

Bedankt voor het downloaden van dit artikel. De artikelen uit de (online)tijdschriften van Uitgeverij Boom zijn auteursrechtelijk beschermd. U kunt er natuurlijk uit citeren (voorzien van een bronvermelding) maar voor reproductie in welke vorm dan ook moet toestemming aan de uitgever worden gevraagd.

Boom

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 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 enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikelen 16h t/m 16m Auteurswet 1912 jo. Besluit van 27 november 2002, Stb 575, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoeding te voldoen aan de Stichting Reprorecht te Hoofddorp (postbus 3060, 2130 KB, www.reprorecht.nl) of contact op te nemen met de uitgever voor het treffen van een rechtstreekse regeling in de zin van art. 16l, vijfde lid, Auteurswet 1912.

Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16, Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten, postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.cedar.nl/pro).

No part of this book may be reproduced in any way whatsoever without the written permission of the publisher.

info@boomamsterdam.nl
www.boomuitgeversamsterdam.nl

Operant leren bij kinderen met ADHD

Terug naar de basis van gedragstherapie¹

HASSE DE MEYER, GAIL TRIPP, TOM BECKERS & SASKIA VAN DER OORD

Samenvatting

Gedragstherapeutische mediatiebehandeling voor ADHD is grotendeels gebaseerd op operante leerprincipes (gewenst gedrag wordt beloond, ongewenst gedrag wordt genegeerd of bestraft). Verminderde gevoeligheid voor beloning wordt beschouwd als een centraal kenmerk van ADHD. Deze verminderde sensitiviteit voor beloning kan mogelijk ook basale operante leerprocessen beïnvloeden die van belang zijn voor gedragstherapeutische mediatiebehandeling van ADHD. Een voorbeeld hiervan is het *partial reinforcement extinction effect* (PREE): gedrag dat is aangeleerd onder partiële of intermitterende bekrachtiging is persistenter wanneer bekrachtiging wordt stopgezet dan gedrag dat is aangeleerd onder continue bekrachtiging. Het PREE is relevant voor het bewerkstelligen van langdurige gedragsverandering en dus mogelijk voor de langetermijneffecten van gedragstherapie. Hier bespreken we de resultaten van een studie naar het aanleren (acquisitie) en het uitdoven (extinctie) van operant gedrag onder gedeeltelijke en continue bekrachtiging bij kinderen met en zonder ADHD. Ook onderzochten we of eventuele tekorten in het aanleren en het uitdoven van gedrag bij kinderen met ADHD verholpen kunnen worden door het gradueel verminderen van de bekrachtigingsratio tijdens acquisitie (*stretching the ratio's*: van continue bekrachtiging geleidelijk overgaan naar partiëlere bekrachtiging). Kinderen (leeftijd 8-12 jaar) met ADHD ($n = 49$) en zonder ADHD ($n = 62$) voerden een simpele operante leertaak uit die gemodelleerd was naar een skinnerboxtaak. Aanleren van de operante respons gebeurde door continue bekrachtiging, door partiële bekrachtiging of door middel van stret-

1 Dit artikel is een Nederlandstalige bewerking van: De Meyer et al., 2019. Het onderzoek is gefinancierd met steun van Onderzoeksfonds G.0738.14N van het FWO. De auteurs hebben geen conflict of interest gerelateerd aan dit artikel.

ching the ratio's, waarna een extinctiefase (zonder bekrachtiging) volgde. Uit de resultaten bleek dat kinderen in partiële bekrachtiging het doelgedrag trager verwierven, maar grotere gedragspersistentie vertoonden wanneer het doelgedrag niet langer werd beloond (onder extinctie) dan kinderen in de continue bekrachtigingsconditie, zonder verschillen tussen kinderen met en zonder ADHD. In beide groepen leidde het gradueel verminderen van de bekrachtigingsratio tot sneller aanleren van doelgedrag dan gedeeltelijke bekrachtiging, met desondanks een vergelijkbare mate van gedragspersistentie onder extinctie. Kinderen met ADHD lieten dus geen tekorten zien in het aanleren van gedrag of gedragspersistentie onder uitdoving in een dergelijke elementaire leertaak.

Relevant voor gedragstherapeutische interventies is de observatie dat doelgedrag vlotter wordt aangeleerd met stretching the ratio's dan door partiële bekrachtiging (in het dagelijks leven is bekrachtiging per definitie nooit continu), terwijl het toch zorgt voor vergelijkbare gedragspersistentie wanneer de bekrachtiger niet meer aanwezig is. In gedragstherapeutische mediatiebehandeling (voor zowel kinderen met als zonder ADHD) zou kennis en toepassing van stretching the ratio's en PREE mogelijk relevant zijn om de langetermijneffecten van behandeling te optimaliseren.

Trefwoorden: ADHD, operant leren, behandeling, partial reinforcement extinction effect

Kernboodschappen voor de klinische praktijk

- ▶ Als gewenst doelgedrag met een voldoende sterke bekrachtiger beloond wordt, leren kinderen met ADHD even vlot als kinderen zonder ADHD.
- ▶ Beide groepen leren gewenst doelgedrag makkelijker aan onder continue bekrachtiging, maar vertonen onder partiële bekrachtiging grotere gedragspersistentie wanneer bekrachtiging wegvalt (het *partial reinforcement extinction effect*, PREE).
- ▶ Het geleidelijk afbouwen van de densiteit van bekrachtiging (*ratio stretching*) zorgt ervoor dat het aangeleerde doelgedrag langer standhoudt wanneer bekrachtiging wegvalt, en verzoent daarmee de voordelen van continue bekrachtiging voor gedragsverwerving met die van partiële bekrachtiging voor gedragspersistentie; ook dit is even werkzaam bij kinderen met ADHD als bij kinderen zonder ADHD.
- ▶ In gedragstherapeutische mediatiebehandeling (voor zowel kinderen met als zonder ADHD) waar ouders of leerkrachten geïnstrueerd worden om bekrachtigingsprincipes toe te passen, kan kennis over het effect van partiële bekrachtiging op gedragspersistentie en het inzetten van *ratio stretching* mogelijk helpen om de langetermijneffecten van behandeling te optimaliseren.

INLEIDING

.....

Aandachtsdeficiëntie-/hyperactiviteitsstoornis (ADHD) is een veelvoorkomende stoornis (5-7% van kinderen in de lagereschoolleeftijd lijden eraan; Polanczyk et al., 2007), die wordt gekenmerkt door een patroon van inattentief en/of hyperactief en impulsief gedrag. ADHD heeft een aanzienlijke impact op het dagelijks leven van kinderen en hun omgeving (American Psychiatric Association, 2014; Wehmeier et al., 2010). Gedragstherapeutische oudertraining wordt in de meeste landen, ook in Nederland en België, aangeraden als primaire behandeling voor kinderen met lichte tot matige ADHD-symptomen (Daley et al., 2018; GGZ Standaarden, 2020; Hoge Gezondheidsraad, 2013; Schultz et al., 2017). De effectiviteit van deze behandeling wat betreft het verbeteren van gedragsproblemen, sociale problemen en schools functioneren is goed gedocumenteerd, maar evidentie voor de effectiviteit wat betreft het reduceren van de kernsymptomen van ADHD is minder eenduidig (Daley et al., 2014; van der Oord et al., 2008). Bovendien heeft gedragstherapeutische oudertraining voor ADHD beperkte langetermijneffecten (Lee et al., 2012).

Gedragstherapeutische oudertraining of mediatietherapie is sterk gebaseerd op operante leerprincipes: gewenst gedrag wordt bekrachtigd (onder meer door het kind voor gewenst gedrag te complimenteren en door programma's waarin gewenst gedrag systematisch wordt beloond) en ongewenst gedrag wordt uitgedoofd (door negeren als techniek) of bestraft (*response cost*). Theoretische modellen en empirische evidentie suggereren echter dat deze leerprincipes minder werkzaam kunnen zijn bij kinderen met ADHD (Sagvolden et al., 2005; Tripp & Wickens, 2008). Het aanpassen van oudertrainingsprogramma's aan basale *deficits* in bekrachtigingsleren bij kinderen met ADHD kan mogelijk de (langetermijn)effecten van onze huidige gedragstherapeutische behandelingen voor ADHD versterken (Sonuga-Barke & Halperin, 2010; van der Oord & Tripp, 2020).

Ondanks de mogelijke link tussen de onderliggende pathofysiologie van ADHD en relevante processen in gedragstherapeutische oudertraining, is er tot op heden erg weinig onderzoek gedaan naar basale tekorten in bekrachtigingsleren bij kinderen met ADHD. Gerelateerde fenomenen als aversie voor uitstel (*delay aversion*: de neiging van kinderen met ADHD om uitstel van beloning of wachtsituaties als aversief te ervaren en te vermijden) en verhoogde discontering van uitstel (*delay discounting*: het verkiezen van een kleinere onmiddellijke beloning boven een grotere uitgestelde beloning) zijn wel veelvuldig gedocumenteerd in de literatuur over ADHD (Luman et al., 2005, 2015). Het gebrek aan onderzoek naar meer basale principes van instrumenteel leren is opmerkelijk, omdat theoretische modellen van ADHD veronderstellen dat zowel *delay aversion* als *delay discounting* een gevolg zijn van een basaal deficit in bekrachtigingsleren (Sonuga-Barke, 2003).

