



**rijksuniversiteit  
groningen**

faculteit gedrags- en  
maatschappijwetenschappen

# **ADHD en Executieve Functies, een Experimenteel Onderzoek**

Mieke Gaasbeek

S4239970

25 Juli 2023

PSB3A-BT15: Bachelor Thesis

Groep 39

Afdeling Psychologie

Supervisor: dr. Norbert Börger

Tweede beoordelaar: N.R. Schwarzbach, MSc.

### **ADHD and Executive Functions, an Experimental Study**

Little is known about the diagnosis of ADHD in adults. The purpose of this study is to examine the role of executive functions in relation to the degree of ADHD symptoms. This was done using two questionnaires (Conners' Adult ADHD Rating Scales-Self-Report: Long Version and the Executive Functioning Index) and an impulsivity experiment (Go/No-Go task). Based on the questionnaires, the first question was whether there is a general association between the level of ADHD symptoms and executive functions. Based on the questionnaires, the second question was whether inhibition and motivation influence the degree of ADHD symptoms. Third, the Go/No-Go task was used to examine whether the cognitive measure of motivation plays a role in the amount of ADHD symptoms. Finally, the Go/No-Go task was used to examine whether the cognitive measure of inhibition affects the level of ADHD symptoms. There were 394 subjects, all university students, participating in this study of which 40 participated in the Go/No-Go task. The task examined cognitive measures of motivation and inhibition through two conditions (a fast and slow event rate). For the analysis, participants were divided into two groups, one with high levels of ADHD symptoms and one with low levels of ADHD symptoms. It was found that students with more ADHD symptoms, had more problems with executive functions. The results of the questionnaires showed that more problems with inhibition correlate with more ADHD symptoms. In contrast, this is not the case for motivation. The results of the experiment indicated that the group with more ADHD symptoms had problems with motivation, but not with inhibition. It can be concluded that more problems with executive functions is associated with more ADHD symptoms.

*Keywords:* ADHD symptoms, executive functions, Go/No-Go task, students, CAARS,

EFI

## Samenvatting

Er is weinig bekend over de diagnose van ADHD in volwassenen. Het doel van dit onderzoek is om de rol van executieve functies in relatie tot de mate van ADHD-symptomen te onderzoeken. Dit is gedaan doormiddel van twee vragenlijsten (Conners' Adult ADHD Rating Scales–Self-Report: Long Version en de Executive Functioning Index) en een impulsiviteitsexperiment (Go/No-Go taak). Op grond van de vragenlijsten was de eerste vraag of er een algemene associatie is tussen mate van ADHD-symptomen en executieve functies. Op grond van de vragenlijsten was de tweede vraag of inhibitie en motivatie van invloed zijn op de mate van ADHD-symptomen. Ten derde werd er doormiddel van de Go/No-Go taak onderzocht of de cognitieve maat van motivatie een rol speelt in de hoeveelheid ADHD-symptomen. Als laatste werd er via de Go/No-Go taak onderzocht of de cognitieve maat van inhibitie invloed heeft op de mate van ADHD-symptomen. Er deden 394 proefpersonen, allemaal universiteitsstudenten, mee aan dit onderzoek waarvan 40 deelnamen aan de Go/No-Go taak. De taak onderzocht de cognitieve maten van motivatie en inhibitie doormiddel van twee condities (een snelle en langzame event rate). Voor de analyse werden de deelnemers verdeeld in twee groepen, een groep met veel ADHD-symptomen en een groep met weinig ADHD-symptomen. Gevonden is dat studenten met meer ADHD-symptomen, meer problemen hebben met executieve functies. De resultaten van de vragenlijsten toonden aan dat meer problemen met inhibitie samengaan met meer ADHD-symptomen. Daarentegen is dit niet het geval voor motivatie. De resultaten van het experiment gaven aan dat de groep met meer ADHD-symptomen problemen had met motivatie, maar niet met inhibitie. Er kan geconcludeerd worden dat meer problemen met executieve functies samengaat met meer ADHD-symptomen.

*Trefwoorden:* ADHD-symptomen, executieve functies, Go/No-Go taak, studenten, CAARS, EFI

## **ADHD en Executieve Functies, een Experimenteel Onderzoek**

*Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)* is een neurobiologische ontwikkelingsstoornis die kan aanhouden tot in de volwassenheid. Volgens onderzoek van Barkley et al. (2002) houdt ADHD gediagnosticeerd in de kindertijd in 60 tot 70% van de gevallen aan tot in de jongvolwassenheid. ADHD in de volwassenheid zorgt voor een aanzienlijke verslechtering van de kwaliteit van leven (Agarwal et al., 2012). Over de diagnose van ADHD in volwassenen is echter nog veel onduidelijk. Er wordt gedacht dat problemen met executieve functies, met name inhibitie, een grote rol spelen in ADHD (Barkley, 1997; 1999). Ook worden problemen met motivatie gezien als een mogelijke verklaring voor bepaalde ADHD-symptomen (Van der Meere et al., 2010)

ADHD wordt gediagnosticeerd aan de hand van de Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM). Volgens de DSM-5 TR (American Psychiatric Association et al., 2022) wordt ADHD gekenmerkt door onoplettendheid, hyperactiviteit en impulsiviteit. Voorbeelden van symptomen van onoplettendheid zijn slordige fouten maken in schoolwerk, moeite hebben met het vasthouden van aandacht bij taken en het vaak niet luisteren als hij/zij direct wordt aangesproken. Hyperactiviteit heeft betrekking tot symptomen zoals het vaak draaien in zijn/haar stoel, excessief veel praten en gevoelens van rusteloosheid. De laatste categorie, impulsiviteit, bevat symptomen zoals het afmaken van zinnen van anderen, moeite hebben met het op zijn/haar beurt wachten en het storen van anderen. Verder moeten de symptomen voor het 12<sup>e</sup> levensjaar en in twee of meer situaties (bijvoorbeeld thuis en op school) aanwezig zijn. Ook moet er aanwijzing zijn dat ze duidelijk impact hebben op meerdere niveaus van functioneren en moeten de symptomen minstens 6 maanden aanwezig zijn. Als laatste moet uitgesloten worden dat de symptomen verklaard worden door een andere psychische stoornis. Voor een diagnose met ADHD in de kindertijd moeten per

categorie tenminste 6 symptomen aanwezig zijn en bij adolescenten vanaf 17 en volwassenen 5 symptomen per categorie.

ADHD in volwassenen uit zich vaak anders dan ADHD in kinderen. Hierdoor kunnen er problemen zijn met het diagnosticeren van ADHD in volwassenen. Volwassenen met ADHD hebben vaak minder hyperactiviteit-impulsiviteit symptomen (Volkow & Swanson, 2013) en meer onoplettendheid-symptomen (Wilens et al., 2009) dan kinderen met ADHD. Door dit verschil gaat ADHD in volwassenen vaker onopgemerkt en wordt de diagnose minder snel gemaakt. Een ander probleem met de diagnose is dat de DSM stelt dat de symptomen voor het 12<sup>e</sup> levensjaar aanwezig moeten zijn. Voor veel volwassenen met ADHD zijn de herinneringen aan hun jeugd vaag waardoor de betrouwbaarheid over deze periode van hun leven laag is (Wender et al., 2006), dit maakt het moeilijk om vast te stellen of de klachten voor het 12<sup>e</sup> levensjaar aanwezig waren.

Volwassenen die mogelijk ongediagnosticeerde ADHD hebben, vertonen hoge percentages van depressie, alcoholmisbruik en functionele beperkingen (Able et al., 2006). Om dit te voorkomen is het van belang dat mensen een diagnose krijgen en geholpen kunnen worden. Het gebruik van een dimensionele benadering maakt dit makkelijker. Bij deze benadering ligt de focus niet op het wel of niet hebben van ADHD, maar wordt verondersteld dat de symptomen van ADHD per persoon verschillen. ADHD wordt gezien als een spectrum waar de symptomen kunnen variëren van mild tot ernstig (Salum et al., 2014). In plaats van een universele aanpak, moedigt de dimensionele benadering interventies aan die zich richten op de behoeftes van het individu.

### **ADHD en Executieve Functies**

Een welbekende opvatting is dat de beperkingen die bij ADHD horen geassocieerd zijn met een beperkt functioneren van de executieve functies (EF). EF zijn hogere cognitieve functies die belangrijk zijn voor doelgericht probleemoplossend gedrag en aandachtscontrole

(Barkley, 1997). Diamond (2013) omschrijft EF als een overkoepelende term voor mentale processen die nodig zijn voor concentratie en aandacht wanneer het niet mogelijk is om dit automatisch of instinctief te doen. Executieve functies worden door Diamond onderverdeeld in drie kernfuncties: inhibitie, werkgeheugen en cognitieve flexibiliteit. Inhibitie omschrijft de mogelijkheid om dominante, automatische of overheersende reacties af te kunnen remmen (Miyake et al., 2000). Werkgeheugen refereert naar het vermogen om informatie in gedachten te houden en er mee te werken (Baddeley & Hitch, 1994). Cognitieve flexibiliteit omvat volgens Diamond (2013) het vermogen om je aan te passen aan veranderende omstandigheden, toe te geven dat je fout zat en te kunnen profiteren van onvoorziene kansen. Verder zijn inhibitie en werkgeheugen van belang voor cognitieve flexibiliteit. Diamond stelt namelijk dat voor een goede cognitieve flexibiliteit, oude perspectieven onderdrukt moeten worden (inhibitie) en nieuwe perspectieven in het werkgeheugen geactiveerd moeten worden.

Meerdere studies hebben aangetoond dat problemen met EF inderdaad een rol spelen bij ADHD. Bij 30 tot 50% van kinderen met ADHD worden slechte prestaties gevonden bij taken die executieve functies testen (Nigg et al., 2005). Bij volwassenen met ADHD zijn eveneens problemen met executief functioneren gevonden, vooral met het werkgeheugen en volgehouden aandacht (Mostert et al., 2015).

