelfbewustzijn, zelfbeheersing, inschattingsvermogen en gevoel van autonomie.
- Meer specifieke functies: waarneming van sociale signalen, verwerking van taal en verbale signalen, gevoel van verantwoordelijkheid voor daden, inschatten van bedoelingen, en morele emoties zoals schaamte, trots en spijt.

Temporale polen
- Afkorting: niet van toepassing.
- Brodmann-gebieden: 38 en het vooste gedeelte van de superieure temporale gyrus.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de temporale polen: perspectief nemen, morele gevoelens en moreel redeneren.
- Meer specifieke functies: ophalen van emotionele herinneringen, inschatten van bedoelingen en oproepen van sociale informatie.

Amygdala
- Afkorting: niet van toepassing.
- Functies gerelateerd aan een verhoogde activiteit in de amygdala: perspectief nemen, morele gevoelens, moreel redeneren, anticiperen op gevolgen.
- Meer specifieke functies: maken van ruwe emotionele oordelen, reguleren van emotioneel geheugen, herkennen van emoties en sociale signalen, onbewuste imitatie van gezichtsuitdrukkingen van anderen tijdens emotionele situaties en sociale emoties zoals woede en empathie.

Bijlage 5 Instrumenten in de jeugdstrafrechtketen

Figuur B5.1 Schematische weergave van instrumenten zoals die worden gebruikt in de jeugdstrafrechtketen

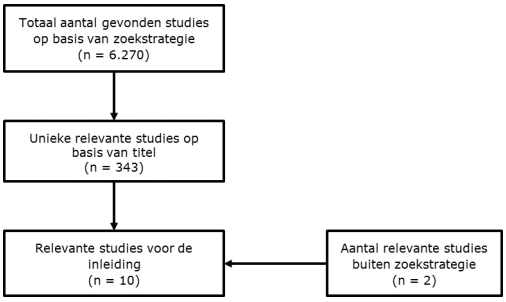


OM = Openbaar Ministerie
DRP = Dynamisch Risico Profiel
PO = Persoonlijkheidsonderzoek
JJI = Justitiële Jeugdinrichting
NIFP = Nederlands Instituut voor Forensische Psychiatrie en Psychologie

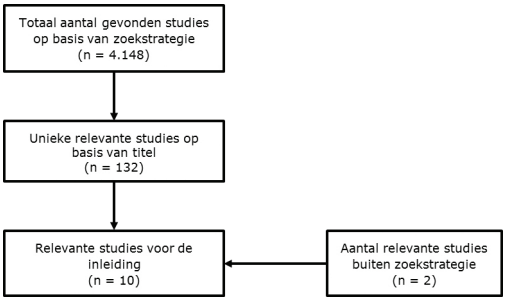
Bron: Van der Put et al., in druk.

Bijlage 6 Flowdiagrammen systematisch literatuur zoeken

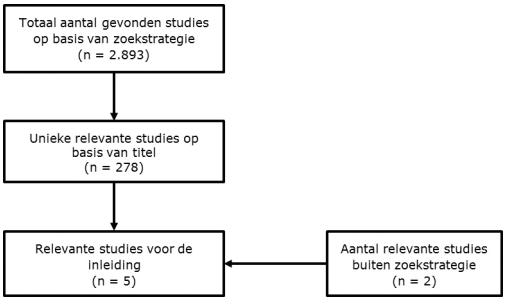
Figuur B6.1 Systematische zoekstrategie inleiding Hersenen



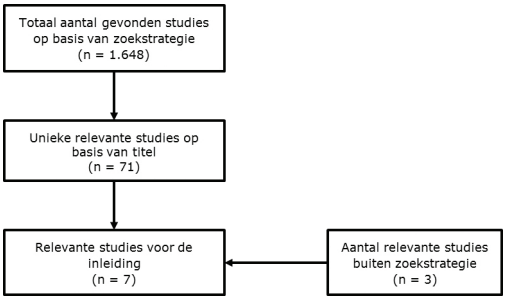
Figuur B6.2 Systematische zoekstrategie inleiding Neuropsychologie



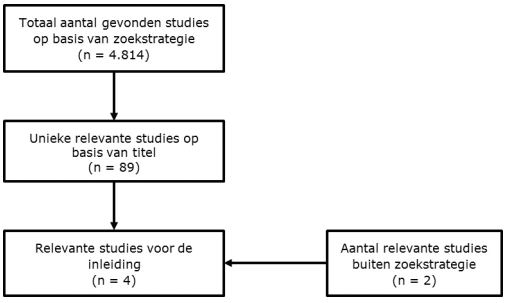
Figuur B6.3 Systematische zoekstrategie inleiding Neurotransmitters



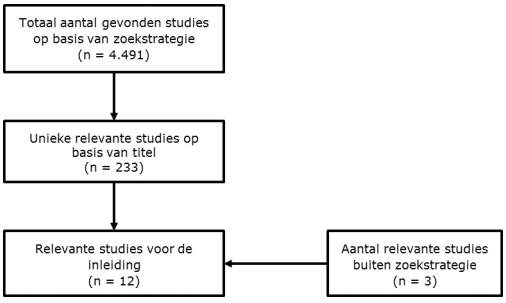
Figuur B6.4 Systematisch zoekstrategie inleiding Hormonen



Figuur B6.5 Systematische zoekstrategie inleiding Psychofysiologie



Figuur B6.6 Systematisch zoekstrategie inleiding Genen



Bijlage 7 Tabellen horende bij hoofdstuk 3

Tabel B7.1 Overzicht van meta-analyses en systematische overzichtsartikelen over hersenen en antisociaal gedrag

Auteur(s)	Jaar	Soort overzichtsstudie	Belangrijkste bevinding	Domein	Doelgroep
Gao & Raine	2009	Meta-analyse	Onvermogen om relevante hersengebieden te betrekken bij het verwerken van cognitieve informatie bij individuen met antisociaal gedrag. Psychopaten mogelijk een uitzondering.	EEG	Kinderen, adolescenten, jongvolwassenen en volwassenen
Noordermeer et al.	2016	Meta-analyse	Verkleining en verminderde activiteit in zogenoemde 'hete' executieve-functiegebieden bij kinderen met ODD/CD: amygdala, striatum, insula, mediale/superieure frontale gyrus. Ook verkleining/verminderde activatie van de linker precuneus, een zogenoemd 'koud' hersengebied.	fMRI/sMRI	Kinderen, adolescenten en jongvolwassenen
Rogers & De Brito	2016	Meta-analyse	Reductie grijze stof in de amygdala, insula en mediale/superieure frontale gyrus bij adolescenten met gedragsproblemen.	sMRI	Adolescenten
Rudo-Hutt	2015	Meta-analyse	Verminderde *arousal* bij mensen met externaliserend gedrag. Mogelijk indicatief voor vertraagde corticale maturatie.	EEG	Kinderen, adolescenten, jongvolwassenen en volwassenen
Yang & Raine	2009	Meta-analyse	Kleiner volume en verminderde activiteit van de rechter orbitofrontale cortex en anterieure cingulate cortex, en de linker dorsolaterale prefrontale cortex bij antisociale groepen.	PET/fMRI/sMRI/SPECT	Adolescenten, jongvolwassenen en volwassenen
Brower & Price	2001	Systematische review	Kleiner volume en disfunctie frontale schors bij antisociaal (agressief) gedrag.	PET/sMRI/SPECT	Volwassenen
Herpers et al.	2014	Systematische review	Verminderde activiteit amygdala en communicatie tussen amygdala en ventromediale prefrontale cortex in reactie op emotionele prikkels bij antisociale groepen.	fMRI/sMRI	Kinderen, adolescenten en jongvolwassenen
Hofvander et al.	2009	Systematische review	Kleiner volume temporale schors, insula en amygdala en mogelijk een kleinere prefrontale schors bij kinderen met vroege manifestatie CD. Disfunctie in anterieure cingulate cortex en amygdala bij verwerking negatieve affectieve prikkels in adolescenten.	fMRI/sMRI	Kinderen en adolescenten
Van der Gronde et al.	2014	Systematische review	Verminderde activiteit amygdala bij antisociale groepen.	PET/fMRI/sMRI/SPECT	Kinderen, adolescenten, jongvolwassenen en volwassenen
Wahlund & Kristiansson	2009	Systematische review	Kleiner volume en disfunctie frontale schors bij antisociale en gewelddadige individuen. Mogelijk tevens afwijkingen in de temporale schors en het limbische systeem (waaronder de amygdala) bij deze individuen.	PET/fMRI/sMRI/SPECT	Volwassenen