Er zijn twee prominente theorieën over ADHD die primair focussen op verstoord bekrachtigingsleren als een kerndeficit bij ADHD (Sagvolden et al., 2005; Tripp & Wickens, 2008). Beide theorieën veronderstellen dat ADHD in essentie terug te leiden is naar neurobiologische dopaminetekorten. De ene theorie veronderstelt dat kinderen met ADHD een minder sterk dopaminesignaal vertonen in reactie op een verwachte beloning (Sagvolden et al., 2005). De andere theorie stelt dat de transfer van dopamine (van een intrinsiek belonende stimulus naar een prikkel die beloning voorspelt) verstoord is (Tripp & Wickens, 2008). Beide theorieën veronderstellen dat als beloning continu en meteen na een doelgedrag volgt, er geen leerdeficits zullen worden gezien bij ADHD, omdat het dopaminesignaal dan voldoende sterk en frequent is (Tripp & Wickens, 2008). Wanneer bekrachtiging echter intermitterend (partieel) is of beloning uitblijft (extinctie), verwachten beide theorieën afwijkingen bij kinderen met ADHD ten opzichte van andere kinderen.

De weinige studies die gedaan zijn naar bekrachtigingsleren bij ADHD suggereren dat kinderen met ADHD – in vergelijking met kinderen zonder ADHD (*typically developing*; TD) – inderdaad tekorten vertonen in het *aanleren* van gedrag onder gedeeltelijke bekrachtiging, maar niet onder continue bekrachtiging (Douglas & Parry, 1994; Freibergs & Douglas, 1969; Parry & Douglas, 1983; zie echter: Cunningham & Knights, 1978). Die vaak oude studies zijn echter moeilijk eenduidig te interpreteren vanwege uiteenlopende methodologische beperkingen. Zo gebruikten ze vaak erg complexe leertaken, waardoor andere processen die verstoord kunnen zijn bij ADHD (zoals het werkgeheugen) de resultaten beïnvloed kunnen hebben en er dus geen zuivere conclusies getrokken kunnen worden met betrekking tot eventuele tekorten in operant leren (Freibergs & Douglas, 1969; Segers et al., 2018).

Ondanks hun belang voor kennis over het in stand houden van aangeleerd gedrag, zijn er nog veel minder studies die focussen op de effecten van extinctie (het wegnemen van bekrachtiging) op operant aangeleerd gedrag bij kinderen met ADHD (Ayllon et al., 1975; Worland et al., 1973). Een basaal leerprincipe is dat gedrag dat door middel van partiële bekrachtiging werd aangeleerd langer blijft voortduren onder extinctie dan gedrag dat werd verworven door middel van continue bekrachtiging. Dit fenomeen – dat vooral in dieronderzoek is getest (Sangha et al., 2003), en veel minder bij mensen en kinderen (Pittenger, 2002; Segers et al., 2018) – wordt beschreven als het *partial reinforcement extinction effect* (PREE; Humphreys, 1939). Een van de theorieën over leerdeficits bij ADHD doet specifieke uitspraken over de gevolgen van deze tekorten in bekrachtigingsleren bij ADHD op dit PREE (Tripp & Wickens, 2008). Deze theorie veronderstelt een verstoord PREE en snellere extinctie van aangeleerd gedrag bij kinderen met ADHD. De andere theorie (Sagvolden et al., 2005) doet geen specifieke uitspraken over PREE, maar veronderstelt dat kinderen met ADHD zich minder snel aanpassen aan een veranderende bekrachtigingscontingentie in extinctie, blij-

ven persisteren in gedrag in extinctie (tragere extinctie) en minder andere manieren gaan exploreren om bekrachtiging te krijgen (exploratie). Mocht de theoretische veronderstelling van Tripp en Wickens (2008) over een verstoord PREE bij ADHD correct zijn, dan betekent dit dat kinderen met ADHD niet alleen meer moeite hebben met het aanleren van gedrag, maar ook dat het aangeleerde gedrag mogelijk minder persistent is. Deze verminderde persistentie kan mogelijk relevant zijn voor de langetermijneffecten van gedragstherapeutische mediatietraining en sluit aan bij de bevinding dat in gedragstherapeutische oudertraining langetermijneffecten (wanneer de beloningsschema's die ouders gebruikt hebben in de oudertraining veelal niet meer voortgezet worden) vaak beperkt zijn (Lee et al., 2012). Om ervoor te zorgen dat geleerd gedrag wel in stand blijft, ook als er geen beloning meer wordt gegeven, is het belangrijk om te kijken of er strategieën gebruikt kunnen worden die de persistentie van gedrag verbeteren.

Een mogelijke manier om persistentie van gedrag bij het stoppen van bekrachtiging te versterken is het gradueel verlagen van de bekrachtigingsratio bij het aanleren van dat gedrag (bijvoorbeeld van initieel 100% bekrachtiging van het doelgedrag naar uiteindelijk 20%; dit noemen we ook wel *stretching the ratio's*). Uit dieronderzoek blijkt dat wanneer de ratio van bekrachtiging langzaam wordt afgebouwd, geleerd gedrag langer in stand blijft wanneer de bekrachtiger niet meer gegeven wordt in extinctie dan wanneer het instrumentele gedrag voorheen continu bekrachtigd werd. De toepassing van *stretching the ratio's* kan mogelijk relevant zijn voor het verbeteren van de langetermijneffecten van gedragstherapeutische oudertraining. De huidige GT-oudertrainingen hebben mogelijk weinig of beperkte langetermijneffecten, omdat ze doorgaans gebruikmaken van (continue) bekrachtigingsschema's die niet bewust afgebouwd en soms abrupt gestopt worden, wat ervoor kan zorgen dat extinctie van adaptief gedrag sneller optreedt (en er dus mogelijk minder langetermijneffecten zijn) (Lee et al., 2012; van der Oord & Tripp, 2020). Een manier om dit te voorkomen kan zijn door in acquisitie gradueel het bekrachtigingspercentage te wijzigen van continue naar partiële bekrachtiging (*stretching the ratio's*, dat wil zeggen: door ouders te instrueren om beloning geleidelijk af te bouwen in een beloningsprogramma) en daardoor meer gedragspersistentie (en mogelijk langetermijneffecten van behandeling) te bereiken in de fase waarin geen bekrachtiging meer wordt gegeven. Er is vrijwel geen onderzoek gedaan naar de geschiktheid van deze procedure bij kinderen. Een oude studie suggereert dat *stretching the ratio's* succesvol kan zijn bij kinderen met ADHD en gedragspersistentie kan versterken (Barkley et al., 1980), maar deze studie bevat geen vergelijking met kinderen zonder ADHD.

Samengevat, ondanks de centrale rol van basale deficits in operant leren in theoretische modellen van ADHD en het belang van operante leerprincipes in gedragstherapeutische oudertraining voor ADHD, is er vrijwel geen onderzoek over basale operante leerprocessen bij kinderen met ADHD (Lu-

man et al., 2010; van der Oord & Tripp, 2020). De huidige studie onderzocht daarom bekrachtigingsleren (acquisitie en extinctie) bij kinderen met en zonder ADHD onder continue en partiële bekrachtiging. We gebruikten een tot de essentie gereduceerde, simpele operante taak, die gelijkaardig was aan de *free operant* taak van een proefdier in een skinnerbox, om zo een interfererende rol van werkgeheugen of andere cognitieve processen bij het leren zoveel mogelijk uit te sluiten. In deze touchscreen computertaak kregen de deelnemers op een scherm telkens 10 verschillend gekleurde cirkels te zien, op willekeurige posities, waarbij ze door gissen-en-missen (door op de cirkels te drukken) moesten leren welke van de 10 gekleurde cirkels ze moesten aanraken om een beloning te krijgen (met andere woorden: welke respons zou leiden tot bekrachtiging). In de acquisitiefase kregen de kinderen ofwel continue bekrachtiging bij het vertonen van het doelgedrag (het selecteren van de correcte cirkel), ofwel partiële bekrachtiging, ofwel werd bekrachtiging toegediend volgens een *stretching the ratio's* schema. Bekrachtiging bestond uit het verschijnen van een duimpje op het scherm en het direct krijgen van een M&M. Daarna volgde een extinctiefase waarin geen bekrachtiging meer werd toegediend.