### **Executieve Functies en ADHD in Studenten**

Een omgeving waar goed executief functioneren essentieel is, is op de universiteit. Studenten moeten namelijk in staat zijn om langlopende projecten, examenvoorbereidingen en buitenschoolse activiteiten te managen. Deze activiteiten doen een groot beroep op het vermogen om te kunnen plannen, het organiseren van tijd en materialen, uitvoeren van doelgericht gedrag en inhiberen van ongewenst gedrag (Fleming & McMahon, 2012). Verder vraagt de universiteit veel motivatie van studenten om hun opleiding zelfstandig en voldoende af te ronden. Bij beperkt functioneren van executieve functies is het voor

studenten moeilijker om dit gedrag op een goede manier uit te voeren. Onderzoek heeft aangetoond dat uitstelgedrag gerelateerd is aan verminderd executief functioneren (Rabin et al., 2011; Gustavson et al., 2015).

Vergelijkbare problemen kunnen ook voorkomen bij studenten met ADHD, zij hebben een grotere kans dan niet-ADHD-studenten om problemen te ervaren tijdens hun periode aan de universiteit. Vaak hebben studenten met ADHD meer last van innerlijke rusteloosheid, afleidende gedachten en halen ze vaker lagere cijfers (Adler et al., 2015). Bovendien zijn er aanwijzingen dat de aandachtscontrole-netwerken bij mensen met ADHD van invloed zijn op het vermogen om taken op tijd en succesvol af te ronden (Niermann et al., 2014).

### **Theorieën over ADHD**

Er zijn twee gangbare theorieën over ADHD: het Response Inhibition model van Barkley (1997) en de Toestandsregulatietheorie (Van de Meere et al., 2010). In het model van Barkley ligt de focus op de cognitieve processen die relevant zijn in ADHD. Barkley stelt dat het onderliggende probleem bij individuen met ADHD ligt aan een tekort aan gedragsremming (inhibitie) en dus sterk in relatie staat met executieve functies. Hij stelt dat het inhibitie tekort gerelateerd is aan de prefrontale cortex, het gebied van de hersenen dat onder andere verantwoordelijk is voor de executieve functies. Door dit inhibitietekort is het moeilijker voor mensen met ADHD om doelgericht gedrag uit te voeren en hun aandacht bij een taak te houden. Volgens de Toestandsregulatietheorie (Van de Meere et al., 2010) is ADHD niet alleen een probleem van volgehouden aandacht, maar heeft het ook te maken met problemen met motivatie. De motivatieproblemen komen door een onvermogen om gemotiveerd te raken door minder boeiende of niet lonende taken. Door deze problemen kan het voorkomen dat mensen met ADHD het moeilijk vinden om te starten met taken en/of ze af te maken.

## Huidig Onderzoek

Het hoofddoel van dit onderzoek is om de associatie tussen de mate van ADHD-symptomen en executieve functies bij universiteitsstudenten te onderzoeken. Specifiek wordt er aandacht besteed aan hoe ADHD-symptomen gerelateerd zijn aan beperkingen in het executief functioneren, met name op het gebied van inhibitie en motivatie. ADHD-symptomen worden gemeten met de Conners' Adult ADHD Rating Scales–Self-Report: Long Version (CAARS–S:L; Conners et al., 2002). Deze vragenlijst meet ADHD via een dimensionale benadering waar een hogere score gelijk staat aan meer ADHD-symptomen. De executieve functies worden gemeten door de Executive Function Index (EFI; Spinella, 2005).

Verder wordt er een experiment uitgevoerd waarin inhibitie en motivatie van de proefpersonen wordt getest op basis van hun prestaties in reactietijden. In dit experiment wordt gebruik gemaakt van een Go/No-Go taak. De proefpersonen moeten in deze taak een reactie vertonen of inhouden op basis van bepaalde stimuli. Er wordt gebruik gemaakt van een snelle (korte event rate) en een langzame conditie (lange event rate). Een typisch reactiepatroon voor mensen met ADHD, vergeleken met mensen zonder ADHD, is een snellere reactie in de snelle conditie en tragere reacties in de langzame conditie (Metin et al., 2012; Wright et al., 2014).

De eerste onderzoeksvraag luidt: *Is er een algemene associatie tussen de mate van ADHD-symptomen en executieve functies?* Veel literatuur geeft aan dat er een verband is tussen de hoeveelheid ADHD-symptomen en problemen met executieve functies (Barkley, 1997; 1999; Van de Meere et al., 2010). Hierdoor wordt er in dit onderzoek een negatieve correlatie tussen de *t*-score van de ADHD Index van de CAARS en de EFI Total verwacht.

De tweede onderzoeksvraag luidt: *Is er een associatie tussen de mate van ADHD-symptomen en de executieve functies inhibitie en motivatie?* Er zijn twee gangbare theorieën over ADHD. Volgens Barkley (1997) ligt inhibitie ten grondslag aan ADHD-symptomen.



Van der Meere et al. (2010) stellen echter dat een probleem in de motivatie de basis vormt voor ADHD-symptomen. Op basis hiervan wordt er in dit onderzoek een negatieve correlatie verwacht tussen de *t*-score van de ADHD Index van de CAARS en de subschalen Impulse Control en Motivational Drive van de EFI.

De derde onderzoeksvraag luidt: *Is er een verschil tussen de reactietijden op de Go/No-Go taak van studenten met veel ADHD-symptomen en studenten met weinig ADHD-symptomen?* Het vergelijken van de reactietijden van de verschillende condities, laat zien hoe onder- of overprikkeling invloed heeft op de motivatie van de student om op de taak geconcentreerd te blijven (Metin et al., 2012). Volgens eerder onderzoek (Metin et al., 2012; Wright et al., 2014) vertonen mensen met ADHD snellere reacties in de snelle conditie en langzamere reacties in de langzame conditie van de Go/No-Go taak. Op basis van deze literatuur wordt verwacht dat de reactietijd van de studenten met een hoog aantal ADHD-symptomen sneller is in de snelle conditie en langzamer is in de langzame conditie vergeleken met de reactietijd van studenten met een laag aantal ADHD-symptomen.

De vierde onderzoeksvraag luidt: *Is er een verschil tussen het aantal fouten op de Go/No-Go taak van studenten met veel ADHD-symptomen en studenten met weinig ADHD-symptomen?* Via deze onderzoeksvraag worden de inhibitieprocessen van de proefpersonen onderzocht. Hoe meer fouten iemand maakt, hoe meer problemen de proefpersoon heeft met inhibitie. Op basis van de huidige literatuur (Metin et al., 2012; Wright et al., 2014) wordt er verwacht dat studenten met een hoger aantal ADHD-symptomen meer fouten maken op beide condities van de taak vergeleken met studenten met een lager aantal ADHD-symptomen.

## **Methode**

### **Participanten**

De proefpersonen in het onderzoek representeren een gemakssteekproef die voornamelijk is verzameld via een portaal genaamd SONA, dat dient als een site waar

psychologiestudenten studiepunten verdienen voor een practicum. Het SONA-portaal bevat ongeveer 700 proefpersonen. Wat de voorwaarden betreft, moesten alle proefpersonen universiteitsstudenten zijn tussen de 17 en 31 jaar. De pool van deelnemers bestond uit 394 studenten met een gemiddelde leeftijd van 20 jaar ( $M = 20,14$ ,  $SD = 2,12$ ). Qua geslacht waren er 296 vrouwen (75,1%) en 98 mannen (24,9%). 22 proefpersonen waren officieel gediagnosticeerd met ADHD.

Het experimentele deel van het onderzoek bestond uit deelnemers die de vragenlijsten hadden ingevuld en waren uitgenodigd via het SONA-portaal ( $n = 32$ ) en deelnemers die bekenden waren van de onderzoekers en voldeden aan de bovengenoemde criteria ( $n = 17$ ). Vanwege verschillende problemen met de data en ongeldige responsen, bestond de uiteindelijke steekproefomvang uit 40 deelnemers met een leeftijd tussen de 18 en 27 jaar ( $M = 21,90$ ,  $SD = 2,307$ ). In totaal namen 20 autochtone mannen (50%) en 20 autochtone vrouwen (50%) deel. Zes deelnemers gaven aan een officiële ADHD-diagnose te hebben. Alle deelnemers gaven schriftelijk toestemming. Het is belangrijk om te vermelden dat in eerste instantie deelnemers werden geselecteerd die laag of hoog scoorden op de vragenlijsten. Omdat er echter maar een beperkt aantal deelnemers deelnam, werd besloten om iedereen uit de SONA-pool die de vragenlijsten had voltooid uit te nodigen. Verder is het onderzoek goedgekeurd door de Ethische Commissie Psychologie van de Rijksuniversiteit Groningen.

Ten slotte werden de deelnemers in groepen verdeeld op basis van hun  $t$ -score op de ADHD Index schaal van de CAARS. Als criterium werd een  $t$ -score van 60 gehanteerd, aangezien een score hoger dan 60 op de CAARS klinische aandacht kan vereisen (Vizgaitis et al., 2023). Deelnemers met een ADHD Index score van 60 of hoger werden toegewezen aan de High ADHD groep, terwijl deelnemers met een ADHD Index score lager dan 60 werden

toegewezen aan de Low ADHD groep. De High ADHD groep bestond uit 16 deelnemers en de Low ADHD groep uit 24 deelnemers.

## **Onderzoeksmaterialen**

### ***Conners' Adult ADHD Rating Scales–Self-Report: Long Version.***

De Conners' Adult ADHD Rating Scales-Self-Report: Long Version (CAARS-S:L) is een gestructureerde zelfrapportage meting van ADHD-symptomatologie in een volwassen populatie (Conners et al., 1999). De test is gericht op patiënten met een vermoeden van ADHD of gerelateerde problemen. De CAARS test is ontwikkeld door Keith Conners (Conners et al., 2002). De test bestaat in twee varianten- lang en kort, voor dit onderzoek hebben we de lange versie gebruikt. Beide versies van de test worden beschouwd als betrouwbare en crossculturele valide metingen van ADHD-symptomen bij volwassenen (Christiansen et al., 2020). De test is geschikt voor het beoordelen van het huidige functioneren van individuen. Daarom bevat het geen items die vragen naar het begin van de symptomen in de kindertijd, die nodig zijn voor een diagnose en een algemeen begrip van ADHD-symptomatologie binnen een individu (Conners et al., 2002).

