



rijksuniversiteit  
groningen

# Doelgericht bewegen?

*Een onderzoek naar de relatie tussen motorische  
vaardigheden en vroege executieve functies bij peuters*

Naam	Sanne Hut-Zijlstra
Studentnummer	S4990919
Opleidingsinstituut	Rijksuniversiteit Groningen
Faculteit	Faculteit der Gedrags- en Maatschappijwetenschappen
Studierichting	Pedagogische Wetenschappen (track: Orthopedagogiek)
Vakcode	PAMA5166
Eerste beoordelaar:	Dr. S. Houwen
Tweede beoordelaar:	Prof. dr. A. Lichtwarck-Aschoff
Datum	Juni 2022
Aantal woorden	10466

### Samenvatting

Rudimentaire vormen van executieve functies (EFs) zijn al aanwezig bij peuters. Naast ontwikkeling op het gebied van executief functioneren (EF) maken jonge kinderen ook ontwikkeling door op het gebied van motorische vaardigheden. Er bestaat echter nog geen eenduidig beeld over de relatie tussen (fijn en grof) motorische vaardigheden en EF bij jonge kinderen onder de vier jaar. Daarom was het doel van dit huidige onderzoek om te kijken in hoeverre er een relatie is tussen fijn en grof motorische vaardigheden en vroege EFs bij jonge kinderen tussen de 30 en 48 maanden, waarbij er gecontroleerd is voor leeftijd, sociaal economische status (SES) en geslacht. De uiteindelijke steekproef bestond uit 122 kinderen (55 jongens, 45.1%) met een gemiddelde leeftijd van 39.6 maanden ( $SD=5.3$ ). Fijn en grof motorische vaardigheden zijn onderzocht aan de hand van tien vragen uit verschillende leeftijdsversies van de Ages and Stages Questionnaires. De vroege EFs zijn gemeten met een prestatie-gerelateerde testbatterij ontwikkeld in het Dynamics of Youth project. Uit de resultaten van verschillende regressieanalyses is gebleken dat fijn motorische vaardigheden een significante voorspeller waren voor selectieve aandacht (olifantjestaak) en visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak). Grof motorische vaardigheden waren een significante voorspeller voor de vroege vorm van inhibitie (wachttask rozijn). Voor vervolgonderzoek wordt aanbevolen om naast een vragenlijst voor motorische vaardigheden een prestatie-gerelateerde test af te nemen, zodat er een completer beeld ontstaat van de motorische vaardigheden. Ook is het relevant om te kijken naar andere variabelen die van invloed zijn op de relatie tussen motorische vaardigheden en vroege EFs en om de relatie tussen motorische vaardigheden en vroege EFs longitudinaal en bidirectioneel te onderzoeken.

*Trefwoorden:* (vroege) executieve functies, fijn motorische vaardigheden, grof motorische vaardigheden, peuters, testbatterij.

### **Abstract**

Rudimentary forms of executive functions (EF) already exist in toddlers. Next to the development of executive functioning (EF), young children develop their motor skills. However, a clear understanding of the relation between (fine and gross) motor skills and EF in children under the age of four is missing. Therefore, the aim of the present study was to investigate to what extent there is a relationship between fine and gross motor skills and early EF in young children between 30 and 48 months, while controlling for age, social economic status (SES) and sex. The final sample consisted of 122 children (55 boys, 45.1%) with an average age of 39.6 months ( $SD=5.3$ ). Fine and gross motor skills were examined using ten questions selected from different age versions of the Ages and Stages Questionnaires (ASQ). Early EFs were measured with a performance-related test battery developed by researchers from the Dynamics of Youth project. Results from several regression analyses showed that fine motor skills were a significant predictor of selective attention (elephant task) and visual-spatial short-term memory (box task). Gross motor skills were a significant predictor for the early form of inhibition (delay of gratification: raisins). For follow-up research, it is recommended to use both a questionnaire and a performance-based test for motor skills in order to obtain a detailed and complementary picture of motor skills in relation to EF. It would also be relevant to examine other variables that may influence the relation between motor skills and early EFs and to investigate the relation between motor skills and early EFs longitudinally and bidirectionally.

*Key words:* (early) executive functions, fine motor skills, gross motor skills, toddlers, test battery.

### **Een onderzoek naar de relatie tussen motorische vaardigheden en vroege executieve functies bij peuters**

Hoewel een eenduidige definitie ontbreekt, kan gesteld worden dat EF verwijst naar hogere-orde cognitieve processen die nodig zijn voor efficiënt en doelgericht gedrag (Diamond, 2013; Hendry et al., 2016; Lecompte et al., 2006; Willoughby & Hudson, 2021). Sterke EF-vaardigheden op latere leeftijd worden onder andere gelinkt aan betere academische vaardigheden, fysieke en mentale gezondheid (Hendry & Holmboe, 2021). Uit onderzoek van Garon et al. (2008) is naar voren gekomen dat in de eerste vijf levensjaren de basis wordt gelegd voor het EF. Aangezien EF een voorspeller is voor verschillende ontwikkelingsresultaten, is EF een aandachtspunt geworden voor interventies op jonge leeftijd (Anderson & Reidy, 2012; Blakey & Carroll, 2015). Om gericht interventies in te kunnen zetten is het belangrijk om niet alleen inzicht te hebben in het construct EF, maar ook op de factoren die samenhangen met EF (Veer et al., 2017). Eén van die mogelijke factoren zijn de motorische vaardigheden van een kind (Cameron et al., 2016). Er is echter nog weinig bekend over de relatie tussen motorische vaardigheden en EF onder de drie jaar (Gottwald et al., 2016; Wu et al., 2017). Daarom richt dit exploratieve onderzoek zich op de mogelijke relatie tussen de motorische vaardigheden, meer specifiek fijn en grof motorische vaardigheden, en executieve functies (EFs) bij peuters vanaf 30 maanden.