We verwachtten dat zowel kinderen zonder als met ADHD het doelgedrag (het selecteren van de correcte cirkel) sneller zouden leren in de continue-bekrachtigingsconditie dan in de *stretching the ratio's*-conditie, en we verwachtten dat het leren in de partiële-bekrachtigingsconditie het traagst zou verlopen. Verder verwachtten we dat tijdens de extinctiefase de doelrespons sneller zou uitdoven in de continue conditie dan in de partiële conditie (PREE) en de *stretching the ratio's*-conditie (we verwachtten geen verschillen tussen deze twee condities). Met betrekking tot groepsverschillen verwachtten we dat kinderen met ADHD onder partiële bekrachtiging trager zouden leren dan kinderen zonder ADHD (Freibergs & Douglas, 1969; Parry & Douglas, 1983), maar dat er geen verschil zou zijn onder continue bekrachtiging. Voor extinctie keken we zowel naar het doelgedrag als naar het exploratiegedrag (het totaal aantal drukresponsen tijdens extinctie). Exploratiedrag kan beschouwd worden als adaptief; als er geen bekrachtiging meer wordt gegeven voor een vroeger doelgedrag, is het nuttig om te verkennen of bekrachtiging wel op andere wijze kan worden verkregen. Volgens de twee bestaande leertheorieën van ADHD (Sagvolden et al., 2005; Tripp & Wickens, 2008) zouden kinderen met ADHD afwijkingen vertonen onder extinctie ten opzichte van kinderen zonder ADHD, ongeacht hoe ze het gedrag hebben aangeleerd; echter vanwege de conflicterende voorspellingen van beide theorieën hebben we geen veronderstellingen gedaan of gedragspersistentie trager (Sagvolden et al., 2005) of sneller (Tripp & Wickens, 2008) zou zijn, en of er meer of minder (Sagvolden et al., 2005) exploratie zou zijn bij kinderen met ADHD. Ten slotte verwachtten we dat *ratio stretching* een eventueel deficit in leren onder partiële bekrachtiging bij kinderen met ADHD zou remediëren (Barkley et al., 1980).

METHODE

Participanten

Honderdnegentien kinderen in de leeftijd van 8 tot 12 jaar namen deel aan de studie. Vierenzestig kinderen zonder ADHD werden gerekruteerd via gewone basisscholen en 55 kinderen met een diagnose ADHD via het klinische netwerk van de auteurs. Aan de hand van de sectie gedragsstoornissen van de Diagnostic Interview Schedule for Children – Parent Version (DISC; Shaffer et al., 2000)² of de Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children – Present and Lifetime version (K-SADS; Kaufman et al., 1997)³ werd nagegaan of de kinderen met ADHD aan de diagnostische criteria van ADHD voldeden. Alle kinderen voldeden aan de volgende inclusiecriteria:

Voor beide groepen: (1) een geschatte totale IQ-score van ≥ 80 , zoals vastgesteld door de korte versie van de Nederlandse editie van de Wechsler Intelligentie Schaal voor kinderen (WISC-III-NL; Kort et al., 2005);⁴ (2) de afwezigheid van een klinische diagnose autismespectrumstoornis (ASS), van een sensorische of motorische beperking, of van een neurologische stoornis, zoals gerapporteerd door de ouders; en (3) geen ADHD-gerelateerde medicatie exclusief methylfenidaat(preparaten) of dexamfetamine.

Voor kinderen met ADHD: (1) een klinische ADHD-diagnose volgens de DSM-IV-TR (American Psychiatric Association, 2000), vastgesteld door een daartoe gekwalificeerd psycholoog of psychiater, waarbij die diagnose door ons werd geconfirmeerd gebruikmakende van de DISC (Shaffer et al., 2000) of de K-SADS (Kaufman et al., 1997); (2) de afwezigheid van een klinische diagnose gedragsstoornis (GS), zoals vastgesteld door de GS-sectie van de DISC of de K-SADS; en (3) bereidheid om stimulantia ten minste 24 uur voor de testdag te discontinueren (Greenhill, 1998).

Voor kinderen zonder ADHD: (1) de afwezigheid van een (sub)klinische score (95,5ste tot 100ste percentiel) op de ADHD-schalen van de Nederlandse versie van de Vragenlijst voor Gedragsproblemen bij Kinderen (VvGK; Nederlandse vertaling: Oosterlaan et al., 2008); en (2) afwezigheid van een (sub)klinische score (97,7ste tot 100ste percentiel) op de CD-schaal van de VvGK (Oosterlaan et al., 2008).

2 50 kinderen.

3 5 kinderen.

4 Met uitzondering van 3 kinderen waar alleen de totale IQ-score beschikbaar was.

Inclusie

.....

WISC-III-NL, korte versie: twee subtests (Blokpatronen en Woordenschat) van de Nederlandse versie van de WISC-III-NL werden afgenomen om het totale IQ te schatten. Deze twee subtests zijn sterk gecorreleerd met de totale IQ-score en bezitten voldoende betrouwbaarheid en validiteit (0,91 en 0,86) (Sattler, 2001).

Gestructureerd interview: bij ouders werd ofwel de Diagnostic Interview Schedule for Children – Parent Version (DISC; Shaffer et al., 2000) ofwel de Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children – Present and Lifetime version (K-SADS; Kaufman et al., 1997) afgenomen. Beide interviews inventariseren DSM-IV-criteria van ADHD, ODD en CD. Beide interviews hebben goede psychometrische eigenschappen (test-hertestbetrouwbaarheid van 0,63 voor de K-SADS-PL en 0,79 voor de DISC) (Kaufman et al., 1997; Shaffer et al., 2000). Deze interviews werden uitgevoerd door masterstudenten in de klinische psychologie of door afgestudeerde psychologen; allen werden door de eerste auteur getraind in het afnemen van de interviews.

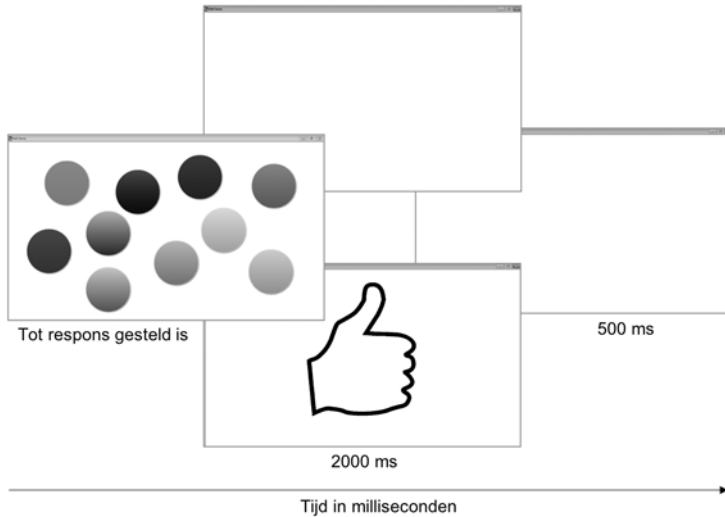
VvGK: De Vragenlijst voor Gedragsproblemen bij Kinderen (VvGK) (Oosterlaan et al., 2008) is een vragenlijst van 42 items die door ouders of leerkracht kan worden ingevuld. De vier DSM-IV-TR-gebaseerde schalen meten aandachtstekort, hyperactiviteit/impulsiviteit, oppositioneel-opstandig gedrag (ODD) en normoverschrijdend gedrag (CD). De interne consistentie van de schalen is goed voor inattentie ($\alpha = 0,90$), hyperactiviteit/impulsiviteit ($\alpha = 0,87$) en ODD ($\alpha = 0,88$), en acceptabel voor CD ($\alpha = 0,66$) in een Vlaamse steekproef (Oosterlaan et al., 2008).

Operante leertaak

.....

De *ball game* is een nieuw ontwikkelde operante leertaak voor kinderen (zie figuur 1). De taak werd ontwikkeld om te lijken op de opstelling van een skinerbox, waarin een rat aanleert dat een hendel indrukken bekrachtiging oplevert. De taak wordt uitgevoerd op een computer met een touchscreen en kent een acquisitiefase en een extinctiefase. Op het scherm worden 10 verschillend gekleurde cirkels gepresenteerd op random plaatsen. Elke cirkel is duidelijk verschillend van kleur. Na elke respons van het kind verandert (*at random*) de locatie van de gekleurde cirkels. De kinderen krijgen de eenvoudige instructie om uit te zoeken welke van de cirkel de correcte is door erop te duwen.

Tijdens de acquisitiefase wordt het drukken op de correcte cirkel bekrachtigd met een duim op het scherm (secundaire bekrachtiger), waarna de testleider meteen een M&M geeft (of een Skittle, als het kind M&M's niet lekker vindt) (primaire bekrachtiger). Het kind wordt geïnstrueerd om het snoepje op te eten zodra hij of zij het gekregen heeft. Verzadiging werd



FIGUUR 1 Procedure van de operante leertaak de 'ball game'. Kinderen krijgen de instructie om uit te zoeken welke cirkel de correcte is. Na het drukken van de correcte cirkel verschijnt een duim op het scherm en krijgt het kind een M&M, gevolgd door een inter-trial interval van 500 ms. Na een foutieve respons (verkeerde cirkel) of als het kind door het bekrachtigingsschema geen bekrachtiging krijgt, verschijnt er een wit scherm en volgt een inter-trial interval. Vervolgens worden de cirkels gereorganiseerd op het scherm en start de volgende trial. (Voor een video van de taak, zie: https://osf.io/ztq6y/?view_only=883a1dfa89684769a4918df652358045.)

niet geobserveerd gedurende de taak; kinderen aten het snoep zodra ze het kregen. Het kind werd niet geïnformeerd over het aantal beschikbare bekrachtigers (ze zagen de voorraad snoep niet) of het bekrachtigingsschema. Na drukken op een foutieve cirkel volgde een wit scherm, waarna de cirkels gereorganiseerd werden op het scherm. De kleur van de 'correcte' cirkel werd random geselecteerd voor elk kind.