De CAARS-S:L bestaat uit 8 subschalen. Deze subschalen zijn: Inattention/Memory Problems, Hyperactivity/Restlessness, Impulsivity/Emotional Lability, Problems with Self-Concept, DSM-5: Inattentive Symptoms, DSM-5: Hyperactive-Impulsive Symptoms, DSM-5: Symptoms Total, die samen 66 vragen bevatten. Onderdeel van de schaal zijn ook specifieke items waarmee individuen die risico lopen op een ADHD-diagnose kunnen worden geïdentificeerd. Deze specifieke items vormen samen de ADHD Index subschaal. Alle vragen zijn ingedeeld op een Likertschaal, variërend van optie 0- 'Not at all, Never' tot 3- 'Very much, Very frequently'. Voor dit onderzoek zijn *t*-scores van elk van de bovengenoemde subschalen en de *t*-score van de totaalscore berekend. De totaalscore geeft het niveau van de ADHD-symptomen aan. In dit geval duidt een hoge score op een hoger

niveau van ADHD-symptomen en een lage score op een lager niveau van ADHD-symptomen (Conners et al., 2002). De schaal die gebruikt is voor de analyse is de *t*-score van de ADHD Index schaal.

### ***Executive Functioning Index***

De Executive Functioning Index (EFI) is een gestructureerde zelfrapportage meetschaal van executief functioneren gericht op een niet-klinische volwassen populatie, oorspronkelijk gemaakt voor studenten (Spinella, 2005). Deze schaal wordt als zeer betrouwbaar beschouwd; er is correlatieve ondersteuning gevonden met andere tests voor executief functioneren en neurobeeldvormingstechnieken. Bovendien vertoont de schaal een goede interne consistentie met Cronbach's alpha variërend van .69 tot .82.

De EFI bestaat uit vijf subschalen, namelijk Motivational Drive (MD) Impulse Control (IC), Empathy (EM), Organization (ORG) en Strategic Planning (SP). De subschalen tellen samen 27 items die verder onderverdeeld zijn in vragen. De vragen zijn ingedeeld op een Likertschaal variërend van optie 1- 'not at all' tot 5- 'very much'. Omdat het huidige onderzoek voornamelijk het bewijs voor de inhibitie- en motivatietheorie probeert uit te breiden, ligt de focus op de resultaten van IC en MD. Sommige vragen in de test zijn omgedraaid op basis van de zinsconstructie, waardoor sommige scores duiden op lager in plaats van hoger executief functioneren. Omgekeerde vragen zijn vraag 4 van de subschaal Motivational Drive, alle vragen van de subschalen Organization en Impulse Control en vraag 12 van de subschaal Empathy. De EFI Total wordt berekend als de somscore van alle subschalen. Voor alle schalen staan hogere scores voor betere EF-prestaties. De schalen die zijn gebruikt voor de analyse zijn Impulse Control, Motivational Drive en EFI Total.

### ***Go/No-Go Taak***

**Materialen en Apparatuur.** Het experiment voor ons project werd gemaakt met de programmeertaal Python in Open Sesame (Mathot et al., 2011). Het werd uitgevoerd op een

computer met een HP-scherm van 1920 x 1080 mm. Het experiment werd uitgevoerd in een laboratorium van de Rijksuniversiteit Groningen en de gegevens werden eerst opgeslagen in de computer van de universiteit, vervolgens via e-mail verstuurd en ten slotte geüpload naar de veilige schijf van de universiteit waar alleen de onderzoekers van dit onderzoek toegang tot hadden in overeenstemming met de General Data Protection Regulation (GDPR).

**Taak.** Om hun antwoorden te geven, moesten de deelnemers bij de Go trials op "B" drukken, en bij de No-Go trials hun respons om op "B" te drukken inhouden. Het niet indrukken van "B" bij een Go trial is een omissiefout, terwijl het indrukken van "B" bij een No-Go trial een commissiefout is. Daarnaast bestond onze taak uit twee condities (event rate manipulations; ER), zoals gemeten door de inter-stimulus-interval (ISI) duur van elke trial (Metin, 2012). In de snelle conditie was de ER 1,2 s en in de langzame conditie was de ER 7,2 s. Een verplichte pauze van 2 minuten werd tussen de twee toegevoegd om vermoeidheid of primacy-effecten tegen te gaan.

De snelle conditie begon met een oefenblok bestaande uit 6 trials, 5 Go trials en 1 No-Go trial. Dit werd gevolgd door een experimenteel blok bestaande uit 4 Go trials en 1 No-Go trial die 20 keer werden herhaald, wat resulteerde in een totaal van 100 trials. De trials in elk blok werden gepresenteerd in een gerandomiseerde volgorde om volgorde-effecten te verminderen. In de langzame conditie was er een oefenblok en een experimenteel blok. Het oefenblok bestond uit 5 trials, 1 Go trial en 4 No-Go trials. Vervolgens was er een experimenteel blok met 4 Go trials en 1 No-Go trial die 10 keer werd herhaald en resulteerde in een totaal van 50 trials. Zoals hierboven vermeld, werden alle tests in willekeurige volgorde aangeboden om volgorde-effecten tegen te gaan.

**Test.** In de snelle conditie wordt het scherm met de stimuli altijd voor 200 ms gepresenteerd na een vast ISI-scherm van 300 ms en wordt het gevolgd door twee identieke schermen van 700 ms (350 ms elk). De trials worden voorafgegaan door een oefentrial

bestaande uit één trialreeks. In de langzame conditie begint elke trial met een vaste ISI van 5000 ms voordat de stimulus wordt gepresenteerd. De stimulus wordt gedurende 200 ms gepresenteerd, gevolgd door twee identieke schermen van elk 1000 ms. De trials in elke conditie bestonden uit een vaste ISI, het stimulusscherm van 200 ms en twee identieke schermen waarin de reacties van de deelnemers op elk scherm werden opgenomen. De tijd tussen elke trial hangt af van de respons van de deelnemer. Als er een respons van het toetsenbord was (toetsdruk "B") vóór het einde van het stimulusscherm van 200 ms, zou het stimulusscherm eindigen met de toetsdruk.

**Stimuli.** Alle stimuli in het Impulsiviteitsexperiment worden getoond op een wit scherm. Vanwege de mogelijkheid dat een fixatiepunt zou interfereren met onze experimentele manipulaties en dat de stimuli altijd in het midden van het scherm worden gepresenteerd, is er geen fixatiepunt op het scherm voor het begin van elke trial. Aan het begin van elke trial wordt dus een leeg wit scherm met een raster van 32 x 32 px gepresenteerd, gevolgd door het scherm met de stimuli. Voor ons onderzoek werd een Go/No-Go taak met event rate manipulaties gebruikt (Borger & Van der Meere, 2000). Daarom heeft ons experiment twee soorten stimuli, een O (de Go stimuli) en een Q (de No-Go stimuli). De letters werden altijd in het midden van het scherm gepresenteerd ( $x = 0$ ,  $y = 0$ ) en hadden een zwarte kleur, HTML-formaat en mono-lettertype, als contrast met het witte scherm. Bovendien waren er zowel in het oefenblok als in het experimentele blok altijd 20% No-Go stimuli en 80% Go stimuli.

**Reactietijd en Foutberekening.** Reactietijd werd gemeten vanaf het begin van de stimulus tot het indrukken van de toets. Alleen correcte trials werden beschouwd als geldige reactietijden. De gemiddelde reactietijd en de gemiddelde standaardafwijking werden berekend van alle correcte responsen. Correcte responsen onder de 150 ms werden beschouwd als preventieve responsen en werden niet gebruikt om de gemiddelde reactietijd

en de gemiddelde standaardafwijking te berekenen. Om het foutpercentage te berekenen werd het aantal opdrachten gedeeld door het totale aantal No-Go trials maal 100.

### **Procedure**

De deelnemers vulden de vragenlijsten online in, beginnend met de CAARS-S:L en eindigend met de EFI. De eerste pagina van de CAARS-S:L was informatief, gevolgd door een toestemmingspagina, waar de deelnemers moesten instemmen met deelname aan dit onderzoek. Op de volgende pagina werd gevraagd naar hun SONA-nummer. Vervolgens gaven de deelnemers hun leeftijd, biologische geslacht, baan (indien van toepassing), moedertaal, diagnose van een lichamelijke, psychiatrische of neurologische aandoening en of ze medicijnen gebruiken met de optie om te vermelden welke medicijnen. De volgende 4 pagina's bevatten de CAARS-S:L vragenlijst waar deelnemers hun instemming met elk item gaven van 0- 'Not at all, Never' tot 3- 'Very much, Very frequently'. De pagina daarna vroeg om optionele toestemming om de cijfers van een student te verwerken. Er was nog een pagina waar gevraagd werd naar het studentnummer van de deelnemers en tot slot een pagina waar deelnemers eventuele opmerkingen of vragen voor de onderzoekers konden vermelden.

De EFI-vragenlijst begon met een pagina waarop deelnemers werden geïnformeerd dat ze nu de tweede vragenlijst konden invullen, gevolgd door een pagina waarop toestemming werd gevraagd. Daarna werd hen opnieuw gevraagd hun SONA-nummer te vermelden. Op de volgende pagina vulden ze de EFI-vragenlijst in, waarbij ze hun instemming met elk item beoordeelden op een schaal van 1- 'not at all' tot 5- 'very much'. Op de volgende pagina konden ze eventuele opmerkingen geven.

Voor het experiment werkten we samen met een thesishoofdstuk van het Bachelor Honoursprogramma die onderzoek deed naar ADHD en inhibitie. De resultaten van het inhibitie-experiment worden niet besproken in dit artikel. We hebben geen reden om te

vermoeden dat het inhibitie-experiment de resultaten van het impulsiviteitsexperiment hebben beïnvloed.