Tabel B7.2 Overzichtsartikelen met betrekking tot neuropsychologie en antisociaal gedrag

Auteur(s)	Jaar	Soort overzichts-studie	Belangrijkste bevinding	Domein	Doelgroep
Isen	2010	Meta-analyse	Er is een discrepantie tussen performaal en verbaal IQ bij individuen met antisociaal gedrag, waarbij PIQ>VIQ. Dat verschil is het grootst bij adolescenten en het minst duidelijk bij jonge kinderen. Mogelijk dat schooluitval voor dit verschil in P > V zorgt.	Performaal en verbaal IQ	Van kinderen tot volwassenen met verschillende soorten antisociaal gedrag
Marsh & Blair	2008	Meta-analyse	Er lijkt een behoorlijk robuuste link te zijn tussen antisociaal gedrag en gebrek aan herkenning van angstige gezichtsuitdrukkingen. Waarschijnlijk is dit te wijten aan een minder goed functionerende amygdala.	Gezichtsuitdrukking herkenning	Individuen (jong en oud) met antisociaal gedrag
Morgan & Lilienfeld	2000	Meta-analyse	Individuen met antisociaal gedrag presenteren slechter op executieve-functietesten dan vergelijkingsgroepen.	Executief functioneren (o.a. planningsvaardigheden, doelgericht actie initiëren en planmatig werken)	Van jongeren tot volwassenen met verschillende soorten antisociaal gedrag
Ogilvie et al.	2011	Meta-analyse	Individuen met antisociaal gedrag presenteren slechter op executieve-functietesten dan vergelijkingsgroepen. Vooral crimineel gedrag en externaliserend gedrag is gerelateerd aan executieve-functietekorten, het minst groot effect is gevonden voor antisociale persoonlijkheidsstoornis.	Verschillende executieve functies (o.a. gerichte aandacht en werkgeheugen)	Van kinderen tot volwassenen met verschillende soorten antisociaal gedrag
Bons et al.	2013	Systematisch review	Antisociaal gedrag blijkt geassocieerd te zijn met gebrekkige empathische vaardigheden. Specifiek lijkt *conduct disorder* samen te hangen met gebrekkige motorische en cognitieve empathie voor negatieve emoties (bijv. verdrietige en kwade gezichtsuitdrukkingen). Mogelijk is dit gebrek te verklaren door een tekort aan aandacht gericht op de ogen.	(motorische en cognitieve) empathie	Kinderen en jongeren met conduct disorder
Frick et al.	2014	Systematisch review	Kinderen/jongeren met *conduct disorder* en ongevoelig/emotieloze trekken verschillen van kinderen/jongeren met *conduct disorder* zonder die trekken op verschillende cognitieve functies, maar vooral in verwerking van strafsignalen (onderschatten, ongevoeligheid) en affectieve empathie.	Executieve functies (verwerking strafsignalen) en emotieverwerking	Kinderen en jongeren met ernstig antisociaal gedrag
Herpers et al.	2014	Systematische review	Jongeren met ongevoelig/emotieloze trekken en *conduct disorder* hebben lager niveau van prosociaal redeneren (= hogere acceptatie van antisociaal en agressief gedrag) en ongevoelig/emotieloze trekken hangen samen met minder emotionele responsiviteit (op negatieve stimuli); minder goede herkenning van negatieve emoties en verminderde '*harm avoidance*'.	Executieve functies (prosociaal redeneren, emotionele reactiviteit, beloningsgevoeligheid) en emotieherkenning	Jongeren met psychopathische en ongevoelig/emotieloze trekken

Tabel B7.2 Vervolg

Auteur(s)	Jaar	Soort overzichts-studie	Belangrijkste bevinding	Domein	Doelgroep
Maes & Brazil	2013	Systematische review	Er is nauwelijks bewijs voor een relatie tussen de interpersoonlijkeaffectieve kenmerken van psychopathie en beperkingen in koude executieve functies.	Executief functioneren (inhibitie, shifting, werkgeheugen en planning)	Van kinderen tot volwassenen met psychopathische trekken
Romero-Martinez & Moya-Albiol	2013	Systematische review	Daders van huiselijk geweld worden vooral gekenmerkt door mentale rigiditeit, laag niveau van inhibitie, verwerkingssnelheid, verbale en aandachtvaardigheden , abstract redeneren, werkgeheugen en lange termijn geheugen.	Neuropsychologische tekorten	Daders van huiselijk geweld
Van der Gronde et al.	2014	Systematische review	Enig bewijs (niet veel studies geïncludeerd) voor een relatie tussen antisociaal gedrag en executieve-functietekorten, geldt ook voor inhibitie problemen en empathie problemen.	Executieve functies (o.a. aandacht controle, flexibiliteit, werkgeheugen, zelfbewustzijn, abstracte keuzes maken en planningsvermogen)	Individuen met verschillende soorten antisociaal gedrag

Tabel B7.3 Overzicht van meta-analyses en systematische overzichtsartikelen over de rol van neurotransmitters bij antisociaal gedrag

Auteur(s)	Jaar	Soort overzichtsstudie	Belangrijkste bevinding	Domein	Doelgroep
Duke et al.	2013	Meta-analyse	Bescheiden maar significante relatie tussen serotonineverlaging in het lichaam (gemeten met 4 methoden) en verhoogde agressie.	Neurotransmitters	Kinderen, adolescenten, jongvolwassenen en volwassenen
Jones et al.	2011	Meta-analyse	Enig bewijs voor een significante reductie van agressie bij gebruik fenytoïne, lithium en carbamazepine.	Neurotransmitters/ medicatie	Volwassenen
Moore et al.	2002	Meta-analyse	Significante reductie concentratie serotonine-metaboliet in hersenvloeistof bij antisociale groepen.	Neurotransmitters	Volwassenen
Comai et al.	2012	Systematische review	Behandeling met antipsychotica die aangrijpen op serotonerge en dopaminerge neurotransmittersystemen hangt samen met vermindering agressie. Tevens mogelijke vermindering van agressie bij behandeling met valproaat en topiramaat, medicijnen die het GABA-systeem beïnvloeden. Ook lithium heeft een mogelijk positief effect op mate van agressie maar de precieze werking is onduidelijk.	Neurotransmitters/ medicatie	Kinderen, adolescenten en volwassenen
Krakowski	2003	Systematische review	Mogelijk samenhang verlaagde serotonine-metaboliet in hersenvloeistof en antisociaal gedrag. Relatie gecompliceerd door psychologische en sociale factoren.	Neurotransmitters	Volwassenen

Tabel B7.4 Overzichtsartikelen met betrekking tot de relatie tussen hormonen en antisociaal gedrag