#### **Executief functioneren**

De meeste onderzoekers zijn het erover eens dat het construct EF bestaat uit drie kerncomponenten, namelijk werkgeheugen, inhibitie en cognitieve flexibiliteit (Diamond, 2016; Miyake et al., 2000). Het *werkgeheugen* is als het ware een tijdelijke opslagcapaciteit van het brein, waar de informatie van een taak wordt gecontroleerd op relevantie en vervolgens wordt bewerkt om er uiteindelijk mee te kunnen werken; bijvoorbeeld het onthouden van getallen bij het oplossen van een rekensom (Diamond, 2013; Friedman et al., 2008; Smidts, 2017). Informatie vasthouden kan zowel verbaal als non-verbaal in het werkgeheugen (Woolfolk, 2020). Het werkgeheugen kan onderverdeeld worden in vier componenten volgens het model van Baddeley en Hitch (1974). Deze elementen zijn: (1) de fonologische lus die verbale en akoestische (geluids)informatie bevat, (2) het visueel-ruimtelijke schetsblok voor visuele en ruimtelijke informatie, (3) de episodische buffer waarin informatie uit de fonologische lus, het visueel-ruimtelijke schetsblok en het langetermijngeheugen samenkomt en (4) de centrale uitvoerende macht ('central executive') die de andere systemen controleert en als het ware regisseert. Deze centrale uitvoerende

macht is onder andere verantwoordelijk voor selectieve aandacht en het aansturen van cognitieve processen (Leseman, 2011; Woolfolk, 2020). *Inhibitie* is het vermogen om de (selectieve of gerichte) aandacht en actie (o.a. motorische reacties) te controleren om op die manier externe prikkels (impulsen) te negeren, zodat de focus op het gewenste doel blijft (Diamond, 2016; Friedman et al., 2008; Smidts, 2017). *Cognitieve flexibiliteit* is het vermogen om te anticiperen op verandering in de omgeving, door het gedrag of gedachten aan te passen op een dergelijke verandering (Blakey et al., 2016; Diamond, 2013). Op basis van deze kerncomponenten worden complexere EFs ontwikkeld zoals probleemoplossend denken en plannen, redeneren en organiseren (Diamond, 2013; Garon et al., 2008; Malfait, 2020).

Het is echter de vraag of deze drie kerncomponenten te onderscheiden zijn bij kinderen onder de zes à zeven jaar (Huizinga et al., 2006; Karr et al., 2018). In de meta-analyse van Karr et al. (2018) is naar voren gekomen dat in de vroege kindertijd (twee tot zes jaar) EF ongedifferentieerd is, dat wil zeggen dat de componenten nog niet te onderscheiden zijn en dat pas in de loop van de ontwikkeling EF te onderscheiden is in meerdere componenten. Het is echter onduidelijk op welke leeftijd EF zich precies differentieert in meerdere componenten (Karr et al., 2018). Garon et al. (2008) hebben specifiek onderzoek gedaan naar de structuur van EF bij kinderen in de leeftijd van drie tot vijf jaar. De conclusie van hun onderzoek was dat de drie kerncomponenten nog niet van elkaar te onderscheiden zijn op deze leeftijd. Echter zijn de elementaire vormen van de kerncomponenten wel aanwezig in de voorschoolse periode (Garon et al., 2008). Dit komt overeen met onderzoek van Wiebe et al. (2011) die concludeerden dat op de leeftijd van drie jaar, een uni-dimensionaal, oftewel ongedifferentieerd, model van EF het best passend is (Wiebe et al., 2011). De onderzoekers gaven daarnaast aan dat het lastig is om EF te onderscheiden van andere ontwikkelingen die gaande zijn op deze jonge leeftijd, zoals motoriek, taalvaardigheden en geheugen (Wiebe et al., 2011). Dit fenomeen wordt ook wel taakonzuiverheid of ‘task impurity’ genoemd (Friedman et al., 2008; Miyake et al., 2000). Taakonzuiverheid houdt in dat de taak die bijvoorbeeld gebruikt wordt voor het meten het werkgeheugen onbedoeld ook andere onderliggende (cognitieve) processen meet (Friedman et al., 2008; Miyake et al., 2000). De afzonderlijke elementen van EF zijn er dus wel, maar hangen erg met elkaar samen en zijn daardoor lastig afzonderlijk van elkaar te meten, vooral op jonge leeftijd waarin er vele ontwikkelingen gaande zijn (Friedman et al., 2008; Garon et al., 2008; Miyake et al., 2000; Wiebe et al., 2011).