Deelnemende kinderen werden at random toegewezen aan een van de drie bekrachtigingscondities (de randomisatie gebeurde tussen deelnemers): (1) continue bekrachtiging, (2) partiële bekrachtiging, of (3) stretching the ratio's. Onder continue bekrachtiging (100% bekrachtiging; CB) leidde elke correcte respons (het doelgedrag: de correcte cirkel kiezen op het touchscreen) tot een bekrachtiging door zowel een duim als een snoepje (primair en secundair). Bij partiële bekrachtiging (PB) werd slechts één op de vijf correcte responsen bekrachtigd (20% bekrachtiging, zowel door een duim op het scherm als door snoep); hierbij werd een variabel ratioschema gebruikt (zodat bijvoorbeeld niet aldoor de tweede respons werd bekrachtigd). Bij stretching the ratio's (StR) werd de kans op bekrachtiging (zowel door een duim op het scherm als door snoep) voor een correcte respons lang-

zaam afgebouwd van continu naar partieel (100% – 50% – 33% – 25% – 20%) en van vast (bekrachtiging wordt gegeven na een vast aantal trials, bijvoorbeeld FR2: elke tweede trial) naar variabel (bekrachtiging wordt gegeven na een variabel aantal correcte trials, bijvoorbeeld VR4: gemiddeld elke vierde trial), als volgt: FR1 – FR2 – FR3 – VR4 – VR5. Zodra het kind 20 bekrachtigingen had gekregen (zowel in de continue, partiële als de stretching the ratio's-conditie), volgde een extinctiefase van 2 minuten. In deze fase leidden alle responsen, al dan niet correct, tot een wit scherm zonder bekrachtigingen. Na elke respons werden de cirkels op het scherm gereorganiseerd.

De duur van de taak varieerde tussen 5 en 30 minuten, afhankelijk van het bekrachtigingsschema en de leersnelheid van het kind. De primaire uitkomstmaat van operant leren (acquisitie) is het aantal trials dat nodig is om 20 bekrachtigingen te krijgen (zowel correcte als incorrecte trials), startend vanaf de eerste trial waarop het kind bekrachtigd werd. De primaire uitkomstmaten voor extinctie zijn: (1) *gedragspersistentie* van de eerder aan geleerde respons, gemeten door het totaal aantal responsen op de eerdere bekrachtigde cirkel gedurende de extinctiefase (2 minuten), en (2) *exploratiegedrag* na het beëindigen van de bekrachtiging, gemeten door het totaal aantal responsen op elke cirkel gedurende de 2 minuten van extinctie.

Design en procedure

.....

Kinderen en ouders werden geïnformeerd over de studie door informatiebrieven. Nadat verbale (kinderen) en geschreven (ouders) geïnformeerde toestemming was verkregen, werd een gestructureerd interview met de ouders afgenomen (alleen bij de ADHD-groep) en vulden alle ouders de vragenlijsten in (VvGK en een vragenlijst over demografische gegevens). Wanneer kinderen voldeden aan de inclusiecriteria van de studie, werden ze at random toegewezen aan een van de drie condities (CB, PB of StR) (hieronder beschreven), waarbij gestratificeerd werd voor leeftijd, geslacht en ADHD (ja/nee). Om organisatorische redenen werd de taak ofwel afgenomen als eerste ofwel afgenomen als laatste taak tijdens een langer durende testsessie.⁵

Kinderen zaten voor een touchscreen computer in een testkamer. Elk kind kreeg de volgende instructie: 'Je zult zo dadelijk een spel spelen. Let goed op, want er wordt geen verdere instructie gegeven.' Vervolgens verschenen de instructies van de taak op het scherm. Deze werden voorgelezen door de testleider: 'Zo meteen verschijnen er 10 gekleurde ballen op het scherm. Door het drukken op de ballen kan je snoepjes verdienen. Als het goed is, verschijnt er een duim op het scherm en krijg je een snoepje, dat je direct kan opeten. Als het fout is, verschijnt er niets. Heb je nog vragen? Zo niet, dan kan je op de startknop drukken. Succes!' Er werden geen verdere

5 Er was geen verschil tussen de kinderen bij wie de taak als eerste of als laatste werd afgenomen.

instructies gegeven. Als het kind verduidelijking vroeg of niet startte met de taak, werden de instructies herhaald. De testleider bleef in de kamer tijdens de afname van de taak. Aan het einde van de hele testsessie kregen de families 10 euro voor deelname aan de studie.

De studie werd goedgekeurd door het ethisch comité van de KU Leuven (Sociale en Maatschappelijke Ethische Commissie, Faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen, G-2015 01 156) en alle procedures waren in overeenstemming met de ethische standaarden van de Declaratie van Helsinki.

RESULTATEN

Statistische analyses

Statistische analyses werden uitgevoerd met SPSS-versie 24 (IBM, SPSS Software, Armonk, New York, USA). De distributie van de uitkomstvariabelen werd bekeken en de variabelen die niet normaal verdeeld waren en/of extreme waarden vertoonden, werden getransformeerd met Square Root transformaties. Acquisitie- en extinctiedata werden geanalyseerd met 2 (groep) x 3 (conditie) ANOVA's om hoofd- en interactie-effecten te bekijken. Omdat het een nieuwe taak was, werden exploratief nog eenwegs ANOVA's uitgevoerd om de groepen (ADHD versus TD) afzonderlijk binnen elke conditie te vergelijken. Onze *sample size* had voldoende *power* (0,80) om een medium effectgrootte te kunnen detecteren ($f = 0,2988$) bij een $\alpha = 0,05$ (Faul et al., 2007).

Data van 111 kinderen werden geïnccludeerd in de analyses. Data van 8 kinderen (6 ADHD en 2 TD) werden geëxcludeerd, omdat de kinderen niet aan de inclusiecriteria voldeden (IQ < 80: $n = 4$; ADHD-diagnose werd niet bevestigd door een gestructureerd interview: $n = 3$; medicatie gebruikt tijdens het testen: $n = 1$).

Demografische variabelen

Gebaseerd op het (semi)gestructureerde interview voldeden 26 kinderen in de ADHD-groep aan de DSM-IV-TR-criteria voor het gecombineerde subtype, 16 kinderen aan het inattentieve subtype, en 7 kinderen aan het hyperactieve/impulsieve subtype van ADHD.

De demografische variabelen van kinderen met en zonder ADHD werden vergeleken met een Chi Square test en 2 (groep) x 3 (conditie) ANOVA's (tabel 1 en 2). Er was een groepsverschil op IQ, $F(1, 105) = 11,26$, $p = 0,001$, $\eta^2_p = 0,097$ ($M_{ADHD} = 97,92$; $M_{TD} = 104,79$); er was geen hoofdeffect in conditie of interactie-effect. Aangezien IQ-scores (Dennis et al., 2009), leeftijd en geslacht niet correleerden met onze afhankelijke variabelen, werden ze niet gebruikt als covarianten in de analyses.

TABEL 1 *Verschillen in demografische en klinische karakteristieken in ADHD- en TD-kinderen*

150

	ADHD M (SD)	TD M (SD)	F/ χ^2	p
Geslacht (N)				
Mannelijk	35	33	3,82	0,051
Vrouwelijk	14	29		
Leeftijd (jaar)	10,66 (1,02)	10,30 (1,22)	2,79	0,098
TIQ	97,92 (11,18)	104,79 (10,55)	11,26	0,001**
Dyscalculie (%)	2,04	0	1,28	0,258
Dyslexie (%)	8,16	1,61	2,73	0,098
VvGK (ruwe score - normscore)				
Aandacht	16,14 (4,79)	4,15 (3,91)	211,36	< 0,001***
	14,27 (1,66)	10,58 (1,05)	203,89	< 0,001***
Hyperactiviteit/ Impulsiviteit	13,03 (5,73)	3,89 (3,60)	105,22	< 0,001***
	14,00 (2,05)	10,76 (1,26)	104,74	< 0,001***
ODD	7,37 (4,96)	2,42 (2,48)	46,99	< 0,001***
	12,71 (2,28)	10,66 (1,07)	39,31	< 0,001***
CD	1,20 (1,44)	0,58 (1,25)	5,95	0,016*
	11,51 (1,57)	10,97 (1,17)	4,34	0,040*

Noten. ADHD = aandachtsdeficiëntie-/hyperactiviteitsstoornis; TD = typically developing; TIQ: Totaal IQ; VvGK = Vragenlijst voor Gedragsproblemen bij Kinderen; ODD = oppositioeneel-opstandig gedrag; CD = normoverschrijdend gedrag. Diagnose van dyscalculie en dyslexie is gebaseerd op ouder rapportage.