De deelnemers werden uitgenodigd in het lab om het Go/No-Go en inhibitie-experiment uit te voeren. Respectievelijk duurde dat ongeveer 15 en 5 minuten per deelnemer. Ze zaten achter een computer in een kamer zonder afleiding, waar de verlichting en het geluid werden gecontroleerd. Voordat het experiment begon, moesten de deelnemers het informatieblad over ons experiment lezen en een toestemmingsformulier ondertekenen (zie Bijlage A). Nadat het toestemmingsformulier was ondertekend, kregen de deelnemers de instructie om aan het begin van het experiment hun persoonlijke nummer in te vullen. Om vermoeidheid of primacy-effecten tegen te gaan, begonnen de deelnemers met ofwel de inhibitietaak ofwel de Go/No-Go taak, bepaald door een willekeurig gegenereerd nummer tussen 1 en 2.

Voor de Go/No-Go taak kregen de deelnemers eerst een welkomstscherf te zien, gevolgd door een kort informed consent scherm waarin ze de mogelijkheid hadden ervoor te kiezen om niet deel te nemen. Vervolgens verscheen er een instructiescherf, waarin de deelnemers werd verteld dat er ofwel een 'O' of een 'Q' op het scherm zou verschijnen. Wanneer de deelnemer een 'O' zag, moest hij op de 'B'-toets drukken. Als er een 'Q' verscheen, moesten ze hun reactie inhouden. Het belangrijkste doel van de taak was om zo snel en zo nauwkeurig mogelijk te reageren. Daarna werden de deelnemers naar het oefenblok geleid om vertrouwd te raken met de taak. Daarna kregen de deelnemers een bericht dat het oefenblok was afgelopen en dat het hoofdexperiment zou beginnen, en werden ze herinnerd aan de instructies. In het kader van ons experiment kregen de deelnemers geen feedback nadat het oefenblok en het experimentele blok waren voltooid. Als de deelnemer klaar was met beide experimenten, werd hen gevraagd naar hun ervaringen en konden ze



vertrekken. De experimentator stuurde dan de vragenlijsten naar de deelnemer, afhankelijk van of de deelnemer ze al wel of niet had ingevuld.

## **Data-Analyse**

### ***Vragenlijsten***

Voor de CAARS werden de *t*-scores van de schalen berekend en voor de EFI maakten we somscores per subschaal en de EFI Total score (de som van alle subschaalscores). Voor het analyseren van de vragenlijsten gebruikten we de *t*-score van de ADHD Index (ADHD-symptomen) van de CAARS en de somscores van de schalen Impulse Control (IC) en Motivational Drive (MD), plus de EFI Total (executieve functies). Voor de analyse werd het statistische softwareplatform SPSS (versie 28) gebruikt.

Het bepalen van de verdeling van de variabelen (*t*-score van ADHD Index, somscores van IC en MD, en de EFI Total) is belangrijk voor het kiezen van de juiste test. Daarom is de assumptie van normaliteit getest met de Shapiro-Wilk test. Volgens de test (zie Tabel B1) wees de verdeling van alle geanalyseerde variabelen significant af van een normale verdeling ( $p < ,05$ ). Om de lineariteit te testen, werden de normale Q-Q-plots geïnspecteerd (Figuur B1 tot B4) van alle geanalyseerde variabelen en werd geconcludeerd dat alle variabelen bij benadering lineair zijn.

Omdat de data niet normaal verdeeld zijn, worden niet-parametrische tests gebruikt om de relaties tussen de variabelen te testen. Daarom zijn onderzoeksvragen 1 en 2, of er een relatie is tussen ADHD-symptomen en (1) het totaal aan executieve functies en (2) specifiek de IC en MD EFI subschalen, getest door middel van Spearmans correlaties. Voor alle geteste correlaties was het aantal datapunten 394.

### ***Go/No-Go Taak***

Het experiment heeft een gemengd design met één *between subject factor* (ADHD-groep: High ADHD groep en Low ADHD groep) en één *within subject factor* (event rate

[ER]: snelle event rate en langzame event rate). Zo werd elke deelnemer met hoge of met lage niveaus van ADHD blootgesteld aan zowel de snelle als de langzame conditie, die niveaus van de onafhankelijke variabele event rate vertegenwoordigen. In de impulsiviteitstaak werden reacties op de No-Go stimulus (letter Q) beschouwd als commissiefouten (EOC's), terwijl het niet reageren op de Go stimulus (letter O) werd beschouwd als een ommissiefout (EEO). Bovendien werden de reactietijden (RT's) in milliseconden na elk scherm gemeten, met uitzondering van de vaste ISI voorafgaand aan het begin van elke trial. Accuracy werd ook gemeten voor elk scherm door het percentage juiste antwoorden (juist = 1) tot foute antwoorden (juist = 0). In totaal waren er twee variabelen voor de prestaties (percentage error [PE] en gemiddelde reactietijd voor correcte antwoorden [MRTC]), beide variabelen werden berekend per conditie (snelle en langzame event rate) en per groep (High en Low ADHD groep). Daarnaast werden verschilcores (tussen snelle en langzame event rate) berekend voor RT en Accuracy per groep.

Voor de derde en vierde onderzoeksvragen over de taakprestaties van de High en Low ADHD groepen, is de belangrijkste gebruikte statistiek de gemengde ANOVA met *repeated measures*. De Shapiro-Wilk test is gebruikt om de assumptie van normaliteit te toetsen. Alle variabelen behalve twee (Low ADHD groep zowel de snelle conditie van PE ( $W(41) = ,900$ ,  $p = ,18$ ) en de langzame conditie van PE ( $W(41) = ,898$ ,  $p = ,16$ ) lieten niet-significante resultaten zien, wat betekent dat ze een normale verdeling hadden (zie Tabel C1 voor alle resultaten van de Shapiro-Wilk test). Voor de homogeniteit van variantie gebruikten we de Levene's test. Zowel de snelle en langzame conditie van MRTC hadden niet-significante resultaten ( $F(1,39) = 0,017$ ,  $p = ,898$  en  $F(1,39) = 0,419$ ,  $p = ,521$ ). Deze niet-significante resultaten werden ook gezien voor de snelle en langzame conditie van PE ( $F(1,39) = 1,536$ ,  $p = ,223$  and  $F(1,39) = 0,451$ ,  $p = ,506$ , respectievelijk). Dit gaf aan dat de varianties homogeen zijn.

## Resultaten

### Beschrijvende Statistieken

De beschrijvende statistieken van de gebruikte variabelen van de vragenlijsten (*t*-score van de ADHD Index van de CAARS, EFI Total, Impulse Control en Motivational Drive) en het experiment (van zowel de snelle en langzame conditie: de gemiddelde reactietijd voor correcte antwoorden (MRTC) en percentage error (PE)) worden weergegeven in respectievelijk Tabel 1 en Tabel 2.

**Tabel 1**

*Beschrijvende Statistieken Vragenlijsten*

Variabelen	n	M	SD
<i>T</i> -score ADHD Index CAARS	394	52,57	10,69
EFI Total	394	94,98	10,26
Impulse Control	394	16,78	3,38
Motivational Drive	394	14,45	2,64

**Tabel 2**

*Beschrijvende Statistieken Go/No-Go Taak*

Variabelen	Conditie	n	M	SD
MRTC	Snel	40	313,31	28,46
	Langzaam	40	403,27	45,73
PE	Snel	40	31,87	18,83
	Langzaam	40	24,50	19,47

*Noot.* MRTC = gemiddelde reactietijd voor correcte antwoorden; PE = percentage error

## Vragenlijsten

### *Associatie ADHD-Symptomen en Executieve Functies*

Voor de eerste vraag of er een samenhang is tussen executieve functies en het aantal ADHD-symptomen is er een Spearmans correlatie berekend tussen de  $t$ -score van de ADHD Index van de CAARS en de EFI Total (Tabel 3). Er is een significante ( $p < ,001$ ) middelmatige negatieve correlatie ( $r = -,489$ ) gevonden tussen de  $t$ -score van de ADHD Index van de CAARS en de score van de EFI Total. Dit komt overeen met de verwachtingen en bevestigt dat studenten met meer ADHD-symptomen, meer problemen hebben met executief functioneren.

### *Associatie van Inhibitie en Motivatie met ADHD-Symptomen*

Voor de tweede vraag of er een associatie is tussen de mate van ADHD-symptomen en inhibitie en motivatie zijn er Spearmans correlaties berekend tussen de subschalen Impulse Control en Motivational Drive van de EFI en de  $t$ -score van de ADHD Index van de CAARS (Tabel 3).

De correlatie gevonden tussen de subschaal Motivational Drive van de EFI en de  $t$ -score van de ADHD Index van de CAARS was niet significant ( $r = -,014$ ,  $p = ,782$ ). Dit komt niet overeen met de verwachtingen en betekent dat mensen die hoog scoren op ADHD-symptomen, niet per se meer problemen hebben met motivatie. Tussen de subschaal Impulse Control van de EFI en de  $t$ -score van de ADHD Index van de CAARS bestaat een significante zwakke negatieve correlatie ( $r = -,353$ ,  $p < ,001$ ). Dit komt overeen met de verwachtingen en bevestigt dat studenten met meer ADHD-symptomen meer problemen hebben met inhibitie.

Een ander gevonden resultaat is de zwakke negatieve correlatie tussen MD en IC ( $r = -,130$ ;  $p < ,001$ ). Dit resultaat betekent dat studenten die meer problemen hebben met inhibitie, minder problemen hebben met motivatie en vice versa.

**Tabel 3***Correlaties Vragenlijsten*

Variabelen	T-score ADHD Index CAARS	EFI Total	Impulse Control
T-score ADHD Index CAARS	-		
EFI Total	-,489**	-	
Impulse Control	-,353**	,602**	-
Motivational Drive	-,014	,253**	-,130**

\*\*Correlatie is significant op het 0.01 niveau (tweezijdig).

*Noot.* CAARS = Conner's Adult ADHD Rating Scale; EFI = Executive Function Index

**Experiment***Validiteit van de Taak*

Het experiment werd gevalideerd door het hoofdeffect van de gemengde ANOVA met repeated measures te controleren. Dit hoofdeffect meet het verschil tussen de langzame en snelle event rate condities zonder rekening te houden met de verschillende groepen (High en Low ADHD groep). Als er een significant verschil is, betekent dit dat de manipulatie van de event rate geldig is en dat de taak meet wat het hoort te meten. Beide variabelen hadden een significant hoofdeffect voor event rate (MRTC:  $F(1,38) = 236,4, p < ,001, \eta_p^2 = ,862$ ; PE:  $F(1,38) = 7,531, p = ,009, \eta_p^2 = ,165$ ), wat betekent dat het experiment valide is.