De verschillende componenten van EF ontwikkelen zich in hun eigen tempo tijdens de kindertijd en adolescentie (Diamond, 2002; Huizinga, 2007). Een rudimentaire vorm van werkgeheugen kan al bij baby's van negen tot twaalf maanden worden aangetoond doormiddel van de A-niet-B taak (Diamond, 2013; Garon et al., 2008; Leseman, 2011). Met deze taak is aangetoond dat baby's al informatie kunnen vasthouden (Diamond, 1985; Garon et al., 2008; Leseman, 2011). Het werkgeheugen laat een duidelijke toename zien tussen de 18 en 22 maanden en alle onderdelen van het werkgeheugen, zoals eerder beschreven, zijn rond het vierde levensjaar zichtbaar (Bell et al., 2022; Woolfolk, 2020). Het verwerken of manipuleren van informatie (bijvoorbeeld mentale representaties van objecten ordenen op formaat) en grotere hoeveelheden informatie tegelijkertijd vasthouden wordt vanaf vier jaar tot de adolescentie verder ontwikkeld (Crone et al., 2006; Diamond, 2013, Leseman, 2011; Woolfolk, 2020). De werking van de fonologische lus, die ervoor zorgt dat verbale informatie tijdelijk vastgehouden kan worden, kan al vanaf tweejarige leeftijd vastgesteld worden doormiddel van de non-woord repetitietoets (NWR) (Verhagen et al., 2016). Het vermogen om een dominante respons (eerste reactie) te onderdrukken, ontwikkelt zich al in het eerste levensjaar. Dit wordt vaak aangeduid als een eenvoudige of simpele vorm van inhibitie (Garon et al., 2008). Een voorbeeld van een taak om deze eenvoudige vorm van inhibitie in kaart te brengen is de 'delay of gratification' taak; het neerleggen van een aantrekkelijk stuk speelgoed, waarbij er aan het kind gevraagd wordt om het niet aan te raken (Friedman et al., 2011; Gottwald et al., 2016). Complexere vormen van inhibitiecontrole ontwikkelen zich ergens tussen drie en vijf jaar en omvatten het vasthouden van een willekeurige regel in gedachten, reageren volgens die regel en het remmen van de dominante respons (Garon et al., 2008). Cognitieve flexibiliteit bouwt voort op werkgeheugen en inhibitiecontrole en komt daarom pas later naar voren in de ontwikkeling, zo vanaf zes à zeven jaar oud (Garon et al., 2008; Huizinga et al., 2006). Selectieve aandacht gemeten op jonge leeftijd (één tot drie jaar) blijkt een fundament te zijn waarop EFs verder gebouwd worden (Garon et al., 2008; Hendry et al., 2016; Johansson et al., 2015; Veer et al., 2017). De longitudinale studie van Veer et al. (2017) heeft laten zien dat selectieve aandacht gemeten op 30 maanden een voorspellende waarde heeft voor EF op 36 maanden. Dit suggereert dat selectieve aandacht verweven is met vroege en simpele vormen van EF en meegenomen moet worden in onderzoek naar EF bij jonge kinderen (Garon et al., 2008; Hendry et al., 2016; Johansson et al., 2015; Veer et al., 2017).

Gezien EFs zich al beginnen te ontwikkelen op jonge leeftijd, is het belangrijk om EF bij jonge kinderen goed in kaart te kunnen brengen. Er bestaan verschillende meetinstrumenten voor het in kaart brengen van EFs bij jonge kinderen; over het algemeen wordt er gekozen voor vragenlijsten ingevuld door ouders en / of leerkrachten of prestatie-gerelateerde taken uitgevoerd door het kind (Willoughby & Hudson, 2021). Een betrouwbare en valide vragenlijst voor het meten van EF bij jonge kinderen (vanaf 24 maanden) is de Behavior Rating Inventory of Executive Function-Preschool (BRIEF-P; Gioia et al., 2005). De BRIEF-P kan ingevuld worden door bijvoorbeeld ouders, verzorgers en leidsters van de kinderopvang en leerkrachten. Prestatie-gerelateerde testen beoordelen EF aan de hand van de afname van gestandaardiseerde taken bij het kind die de verschillende componenten van EF meten (Hamamcı et al., 2021). Vaak neemt een onderzoeker deze taken af en geeft daarbij specifieke aanwijzingen en/of feedback aan het kind. De taken worden vaak gescoord op nauwkeurigheid of reactievermogen (Toplak et al., 2013). Hoewel er dus een betrouwbare en valide vragenlijst is voor het meten van EF bij jonge kinderen (vanaf 24 maanden), zijn er weinig tot geen prestatie-gerelateerde testen met goede psychometrische eigenschappen beschikbaar voor het meten van EFs bij peuters (Mulder et al., 2014).

Prestatie-gerelateerde taken en vragenlijsten voor EF verschillen van elkaar, omdat de beoordeling en scoring anders zijn (Hamamcı et al., 2021). Vragenlijsten worden namelijk ingevuld door ouders en/of leidsters/leerkrachten en zij beoordelen EF over een bepaalde tijdsperiode, terwijl prestatie-gerelateerde taken een direct beeld geven van de verschillende aspecten van EF van het kind (Hamamcı et al., 2021). Daarnaast lijken prestatie-gerelateerde testen en vragenlijsten verschillende aspecten te meten van EF (Buchanan, 2016; Hamamcı et al., 2021; Miranda et al., 2015; Spiegel et al., 2017; Toplak et al., 2013). Spiegel et al. (2017) hebben onderzoek gedaan naar de BRIEF-P en concludeerden dat het de vraag is of de BRIEF-P de afzonderlijke componenten die het beoogt te meten (inhibitie, werkgeheugen, plannen en organiseren, flexibiliteit en emotieregulatie) daadwerkelijk meet. Zo lijken de items van de subschaal inhibitie meer overeen te komen met impulsief gedrag dan bijvoorbeeld het vermogen om de eerste dominante reactie op een situatie te onderdrukken (Spiegel et al., 2017). Vragenlijsten lijken dus, in plaats van het daadwerkelijke construct gebaseerd op de theoretische definitie, ook onderliggend gedrag (bijvoorbeeld een korte spanningsboog) te meten (Buchanan, 2016; Spiegel et al., 2017). Prestatie-gerelateerde testen lijken daarentegen de afzonderlijke cognitieve componenten van EF te meten (Hamamcı et al., 2021; Willoughby & Hudson, 2021). Gezien het feit dat beide instrumenten van elkaar