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Ball game

Uit de 2 (groep) x 3 (conditie) ANOVA op het totaal aantal acquisitietrials bleek zoals verwacht een hoofdeffect van conditie, $F(2, 105) = 32,11, p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,380$ (tabel 3 en 4).⁶ Uit de Bonferroni-gecorrigeerde post-hoc test bleek dat het aantal acquisitietrials significant verschilde tussen alle drie de

6 Analyses werden gedaan op de getransformeerde data.

TABEL 2 *Verschillen in demografische en klinische karakteristieken tussen kinderen in de continue, partiële en stretching the ratio's-conditie*

	N	ADHD		TD		F/ χ^2	p
		16		21			
Continu (n = 37)	Leeftijd (M/SD)	10,58	1,08	10,47	1,14	0,09	0,762
	TIQ (M/SD)	100,69	11,29	105,19	12,06	1,34	0,255
	Geslacht (M:V)	11:5		12:9		0,52	0,471
	Medicatie (%)	68,75		0			
	N	17		20			
Partieel (n = 37)	Leeftijd (M/SD)	10,82	1,01	10,24	1,17	2,53	0,121
	TIQ (M/SD)	95,47	11,11	108,15	9,21	14,42	0,001*
	Geslacht (M:V)	12:5		10:10		1,61	0,204
	Medicatie (%)	56,25		0			
	N	16		21			
Stretching the ratio's (n = 37)	Leeftijd (M/SD)	10,58	1,03	10,19	1,38	0,91	0,346
	TIQ (M/SD)	97,75	11,2	101,19	9,40	1,03	0,317
	Geslacht (M:V)	12:4		11:10		1,98	0,160
	Medicatie (%)	43,75		0			

Noten. ADHD = aandachtsdeficiëntie-/hyperactiviteitsstoornis; TD = typically developing; TIQ: Totaal IQ; M = mannelijk; V = vrouwelijk.

* $p < 0,01$

condities ($p_{PB-CB} < 0,001$, $p_{PB-STR} < 0,001$, $p_{CB-STR} = 0,001$). Kinderen hadden de meeste acquisitietrials nodig tijdens partiële bekrachtiging ($M = 364,43$),⁷ gevolgd door stretching the ratio's ($M = 195,59$) en continue bekrachtiging ($M = 81,35$). Tegen onze verwachtingen in waren er geen significante verschillen in acquisitietrials tussen de groepen (ADHD versus controle) over de condities; er was geen hoofdeffect van groep (kinderen met ADHD versus control kinderen) noch een significant interactie-effect (figuur 2).

- 7 Ongetransformeerde gemiddelden worden geïncludeerd in tabel 3 om de data te kunnen interpreteren.

TABEL 3 *Gemiddelden, standaarddeviaties en medianen in de continue, partiële en stretching the ratio's-condities voor en na square root transformatie*

152

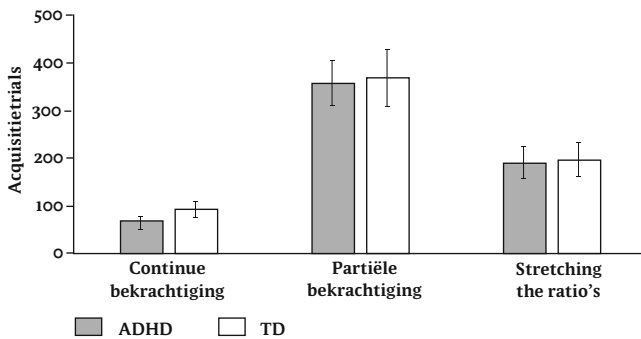
Continu	Totaal acquisitietrials		Correcte extinctietrials		Totaal extinctietrials	
	ADHD	TD	ADHD	TD	ADHD	TD
M	66,81	92,43	7,31	6,76	51,38	54,62
Mde	52,50	62,00	7,00	6,00	51,00	45,00
SD	53,25	76,16	3,32	3,55	12,71	27,52
M (getransformeerd)	7,65	8,83	2,64	2,53	7,12	7,16
Mde (getransformeerd)	7,24	7,87	2,65	2,45	7,14	6,71
SD (getransformeerd)	2,98	3,89	0,61	0,63	0,88	1,89
Partieel	Totaal acquisitietrials		Correcte extinctietrials		Totaal extinctietrials	
	ADHD	TD	ADHD	TD	ADHD	TD
M	358,35	369,60	18,24	20,75	64,94	80,00
Mde	321,00	369,00	18,00	19,00	66,00	77,00
SD	193,37	263,77	12,94	12,28	18,74	24,07
M (getransformeerd)	18,25	17,80	4,00	4,33	7,97	8,86
Mde (getransformeerd)	17,92	19,07	4,24	4,35	8,12	8,77
SD (getransformeerd)	5,18	7,46	1,54	1,46	1,22	1,25
Stretching the ratio's	Totaal acquisitietrials		Correcte extinctietrials		Totaal extinctietrials	
	ADHD	TD	ADHD	TD	ADHD	TD
M	192,69	197,81	20,06	18,95	60,44	58,24
Mde	142,00	119,00	22,50	20,00	59,00	59,00
SD	131,20	165,43	11,05	9,99	13,16	14,28
M (getransformeerd)	13,19	12,94	4,28	4,15	7,73	7,57
Mde (getransformeerd)	11,90	10,91	4,74	4,47	7,68	7,68
SD (getransformeerd)	4,47	5,64	1,36	1,36	0,85	0,95

Noten. ADHD = aandachtsdeficiëntie-/hyperactiviteitsstoornis; TD = typically developing; M = gemiddelde; Mde = mediaan; SD = standaarddeviatie.

TABEL 4 Resultaten van 2 (groep: ADHD, TD) x 3 (conditie: PRF, CRF, StR) ANOVA's voor getransformeerde acquisitie- en extinctietrials

	Groep			Conditie			Conditie x groep		
	F	p	η^2_p	F	p	η^2_p	F	p	η^2_p
Totaal acquisitie-trials	0,26	0,872	0,000	32,11	< 0,001*	0,380	0,27	0,767	0,005
Correcte extinctie-trials	0,01	0,905	0,000	20,95	< 0,001*	0,285	0,41	0,662	0,008
Totaal extinctie-trials	1,15	0,286	0,011	9,61	< 0,001*	0,155	1,79	0,171	0,033

Noten. ADHD = aandachtsdeficiëntie-/hyperactiviteitsstoornis; TD = typically developing; CRF = continue bekrachtiging; PRF = partiële bekrachtiging; StR = stretching the ratio's. * $p < 0,001$



FIGUUR 2 Aantal acquisitietrials tot het criterium is bereikt (20 bekrachtigingen) voor kinderen met ADHD en controlekinderen in de drie bekrachtigingscondities. De grafiek toont een hoofdeffect van conditie, maar geen groeps- of interactie-effect.

Tijdens de extinctiefase werd een hoofdeffect van conditie gevonden voor het aantal correcte responsen, $F(2, 105) = 20,95, p < 0,001, \eta^2_p = 0,285$ (tabel 3 en 4). Uit de Bonferroni-gecorrigeerde post-hoc tests bleek dat kinderen in de partiële en stretching the ratio's-conditie niet verschilden in het aantal correcte trials tijdens extinctie, maar dat kinderen in de continue conditie ($M = 7,00$) significant minder correcte responsen hadden dan die in de partiële ($M = 19,59, p < 0,001$) en de stretching the ratio's-condities ($M = 19,43, p < 0,001$). Er werd ook een hoofdeffect van conditie gevonden voor het totale

aantal extinctietrials, $F(2, 105) = 9,61$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,155$ (tabel 3 en 4). Post-hoc vergelijkingen lieten zien dat kinderen in de partiële conditie ($M = 73,08$) meer responsen lieten zien dan kinderen in de stretching the ratio's-conditie ($M = 59,19$, $p = 0,020$) en dan die in de continue conditie ($M = 53,22$, $p < 0,001$). Er was geen significant hoofdeffect voor groep noch een interactie-effect tussen groep en conditie.

Ondanks de afwezigheid van een hoofd- of interactie-effect voerden we nog exploratieve ANOVA's uit op de acquisitie- en extinctiedata. Er waren geen significante effecten in acquisitie. Er was echter wel een significant verschil tussen kinderen met ADHD en controlekinderen in het aantal extinctietrials in de partiële bekrachtigingsconditie, $F_{PB}(1, 35) = 4,78$, $p = 0,036$, $\omega = 0,304$ (tabel 5).

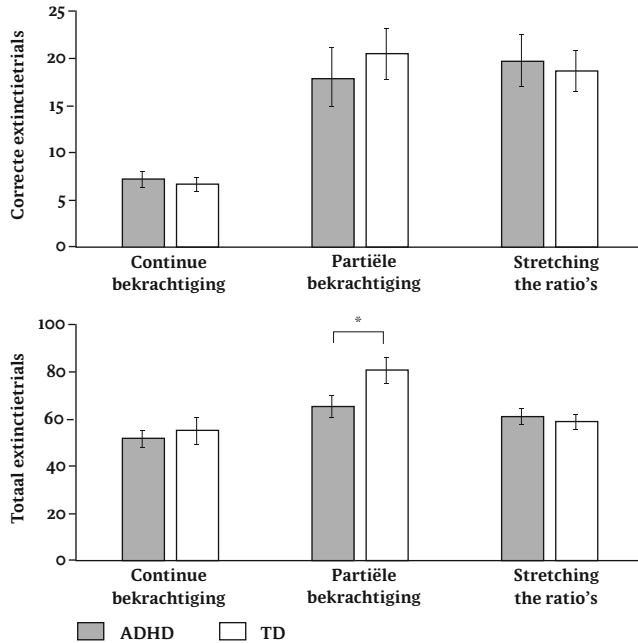
TABEL 5 *Exploratieve analyse van groepen (ADHD vs. TD) door ANOVA's op getransformeerde acquisitie- en extinctietrials*

	CRF		PRF		StR	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Totaal acquisitietrials	1,03	0,318	0,05	0,834	0,02	0,887
Correcte extinctietrials	0,29	0,592	0,44	0,512	0,09	0,771
Totaal extinctietrials	0,01	0,940	4,78	0,036*	0,27	0,610

Noten. ADHD = aandachtsdeficiëntie-/hyperactiviteitsstoornis; TD = typically development; CRF = continue bekrachtiging; PRF = partiële bekrachtiging; StR = stretching the ratio's.