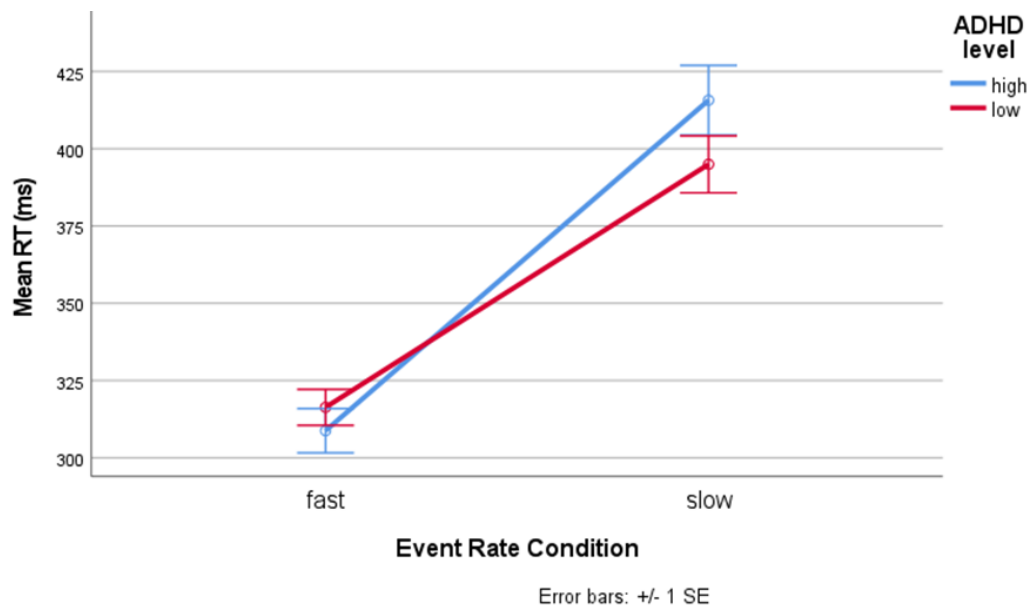
*Invloed ADHD-Symptomen op Reactietijd in de Go/No-Go Taak*

Voor de derde vraag of er een verschil is tussen de reactietijden op de Go/No-Go taak van studenten met veel ADHD-symptomen en studenten met weinig ADHD-symptomen, is een gemengde ANOVA met repeated measures uitgevoerd. Zoals te zien in Figuur 1 zijn de gemiddelden van de reactietijden per groep per event rate conditie met elkaar vergeleken. In de validiteit van de taak is aangetoond dat het hoofdeffect van de event rate voor MRTC

significant was. Dit betekent dat de reactietijden van zowel de High als Low ADHD groep sneller waren in de snelle conditie dan in de langzame conditie. Het hoofdeffect van ADHD groep voor MRTC was niet significant ( $F(1,38) = 0,386, p = ,538, \eta_p^2 = ,010$ ). Dit betekent dat de ADHD groepen, wanneer beide condities samengenomen zijn, niet van elkaar verschilden. Het interactie effect tussen event rate en ADHD groep voor MRTC was significant ( $F(1,38) = 5,496, p = ,024, \eta_p^2 = ,126$ ) en betekent dat het effect van event rate op MRTC afhangt van de ADHD groep (High of Low). Dit betekent dat volgens verwachting deelnemers met een hoger niveau van ADHD sneller reageerden in de snelle conditie en langzamer in de langzame conditie vergeleken met deelnemers met een lager niveau van ADHD.

### **Figuur 1**

*Gemiddelde Reactietijd van ADHD-Groepen per Conditie*



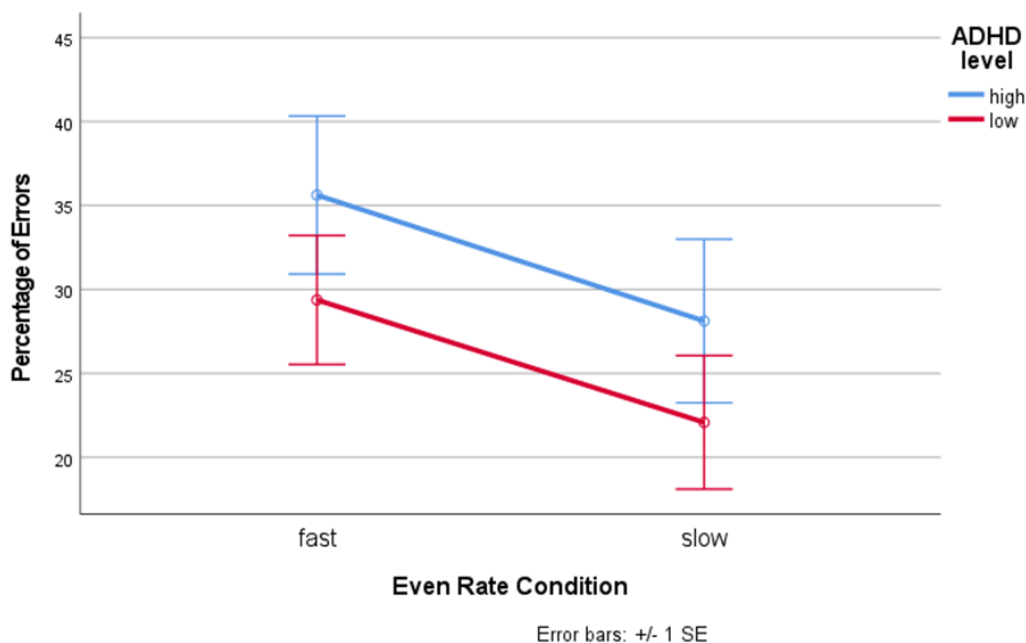
### ***Invloed ADHD-Symptomen op Hoeveelheid Fouten in de Go/No-Go Taak***

Voor de vierde en laatste vraag over een verschil tussen het aantal fouten op de Go/No-Go taak van studenten met veel ADHD-symptomen en studenten met weinig ADHD-symptomen, is er gebruikt gemaakt van een gemengde ANOVA met repeated measures (zie

Figuur 2). In de validiteit van de taak is aangetoond dat het hoofdeffect van de event rate voor PE significant was. Dit betekent dat beide ADHD groepen (High en Low groep) meer fouten maakten in de snelle conditie dan in de langzame conditie. Het hoofdeffect van ADHD groep voor PE was niet significant ( $F(1,38) = 1,219, p = ,276, \eta_p^2 = ,031$ ), dit betekent beide ADHD groepen overall evenveel fouten maken. Echter, een insignificant resultaat van het interactie effect tussen event rate en ADHD groep voor PE ( $F(1,38) = 0,001, p = ,969, \eta_p^2 = ,000$ ) betekent dat de hoeveelheid ADHD-symptomen niet relevant is voor het effect van de event rate. Tegen verwachting in bevestigt dit niet dat mensen met meer ADHD-symptomen, in beide condities, meer fouten maken dan mensen met minder ADHD-symptomen.

## Figuur 2

*Percentage Fouten van ADHD-Groepen per Conditie*



## Discussie

Het hoofddoel van dit onderzoek was om de associatie tussen de mate van ADHD-symptomen en executieve functies bij universiteitsstudenten te onderzoeken. Specifiek werd er aandacht besteed aan hoe de mate van ADHD-symptomen gerelateerd is aan beperkingen in het executief functioneren, met name op het gebied van inhibitie en motivatie. Dit

hoofddoel werd onderzocht doormiddel van vier onderzoeksvragen. De eerste onderzoeksvraag onderzocht een algemene associatie tussen de mate van ADHD-symptomen en executieve functies. De tweede onderzoeksvraag ging dieper in op de eerste onderzoeksvraag en onderzocht de relatie tussen specifieke executieve functies (motivatie en inhibitie) en niveaus van ADHD-symptomen. Ten derde werd er onderzocht of er een verschil is tussen de reactietijden op de Go/No-Go taak van studenten met veel ADHD-symptomen en studenten met weinig ADHD-symptomen. Als laatste werd er onderzocht of er een verschil is tussen het aantal fouten op de Go/No-Go taak van studenten met veel ADHD-symptomen en studenten met weinig ADHD-symptomen.

### **Vragenlijsten**

Naar verwachting werd de eerste onderzoeksvraag bevestigd: personen met veel ADHD-symptomen scoren laag op executief functioneren. Dit houdt in dat studenten die hogere niveaus van ADHD-symptomen vertonen, meer problemen met executief functioneren hebben in vergelijking met studenten met minder ADHD-symptomen. Dit resultaat bevestigt het welbekende standpunt in de literatuur dat problemen met executief functioneren een rol spelen in ADHD (Barkley, 1997; Van der Meere et al., 2010) en staat in lijn met de verwachtingen.

De tweede onderzoeksvraag wordt deels bevestigd. Naar verwachting hebben studenten met veel ADHD-symptomen, meer problemen hebben met inhibitie. Dit resultaat borduurt voort op de theorie van Barkley (1997) die stelt dat een slechte responsinhibitie het centrale tekort is bij ADHD. Een opvallend resultaat is dat er geen correlatie is gevonden tussen motivatie en ADHD-symptomen. Dit houdt in dat de studenten met veel ADHD-symptomen, geen problemen met motivatie vertonen. Dit resultaat komt niet overeen met de verwachting en sluit niet aan bij de genoemde literatuur. De Toestandsregulatietheorie (Van der Meere et al., 2010) stelt namelijk dat er een probleem met motivatie plaatsvindt in



individuen met ADHD. Een reden hiervoor kan zijn dat studenten met meer ADHD-symptomen manieren vinden om te compenseren voor hun motivatietekort. Universiteiten verwachten namelijk veel motivatie van studenten om hun opleiding voldoende en zelfstandig af te ronden. Het kan dus mogelijk zijn dat studenten (met veel ADHD-symptomen) zich hieraan aangepast hebben en dus minder moeite hebben met motivatie dan met inhibitie.