verschillen, is het relevant om naast een valide vragenlijst ook een prestatie-gerelateerde EF test te hebben voor jonge kinderen (Hamamcı et al., 2021; Miranda et al., 2015; Mulder et al., 2014; Toplak et al., 2013).

### **Relatie tussen EF en motorische vaardigheden**

Naast dat kinderen EF ontwikkelen op jonge leeftijd, maken kinderen een grote ontwikkeling door op het gebied van motorische vaardigheden (Piek et al., 2012). Er kan een onderscheid gemaakt worden in grof en fijn motorische vaardigheden. Grof motorische vaardigheden zijn over het algemeen de bewegingen waarbij de grote spieren worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld lopen, kruipen, beweging van de romp en houding. Fijn motorische vaardigheden daarentegen zijn bewegingen waarbij de kleine spieren worden gebruikt en omvat het coördineren van kleine bewegingen die bijvoorbeeld nodig zijn om een toren te bouwen, te schrijven of te knippen (Burton & Rodgeron, 2001; Cameron et al., 2016; Khng & Ng, 2021). Tegen het einde van het eerste levensjaar hebben kinderen met een leeftijdsadequate ontwikkeling<sup>1</sup> een scala aan motorische vaardigheden geleerd (Adolph, 2008). Deze motorische vaardigheden helpen bij het exploreren van de omgeving (Von Hofsten, 2009). Door exploratie van de omgeving zijn kinderen in staat om nieuwe dingen te leren en hun cognitieve ontwikkeling, waaronder de ontwikkeling van EF, te stimuleren (Von Hofsten, 2009). Zo hebben Ghassabian et al. (2016) aangetoond dat wanneer jonge kinderen grof motorische mijlpalen (zoals zelfstandig zitten en lopen) eerder behalen dan leeftijdsgenoten, dit een positieve invloed kan hebben op de cognitieve prestaties in de kindertijd. Uit onderzoek is ook gebleken dat EF getraind kan worden aan de hand van complexe motorische taken en dat investeren in het verbeteren van motorische vaardigheden bij jonge kinderen dus eventueel kan leiden tot verbetering in EF (Diamond & Ling, 2016; Hudson et al., 2020). Een voorbeeld hiervan is het spelen van een balspel. Hierbij moeten kinderen onder andere een serie van bewegingen kunnen onthouden, informatie verwerken (bijvoorbeeld de positie van andere kinderen en hoe ze zich waarschijnlijk zullen verplaatsen), een eerste respons onderdrukken zoals het overspelen van de bal in plaats van zelf scoren (inhibitiecontrole) en voortdurend gebruik maken van cognitieve flexibiliteit, aangezien het spel voortdurend verandert (Diamond & Ling, 2016). Naast dat motorische vaardigheden invloed hebben op EF, heeft EF ook invloed op motorische vaardigheden. Bij het ontwikkelen van motorische controle is planning en controle over acties nodig, oftewel EF (Gottwald et al., 2016).

---

<sup>1</sup> Vanaf nu worden kinderen met een leeftijdsadequate ontwikkeling aangeduid met kinderen



Er zijn verscheidene onderzoeken gedaan naar de relatie tussen fijn/grof motorische vaardigheden en EF bij jonge kinderen (Cameron et al., 2016; Gandotra et al., 2021; Khng & Ng, 2021; Zhang et al., 2018). Uit de meta-analyse van Gandotra et al. (2021) naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EF bij kinderen in de leeftijd van drie tot twaalf jaar is gebleken dat handvaardigheid (een vorm van fijn motorische vaardigheden) en balans de sterkste positieve relaties hadden met de afzonderlijke componenten van EF, echter de effectgrootte was klein. Dit is ook gebleken uit een recent, exploratief onderzoek van Gandotra et al. (2022) naar de relatie tussen motorische vaardigheden en indicatoren van cognitieve en sociaal-emotionele ontwikkeling bij drie- tot vijfjarigen. In dit onderzoek is een significant positieve associatie gevonden tussen motorische vaardigheden en EF, waarbij fijn motorische vaardigheden een betere voorspeller waren voor inhibitiecontrole dan grof motorische vaardigheden (Gandotra et al., 2022).