Auteur(s)	Jaar	Soort overzichtsstudie	Belangrijkste bevinding	Domein	Doelgroep
Alink et al.	2008	Meta-analyse	Relatie tussen baseline cortisol en externalizerend gedrag in kinderen (niet bij jongeren). Daarbij hebben jonge kinderen (0-5 jaar) met probleemgedrag over het algemeen een verhoogd cortisolniveau en oudere kinderen (5-12 jaar) met probleemgedrag een verlaagd cortisolniveau.	Cortisol	Kinderen en jongeren met externaliserend probleemgedrag
Archer et al.	2005	Meta-analyse	Er is een significante, maar zwakke relatie tussen testosteronniveau en agressief gedrag.	Testosteron	Van kinderen tot volwassenen met verschillende soorten probleemgedrag
Hönekopp & Watson	2011	Meta-analyse	Er is een significante, maar zwakke correlatie tussen prenataal testosteronniveau en agressief gedrag. Verband geldt alleen voor mannen, niet voor vrouwen.	Prenataal testosteron	Jongeren en volwassenen met verschillende soorten probleemgedrag
Duke et al.	2014	Systematische review	Crosssectioneel onderzoek laat zien dat er een verband is tussen agressief gedrag en testosteronniveau.	Testosteron	Jongeren met agressief of disruptief gedrag
Herpers et al.	2014	Systematische review	Er lijkt vooral een relatie te bestaan tussen verlaagd cortisolniveau in rust en psychopathie, maar de relatie tussen testosteron en 'ongevoelig/emotieloze' trekken is onduidelijk.	Cortisol en testosteron	Jongeren met psychopathische en ongevoelig/emotieloze trekken
Yildirim & Derksen	2012 a	Systematische review	Hoe ouder kinderen zijn, hoe duidelijker het verband tussen testosteron en antisociaal gedrag is.	Testosteron	Van kinderen tot volwassen met verschillende soorten probleemgedrag
Van der Gronde et al.	2014	Systematische review	Relatie tussen laag cortisol-niveau en sensatiezoekgedrag, verminderde gevoeligheid voor straf, en agressief gedrag. Ook relatie tussen hoog cortisol niveau en agressief gedrag. Cortisolconcentratie lijkt uit balans bij individuen met antisociaal gedrag.	Cortisol en testosteron	Crimineel gedrag, agressie, antisociaal gedrag en psychopathie

Tabel B7.5 Overzichtsartikelen met betrekking tot de relatie tussen psychofysiologie en antisociaal gedrag

Auteur(s)	Jaar	Soort overzichtsstudie	Belangrijkste bevinding	Domein	Doelgroep
Lorber	2004	Meta-analyse	Wisselende bevindingen afhankelijk van het type antisociaal gedrag. *Conduct disorder* lijkt samen te hangen met een lage huidgeleiding in rust en tijdens een taak, en met lage rusthartslag en hogere hartslagreactiviteit. Verder lijkt psychopathie negatief samen te hangen met huidgeleiding reactiviteit en agressief gedrag zou daar positief mee samenhangen. Tenslotte hangt agressief gedrag samen met lage rusthartslag en hogere hartslagreactiviteit.	Hartslag en huidgeleiding	Individuen, jong en oud met agressie problemen, psychopathie en conduct disorder
Ortiz & Raine	2004	Meta-analyse	Er is een duidelijk negatieve relatie tussen antisociaal gedrag en hartslag in rust, en tussen antisociaal gedrag en hartslag tijdens een stressvolle taak. Leeftijd en geslacht hebben geen invloed op deze relaties.	Hartslag in rust en hartslag tijdens stressvolle situaties	Kinderen en jongeren met antisociaal gedrag
Portnoy & Farrington	2015	Meta-analyse	Er is een significante relatie tussen antisociaal gedrag en lage hartslag in rust. Leeftijd en geslacht hebben geen invloed op deze relatie.	Hartslag in rust	Van kinderen tot volwassenen met verschillende vormen van antisociaal gedrag
Van der Gronde et al.	2014	Systematische review	Antisociaal gedrag lijkt gerelateerd te zijn aan lage activiteit van het autonome zenuwstelsel, gemeten met rusthartslag en huidgeleiding. Overigens blijkt het niet alleen een correlaat te zijn, maar zijn er ook verschillende studies die antisociaal gedrag, of recidive, kunnen voorspellen aan de hand van fysiologische activiteit.	Hartslag in rust en huidgeleiding	Van kinderen tot volwassenen met verschillen vormen van antisociaal gedrag

Tabel B7.6 Index van systematische overzichtsartikelen en meta-analyses van studies van genetisch onderzoek bij antisociaal gedrag

Auteur(s)	Jaar	Soort overzichts-studie	Belangrijkste bevinding	Domein	Doelgroep
Bakermans-Kranenburg & Van IJzendoorn	2011	Meta-analyse	Dopaminegenen (DRD2, DRD4) modereren de relatie tussen positieve of negatieve omgevingsinvloeden en positieve of negatieve gedragsuitkomst.	Genetische associatiestudies	Kinderen < 10 jaar
Burt	2009	Meta-analyse	65% van agressief gedrag toe te schrijven aan genen, rol van gedeelde omgevingsinvloeden beperkt.	Tweeling- en adoptiestudies	Kinderen en adolescenten
Burt	2013	Meta-analyse	Weinig genetische overlap tussen agressief en non-agressief antisociaal gedrag.	Tweeling- en adoptiestudies	Kinderen en adolescenten
Ferguson	2010	Meta-analyse	56% van antisociaal gedrag wordt door genen beïnvloed, respectievelijk 11% en 31% is toe te schrijven aan gedeelde en unieke omgeving.	Tweeling- en adoptiestudies	Kinderen, adolescenten en volwassenen
Ficks & Waldman	2014	Meta-analyse	Bescheiden maar significante associaties van zowel korte variant 5HTTLPR als lage activiteit allel MAOA-uVNTR met antisociaal gedrag.	Genetische associatiestudies	Kinderen, adolescenten en volwassenen
Kim-Cohen et al.	2006	Meta-analyse	Significante interactie tussen lage MAOA-activiteit en mishandeling op antisociaal gedrag.	Genetische associatiestudies	Kinderen
Rhee & Waldman	2002	Meta-analyse	Invloed genen op antisociaal gedrag: 41% (32% additief genetisch, 9% non-additief genetisch). Gedeelde en unieke omgevingsinvloeden op antisociaal gedrag respectievelijk 16% en 43%.	Tweeling- en adoptiestudies	Kinderen, adolescenten en volwassenen
Vassos et al.	2014	Meta-analyse	Geen significante relaties tussen respectievelijk 5HTTLPR, MAOA-, DRD4- en COMT-gen en antisociaal gedrag.	Genetische associatiestudies	Adolescenten en volwassenen
Gunter et al.	2010	Systematische review	Tweeling- en adoptiestudies suggereren genetische bijdrage aan antisociaal gedrag; MAOA en 5HTTLPR correleren met antisociaal gedrag.	Tweeling- en adoptiestudies en genetische associatiestudies	Kinderen, adolescenten en volwassenen
Nishioka et al.	2011	Systematische review	Relatie tussen lage MAOA-activiteit en agressief/antisociaal gedrag.	Genetische associatiestudies	Kinderen, adolescenten en volwassenen
Van der Gronde et al.	2014	Systematische review	Bevestigt relatieve invloed van genen op antisociaal gedrag. Moleculair genetische studies tonen verbanden aan maar recente meta-analyse van genoomwijde associatiestudies vindt geen verband tussen specifieke genen en antisociaal gedrag.	Tweeling- en adoptiestudies en genetische associatiestudies	Kinderen, adolescenten en volwassenen
Weeland et al.	2015	Systematische review	Bevindingen interacties van MAOA, 5HTTLPR, DRD2, DRD4, DAT1, COMT met negatieve omgeving zijn inconsistent. Invloed van interactie MAOA-gen en negatieve omgeving op antisociaal gedrag best gerepliceerd. Methodologische verschillen tussen studies verhinderen replicatie.	Genetische associatiestudies	Kinderen, adolescenten en volwassenen