* $p < 0,05$

Gedurende de twee minuten extinctie drukten kinderen met ADHD minder vaak op een cirkel dan controlekinderen. Echter, na correctie voor *multiple testing* was dit effect niet meer significant (Bonferroni $p < 0,025$). Tot slot werden er geen groepsverschillen gevonden voor het aantal extinctieresponsen in de continue of de stretching the ratio's-conditie (figuur 3).



FIGUUR 3 Aantal correcte responsen tijdens extinctie (bovenste grafiek) en het gemiddelde aantal responsen tijdens extinctie (onderste grafiek) voor kinderen met ADHD en controlekinderen in de drie bekrachtigingscondities. De figuur toont een hoofdeffect van conditie, maar geen groeps- of interactie-effect. Het significantie-effect (*) geeft het groepsverschil weer in het aantal extinctietrials in de partiële bekrachtigingsconditie, $p = 0,036$.

DISCUSSIE

De huidige studie onderzocht operant leren onder verschillende bekrachtigingscondities bij kinderen met en zonder ADHD met een nieuwe simpele taak gelijkend op het skinnerboxparadigma. De nieuwe taak en bekrachtigingsmanipulaties werkten goed: kinderen zowel met als zonder ADHD doorliepen de volledige taak en participanten vertoonden de verwachte responsen bij de verschillende condities. Zoals verwacht leerden kinderen het doelgedrag sneller bij continue dan bij partiële bekrachtiging. Ook leerden kinderen sneller onder een schema van stretching the ratio's dan onder een schema van partiële bekrachtiging. In tegenstelling tot theoretische modellen (Sagvolden, 2005; Tripp & Wickens, 2008) en het beperkte aantal eerdere studies (Douglas & Parry, 1994; Freibergs & Douglas, 1969; Parry & Douglas, 1983), die verschillen verwachten of doorgaans verwachten in partiële bekrachtiging, toonden onze resultaten in geen enkele conditie verschillen

in leren tussen kinderen met ADHD en controlekinderen bij het aanleren van het doelgedrag. Wat betreft het partial reinforcement extinction-effect vonden we inderdaad dat gedrag dat aangeleerd was onder partiële bekrachtiging persistenter was dan gedrag dat was aangeleerd onder continue bekrachtiging, zonder verschil tussen kinderen met en zonder ADHD.

Met het oog op het remediëren van de verwachte leerdeficits in kinderen met ADHD, keken we ook naar de invloed van een stretching the ratio's bekrachtigingsschema op het aanleren van doelgedrag (acquisitie) en in afwezigheid van een bekrachtiging (extinctie) (relevant voor gedragspersistentie). Uit onze resultaten bleek dat kinderen (met en zonder ADHD) zoals verwacht sneller het doelgedrag aanleren in stretching the ratio's in vergelijking tot partiële bekrachtiging, en dat het even effectief is als partiële bekrachtiging in het verkrijgen van gedragspersistentie als de bekrachtiging niet meer gegeven wordt.

De exploratieve analyses waarbij binnen condities werd gekeken naar mogelijke groepsverschillen lieten een potentieel verschil zien in extinctie; als bekrachtiging er niet meer is tijdens extinctie, is het adaptief om exploratiegedrag te vertonen (zijn er bijvoorbeeld andere cirkels die mogelijk tot bekrachtiging leiden?). We vonden hier een trend: kinderen met ADHD die gedrag geleerd hadden onder partiële bekrachtiging lieten minder exploratiegedrag zien tijdens extinctie. Het kan zijn dat kinderen met ADHD, in vergelijking met controlekinderen, meer moeite hebben om hun gedrag aan te passen aan een veranderende omgeving (Alsop et al., 2016; Barkley, 1997; Furukawa et al., 2018) en zodra een verwachte beloning uitblijft minder goed leren. Het uitblijven van exploratiegedrag zou ook te maken kunnen hebben met verhoogde frustratie of emotionele labiliteit bij kinderen met ADHD tijdens of vanwege het niet krijgen van een verwachte beloning (Amsel, 1994; Shaw et al., 2014; Wigal et al., 1998), wat interfereert met het leren, en leidt tot 'blokkeren' en het uitblijven van exploreren. Aangezien dit effect na Bonferroni-correctie niet meer significant was, zijn dit echter zeer tentatieve hypothesen, waarbij het effect eerst gerepliceerd dient te worden in grotere samples van kinderen met en zonder ADHD.

In de toekomst zou het goed zijn in grotere samples van kinderen met en zonder ADHD metingen van frustratie mee te nemen in het onderzoek om direct deze hypothese te kunnen testen. Toekomstig onderzoek zou ook kunnen kijken wat het effect is van primaire bekrachtiging (snoep) versus secundaire bekrachtiging (duim als feedback). Wij wilden bekrachtiging maximaliseren om er zeker van te zijn dat doelgedrag inderdaad aangeleerd werd en we ook naar extinctiedeficits konden kijken. Het is natuurlijk mogelijk dat de sterkte van die beide bekrachtigers het potentieel deficit in bekrachtigingsleren bij ADHD overschaduwde. Tot slot, toekomstig onderzoek in een grotere sample zal de mogelijkheid bieden om naar mogelijke differentiële leerdeficits in de verschillende presentaties van ADHD te kijken.

De huidige studie heeft een aantal beperkingen. We hadden verschillende condities in onze groepen van kinderen met en zonder ADHD, en dus hadden we minder power om groepsverschillen aan te tonen. Het zou goed zijn om onze studie te repliceren in een grotere groep van kinderen, vooral omdat bekend is dat de groep van kinderen met ADHD heterogeen is met betrekking tot onderliggende disfuncties. Omdat het de eerste keer was dat deze experimentele taak werd afgenomen, zou het goed zijn om deze taak meer of herhaaldelijk af te nemen en te valideren met dagelijks gedrag van het kind, teneinde zo te onderzoeken in hoeverre onze testresultaten gegeneraliseerd kunnen worden naar dagelijks adaptief gedrag zoals dat wordt aangeleerd in gedragstherapeutische mediatietraining. Onze resultaten laten wel zien dat de taak werkte zoals door ons bedoeld was: er waren duidelijke verschillen tussen de condities en we konden het partial reinforcement extinction effect duidelijk aantonen. Verder bestond onze ADHD-groep uit kinderen met en zonder comorbide ODD. Mogelijk werd het verschil in exploratiegedrag in extinctie na partiële bekrachtiging veroorzaakt door comorbide ODD meer dan door de ADHD-symptomen, aangezien afwijkende beloningssensitiviteit ook gevonden wordt in kinderen met ODD (Angold et al., 1999; Matthys et al., 2012). Zonder de inclusie van een 'pure' ODD-groep in de studie is de rol van comorbide ODD moeilijk te ontrafelen. Echter, binnen onze ADHD-groep was er geen significante samenhang tussen ODD-symptomen en prestatie op de taak. Ook hadden we niet van alle participanten met ADHD leerkrachtbeoordelingen van het ADHD-gedrag, om zo na te gaan of er wel aan het pervasiviteitscriterium van de DSM voldaan werd. Echter, de meeste deelnemende kinderen waren eerder gediagnosticeerd door de afdeling ADHD-raadpleging van het universitaire ziekenhuis van de KU Leuven, die zoals de richtlijnen voorschrijven (GGZ Standaarden, 2020), gebruikmaakt van informatie van meerdere informanten om de diagnose te stellen.

Deze studie heeft ook een aantal belangrijke sterktes. Omdat we een zeer basale, simpele leertaak gebruikten, was de taak makkelijk te begrijpen en speelden andere factoren, zoals cognitieve capaciteiten, waarschijnlijk minder een rol in onze resultaten. Eerder onderzoek gebruikte vaak veel complexere taken, of taken die gerelateerd waren aan academisch presteren, waardoor het bekrachtigingsleren op zich niet gemeten kon worden zonder invloed van werkgeheugen, intelligentie of executieve functies (Barber et al., 1996; Frank et al., 2007; Segers et al., 2018).

Een tweede sterkte is dat we op twee manieren naar de extinctierespons keken: zowel naar de persistentie van gedrag als naar gedragsexploratie. Hierdoor konden we veel duidelijker zien wat de effecten van extinctie waren. Eerdere studies keken vaak alleen naar het aantal trials per minuut als uitkomst (zie bijvoorbeeld: Saini et al., 2017) of trokken zelfs conclusies op basis van uitsluitend de acquisitiedata (Parry & Douglas, 1983).

KLINISCHE IMPLICATIES

.....