Er is echter weinig onderzoek gedaan naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EF bij kinderen onder de vier jaar (Gandotra et al., 2021; Gottwald et al., 2016; Wu et al., 2017). Van de 32 studies in de meta-analyse van Gandotra et al. (2021) hadden slechts negen studies driejarigen in hun onderzoeksgroep. In deze studies is er een zwak positief verband gevonden tussen de verschillende motorische vaardigheden en de verschillende componenten van EF (Gandotra et al. (2021). Voor zover bekend zijn er slechts twee onderzoeken gedaan naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EF bij kinderen onder de drie jaar (Gottwald et al., 2016; Wu et al., 2017). Gottwald et al. (2016) hebben onderzoek gedaan bij kinderen van achttien maanden oud. Ze hebben inhibitie (simpele en complexe vorm) en werkgeheugen gemeten aan de hand van drie verschillende taken. De fijn en grof motorische vaardigheden zijn gemeten met behulp van een vragenlijst ingevuld door ouders en een prospectieve motorische controle taak. Bij deze taak is het vermogen van een kind om zijn motorische acties van te voren te plannen in kaart gebracht, waarbij de variabelen leeftijd en geslacht zijn meegenomen. De onderzoekers vonden geen significant verband tussen fijn en grof motorische vaardigheden en EFs. Echter vonden ze wel een positief verband tussen de prospectieve motorische controle taak en EFs, wat suggereert dat hoe beter een kind zijn motorische acties kan plannen des te beter het kind presteert op EF-taken (Gottwald et al., 2016). In de longitudinale studie van Wu et al. (2017) zijn kinderen vanaf zes maanden gevolgd tot hun vijfde levensjaar. Cognitieve en motorische vaardigheden zijn gemeten op één- en tweejarige leeftijd middels de Bayley Scales of Infant and Toddler Development. EF is gemeten op driejarige leeftijd middels twee wachttaken (voor inhibitie) en twee

werkgeheugen taken. Uit de resultaten kwam naar voren dat motorische vaardigheden op tweejarige leeftijd het cognitieve inhibitievermogen op driejarige leeftijd voorspelden, na correctie voor geslacht en sociaal-economische status (SES) (Wu et al., 2017).

### **Huidig onderzoek**

Hoewel er meerdere onderzoeken zijn gedaan naar de relatie tussen EF en motorische vaardigheden, is er nog geen eenduidig beeld over deze relatie bij jonge kinderen. Dat er nog geen eenduidig beeld is, kan komen doordat EF een complex construct is, bestaande uit meerdere componenten, waardoor het onduidelijk is welke motorische vaardigheden met welk component samenhangen (Gandotra et al., 2021). Een andere mogelijke verklaring dat er nog geen eenduidig beeld is, is dat er verschillende kindgebonden variabelen (bijvoorbeeld leeftijd, SES en geslacht) impact hebben op deze relatie (Houwen et al., 2017). In het onderzoek van Houwen et al. (2017) is namelijk naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs bij drie- tot vijfjarigen onderzocht. Er bleken zwakke tot matige verbanden te zijn tussen de verschillende motorische vaardigheden en EFs. Echter na het controleren voor aandachtproblematiek, leeftijd, geslacht en SES, bleken motorische vaardigheden alleen nog een significante samenhang te hebben met het werkgeheugen. Naast het feit dat er nog geen eenduidig beeld is over de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs, zijn er voor zover bekend slechts twee studies naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs bij kinderen onder de drie jaar (Gottwald et al., 2016; Wu et al., 2017). Deze studies lieten wisselende resultaten zien. Voor zover bekend zijn er geen onderzoeken gedaan naar de relatie tussen motorische vaardigheden en vroege EFs<sup>2</sup>, die als rudimentaire vormen bij peuters en kleuters aanwezig zijn. Jongere kinderen kunnen een kleinere hoeveelheid aan informatie onthouden, hebben een kortere spanningsboog en kunnen tot op zekere hoogte een dominante respons onderdrukken. Naarmate kinderen ouder worden, kunnen zij beter hun gedrag en emoties reguleren, zich beter aanpassen aan de omgeving en zullen de verschillende componenten van EF zich ontwikkelen (Huizinga et al., 2006; Smidts et al., 2004). Daarom is het doel van dit exploratieve onderzoek om te kijken of er een relatie is tussen motorische vaardigheden en vroege EFs bij jonge kinderen tussen de 30 en 48 maanden, waarbij er gecontroleerd wordt voor SES, geslacht en leeftijd. De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: *In hoeverre is er een relatie tussen fijn en grof motorische vaardigheden en vroege executieve functies bij kinderen in de leeftijd 30 tot 48 maanden, gecontroleerd voor leeftijd, SES en geslacht?*

---

<sup>2</sup> Het construct 'EF' wordt vanaf nu aangeduid met vroeg EF of vroege EFs.

In het huidige onderzoek worden de volgende vroege EFs in kaart gebracht aan de hand van een prestatie-gerelateerde testbatterij: selectieve aandacht, het verbaal kortetermijngeheugen, visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen en een vroege vorm van inhibitie door middel van twee wachttaken. Taken voor selectieve aandacht, verbaal- en visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen worden in onderzoeken naar EFs bij oudere kinderen niet ingezet, maar zijn een belangrijke voorspeller op jonge leeftijd voor de verdere ontwikkeling van EFs en worden beschouwd als rudimentaire vormen van EF, of terwijl vroege EFs (Garon et al., 2008; Hendry et al., 2016; Johansson et al., 2015; Veer et al., 2017).

Op basis van eerder onderzoek naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs bij oudere kinderen, is de verwachting dat fijn motorische vaardigheden sterker samenhangen met vroege EFs dan grof motorische vaardigheden. Het is echter onduidelijk met welk specifiek component van EF, omdat de onderzoeken bij oudere kinderen wisselende resultaten lieten zien en in het huidige onderzoek vroege EFs worden onderzocht.