Bijlage 8 Begrippenlijst

5HTT-gen: Dit zogeheten serotonine transporter-gen codeert voor een eiwit dat de boodschapperstof serotonine na gedane arbeid weer terug in de hersencellen transporteert. Het 5HTT-gen komt in twee vormen voor: een lange en een korte. Ieder mens krijgt twee varianten van het gen, één van ieder van zijn ouders. Ongeveer twee derde van de bevolking heeft één of twee exemplaren van de korte variant. De korte variant lijkt een rol te spelen bij het ontstaan van depressie na een stressvolle gebeurtenis, terwijl de lange variant daartegen juist een beschermend effect lijkt te hebben (Caspi et al., 2003).

Adreno-corticotroop hormoon (ACTH): Hormoon betrokken bij fysiologische stressregulatie. ACTH wordt door de hypofyse afgescheiden en stimuleert vervolgens de aanmaak van cortisol in de bijnieren.

Amygdala: Ook wel amandelkern genoemd vanwege de vorm. Het betreft groepen hersencellen die diep in de hersenen liggen en betrokken zijn bij verwerking van emotionele informatie. De amygdala heeft een sturende rol bij de emotionele waarneming van de omgeving, bijvoorbeeld het interpreteren van gezichtsuitdrukkingen als vriendelijk of vijandig. Ze voegt als het ware de emotionele kleuring aan de waarneming toe (Buikhuisen, 2006; Kahn, 2006). De amygdala kan heel snel en vroeg in het proces van de reactie op en verwerking van emotionele informatie reageren.

Antisociaal gedrag: De term antisociaal gedrag verwijst naar regel- en normoverschrijdend gedrag. Deze overkoepelende term wordt in dit rapport voor verschillende vormen van antisociaal gedrag gebruikt: 1) met klinische termen aangeduide vormen, zoals *conduct disorder*, psychopathie of externaliserend gedrag; 2) als wet- of regel-overtredend aangeduide vormen, zoals crimineel gedrag; of 3) specifieke vormen van antisociaal gedrag, zoals agressief gedrag.

Arousal: De mate van *arousal* verwijst naar de mate waarin het zenuwstelsel geactiveerd is.

Attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Stoornis waarbij de persoon in kwestie grote problemen heeft met het richten en vasthouden van de aandacht en tevens hyperactief gedrag laat zien.

Attention to context (ATC): Specifieke training die door Baskin-Sommers en collega's (2015) werd toegepast bij personen met antisociaal gedrag. De training is gericht op het leren vestigen van de aandacht op signalen uit de omgeving.

Autonome zenuwstelsel (AZS): Het gedeelte van het zenuwstelsel dat onwillekeurig en buiten onze bewuste beheersing functioneert. Het AZS regelt

functies zoals de hartslag, verwijding en vernauwing van bloedvaten en reactie van de zweetklieren. Reacties van het AZS worden in gang gezet door activiteit van hogere hersengebieden, met name de hypothalamus (Vingerhoets & Lannoo, 1998).

Basale ganglia: De basale ganglia fungeren als een motorisch controlesysteem, dat de bewegingen via de skeletspieren regelt. Het zijn een aantal kernen die uit grijze stof (cellichamen) bestaan. Ze liggen diep midden in de hersenen.

Beeldvormende technieken: Dit zijn technieken waarmee gedetailleerde beelden van de hersenen kunnen worden gemaakt. Voorbeelden zijn Computertomografie (CT), *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), Positron Emissie Tomografie (PET), *single photon emission computed tomography* (SPECT).

Brain-derived neurotrophic factor (BDNF): BDNF is een van de zogeheten neurotrope factoren. Dit zijn eiwitten die belangrijk zijn voor het goed functioneren van hersencellen. BDNF bevordert de groei en de overleving van hersencellen in onder meer de cortex en de hippocampus. BDNF speelt ook een rol bij de vorming van nieuwe hersencellen uit stamcellen en bij de groei van nieuwe synapsen, de verbindingspunten tussen hersencellen. Deze synaptische plasticiteit is belangrijk voor bijvoorbeeld leer- en geheugenprocessen (Binder & Scharfman, 2004).

Callous-unemotional traits (CU-traits): Deze worden in het Nederlands ook wel 'ongevoelige', 'emotieloze' trekken of 'kil-emotieloze trekken' genoemd. De term verwijst naar persoonlijkheidstrekken bij kinderen en jongeren waarin een gebrek aan empathie, weinig schuldgevoel en berouw en een verminderd gevoelsleven op de voorgrond staan. *Callous unemotional traits* worden wel als een voorloper van psychopathische trekken gezien.

Catechol-O-methyltransferase-gen (COMT-gen): COMT is een enzym dat een rol speelt bij de afbraak van de neurotransmitter dopamine in de hersenen. Het kent twee varianten: het Val-allel en het Met-allel. Omdat een mens van elk van de ouders een allel krijgt, komen ze bij mensen voor in de combinaties Val/Val, Val/Met of Met/Met. Het COMT-gen wordt onder meer in verband gebracht met schizofrenie. Cannabisgebruik verhoogt de kans op schizofrenie, maar die kans is niet voor iedereen gelijk. Mensen met het genotype Val/Val (ongeveer een kwart van de bevolking) hebben bij cannabisgebruik een meer dan vier keer zo grote kans op het ontwikkelen van schizofrenie als gemiddeld (Kahn, 2006).

Chicago School Readiness Project(CSRP): Een interventie die is opgezet om de kansen van kinderen uit lage inkomensgroepen op het succesvol door-

lopen van de basisschool te vergroten. De interventie richt zich onder meer op verbetering van zelfregulatie bij de kinderen.

Child Behavior CheckList (CBCL): Vragenlijst waarmee vaardigheden en probleemgedrag van kinderen worden geïnventariseerd.

Chromosomen: Structuren die het erfelijk materiaal, het DNA, bevatten en in de kern van elke lichaamscel voorkomen. Mensen hebben normaal gesproken 46 chromosomen die paarsgewijs voorkomen, dus in totaal 23 paren. De chromosomen zijn op een vaste manier paarsgewijs genummerd van 1 tot 23. Een kind krijgt van ieder van de ouders één chromosoom van elk paar.

Cognitief: Heeft betrekking op het denken, kennen, beoordelen, herinneren, verbeelden en beslissen (Zelazo et al., 2004).

Cognitieve controle: De termen 'cognitieve controle' en 'executieve functies' worden wel als synoniem gebruikt. Zie figuur 1 voor nadere uitleg van de begrippen.

Cognitieve flexibiliteit: Cognitieve flexibiliteit is één van de zogeheten executieve functies. Cognitieve flexibiliteit is het vermogen snel te kunnen wisselen tussen verschillende concepten of strategieën in het uitvoeren van een taak.