De zwakke negatieve correlatie tussen MD en IC kan een ondersteuning zijn voor het *dual-pathway* model. In dit model wordt gesuggereerd dat het onoplettende type en het hyperactieve/impulsieve type van ADHD door verschillende onderliggende mechanismen gestuurd worden, waarbij problemen met motivatie van belang zijn bij het onoplettende type en problemen met inhibitie centraal staan bij het hyperactieve/impulsieve type (Sonuga-Barke, 2003). Echter, er is meer onderzoek nodig om dit te kunnen bevestigen.

Op basis van de bovengenoemde bevindingen kan gesuggereerd worden dat inhibitie een grotere rol speelt dan motivatie in de relatie tussen executieve functies en de mate van ADHD-symptomen.

## **Experiment**

De derde onderzoeksvraag werd bevestigd in dit onderzoek. Er werd onderzocht hoe verschillende niveaus van ADHD-symptomen de reactietijd van de studenten op de Go/No-Go taak beïnvloedde. Gevonden werd dat beide groepen (High en Low ADHD) snellere reactietijden hadden op de snelle conditie dan op de langzame conditie. Bovendien had de High ADHD groep een snellere gemiddelde reactietijd op de snelle conditie en een langzamere gemiddelde reactietijd op de langzame conditie dan de Low ADHD groep. Dit geeft aan dat de studenten met meer ADHD-symptomen sneller reageerden op stimuli in de snelle conditie en langzamer op de stimuli in de langzame conditie dan studenten met minder ADHD-symptomen. Dit kan verklaard worden doordat mensen met meer ADHD-symptomen

meer moeite hebben met het aanpassen aan de verschillende condities. In de snelle conditie is er sprake van overactivatie en in de langzame conditie van onderactivatie. Doordat het aanpassen aan de onderactivatie in de langzame event rate bij mensen met meer ADHD-symptomen extra motivatie vereist, is er een langzamere gemiddelde reactietijd in vergelijking met mensen met minder ADHD-symptomen. Dit staat in lijn met de verwachtingen en bevestigt dat studenten met meer ADHD-symptomen, meer problemen met motivatie hebben.

De vierde en laatste onderzoeksvraag werd niet ondersteund. Er werd onderzocht of het aantal fouten die iemand maakt in de Go/No-Go taak in relatie staat met het aantal ADHD-symptomen. Uit het onderzoek is gebleken dat beide groepen meer fouten maakten in de langzame conditie, maar de mate van ADHD-symptomen hier geen invloed op had. Dit is tegen de verwachtingen in en is tegenstrijdig met de resultaten van de vragenlijsten. De resultaten van de vragenlijsten gaven aan dat problemen met inhibitie wel degelijk van belang zijn bij mensen met meer ADHD-symptomen, terwijl de resultaten van het experiment dit niet bevestigen. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de taak alleen een cognitief proces van inhibitie meet terwijl de vragenlijsten ook inhibitie gerelateerd aan hyperactiviteit onderzochten.

### **Limitaties**

Een eerste limitatie heeft te maken met de validiteit van het onderzoek. Het onderzoek is gebaseerd op resultaten van zelfrapportage vragenlijsten, hierdoor is er geen mogelijkheid om de symptomen via een ander perspectief dan die van de studenten zelf te beoordelen. In de klinische wereld worden de symptomen van een patiënt niet alleen door zelfrapportagevragenlijsten beoordeeld, maar worden er ook uitgebreid interviews afgenomen, niet alleen met de patiënt, maar bijvoorbeeld ook met de naaste familie. Dit is in deze studie, door tijdstekort en complexiteit, niet uitgevoerd waardoor er een incompleet

beeld van de symptomen van de proefpersonen bestaat. Daarentegen heeft het experiment een meer objectief perspectief toegevoegd door de executieve functies indirect te meten op basis van de reactietijden en het aantal fouten van de proefpersonen.

Een tweede limitatie heeft betrekking tot de betrouwbaarheid van het onderzoek. De vragenlijsten zijn online en op afstand zijn ingevuld, dit betekent dat er geen onderzoeker aanwezig was bij het afnemen van de vragenlijsten. De studenten vulden de vragenlijsten in in een door hun gekozen omgeving wat het moeilijk maakt om te bepalen of er geen storende factoren aanwezig waren die de betrouwbaarheid beïnvloedden.

Een derde limitatie heeft betrekking tot de generaliseerbaarheid van de resultaten. Het onderzoek is namelijk afgenomen onder psychologiestudenten. Onder de psychologen en sociologen is meer dan 75% vrouw (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2019). Deze scheve man-vrouwverhouding is ook in dit onderzoek terug te vinden en is ongeveer 1 op 4 (zie Tabel B2). Hierdoor is het moeilijk om de resultaten te generaliseren naar de gehele populatie. Bovendien zijn er in dit onderzoek geen associaties aangetoond tussen problemen met executieve functies en een officiële diagnose van ADHD, maar met de mate van ADHD-symptomen. Hierom is het niet mogelijk om te zeggen dat deze resultaten relevant zijn voor alle mensen met een ADHD-diagnose.

### **Vervolg Onderzoek**

Ondanks dat er een duidelijke associatie tussen executieve functies en het aantal ADHD-symptomen is aangetoond, wordt vervolgonderzoek aangeraden. Het wordt gesuggereerd om problemen met executieve functies te onderzoeken bij volwassenen, die niet student zijn, met een ADHD-diagnose. Doordat de universiteit veel beroep doet op de executieve functies van studenten, kan het zijn dat studenten een beter executief functioneren hebben ontwikkeld. Hierdoor is het mogelijk dat de resultaten onder een niet-studenten populatie anders zijn. Door gebruik te maken van een controlegroep en een ADHD-groep

kunnen er duidelijkere conclusies getrokken worden over de relatie tussen executief functioneren en ADHD bij niet-studenten. Het zou interessant kunnen zijn om een groep toe te voegen van studenten met ADHD om zo het verschil tussen studenten met ADHD, niet-studenten met ADHD en mensen zonder ADHD te onderzoeken.

Een ander startpunt voor onderzoek tussen executieve functies en ADHD in studenten kan zijn om te kijken naar de relatie tussen ADHD en andere executieve functies. In de inleiding is verteld dat de universiteit een groot beroep doet op organisatorische vaardigheden, het vermogen om te kunnen plannen, doelgericht gedrag en het inhiberen van ongewenst gedrag (Fleming & McMahon, 2012). Door het vergelijken van de resultaten van de CAARS en de EFI (bijvoorbeeld van de subschalen Strategic Planning en Organization) van studenten zonder ADHD en studenten met ADHD, kunnen er correlaties berekend worden om zo een beeld te krijgen over de relatie tussen executieve functies en ADHD-symptomen in studenten.

Het begrijpen van de relatie tussen verminderd executief functioneren en de mate van ADHD-symptomen kan een positieve invloed hebben op de behandelingen van ADHD en ervoor zorgen dat mensen met ADHD beter geholpen worden met ADHD-gerelateerde problemen in hun dagelijkse leven.

### **Conclusie**

In dit onderzoek werd de invloed van executieve functies op de mate van ADHD-symptomen bestudeerd. Specifiek werd de rol van inhibitie en motivatie onderzocht, dit is gedaan doormiddel van twee vragenlijsten en een experiment. Het belangrijkste resultaat komt voort uit de vragenlijsten en geeft aan dat meer problemen met executief functioneren samengaat met meer ADHD-symptomen. Verder is uit de vragenlijsten gebleken dat een slechtere inhibitie (Impulse Control) hand in hand gaat met meer ADHD-symptomen. Voor motivatie (Motivational Drive) is dit resultaat niet gevonden. Echter, het experiment toont

aan dat inhibitie geen rol speelt, maar motivatie wel. Deze tegenstrijdige resultaten zijn een goed beginpunt voor verder onderzoek waarmee meer informatie verzameld wordt over de associatie tussen executieve functies en ADHD in volwassenen. Al met al kan er gesteld worden dat problemen met executieve functies wel degelijk een rol spelen in de mate van ADHD-symptomen en wordt het aangeraden om dit in acht te nemen in de diagnose en behandeling van patiënten met ADHD.

## Referenties

- Able, S. L., Johnston, J. A., Adler, L. A., & Swindle, R. (2006). Functional and psychosocial impairment in adults with undiagnosed ADHD. *Psychological Medicine*, 37(1), 97–107. <https://doi.org/10.1017/s0033291706008713>
- Adler, L. A., Spencer, T. J., & Wilens, T. E. (2015). *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder in Adults and Children*. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139035491>
- Agarwal, R., Goldenberg, M., Perry, R., & IsHak, W. W. (2012). The quality of life of adults with attention deficit hyperactivity disorder: a systematic review. *Innovations in clinical neuroscience*, 9(5-6), 10–21.
- American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed., text rev.). American Psychiatric Association Publishing.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485–493. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485>
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>
- Barkley, R. A. (1999). Response inhibition in attention-deficit hyperactivity disorder. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 5(3), 177–184.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2779\(1999\)5:3<177::AID-MRDD3>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2779(1999)5:3<177::AID-MRDD3>3.0.CO;2-G)
- Barkley, R. A., Fischer, M., Smallish, L., & Fletcher, K. (2002). The persistence of attention-deficit/hyperactivity disorder into young adulthood as a function of reporting source and definition of disorder. *Journal of abnormal psychology*, 111(2), 279–289.  
<https://doi.org/10.1037//0021-843X.111.2.279>