## **Methode**

### **Design en achtergrond van het project**

Het huidige cross-sectionele kwantitatieve onderzoek is onderdeel van het onderzoek Dynamics of Youth van de Universiteit Utrecht. Het project Dynamics of Youth is begonnen met het ontwikkelen van een EF testbatterij voor peuters. In eerste instantie was de testbatterij bedoeld voor wetenschappelijk onderzoek, maar gezien het gebrek aan instrumenten voor het meten van EF op jonge leeftijd wordt nu ingezet op het geschikt maken van de testbatterij voor de klinische praktijk. De doelen van het project Dynamics of Youth zijn: het doorontwikkelen van een definitieve testbatterij en het vaststellen van psychometrische eigenschappen en referentiewaarden. Voor het vaststellen van de referentiewaarden is de testbatterij afgenomen bij kinderen tussen de 30 en 48 maanden door verschillende studenten door heel Nederland. Dit betreft studenten van de Universiteit van Utrecht, Universiteit Leiden, Universiteit Maastricht en Rijksuniversiteit Groningen.

### **Participanten**

De kinderen die meededen aan het Dynamics of Youth onderzoek zijn gerekruteerd via sociale media, peuterspeelzalen en via contacten van de onderzoekers. Voor dit huidige onderzoek zijn er data verzameld van 173 kinderen. De inclusiecriteria voor dit huidige onderzoek waren: de peuters moesten tussen de 30 en 48 maanden zijn en er moest geen vermoeden of sprake zijn van een ontwikkelingsachterstand of -stoornis. Twee kinderen zijn

niet meegenomen in de analyses van het huidige onderzoek, omdat deze niet voldeden aan de leeftijdsriteria van 30 maanden. Bij dertien kinderen ontbraken, vanwege een storing in het online platform voor de afname van de vragenlijsten, de demografische gegevens en data met betrekking tot de motorische vaardigheden. Bij 34 kinderen ontbraken ten slotte de scores voor één of meerdere vroege EF-taken. De reden voor de ontbrekende data is dat sommige vroege EF-taken niet zijn afgenomen door storende factoren in de omgeving of bijvoorbeeld door weerstand van het kind (huilen of weglopen). Daarnaast is er van twee kinderen de SES van moeder onbekend. Deze kinderen zijn ook niet meegenomen. Dit heeft geresulteerd in een uiteindelijke steekproef van 122 kinderen (55 jongens, 45.1%) met een gemiddelde leeftijd van 39.6 maanden ( $SD=5.3$ )

## **Meetinstrumenten**

### ***Executief functioneren***

Voor het meten van vroege EFs is gebruik gemaakt van de testbatterij van Dynamics of Youth die in ontwikkeling is (Mulder et al., 2014). De test bevat een meting voor selectieve volgehouden aandacht, verbaal- en visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen en inhibitiecontrole.

**Selectieve volgehouden aandacht.** Voor het meten van de selectieve volgehouden aandacht is de olifantjestaak gebruikt. Bij de olifantjestaak krijgt het kind een scherm op de laptop te zien met 48 dieren verdeeld over acht kolommen (één item). In elke kolom staat één olifantje. Het kind moet binnen 40 seconden zo snel mogelijk de olifantjes zien te vinden en proberen om de afleiders (beertjes en paardjes) te negeren. Deze taak bestaat uit drie items van 40 sec. Dit betekent dat het kind drie keer een nieuw scherm te zien krijgt met 48 dieren. Score per item, is het aantal gevonden olifantjes (0-8) binnen de gegeven tijd. De totaalscore is het gemiddeld aantal gevonden olifantjes over alle testitems voor kinderen die reageerden op ten minste twee items (range 0-8) (Mulder et al., 2014).

**Verbaal kortetermijngeheugen.** Het verbaal kortetermijngeheugen is gemeten middels de non-woord repetitietaak. In deze taak krijgt een kind een niet-bestaand object te zien op de laptop. Tegelijkertijd vertelt een ingesproken stem wat het is. Het is de bedoeling dat het kind het non-woord correct nazegt. De taak bevat twee oefenitems en acht echte items bestaande uit nonsens woorden (bijv. Sieboe). Beoordeling gebeurt door de onderzoeker aan de hand van een scoreformulier. Het scoreformulier bestaat uit goed, fout, geen antwoord (na twee keer herhaling) en weet niet. De totaalscore is het aantal goed gegeven antwoorden (range 0

tot 8). Alleen de participanten die minimaal op de helft van de items een antwoord hadden gegeven, zijn meegenomen in de dataset (n=122) (Jansen et al., 2021).

**Visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen.** Werkgeheugen is getest aan de hand van de doosjestaak. Bij deze taak moeten de kinderen onthouden onder welk bakje het plaatje verstopt zit. Er wordt gevarieerd in het aantal plaatjes (maximaal drie) en waar het plaatje wordt verstopt. Deze test bestaat uit vier items met zes mogelijke locaties en één item met acht mogelijke locaties, in totaal dus vijf items. De onderzoeker scoort of het kind de plaatjes vindt en de zoekvolgorde van het kind. Bij de berekening van de score is rekening gehouden met kans (kans op het feit dat het kind het goede plaatje vindt, zonder dat het kind onthouden heeft waar het plaatje ligt). Het kind kon voor elk item 1 punt krijgen min de kans, dus bij één verstopt plaatje en zes mogelijke locaties, is dat  $1 - (1/6)$ . De totaalscore is berekend door de totaalscore van de vijf items bij elkaar op te tellen en te delen door vijf, of terwijl het gemiddeld aantal punten per item. Alleen de participanten die niet meer dan één volledig item missen zijn meegenomen. Daarnaast is er gekeken naar de langste sequentie waarbij de participanten alle zoekpogingen van een item goed hadden (range 0-3) (Jansen et al., 2021). In het huidige onderzoek is het gemiddeld aantal punten meegenomen.