Cognitieve gedragstherapie (CGT): Eén van de meest toegepaste behandelvormen bij de behandeling van psychische klachten en/of antisociaal gedrag. Bij deze behandelvorm staan het denken (cognitie) en de relatie daarvan met het gedrag van het individu centraal. Door in gesprek te gaan over problemen in het denken, beoordelen en beslissen kunnen deze cognitieve functies aangepast, verbeterd of veranderd worden. De veronderstelling is dat daardoor ook het gedrag kan veranderen. Er wordt ook geoefend met nieuw gedrag.

Computertomografie (CT): Hierbij wordt een dunne röntgenstraal door het hoofd geleid vanuit verschillende hoeken, zodat als het ware een doorsnede ontstaat, waarbij de hoeveelheid geabsorbeerde straling wordt gemeten. De combinatie van de metingen geeft de dichtheid van het weefsel op elk punt van de doorsnede weer.

Conduct Disorder (CD): Conduct Disorder wordt in het Nederlands ook wel 'normoverschrijdende gedragsstoornis' genoemd. Het gaat om een aanhoudend gedragspatroon dat op kinderleeftijd voorkomt, waarbij de elementaire rechten van anderen of bij de leeftijd behorende regels of normen worden overtreden (diagnostische criteria van DSM-IV), met als kenmerken vormen van agressie tegen mens en dier, vernielingen, liegen of stelen en het overtreden van allerlei gedragsregels.

Corticotropin-releasing hormone (CRH): Hormoon dat wordt uitgescheiden door de hypothalamus, een hersengebied. CRH stimuleert de hypofyse, een klier midden in het hoofd, tot afgifte van het adrenocorticotroop hormoon (ACTH), een hormoon dat betrokken is bij de stressreactie van het lichaam.

Cortisol: Hormoon dat afgegeven wordt door de bijnier in reactie op stress.

Deep brain stimulation (DBS): Invasieve hersenstimulatietechniek waarbij een elektrode in de hersenen wordt ingebracht die door middel van een elektrische stroom lokaal de werking van specifieke hersengebieden kan beïnvloeden.

Dehydroepiandrosterone (DHEA): Dit hormoon is een voorproduct van testosteron en daarmee wellicht interessant in relatie tot crimineel gedrag bij jongeren die nog niet in de puberteit zijn (Van Goozen et al., 2007).

Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM): Een Amerikaans handboek dat in de meeste landen als standaard voor psychiatrische diagnostiek wordt gebruikt.

Diffusion tensor imaging (DTI): Hersenbeeldvormende techniek waarmee de verbinding tussen hersengebieden kan worden bekeken.

Disruptive Behavior Disorder (DBD): DBD wordt in het Nederlands 'disruptieve gedragsstoornis' genoemd. Wanneer kinderen of jeugdigen ernstig en persistent antisociaal gedrag vertonen, wordt gesproken van DBD. DBD omvat de zogeheten *Conduct Disorder* (CD) en de *Oppositional Defiant Disorder*.

DNA (desoxyribonucleïnezuur): Het DNA dat in de chromosomen in de kern van elke lichaamscel aanwezig is. Het bevat de blauwdruk of codes van de erfelijke aanleg van het individu. DNA-moleculen zijn opgebouwd uit de vier zogeheten stikstofbasen: adenine, thymine, guanine en cytosine, meestal aangeduid met A, T, G en C. Het DNA bestaat uit lange dubbele ketens van deze basen in verschillende volgordes. De basen liggen daarin twee aan twee tegenover elkaar.

Dopamine: Remmende en stimulerende neurotransmitter (zie 'Neurotransmitters'). Onder andere betrokken bij beloningsgevoeligheid (verslaving), motoriek en cognitie, waaronder aandacht.

DRD4-gen: Het DRD4-gen bevat de code voor de dopamine D4-receptor. Er bestaan zeven vormen of polymorfismen van, die respectievelijk bestaan uit 2, 3, 4, 5, 6, 7 of 8 herhalingen van een bepaalde sequentie van 48 basenparen

op chromosoom 11. De korte vormen (van 2, 3, 4 of 5 herhalingen) coderen voor D4-receptoren die relatief efficiënt zijn in het binden van dopamine en de lange vormen (van 6,7 of 8 herhalingen) voor D4-receptoren, die daarin minder efficiënt zijn. De korte vormen komen veel voor (85% van de allelen in de bevolking) en de lange minder (15% van de allelen). De lange variant wordt onder meer in verband gebracht met een verhoogde neiging tot het zoeken van stimulatie/sensatie en een verhoogde kans op hyperactiviteit.

DGS&B: Directoraat Generaal Straffen en Beschermen.

DSJ: Directie Sanctietoepassing en Jeugd.

Electro-encefalografie (EEG): Techniek waarmee patronen en locaties van elektrische activiteit in de hersenen worden onderzocht met behulp van elektroden die op de schedel worden aangebracht.

Electromyogram (EMG): Psychofysiologische meetmethode waarbij elektrodes op specifieke plekken in bijvoorbeeld het gezicht geplakt worden om (automatische) spieractiviteit te meten tijdens bijvoorbeeld emotieherkenningstesten.

Emotieregulatie: Deze term verwijst naar de mate waarin emoties tot uiting komen of juist worden onderdrukt, de mate waarin emoties worden herkend en de intensiteit waarmee ze worden beleefd.

Endocrinologie: Tak van biologische wetenschap die zich bezighoudt met de klieren die stoffen afscheiden in ons lichaam (bijvoorbeeld hormonen).

Epigenetica. Erfelijke veranderingen in de genactiviteit zonder dat de volgorde van het DNA verandert (Qiu, 2006).

Executieve functies (EF): Een term uit de psychologie die verwijst naar het bewust beheersen van denken en doen, het reguleren van denken, emoties en gedrag. Executieve functies worden ook wel aangeduid als 'hogere cognitieve functies', dat wil zeggen functies die ingewikkelde informatieverwerking vereisen (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2002). Executieve functies omvatten onder meer het identificeren van problemen, het nemen van beslissingen, planning, het gericht blijven op een taak, het zich flexibel aanpassen aan veranderende situaties, het beheersen van impulsen, het combineren van informatie, het monitoren en zo nodig aanpassen van het eigen gedrag (response monitoring), en het detecteren van fouten.

Externaliserend gedrag: Gedrag waar de omgeving last van heeft, zoals ongehoorzaamheid, opstandigheid en agressie.

Facial Affect Recognition (FAR): Emotieherkenningstraining zoals toegepast door Hubble et al. (2015), gericht op het verbeteren van het herkennen van emoties van anderen bij delinquenten.

Farmacogenetica: Onderzoek naar de relatie tussen de reacties van een individu op medicatie en zijn of haar genetische profiel. Het doel van deze tak van wetenschap is om te begrijpen via welke mechanismen de genetische kenmerken bepalen hoe goed een bepaald medicament in het lichaam werkt en welke bijeffecten naar verwachting optreden. Deze kennis kan ertoe bijdragen dat artsen farmacologische behandeling met grotere precisie kunnen afstemmen op wat het individu nodig heeft (King Badouin Foundation/ Rathenau Instituut, 2004).

Follicle-stimulating hormone (FSH): Follikelstimulerend hormoon, betrokken bij onder meer de aanmaak van geslachtshormonen en de aanmaak en rijping van zaadcellen in de testes en van follikels in de eierstokken.

Gamma-aminoboterzuur (GABA): Aminozuur dat in de hersenen fungeert als remmende neurotransmitter.

Gen: Een gen is een stukje DNA dat de code bevat voor de ontwikkeling van een bepaald 'product', bijvoorbeeld een eiwit dat een bijdrage levert aan een uiterlijk kenmerk zoals oogkleur, of aan de ontwikkeling van een neurotransmittersysteem.

Genoom: Complete genetische samenstelling van een organisme.