De resultaten van onze studie hebben mogelijk belangrijke klinische implicaties. Leren door bekrachtiging is de basis van gedragstherapie voor ADHD (Lee et al., 2012). Hoewel dit de basis vormt van de gedragstherapie, heeft de specifieke reactie van kinderen met ADHD op die bekrachtigingscontingenties weinig empirische aandacht gekregen (van der Oord & Tripp, 2020). Dit is verbazend, aangezien afwijkingen in het leren door bekrachtiging gezien worden als een belangrijk onderliggend deficit in ADHD-symptomatologie (Luman et al., 2005; Sagvolden et al., 2005; Sonuga-Barke, 2002; Tripp & Wickens, 2008). Onze resultaten tonen aan dat het geven van een krachtige bekrachtiger direct na het doelgedrag, zelfs bij een partieel bekrachtigings-schema, ervoor zorgt dat kinderen met ADHD gedrag even goed kunnen aanleren als kinderen zonder ADHD. Wat betreft het PREE-effect: in gedrags-therapeutische mediatietherapie wordt ouders en leerkrachten geleerd om zoveel mogelijk continue bekrachtiging te geven op gewenst gedrag van een kind. Het nadeel is uiteraard dat gedrag dat geleerd is onder die continue bekrachtiging sneller zal uitdoven dan gedrag dat onder partiële bekrachtiging is geleerd. Onze studie suggereert dat *stretching the ratio's* een goede optie kan zijn om wel gedragspersistentie te bereiken. Ook blijft dan de neiging tot verminderde gedragsexploratie uit tijdens extinctie, zoals we zagen als het doelgedrag werd aangeleerd door partiële bekrachtiging.

Verder onderzoek moet uitwijzen of de ball game-taak ook een model kan zijn voor het aanleren van gedrag door bekrachtiging en gedragspersistentie in het dagelijks leven. Validatie met dagelijks gedrag en andere meer ecologisch valide taken zou aangewezen zijn. Veronderstellend dat gedrag op de taak een model kan zijn voor het aanleren van gedrag in oudertraining en gedragspersistentie na afloop van een oudertraining, kan dit voor de klinische praktijk betekenen dat *stretching the ratio's* en kennis van het PREE meer geïntegreerd moeten worden in gedragstherapeutische mediatiebehandeling, beloningssystemen en *token economies*. Ouders en/of leerkrachten zouden geïnstrueerd kunnen worden om in het begin van het aanleren van het gewenste gedrag veel (continue) bekrachtiging te geven, om vervolgens gradueel de mate van bekrachtiging af te bouwen. Hierdoor worden kinderen geleidelijk voorbereid op de latere totale afwezigheid van bekrachtiging, en zijn ze mogelijk minder gefrustreerd als de bekrachtiging volledig uitblijft (wanneer de token economy of het beloningssysteem niet langer in werking is), waardoor deze frustratie ook minder interfereert met het leren van nieuw doelgedrag. Hoewel sommige gedragstherapieprogramma's het gradueel afbouwen van bekrachtigings- of beloningsprogramma's includeren in hun protocol (van den Hoofdakker et al., 2007), maken de meeste gedragstherapeutische programma's voor ADHD geen gebruik van dit principe (Daley et al., 2018; Kaminski et al., 2008). Door *stretching the ratio's* te in-

cluderen en meer kennis over PREE bij gedragstherapeuten, zouden mogelijk ook meer langetermijneffecten gezien kunnen worden van gedragstherapeutische interventies. Vanuit de moeilijkheden die kinderen met ADHD hebben met leren door bekrachtiging, ligt immers tot nu toe de focus van gedragstherapeutische programma's voor ADHD voornamelijk op directe continue bekrachtiging, vaak zonder dat het PREE-principe hier expliciet is ingebouwd. Dit kan echter zeer nadelig zijn voor de langetermijneffecten van therapie: als er veel en vaak wordt bekrachtigd, en daar vervolgens plotseling mee wordt gestopt (bijvoorbeeld wanneer de therapie eindigt), zal het aangeleerde gedrag snel uitdoven, en kan dit stoppen met bekrachtiging zelfs frustratie opwekken en leiden tot een toename van ongewenst gedrag (Amsel, 1994). Er is een studie waaruit dit gedragspatroon blijkt: kinderen met ADHD werden tijdens een gedragstherapeutisch zomerkamp intensief continu bekrachtigd, en lieten veel minder ADHD en disruptief gedrag zien, maar na afloop van het zomerkamp (en de plotse beëindiging van het beloningssysteem) lieten ze zelfs meer ADHD en disruptief gedrag zien dan vóór het zomerkamp (Chronis-Tuscano et al., 2004).

Al met al geeft onze studie aanwijzingen over hoe we gedragstherapeutische behandelingen voor ADHD- en andere doelgroepen op termijn mogelijk effectiever kunnen maken.

Hasse De Meyer is verbonden aan de Onderzoekseenheid Gedrag, Gezondheid & Psychopathologie, KU Leuven, en aan het Department of Psychology, Faculty of Behavioural Sciences, HELP University, Shah Alam, Maleisië. ORCID 0000-0002-6573-5070.

Gail Tripp is verbonden aan de Human Developmental Neurobiology Unit, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Japan. ORCID 0000-0002-3622-4714.

Tom Beckers is verbonden aan de Onderzoekseenheid Gedrag, Gezondheid & Psychopathologie, KU Leuven, en aan het Leuven Brain Institute, KU Leuven. ORCID 0000-0002-9581-1505.

Saskia van der Oord is verbonden aan de Onderzoekseenheid Gedrag, Gezondheid & Psychopathologie, KU Leuven, het Leuven Brain Institute, KU Leuven en aan Ontwikkelingspsychologie, Universiteit van Amsterdam. ORCID 0000-0003-2771-0187.

Correspondentieadres: Saskia van der Oord, Tiensestraat 102 box 3720, 3000 Leuven, België. E-mail: saskia.vanderoord@kuleuven.be.

Summary *Instrumental learning in children with ADHD and the potential relevance for behavior therapy*

Behavioral treatment for ADHD is largely based on operant learning processes (adaptive behavior is reinforced, non-adaptive behavior is ignored or punished). Altered sensitivity for reinforcement is a core deficit underlying to ADHD behavior. These reinforcement deficits in ADHD may affect basic operant relevant

for behavioral treatment. A relevant phenomenon is the Partial Reinforcement Extinction Effect (PREE); behavior acquired under partial reinforcement extinguishes less readily after the discontinuation of reinforcement than behavior acquired under continuous reinforcement. PREE is relevant for establishing behavioral persistence and potential long-term effects of behavior therapy. The present study examined acquisition and extinction of operant responding under partial and continuous reinforcement in children with and without ADHD. In addition, we evaluated the effectiveness of gradual stretching the reinforcement rate during acquisition for remedying potential acquisition or extinction deficits under partial reinforcement in ADHD. In an operant learning task designed to mimic the task confronted by an animal in a Skinner box, 62 typically developing and 49 children with ADHD (age: 8-12) were presented with a continuous, partial or gradually stretching reinforcement scheme followed by extinction. Both groups of children acquired the instrumental response more slowly and exhibited more behavioral persistence (reduced extinction) when responding was initially reinforced under partial relative to continuous reinforcement, with no differences between groups. Progressive ratio stretching resulted in faster acquisition than partial reinforcement yet promoted equal behavioral persistence, again without differences between ADHD and TD groups. Unlike suggested by previous research, children with ADHD exhibit neither an acquisition deficit under partial reinforcement nor a deficit in PREE. Of relevance for behavioral treatment, gradual reinforcement stretching can be used to facilitate response acquisition over purely partial reinforcement while maintaining equal behavioral persistence upon reward discontinuation. In behavioral treatment (for both children with and without ADHD) knowledge and application of stretching the ratio's and PREE is potentially relevant to optimize long-term effects of treatment.

Keywords *Attention Deficit Hyperactivity Disorder, partial reinforcement extinction effect, operant learning, treatment*

Literatuur

- Alsop, B., Furukawa, E., Sowerby, P., Jensen, S., Moffat, C., & Tripp, G. (2016). Behavioral sensitivity to changing reinforcement contingencies in attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *57*, 947-956.
- American Psychiatric Association (APA). (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV-TR*. American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association (APA). (2014). *Handboek voor de classificatie van psychische stoornissen (DSM-5)*. Nederlandse vertaling van *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*. Boom.
- Amsel, A. (1994). Précis of frustration theory: An analysis of dispositional learning and memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *1*, 280-296.
- Angold, A., Costello, E. J., & Erkanli, A. (1999). Comorbidity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *40*, 57-87.
- Ayllon, T., Layman, D., & Kandel, H. J. (1975). A behavioral-educational alternative to drug control of hyperactive children. *Journal of Applied Behavior Analysis*, *8*, 137-146.
- Barber, M. A., Milich, R., & Welsch, R. (1996). Effects of reinforcement