**Vroege vorm van inhibitie.** Hier is gebruik gemaakt van twee verschillende wachttaken, namelijk de wachtaak rozijn en de wachtaak cadeau. Deze taken zijn een vorm van de ‘delay of gratification’ taak, die een vroege vorm van inhibitie meet (Friedman et al., 2011; Gottwald et al., 2016; Mulder et al., 2014). Het kind krijgt een doosje rozijntjes of een mooi ingepakt cadeau voor zich en wordt verteld dat hij of zij het niet mag aanraken. Vervolgens observeert de onderzoeker 30 seconden wat het kind gaat doen. Scoring gebeurt door middel van een scoreformulier. Het scoreformulier bestaat uit de vraag heeft het kind het object aangeraakt binnen de 30 seconden: ja of nee (Jansen et al., 2021).

**Inhibitie.** Deze taak is nog in ontwikkeling en is niet meegenomen in het huidige onderzoek.

In een longitudinaal onderzoek van Mulder et al. (2014) is de voorspellende validiteit van de testbatterij onderzocht door de EF van tweejarigen te meten middels deze testbatterij en vervolgens werd er op driejarige leeftijd gekeken naar de pre-academische vaardigheden en gedragsproblemen. Er is naar voren gekomen dat er sprake is van een goede voorspellende validiteit (Mulder et al., 2014). Verder zijn er nog geen psychometrische eigenschappen bekend.

### ***Motorische vaardigheden***

Motorische vaardigheden zijn gemeten middels tien vragen uit de domeinen fijne en grove motoriek van de Ages and Stages Questionnaires (ASQ; Bricker & Squires, 1999). Voor dit huidige onderzoek is de ASQ aangepast afgenomen, omdat er voor de leeftijdscategorie 30-48 maanden vijf verschillende ASQ-vragenlijsten beschikbaar zijn (30, 33, 36, 42 en 48 maanden) en dit praktisch niet te realiseren was. Om alsnog voldoende variatie te creëren voor de leeftijdsgroep 30-48 maanden, zijn er een aantal items uit de verschillende versies geselecteerd. Deze items zijn geselecteerd door de hoofdonderzoekers en zijn overeenkomstig met de studie EVENING van Oudgenoeg-Paz (Evening, z.d.). Uit een pilot bij 100 kinderen bleek een goede variatie op deze items (Evening, z.d.).

Er zijn vier items afgenomen voor de grof motorische vaardigheden (bijvoorbeeld kan uw kind met twee voeten tegelijk van de grond omhoog springen?) en zes items voor de fijn motorische vaardigheden (bijvoorbeeld kan uw kind een horizontale lijn tekenen van de linkerkant van een vel papier naar de rechterkant?). Ouders beoordelen de motorische vaardigheden van hun kind aan de hand van een driepuntschaal (ja=10, soms=5, nog niet=0). De waarden worden opgeteld en er is een totaalscore per domein; fijn motorische vaardigheden (range 0-40) en grof motorische vaardigheden (range 0-60). Er is onderzocht of de geselecteerde items samengevoegd konden worden om een totaalscore per domein te creëren door de Cronbach's alfa te berekenen. Cronbach's alfa voor de totaalscore grof motorische vaardigheden was  $\alpha = .703$  en de Cronbach's alfa voor de totaalscore fijn motorische vaardigheden  $\alpha = .731$ . Een Cronbach's alfa van .60 is acceptabel en wordt vanaf .70 als ruim voldoende beschouwd (Field, 2018). De totaalscores van de twee domeinen zijn meegenomen in de analyses van dit huidige onderzoek.

### ***Confounding variabelen***

Leeftijd, SES en geslacht zijn meegenomen als confounding variabelen in dit huidige onderzoek. SES is gemeten middels een sociaal demografische vragenlijst samengesteld door Dynamics of Youth, die ouders invullen. In die vragenlijst is gevraagd van welk type onderwijs (beide) ouders een diploma hebben behaald. Uit een onderzoek van Vratsidis et al. (2020) is gebleken dat de opleiding van ouders een sterker verband heeft met EF dan bijvoorbeeld het inkomen van ouders. Daarnaast is gebleken dat de relatie van de opleiding van moeder op de ontwikkeling van kinderen het sterkst is (Hoff et al., 2012). Vandaar dat het hoogst genoten opleidingsniveau van moeder is meegenomen als proxymaat voor SES.