Glutamaat: Stimulerende neurotransmitter (zie 'Neurotransmitters'), betrokken bij leren en geheugen.

Gonadotropin-releasing hormone (GnRH): Wordt geproduceerd door de hypothalamus en speelt een belangrijke rol in de aanmaak van testosteron.

Hartslagvariabiliteit (HRV): Heeft betrekking op de mate van variatie in de duur van het tijdsinterval tussen twee hartslagen. In een situatie van fysieke rust is er over het algemeen veel variatie te zien in de duur van het tijdsinterval tussen twee hartslagen.

Hersencircuit: Tegenwoordig denken hersenwetenschappers eerder in circuits met bepaalde functies, dan in aparte hersengebieden. Een circuit bestaat uit meerdere groepen hersencellen of hersengebieden die elkaar via verbindingen kunnen beïnvloeden en gezamenlijk een rol spelen bij een bepaalde functie. Zo wordt bijvoorbeeld een circuit voor de regulatie van emoties onderscheiden, bestaand uit onder meer de PFC en amygdala.

Hippocampus: Diep gelegen hersengebied. Betrokken bij geheugen en leren.

HPA-as (hypofyse-pituitary-adrenal axis): Deze hormonale stress-as loopt van de hypothalamus via de hypofyse naar de bijnier. De hypothalamus produceert CRH (*corticotropine releasing hormone*), dit stimuleert de hypofyse tot afgifte van ACTH (adrenocorticotroop hormoon) dat op zijn beurt de bijnierschors aanzet tot productie van het stresshormoon cortisol. Cortisol zorgt ervoor dat het lichaam langere tijd met stress om kan gaan (bijvoorbeeld door een betere beschikbaarheid van energie) maar kan op de lange duur schade veroorzaken. Er zijn bijvoorbeeld effecten op het immunsysteem (Kahn, 2006).

HPG-as (hypothalamic-pituitary-gonadal axis): Deze hormonale as loopt van de hypothalamus via de hypofyse naar de gelachtsklieren. De HPG-as is betrokken bij de aanmaak en regulatie van geslachtshormonen zoals testosteron.

Hypofyse: De hypofyse regelt de uitscheiding van hormonen door de hormoonproducerende klieren in het lichaam.

Hypothalamus: De hypothalamus bestaat uit meer dan twintig kleine kernen die onderling verbonden zijn en speelt een belangrijke rol bij het reguleren en in evenwicht houden van allerlei lichaamsfuncties, zoals temperatuur, dorst, honger en seksuele behoeften. De hypothalamus beheerst de hormoonafgifte via de hypofyse door middel van een eigen serie hormonen.
De hypothalamus vormt samen met de hypofyse een brug tussen het centrale zenuwstelsel (hersenen en ruggenmerg) en de hormoonsystemen, bijvoorbeeld de hormonale assen die bij seks en bij stress betrokken zijn (Vingerhoets & Lannoo, 1998).

Inhibitie: Het proces van het tegenhouden of stoppen van bijvoorbeeld een handeling.

Insula of insulaire cortex: De insula bevindt zich in het middelste deel van de zijkant van de hersenhelften, op de overgang van de hersenschors (cortex) en de middenhersenen. De insula is betrokken bij de verwerking van emotionele informatie (bijvoorbeeld afkeer, angst, woede, liefde) en krijgt onder meer input van de amygdala. Gedacht wordt dat de insula fysieke prikkels in kaart brengt die verband houden met emoties en zo bijdraagt aan bewustwording van de emotionele ervaring. Recent wordt de insula ook in verband gebracht met emotionele empathie vanwege de activiteit van spiegelneuronen die in het gebied is gevonden.

Luteinizing hormone (LH): Luteïniserend hormoon. Wordt geproduceerd door de hypofyse en speelt onder andere een belangrijke rol in de aanmaak van het hormoon testosteron.

Magnetic Resonance Imaging (MRI): In het Nederlands nucleomagnetische resonantie (NMR) maar meestal wordt de Engelse term gebruikt. De MRI-scanner maakt gebruik van een sterk magnetisch veld waarbij radiogolven in dat veld worden gebruikt om reacties van een bepaald atoom (meestal waterstof) dat in hersenweefsel aanwezig is te veroorzaken. De minieme spanningswisselingen die ontstaan door de veranderingen in de positie van de waterstofatomen worden gemeten (Vingerhoets & Lannoo, 1998). MRI maakt zeer gedetailleerde beelden mogelijk en het brein kan vanuit alle hoeken worden gevisualiseerd, ook driedimensionaal. MRI-scans kunnen niet alleen de structuur of anatomie van de hersenen weergeven (sMRI), maar ook de functie of werking van de hersenen in beeld brengen op basis van de mate van bloedvoorziening of zuurstofverbruik van de desbetreffende hersencellen (fMRI).

MAOA-gen: Dit gen is verantwoordelijk voor het aanmaken van het enzym monoamine oxidase A (MAOA) dat betrokken is bij de regulatie van de hoeveelheid serotonine in de hersenen. Daarnaast heeft het ook effect op de hoeveelheid dopamine en noradrenaline in de hersenen. Dit gen komt bij mensen in twee vormen of polymorfismen voor. De 'korte' variant zorgt voor een minder efficiënte verhoging van de hoeveelheid serotonine dan de 'langere' variant. Het MAOA-gen ligt op het X-chromosoom. Dat betekent dat mannen slechts één variant van het gen hebben, de korte of de lange vorm. Vrouwen hebben drie varianten: kort-kort, lang-lang of kort-lang.

Mentaliseren: Het vermogen om te reflecteren op en na te denken over de eigen gevoelens en gedachten, en om die te kunnen onderscheiden van die van andere mensen.

Mindfulness: Vorm van meditatie die tot doel heeft het bewuster leren vestigen van de aandacht op fysieke en geestelijke sensaties en situaties. Verschillende mindfulnesstrainingen zijn beschikbaar.

Multidimensional Treatment Foster Care for Preschoolers (MTFC-P): Bij deze interventie worden pleegouders getraind in positieve bekrachtiging van het gedrag van het kind en worden zij bijgestaan door gedragswetenschappers, gezinstherapeuten en pleegouderadviseurs.

Neurobiologie: De neurobiologie bestudeert alle aspecten van het zenuwstelsel. Voorbeelden van neurobiologische processen zijn o.a. hartslag, hormoonproductie en het functioneren van de hersenen.

Neuropsychologie: De tak van de psychologie die zich bezighoudt met de relatie tussen gedrag, emotie en cognitie enerzijds en het (dis)functioneren van de hersenen anderzijds.

Neurotransmitters: Chemische stoffen die signalen doorgeven van de ene hersencel naar de andere. Deze kunnen leiden tot verhoogde of juist verminderde activatie van een hersengebied of -circuit. Voorbeelden zijn serotonine, dopamine en noradrenaline, samen aangeduid als de monoaminen.

Neurowetenschappen: 'Neurowetenschap' of 'neurowetenschappen' is een nieuwere term dan 'neurobiologie' voor de wetenschap die zich bezighoudt met alle aspecten van het zenuwstelsel. De term 'neurowetenschappen' verwijst daarnaast ook naar het interdisciplinaire karakter van de neurowetenschap. Zo zijn er bijvoorbeeld de 'cognitieve neurowetenschap' die onderzoek doet naar de neurobiologische basis van ons denken en verwerken van informatie en de 'sociale neurowetenschap' (*social neuroscience*) die de relatie tussen neurobiologische processen en sociaal gedrag bestudeert (een voorbeeld van een thema is de invloed van hormonen op menselijk sociaal gedrag).