- Börger, N., & Van der Meere, J. (2000). Motor control and state regulation in children with ADHD: A cardiac response study. *Biological Psychology*, *51*(2-3), 247–267. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(99\)00040-X](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00040-X)
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2019, November 13). In een derde van beroepen op hoogste niveau is meerderheid vrouw. *Centraal Bureau Voor De Statistiek*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/46/in-een-derde-van-beroepen-op-hoogste-niveau-is-meerderheid-vrouw>
- Christiansen, H., Kis, B., Hirsch, O., Matthies, S., Hebebrand, J., Uekermann, J., Abdel-Hamid, M., Kraemer, M., Wiltfang, J., Graf, E., Colla, M., Sobanski, E., Alm, B., Rösler, M., Jacob, C. K., Jans, T., Huss, M., Schimmelmann, B. G., & Philipsen, A. (2012). German validation of the Conners Adult ADHD Rating Scales (CAARS) II: Reliability, validity, diagnostic sensitivity and specificity. *European Psychiatry*, *27*(5), 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2010.12.010>
- Conners, C. K., Erhardt, D., & Sparrow, E. (2002). Conners' Adult ADHD Rating Scales—Self-Report: Long Version (CAARS—S: L). *Toronto, Canada: Multi-Health Systems*. [https://paa.com.au/wp-content/uploads/2022/04/CAARS\\_Self-Report\\_InterpretiveReport\\_Sample.pdf](https://paa.com.au/wp-content/uploads/2022/04/CAARS_Self-Report_InterpretiveReport_Sample.pdf)
- Conners, C. K., Erhardt, D., Epstein, J. I., Parker, J. W., Sitarenios, G., & Sparrow, E. M. (1999). Self-ratings of ADHD symptoms in adults I: Factor structure and normative data. *Journal of Attention Disorders*, *3*(3), 141–151. <https://doi.org/10.1177/108705479900300303>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

- Fleming, A. J., & McMahon, R. P. (2012). Developmental Context and Treatment Principles for ADHD Among College Students. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 15(4), 303–329. <https://doi.org/10.1007/s10567-012-0121-z>
- Gustavson, D. E., Miyake, A., Hewitt, J. K., & Friedman, N. P. (2015). Understanding the cognitive and genetic underpinnings of procrastination: Evidence for shared genetic influences with goal management and executive function abilities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 144(6), 1063–1079. <http://doi.org/10.1037/xge0000110>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2011). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314–324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- Metin, B., Roeyers, H., Wiersema, J. R., Van Der Meere, J., & Sonuga-Barke, E. J. (2012). A Meta-Analytic Study of Event Rate Effects on Go/No-Go Performance in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry*, 72(12), 990–996. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2012.08.023>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Mostert, J. C., Onnink, A. M. H., Klein, M., Dammers, J., Harneit, A., Schulten, T., Van Hulzen, K. J. E., Kan, C. C., Slaats-Willems, D., Buitelaar, J. K., Franke, B., & Hoogman, M. (2015). Cognitive heterogeneity in adult attention deficit/hyperactivity disorder: A systematic analysis of neuropsychological measurements. *European Neuropsychopharmacology*, 25(11), 2062–2074. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2015.08.010>



- Niermann, H. C. M., & Scheres, A. (2014). The relation between procrastination and symptoms of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) in undergraduate students. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 23(4), 411–421. <https://doi.org/10.1002/mpr.1440>
- Nigg, J. T., Willcutt, E. G., Doyle, A. E., & Sonuga-Barke, E. J. (2005). Causal heterogeneity in attention-deficit/hyperactivity disorder: Do we need neuropsychologically impaired subtypes? *Biological Psychiatry*, 57(11), 1224–1230. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.08.025>
- Rabin, L. A., Fogel, J., & Nutter-Upham, K. E. (2011). Academic procrastination in college students: The role of self-reported executive function. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(3), 344–357. <https://doi.org/10.1080/13803395.2010.518597>
- Salum, G. A., Sonuga-Barke, E. J., Sergeant, J. A., Vandekerckhove, J., Gadelha, A., Moriyama, T. S., Graeff-Martins, A. S., Manfro, G. G., Polanczyk, G. V., & Rohde, L. A. (2014). Mechanisms underpinning inattention and hyperactivity: neurocognitive support for ADHD dimensionality. *Psychological Medicine*, 44(15), 3189–3201. <https://doi.org/10.1017/s0033291714000919>
- Sonuga-Barke, E. J. (2003). The dual pathway model of AD/HD: an elaboration of neurodevelopmental characteristics. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 27(7), 593–604. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2003.08.005>
- Spinella, M. (2005). Self-rated executive function: Development of the Executive Function Index. *International Journal of Neuroscience*, 115(5), 649–667. <https://doi.org/10.1080/00207450590524304>
- Van der Meere, J. J., Börger, N. A., & Wiersema, J. R. (2010). ADHD: State Regulation and Motivation. *Current Medical Literature. Psychiatry*, 21(1), 14-20.

- Vizgaitis, A. L., Bottini, S., Polizzi, C. P., Barden, E., & Krantweiss, A. R. (2023). Self-Reported Adult ADHD Symptoms: Evidence Supporting Cautious Use in an Assessment-Seeking Sample. *Journal of Attention Disorders*, 108705472311727. <https://doi.org/10.1177/10870547231172764>
- Volkow, N. D., & Swanson, J. M. (2013). Clinical practice: Adult attention deficit-hyperactivity disorder. *The New England Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.1056/nejmcp1212625>
- Wender, P. A., Wolf, L. W., & Wasserstein, J. (2006). Adults with ADHD. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 931(1), 1–16. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05770.x>
- Wilens, T. E., Biederman, J., Faraone, S. V., Martelon, M., Westerberg, D., & Spencer, T. J. (2009). Presenting ADHD Symptoms, Subtypes, and Comorbid Disorders in Clinically Referred Adults With ADHD. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 70(11), 1557–1562. <https://doi.org/10.4088/jcp.08m04785pur>
- Wright, L., Lipszyc, J., Dupuis, A., Thayapararajah, S. W., & Schachar, R. (2014). Response inhibition and psychopathology: A meta-analysis of Go/No-Go task performance. *Journal of Abnormal Psychology*, 123(2), 429 - 439. <https://doi.org/10.1037/a0036295>

## Bijlage A

### Informatieblad en Toestemmingsformulier

#### INFORMATION ABOUT THE RESEARCH

VERSION FOR PARTICIPANTS

#### “EXECUTIVE FUNCTIONS AND ADHD, AN EXPERIMENTAL STUDY” PSY-2021-S0094

- **Why do I receive this information?**

You are being invited to participate in this bachelor thesis research that explores executive functioning in students scoring low or high on the symptoms of ADHD. You are eligible to participate in this research when you have received an invitation email via the SONA-pool or when you have received a personal invitation. Also, to participate you need to be at least 18 years old.

Our research team consists of Dr. Nobert Börger, Daria Bacsin, Koen Busschers, Nidarshana Ganesan, Deniz Koerts and Nora Sippel. All members of the team are involved in data collection, analysis, retention, sharing and publication.

- **Do I have to participate in this research?**

Participation in the research is voluntary. However, your consent is needed.

Therefore, please read this information carefully.

Ask all the questions you might have in case you do not understand something. Only after these doubts are clarified to you, proceed with answering the questionnaires

If you decide **not to participate**, you do not need to explain why, and there will be no negative consequences. You have this right at all times, including after you have consented to participate in the research.

- **Why this research?**

The purpose of this research is to gain a better understanding of the role of executive functioning in adult ADHD. Specifically, we will focus on performances of two cognitive tasks measuring inhibition and motivation and on the two questionnaires, Conners' Adult ADHD Rating Scale (CAARS) and Executive Function Index (EFI).

- **What do we ask of you during the research?**

- Before starting the research, you as a participant will be provided with necessary information about the study. Next, you will be asked for your

consent to participate, and will have the liberty to make an informed decision. Your answers will and shall remain anonymous.

- The research solely contains two cognitive tasks completed on a computer. You will first receive instructions on how to complete the first task and then be asked to complete the second task. After that, you will receive instructions for the second task and will then be asked to complete the second task. You will also be asked to fill in some general information, like age and gender.
- In total, the study will take approximately 30 minutes (each task will take approx. 15 minutes).
- Participants that are in the first-year students SONA-pool will receive 1.5 Credits when completing the study. The participants who volunteer will receive a coffee after completing the tasks.

- **What are the consequences of participation?**

There are no negative consequences associated with the two cognitive tasks employed in this study.

- **How will we treat your data?**

Data processing will take place for educational purposes of the researchers who will use the data to write their bachelor thesis. The performance of the two cognitive tasks will be stored and shared only among the researchers involved in the project. The data stored is pseudonymised, meaning that the researchers involved can only see your SONA-number but not your name. If you wish to access, modify, or remove your personal data you can do so until 1 August 2023 by contacting the principal investigator via email ([n.a.borger@rug.nl](mailto:n.a.borger@rug.nl)). Note that this will lead to your identification.

- **What else do you need to know?**

You may always ask questions about the research: now, during the research, and after the end of the research. You can do so by speaking with one of the researchers present right now or by emailing ([d.bacsin@student.rug.nl](mailto:d.bacsin@student.rug.nl), [n.sippel@student.rug.nl](mailto:n.sippel@student.rug.nl), [d.koerts@student.rug.nl](mailto:d.koerts@student.rug.nl), [k.busschers@student.rug.nl](mailto:k.busschers@student.rug.nl), [n.ganesan@student.rug.nl](mailto:n.ganesan@student.rug.nl)) one of the researchers involved.

Do you have questions/concerns about your rights as a research participant or about the conduct of the research? You may also contact the Ethics Committee of the Faculty of Behavioural and Social Sciences of the University of Groningen: [ec-bss@rug.nl](mailto:ec-bss@rug.nl).

Do you have questions or concerns regarding the handling of your personal data? You may also contact the University of Groningen Data Protection Officer: [privacy@rug.nl](mailto:privacy@rug.nl).

*As a research participant, you have the right to a copy of this research information.*

## INFORMED CONSENT

### “EXECUTIVE FUNCTIONS AND ADHD, AN EXPERIMENTAL STUDY” PSY-2021-S0094

1. I have read the information about the research. I have had enough opportunities to ask questions about it.

YES       NO

2. I understand what the research is about, what is being asked of me, which consequences participation can have, how my data will be handled, and what my rights as a participant are.

YES       NO

3. I understand that participation in the research is voluntary. I myself choose to participate. I can stop participating at any moment. If I stop, I do not need to explain why. Stopping will have no negative consequences for me.