- schedule and task difficulty on the performance of attention deficit hyperactivity disorder and control boys. *Journal of Clinical Child Psychology*, 25, 66-76.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121, 65-94.
- Barkley, R. A., Copeland, A. P., & Sivage, C. (1980). A self-control classroom for hyperactive children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10, 75-89.
- Chronis-Tuscano, A., Fabiano, G. A., Gnagy, E. M., Onyango, A. N., Pelham Jr., W.E., Lopez-Williams, A., Chacko, A., Wymbs, B. T., & Coles, E. K. (2004). An evaluation of the summer treatment program for children with attention-deficit/hyperactivity disorder using a treatment withdrawal design. *Behavior Therapy*, 35, 561-585.
- Cunningham, J. S., & Knights, R. M. (1978). The performance of hyperactive and normal boys under differing reward and punishment schedules. *Journal of Pediatric Psychology*, 3, 195-201.
- Daley, D., van der Oord, S., Ferrin, M., Cortese, S., Danckaerts, M., Doepfner, M., van den Hoofdakker, B. J., Coghill, D., Thompson, M., Asherson, P., Banaschewski, T., Brandeis, D., Buitelaar, J., Dittmann, R. W., Hollis, C., Holtmann, M., Konofal, E., Lecendreux, M., Rothenberger, A., ... Sonuga-Barke, E. J. S. (2018). Practitioner review: Current best practice in the use of parent training and other behavioural interventions in the treatment of children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 59, 932-947.
- Daley, D., van der Oord, S., Ferrin, M., Danckaerts, M., Doepfner, M., Cortese, S., & Sonuga-Barke, E. J. S. (2014). Behavioral interventions in attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analysis of randomized controlled trials across multiple outcome domains. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 53, 835-847.
- De Meyer, H., Beckers, T., Tripp, G., & van der Oord, S. (2019). Reinforcement contingency learning in children with ADHD: Back to the basics of behavior therapy. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 47, 1889-1902.
- Dennis, M., Francis, D. J., Cirino, P. T., Schachar, R., Barnes, M. A., & Fletcher, J. M. (2009). Why IQ is not a covariate in cognitive studies of neurodevelopmental disorders. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15, 331.
- Douglas, V. I., & Parry, P. A. (1994). Effects of reward and nonreward on frustration and attention in attention deficit disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 22, 281-302.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 29, 175-191.
- Frank, M. J., Santamaria, A., Reilly, R. C., Willcutt, E., O'Reilly, R. C., & Willcutt, E. (2007). Testing computational models of dopamine and noradrenaline dysfunction in attention deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychopharmacology*, 32, 1583-1599.
- Freibergs, V., & Douglas, V. I. (1969). Concept learning in hyperactive and normal children. *Journal of Abnormal Psychology*, 74, 388-395.
- Furukawa, E., Alsop, B., Caparelli-Dáquer, E. M., Casella, E. B., da Costa, R. Q. M., Queiroz, P. de M., Galvão, P. A., Benevides, L. R. da S., Jucá-Vasconcelos, H. P., & Tripp, G. (2018). Behavioral adjustment to asymmetric

- reward availability among children with and without ADHD: Effects of past and current reinforcement contingencies. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 1, 1-10.
- GGZ Standaarden. (2020). *ADHD*. www.ggzstandaarden.nl/zorgstandaarden/adhd/introductie
- Greenhill, L. L. (1998). Childhood attention deficit hyperactivity disorder: Pharmacological treatments. In P. E. Nathan & J. Gorman (Eds.), *A guide to treatments that work* (pp. 42-64). Oxford University Press.
- Hoge Gezondheidsraad. (2013). *Advies van de Hoge Gezondheidsraad: Good clinical practice in de herkenning, diagnose en behandeling - ADHD* (Issue 8846). www.health.belgium.be/nl/advies-8846-adhd
- Humphreys, B. Y. L. G. (1939). The effect of random alternation of reinforcement on the acquisition and extinction of conditioned eyelid reactions. *Journal of Experimental Psychology. General*, 25, 141-158.
- Kaminski, J. W., Valle, L. A. A., Filene, J. H. F., Boyla, C. L., & Boyle, C. L. (2008). A meta-analytic review of components associated with parent training program effectiveness. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 36, 567-589.
- Kaufman, J., Birmaher, B., Brent, D., Rao, U., Flynn, C., Moreci, P., Williamson, D., & Ryan, N. (1997). Schedule for affective disorders and schizophrenia for school-age children-present and lifetime version (K-SADS-PL): Initial reliability and validity data. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36, 980-988.
- Kort, W., Schittekatte, M., Bosmans, M., Compaan, E. L., Dekker, P. H., Vermeir, G., & Verhaeghe, P. (2005). *WISC-III: Handleiding en verantwoording*. Pearson.
- Lee, P. C., Niew, W. I., Yang, H. J., Chen, V. C. H., & Lin, K. C. (2012). A meta-analysis of behavioral parent training for children with attention deficit hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 33, 2040-2049.
- Luman, M., Goos, V., & Oosterlaan, J. (2015). Instrumental learning in ADHD in a context of reward: Intact learning curves and performance improvement with methylphenidate. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 43, 681-691.
- Luman, M., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2005). The impact of reinforcement contingencies on AD/HD: A review and theoretical appraisal. *Clinical Psychology Review*, 25, 183-213.
- Luman, M., Tripp, G., & Scheres, A. (2010). Identifying the neurobiology of altered reinforcement sensitivity in ADHD: A review and research agenda. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 34, 744-754.
- Matthys, W., Vanderschuren, L. J. M. J., Schutter, D. J. L. G., & Lochman, J. E. (2012). Impaired neurocognitive functions affect social learning processes in oppositional defiant disorder and conduct disorder: Implications for interventions. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 15, 234-246.
- Oosterlaan, J., Baeyens, D., Scheres, A., Antrop, I., Roeyens, H., & Sergeant, J. (2008). *VvGK6-16: Vragenlijst voor gedragsproblemen bij kinderen 6 tot en met 16 jaar*. Pearson.
- Parry, P. A., & Douglas, V. I. (1983). Effects of reinforcement on concept identification in hyperactive children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 11, 327-340.
- Pittenger, D. J. (2002). The two paradigms of persistence. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 128, 237-268.
- Polanczyk, G., De Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of

- ADHD: A systematic review and meta-regression analysis. *American Journal of Psychiatry*, 164, 942-948.
- Sagvolden, T., Johansen, E. B., Aase, H., & Russell, V. A. (2005). A dynamic developmental theory of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) predominantly hyperactive/impulsive and combined subtypes. *Behavioral and Brain Sciences*, 28, 397-419.
- Saini, V., Fisher, W. W., & Pisman, M. D. (2017). Persistence during and resurgence following noncontingent reinforcement implemented with and without extinction. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 50, 377-392.
- Sangha, S., McComb, C., & Lukowiak, K. (2003). Forgetting and the extension of memory in *Lymnaea*. *The Journal of Experimental Biology*, 206, 71-77.
- Sattler, J. (2001). *Assessment of children: Cognitive applications, 4th edition*. Author.
- Schultz, B. K., Evans, S. W., Langberg, J. M., & Schoemann, A. M. (2017). Outcomes for adolescents who comply with long-term psychosocial treatment for ADHD. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 85, 250-261.
- Segers, E., Beckers, T., Geurts, H., Claes, L., Danckaerts, M., & van der Oord, S. (2018). Working memory and reinforcement schedule jointly determine reinforcement learning in children: Potential implications for behavioral parent training. *Frontiers in Psychology*, 9, 394.
- Shaffer, D., Fisher, P., Lucas, C. P., Dulcan, M. K., & Schwab-Stone, M. E. (2000). NIMH Diagnostic Interview Schedule for Children Version IV (NIMH DISC-IV): Description, differences from previous versions, and reliability of some common diagnoses. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 39, 28-38.
- Shaw, P., Stringaris, A., Nigg, J., & Leibenluft, E. (2014). Emotion dysregulation in attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, 171, 276-293.
- Sonuga-Barke, E. J. S. (2002). Psychological heterogeneity in AD/HD – A dual pathway model of behaviour and cognition. *Behavioural Brain Research*, 130, 29-36.
- Sonuga-Barke, E. J. S. (2003). The dual pathway model of AD/HD: An elaboration of neuro-developmental characteristics. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27, 593-604.
- Sonuga-Barke, E. J. S., & Halperin, J. M. (2010). Developmental phenotypes and causal pathways in attention deficit hyperactivity disorder: Potential targets for early intervention? *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 51, 368-389.
- Tripp, G., & Wickens, J. R. (2008). Research review: Dopamine transfer deficit: A neurobiological theory of altered reinforcement mechanisms in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 49, 691-704.
- van den Hoofdakker, B. J., van der Veen-Mulders, L., Sytema, S., Emmelkamp, P. M. G., Minderaa, R. B., Nauta, M. H., Systema, S., Emmelkamp, P. M. G., Minderaa, R. B., & Nauta, M. H. (2007). Effectiveness of behavioral parent training for children with ADHD in routine clinical practice: A randomized controlled study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 46, 1263-1271.
- van der Oord, S., Prins, P. J. M. J. M., Oosterlaan, J., & Emmelkamp, P. M. G. M. (2008). Efficacy of methylphenidate, psychosocial treatments and their combination in school-aged children with ADHD: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 28, 783-800.

- van der Oord, S., & Tripp, G. (2020). How to improve behavioral parent and teacher training for children with ADHD: Integrating empirical research on learning and motivation into treatment. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 23, 577-604.
- Wehmeier, P. M., Schacht, A., & Barkley, R. A. (2010). Social and emotional impairment in children and adolescents with ADHD and the impact on quality of life. *Journal of Adolescent Health*, 46, 209-217.
- Wigal, T., Swanson, J. M., Douglas, V. I., Wigal, S. B., Wippler, C. M., & Cavoto, K. F. (1998). Effect of reinforcement on facial responsivity and persistence in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Behavior Modification*, 22, 143-166.
- Worland, J., North-Jones, M., & Stern, J. A. (1973). Performance and activity of hyperactive and normal boys as a function of distraction and reward. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 1, 363-377.