Nurse Family Partnership (NFP): Een vroege gezinsinterventie waarin moeders en jonge kinderen worden begeleid op allerlei gebieden (onder meer gezondheid, voeding, moeder-kindrelatie, en gedragsontwikkeling van het kind). De interventie begint tijdens de zwangerschap en richt zich op risicofactoren gedurende de eerste twee levensjaren van het kind.

Nucleus accumbens: Hersengebied dat betrokken is bij beloningsgevoeligheid.

Nudging: Het sturen van gedrag via onbewuste en automatische denk- en gevoelsprocessen.

Oppositional Defiant Disorder (ODD): Oppositioneel-opstandige gedragsstoornis. Deze kan bij kinderen en jongeren worden gediagnosticeerd en is geassocieerd met onder andere de volgende kenmerken (volgens de DSM-IV): een boze, gespannen stemming, argumentatief, opstandig gedrag en wraakzucht.

Oxytocine: Het hormoon en herseneiwit (neuropeptide) oxytocine heeft onder meer een cruciale rol bij positieve sociale bindingen.

Programma Alternatieve Denkstrategieën (PAD): Nederlandse versie van het Amerikaanse programma PATHS. Een cognitief gedragstherapeutisch programma ter verbetering van neuropsychologische tekorten die gerelateerd

zijn aan zelfregulatie. Het programma wordt gegeven in het basis- of speciaal onderwijs.

Pariëtale cortex, laterale pariëtale cortex (LPAC), mediale pariëtale cortex (MPAC): De pariëtale kwab is belangrijk voor het integreren van zintuigelijke informatie vanuit verschillende delen van het lichaam. Zie bijlage 4 voor meer informatie over neuroanatomie.

PIT: Preventief Interventie Team.

Positron Emissie Tomografie (PET): Hierbij wordt een merkstof ingespoten die door hersencellen wordt opgenomen wanneer zij glucose opnemen. Het opnemen van glucose wordt gebruikt als indicatie dat hersencellen actief zijn. De concentratie van de merkstof laat dan een patroon zien van hersengebieden die bij een bepaalde taak of in een bepaalde situatie actief zijn en hersengebieden die dat niet of minder zijn.

Pre-ejection period (PEP): PEP heeft betrekking op de tijd tussen het begin van de elektrische impuls naar het hart en het daadwerkelijk openen van de linker hartklep. Deze tijd is een indicatie voor activiteit van het sympathische deel van het zenuwstelsel. Bij inspanning of stress is het tijdsinterval korter, bij ontspanning is het tijdsinterval langer.

Prefrontale cortex (PFC): Dit is het meest aan de voorkant gelegen deel van de frontaalkwab. De PFC is betrokken bij de hogere aspecten van motorische beheersing en de executieve functies zoals het aansturen en zo nodig bijstellen van het eigen gedrag, bijvoorbeeld het beheersen van emotionele impulsen (zie voor meer uitgebreide informatie over de PFC bijlage 4).

Proactieve agressie: Berekenende vorm van agressie die wordt ingezet om een doel te bereiken. Proactieve agressie wordt onderscheiden van zogeheten reactieve agressie die plaatsvindt in reactie op frustratie of provocatie vanuit de omgeving (zie 'Reactieve agressie').

Psycho-educatie: Behandelvorm die is bedoeld om mensen inzicht te laten krijgen in hun eigen ziekteproces of beperking.

Psychofarmaca: Medicijnen waarmee wordt beoogd psychologische processen en gedrag te beïnvloeden (bijvoorbeeld angst dempen of onrust of hallucinaties verminderen).

Psychopathie: Persoonlijkheidsstoornis die onder andere gekenmerkt wordt door gewetensloosheid, antisociaal gedrag en gebrek aan empathie en schuldgevoel.

Psychopathy Checklist Short *V*ersion (PCL-SV): Korte versie van een checklist met kenmerken van psychopathie. Wordt gebruikt om mate van psychopathie bij een individu vast te stellen.

Randomized Controlled Trial (RCT): Onderzoeksopzet waarbij proefpersonen willekeurig ('*at random*') worden toegewezen aan een van twee groepen waarvan de ene groep bijvoorbeeld een interventie krijgt en de andere de controlegroep vormt. Beide groepen worden voor en na de interventie getest. Het idee van randomisering is dat de groepen dan a priori vergelijkbaar zijn zodat eventuele gevonden verschillen na de interventie aan de interventie kunnen worden toegeschreven.

Reactieve agressie: Agressie die ontstaat in reactie op frustratie of provocatie uit de omgeving.

REsearch based, Developmentally Informed (REDI): Trainingen ontwikkeld voor peuters en kleuters met het doel om achterstanden in executieve functies en schoolrelevante vaardigheden weg te werken.

SAVRY: Risicotaxatie-instrument speciaal ontwikkeld om het geweldsrisico bij adolescenten van 12 tot 18 jaar te kunnen inschatten.

Skin Conductance (SC): Ook wel 'huidgeleiding'. Huidgeleiding is een maat voor de werking van het autonome zenuwstelsel. Door het meten van kleine veranderingen in zweetproductie op de hand krijgt men een beeld van de activiteit van het sympathische zenuwstelsel.

Selectieve serotonineheropnameremmers (SSRI's): Klasse medicijnen die tot de antidepressiva wordt gerekend. Zorgt voor een remming van de heropname van de neurotransmitter serotonine door de zenuwcel die de stof oorspronkelijk afscheidde. Hierdoor blijft de neurotransmitter langer beschikbaar voor de ontvangende zenuwcel.

Serotonine: De neurotransmitter serotonine (5-hydroxytryptamine, 5-HT) is van belang bij agressie, depressie en angst. Tekorten aan serotonine in de hersenen worden onder meer in verband gebracht met impulsief agressief gedrag, impulsiviteit en negatieve emotionaliteit. Serotonine kent een 14-tal verschillende receptoren of aanhechtingsplaatsen op zenuwcellen die elk op hun eigen wijze het serotoninesysteem beïnvloeden.

Serious game: Computerspel met didactische en/of gedragstherapeutische doelstelling.

Striatum: Verzamelnaam voor enkele diep gelegen hersengebieden (hoofdzakelijk putamen, caudate nucleus en nucleus accumbens). Deze zijn onder andere betrokken bij beloningsgevoeligheid en motoriek.

Training Agressie Controle (TACt): TACt beoogt het risico op agressief of crimineel gedrag bij jongeren te verminderen door het trainen van sociale vaardigheden, het aanleren van cognitieve zelfbeheersing, het wijzigen van cognitieve vervormingen ('denkfouten') en het verhogen van het niveau van moreel redeneren.

Testosteron: Mannelijk geslachtshormoon (zie ook HPG-as).

Tools of the Mind (TotM): Een interventie voor kleuters in een schoolsetting. In het TotM-programma is training van executieve functies verweven met vroege versies van leervakken als rekenen en taal. Het programma bestaat uit activiteiten om executieve functies te trainen zoals aandacht, inhibitie en werkgeheugen.

Transcraniële gelijkstroomstimulatie (TDCS): Hersenstimulatietechniek waarbij door middel van elektroden die op het hoofd geplaatst zijn elektrische signalen aan de hersenen kunnen worden doorgegeven met als doel de werking van hersengebieden te beïnvloeden (stimuleren of remmen).

Transcraniële magnetische stimulatie (TMS): Hersenstimulatietechniek waarbij door middel van een magnetische spoel boven het hoofd een elektrische stroom in de hersenen wordt opgewekt die de functie van hersengebieden aan de buitenkant van de hersenen kan stimuleren of remmen.