YES       NO

#### **Below I indicate what I am consenting to.**

##### Consent to participate in the research:

- Yes, I consent to participate; this consent is valid until 01-08-2023  
 No, I do not consent to participate

##### Consent to processing my personal data:

- Yes, I consent to the processing of my personal data as mentioned in the research information. I know that until 01-08-2023 I can ask to have my data withdrawn and erased. I can also ask for this if I decide to stop participating in the research.  
 No, I do not consent to the processing of my personal data.

The researcher declares that the participant has received extensive information about the research.

*You have the right to a copy of this consent form.*

**Bijlage B**  
**Resultaten Vragenlijsten**

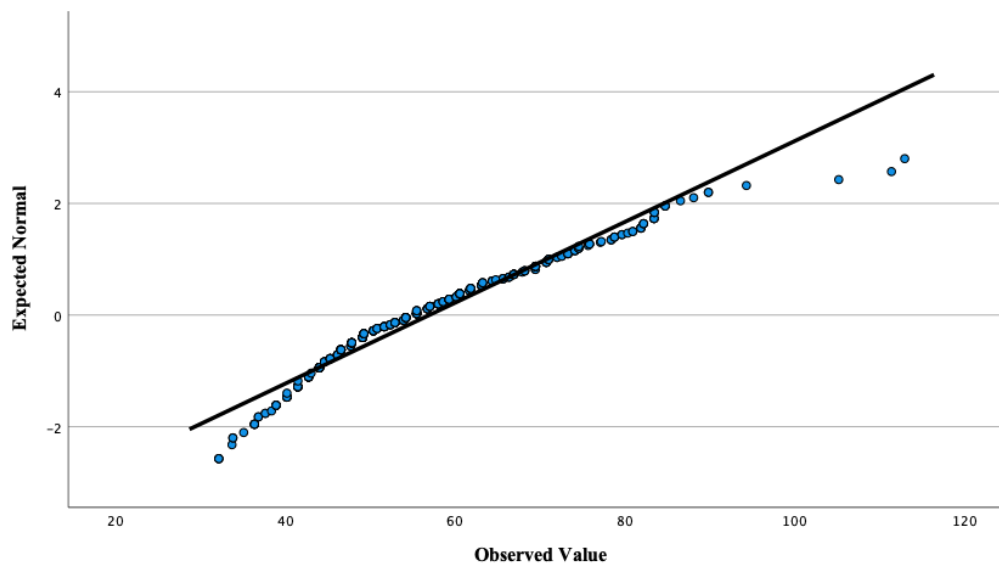
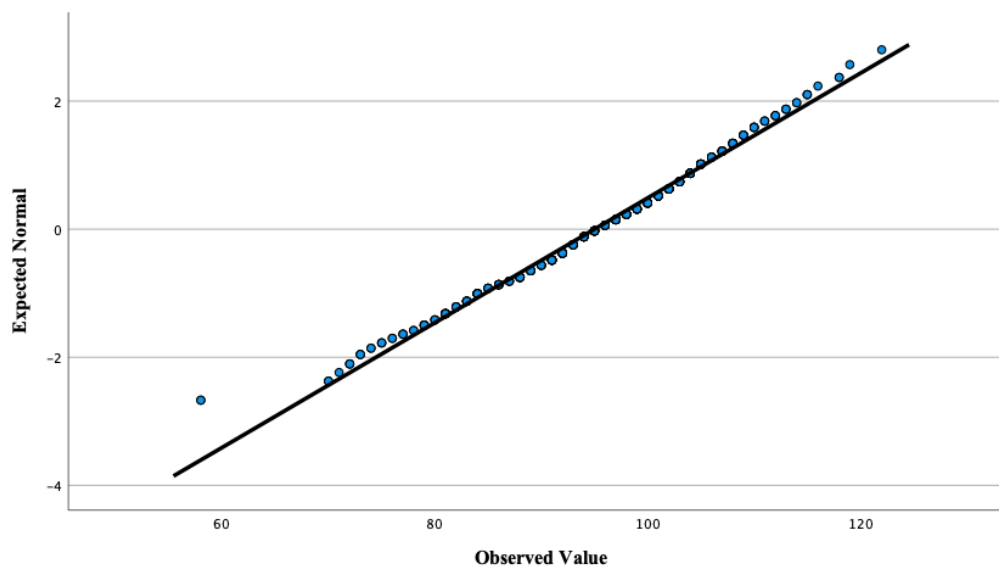
**Tabel B1***Shapiro-Wilk Test voor Normaliteit*

Schalen	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
CAARS_TScoreInat	,975	394	<,001
CAARS_TScoreHyper	,973	394	<,001
CAARS_TscoreImpul	,961	394	<,001
CAARS_TscoreSelfconc	,973	394	<,001
CAARS_TscoreDSM_Inattention	,974	394	<,001
CAARS_TscoreDSM_HypImp	,948	394	<,001
CAARS_TscoreDSM_Total	,956	394	<,001
CAARS_TscoreADHDIndex	,978	394	<,001
EFI_total	,990	394	,010
Strategic Planning	,990	394	,007
Motivational Drive	,981	394	<,001
Impulse Control	,976	394	<,001
Organization	,987	394	,001
Empathy	,935	394	<,001

*Noot:* CAARS = Conners' Adult ADHD Rating Scale; EFI = Executive Function Index Scale

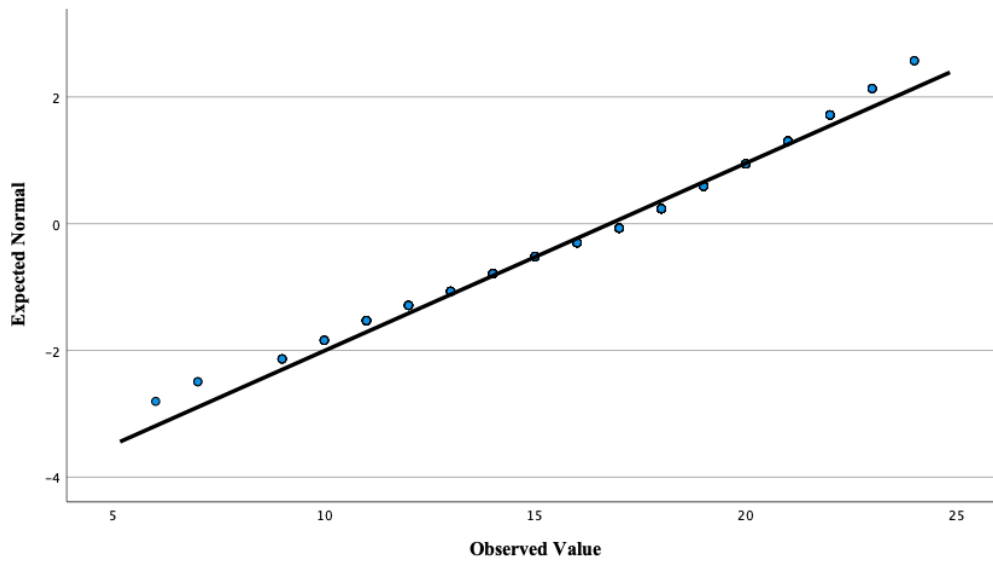
**Tabel B2***Man-vrouwverhouding*

Geslacht	N	%
Man	98	24,9%
Vrouw	296	75,1%

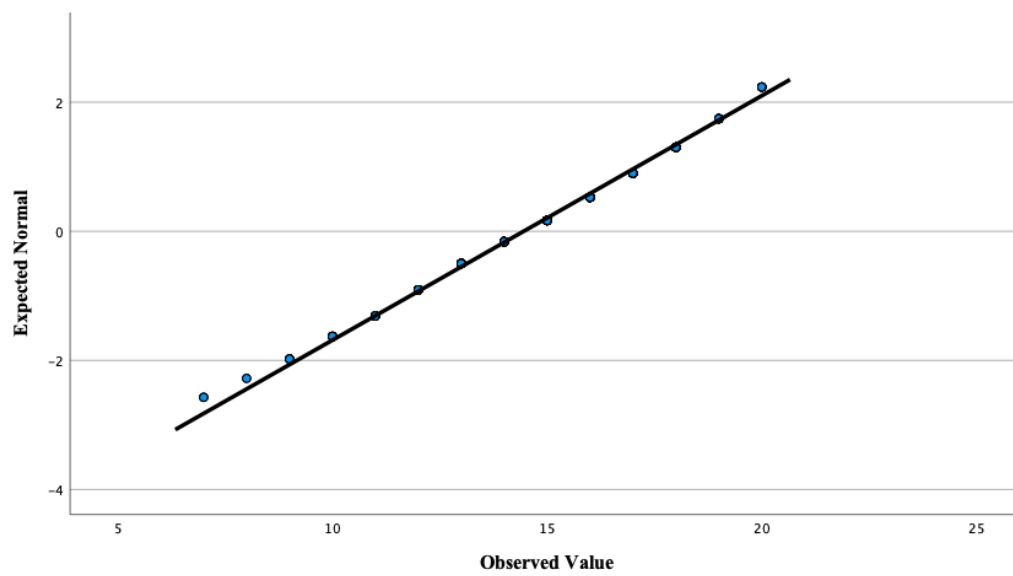
**Figuur B1***Normal Q-Q Plot van CAARS\_TscoreADHDIndex***Figuur B2***Normal Q-Q Plot van EFI\_total*

**Figuur B3**

*Normal Q-Q Plot van Motivational Drive*

**Figuur B4**

*Normal Q-Q Plot van Impulse Control*





## Bijlage C

### Resultaten Experiment

**Tabel C1**

*Shapiro-Wilk Test voor Normaliteit*

	ADHD_level	Statistic	Shapiro-Wilk	
			df	Sig.
mrt_fast_corr	1	,940	16	,350
	2	,941	24	,168
mrt_slow_corr	1	,956	16	,582
	2	,950	24	,267
perc_errors_fast	1	,916	16	,148
	2	,862	24	,004
perc_errors_slow	1	,917	16	,150
	2	,906	24	,029

*Noot.* ADHD\_level; 1 = hoog, 2 = laag