Positive Parenting Program (Triple P): Een uitgebreid preventieprogramma waarin ouders positieve en niet-gewelddadige technieken leren voor het omgaan met het gedrag van hun kind. De ernst van de gedragsproblemen van het kind bepaalt op welk niveau de training ingezet wordt. Op het lichtste niveau (niveau 1) wordt algemene informatie gedeeld via video-opnamen, terwijl het zwaarste niveau (niveau 5) een uitgebreid programma is voor gezinnen met kinderen met zeer ernstig probleemgedrag.

Tryptofaan hydroxylase 1 (TPH1): Enzym dat betrokken is bij de aanmaak van de neurotransmitter serotonine (zie 'Neurotransmitters' en 'Serotonine').

Video-feedback Intervention to promote Positive Parenting (VIPP): Gezinsinterventie voor ouders met jonge kinderen met gedragsproblemen zoals externaliserend gedrag. Deze interventie bestaat uit een aantal huisbezoeken. Daarbij worden video-opnamen gemaakt van interacties tussen ouder en kind die in de training worden gebruikt als leermateriaal. Via deze weg,

waarbij positieve interactie en sensitieve disciplineringsstrategieën centraal staan, worden de opvoedingsvaardigheden van ouders versterkt.

Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC): Een veelgebruikte intelligentietest voor kinderen tussen de 6 en 16 jaar oud.

Werkgeheugen: Onderdeel van het geheugen dat verschillende functies omvat, zoals het tijdelijk onthouden van nieuwe informatie maar ook manipulatie, integratie en transformatie van informatie om gedrag te plannen en te sturen

Zelfregulatie: Het sturen van eigen denken, emoties en gedrag.

Bijlage 9 Begrippen antisociaal gedrag

Het hiernavolgende is overgenomen uit De Kogel (2008). *De hersenen in beeld*. Den Haag: Boom Juridische uitgevers. Onderzoek en beleid 270.

Criminaliteit of regelovertredend gedrag

Crimineel gedrag is het overtreden van in de wet vastgelegde en sociale normen. Welke gedragingen als crimineel worden omschreven kan in plaats en tijd verschillen. In de onderzoeken over neurobiologische factoren en crimineel gedrag wordt criminaliteit veelal geoperationaliseerd als het plegen van gewelddadige delicten zoals moord, doodslag, mishandeling en vernieling. De nadruk ligt in mindere mate op niet-gewelddadige delicten. Onderzoeken naar neurobiologische factoren en fraude of diefstal bijvoorbeeld, zijn niet gemakkelijk te vinden. Wel benadrukken verschillende wetenschappers dat individuen met persistent crimineel gedrag vaak niet maar één type criminaliteit plegen, maar meerdere vormen van normoverschrijdend en crimineel gedrag vertonen (Moffitt, 2005; Buikhuisen, 2007). In criminologisch onderzoek wordt telkens een relatief kleine 'harde kern' van jeugdigen en volwassenen gevonden die verantwoordelijk is voor meer dan de helft van de delicten (zie voor een overzicht o.a. Piquero, Farrington & Blumstein, 2003).

Agressief of gewelddadig gedrag

Een gangbare omschrijving van menselijke agressie is ieder gedrag gericht tegen een ander individu met het onmiddellijke doel om schade te veroorzaken. Daaraan kan nog worden toegevoegd dat de dader moet beseffen dat het gedrag de ander schade zal doen, en dat de ander dit wil vermijden (o.a. Anderson & Bushman, 2002). Een in de forensisch psychiatrische literatuur gebruikte definitie van gewelddadig gedrag is: het opzettelijk toebrengen van fysieke of psychische schade aan anderen dan wel een poging daartoe of het dreigen daarmee (o.a. Philipse et al., 2000). Er bestaan veel verschillende definities en indelingen van agressief gedrag. Zo zijn er bijvoorbeeld classificatiesystemen waarin 'normale' en 'abnormale' of 'ontsporende' agressie worden onderscheiden (o.a. Haller & Kruk, 2006). Het criterium daarbij is of agressief gedrag gebonden blijft aan bepaalde regels, zoals stoppen met dit gedrag als de ander angst of verdriet toont. In onderzoek naar agressief gedrag bij mensen wordt onderscheid gemaakt tussen twee subtypen van agressief gedrag. Enerzijds 'reactieve', ook wel 'impulsieve' agressie en anderzijds 'proactieve' of 'instrumentele' agressie (Dodge, 1991; Polman et al., 2007). Reactief agressief gedrag is een impulsieve emotionele reactie op frustratie of bedreiging. Proactief agressief gedrag is ongevoelig, berekenend en gericht op het bereiken van een doel. De dichotomie van proactieve en reactieve agressie lijkt

goede aanknopingspunten te bieden voor de beschrijving van en het onderzoek naar de neurologische basis van verschillende vormen van agressief gedrag. Volgens Van Goozen en collega's (2007) zal deze vermoedelijk echter te eenvoudig blijken als in aanmerking wordt genomen hoe complex het samenspel is tussen de vele bij agressie betrokken hersengebieden, neurotransmitter- en hormonale systemen.

Psychische stoornissen en persoonlijkheidstrekken

Verschillende diagnoses van psychische stoornissen zijn gecorreleerd met antisociaal en (impusief) agressief gedrag. Antisociaal gedrag, zoals gedefinieerd in termen van de diagnose antisociale persoonlijkheidsstoornis (ASP) bij volwassenen, wordt gekenmerkt door een persistent patroon van agressief, impulsief en normoverschrijdend gedrag (American Psychiatric Association, 1994). Een aanzienlijk percentage gedetineerden (ongeveer 47%) heeft de diagnose antisociale persoonlijkheidsstoornis (Fazel & Danesh, 2002). De stoornis psychopathie bij volwassenen wordt naast een antisociale levensstijl gekenmerkt door een aantal persoonskenmerken, waaronder koelbloedigheid, gebrek aan empathie, manipulatie en pathologisch liegen. Personen met psychopathie kunnen worden beschouwd als een ernstiger subgroep onder degenen met een antisociale persoonlijkheidsstoornis. ASP begint in de kindertijd en adolescentie. Wanneer kinderen of jeugdigen een ernstig en persistent patroon vertonen van schenden van de basale rechten van anderen en van maatschappelijke normen en regels, wordt gesproken van een disruptieve gedragsstoornis (*Disruptive Behavior Disorder,* DBD). DBD omvat de zogeheten regelovertredende gedragsstoornis (*Conduct Disorder,* CD) met als kenmerken vormen van agressie tegen mens en dier, vernielingen, liegen of stelen en het overtreden van allerlei gedragsregels. DBD omvat daarnaast de oppositioneel-opstandige gedragsstoornis (*Oppositional Defiant Disorder,* ODD) met als kenmerken vaak een boze, gespannen stemming, argumentatief en opstandig gedrag en wraakzucht. DBD wordt als voorloper van de antisociale persoonlijkheidsstoornis bij volwassenen beschouwd, hoewel niet alle kinderen met DBD later ASP ontwikkelen. Sommige neurobiologische en gedragsgenetische onderzoeken richten zich niet zozeer op stoornissen maar meer op persoonlijkheidstrekken die risicofactoren of juist beschermende factoren zouden kunnen vormen voor crimineel gedrag. Bestudeerd worden trekken als bijvoorbeeld vijandigheid, impulsiviteit en (gebrek aan) empathisch vermogen. Een bekend begrip in het neurowetenschappelijk onderzoek bij kinderen en adolescenten met antisociaal gedrag is in dit verband *callous unemotional traits*, oftewel ongevoelige/emotieloze trekken.