### **Onderzoeksprocedure**

Voorafgaand aan het onderzoek is toestemming gevraagd aan de Facultaire Ethische Toetsingscommissie (FETC) van de Universiteit Utrecht en deze is toegekend. De verschillende masterstudenten hebben gezamenlijk, na het bestuderen van de testhandleiding, in Utrecht een trainingsdag over de testbatterij gevolgd. Na de trainingsdag is er een video-opname gemaakt van de testafname bij een peuter (tussen de 30 en 48 maanden), waarna een feedbackverslag door de masterstudenten is gemaakt. Deze video-opname en het feedbackverslag is besproken met de onderzoekers van het Dynamics of Youth project. Na goedkeuring mochten de studenten data verzamelen voor het project. In Noord-Nederland hebben twee Groningse masterstudenten gezamenlijk 81 peuters tussen de 30 en 48 maanden getest. De testafname vond plaats in het desbetreffende huis van de peuter en duurde maximaal 30 minuten. Er werd aan de ouders van de peuters toestemming gevraagd door middel van een toestemmingsformulier en zij konden zich op elk moment terugtrekken. Daarnaast hebben de ouders verschillende vragen beantwoord over de ontwikkeling van hun peuter doormiddel van een digitale vragenlijst (o.a. SDQ, ASQ, sociaal demografische vragenlijst). Thuis werden de vroege EF-scores verwerkt door de masterstudenten. De digitale scores zijn overgezet naar een beveiligde omgeving (YODA) van de Universiteit van Utrecht, de overige vroege EF-scores zijn ingevoerd via Qualtrics en de video-opnamen zijn verstuurd naar de ouders via Surfdrive en opgeslagen op de beveiligde omgeving (alleen met toestemming van de ouders). Dynamics of Youth heeft een databestand opgesteld en deze is gebruikt voor dit huidige onderzoek.

### **Data-analyse**

De data zijn geanalyseerd met Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versie 28.0. De volgende variabelen vanuit het Dynamics of Youth project zijn meegenomen: ruwe scores van de vroege EF-taken selectieve aandacht (olifantjestaak), verbaal kortetermijngeheugen (NWR), visueel kortetermijngeheugen (doosjestaak) en een vroege vorm van inhibitie (twee wachttaken), fijn en grof motorische vaardigheden (ruwe score van de tien vragen uit de ASQ, verdeeld in een fijn en grof motorische schaal), SES (hoogst genoten opleidingsniveau moeder), geslacht en leeftijd van de respondenten. SES is onderverdeeld in drie categorieën: laag opleidingsniveau (basisschool en voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs), gemiddeld opleidingsniveau (hoger algemeen voortgezet onderwijs, voorbereidend wetenschappelijk onderwijs en middelbaar beroepsonderwijs) en hoog opleidingsniveau (hoger beroepsonderwijs en wetenschappelijk onderwijs) (Houwen et al., 2017; Rijksoverheid, z.d.).

Er is een beschrijvende analyse van de continue vroege EF-scores en de motorische vaardigheden gemaakt aan de hand van gemiddelde, standaarddeviatie en de range. De beschrijvende analyse van de twee wachttaken (vroege EF) is weergegeven in aantallen en percentages. Bij de beschrijvende analyse is er gecontroleerd voor foutieve waarden, missende waarden en univariate uitbijters. Een score wordt als univariate uitbijter beschouwd wanneer de score verder dan 1,5 keer IQR onder Q1 en/of boven Q3 ligt (Field, 2018). Er zijn geen univariate uitbijters gevonden.

Vervolgens zijn er correlatieanalyses uitgevoerd om te kijken in hoeverre de onderzoeksvariabelen met elkaar samenhangen, waarbij er gebruik gemaakt is van de punt-biseriële correlatie voor de relatie tussen dichotome variabelen en continue variabelen (bijvoorbeeld tussen wachttaak rozijn en leeftijd), Phi coëfficiënt voor de relatie tussen twee dichotome variabelen (bijvoorbeeld tussen wachttaak rozijn en cadeau) en Pearson correlatie voor de relatie tussen twee continue variabelen (bijvoorbeeld tussen fijn motorische vaardigheden en selectieve aandachtstaak). De assumpties die gelden bij een punt-biseriële correlatie zijn: er moet een continue en dichotome variabele zijn, geen uitbijters, normaal verdeelde variabelen en gelijke variantie van de continue variabele binnen elke categorie van de dichotome variabele. Er zijn geen uitbijters gevonden. Gezien de steekproef bestond uit 122 participanten is er uitgegaan van een normale verdeling, vanwege de centrale limietstelling. De centrale limietstelling houdt in dat hoe groter de steekproef (vanaf  $n = 30$ ), hoe meer de steekproefverdeling van het gemiddelde op een normaalverdeling gaat lijken (Kwak & Kim, 2017). Vervolgens is middels de Levene's toets gekeken of de variantie van de continue variabele binnen elke categorie gelijk verdeeld was. Bij de wachttaak cadeau was leeftijd ongelijk verdeeld ( $L(1, 120) p = .04$ ) en voor zowel de cadeau- ( $L(1, 120) p = .03$ ) als de wachttaak rozijn ( $L(1, 120) p = .01$ ) waren grof motorische vaardigheden ongelijk verdeeld. Ondanks de schending van de assumptie zijn de analyses toch uitgevoerd. De assumpties die gelden bij Phi-coëfficiënt zijn: beide variabelen zijn categorisch en alle 'expected counts' moeten groter zijn dan één en mogen niet kleiner zijn dan vijf (bij 20% van alle cellen). Tussen de variabelen SES en de cadeau- en wachttaak rozijn zijn er bij 25% van de cellen een 'expected count' lager dan vijf gevonden. Ondanks deze schending zijn de analyses toch uitgevoerd. Ten slotte de assumpties die gelden voor de Pearson correlatie, namelijk: continue variabelen, lineariteit, variabelen zijn normaal verdeeld en geen uitbijters. Voor de Pearson correlatie is ook uitgegaan van een normaalverdeling op basis van de centrale limietstelling (Kwak & Kim, 2017) en waren er geen uitbijters. Om de assumptie lineariteit te controleren



zijn er spreidingsdiagrammen gemaakt van de verschillende variabelen (zie Bijlage A); aan deze assumptie is voldaan. Een correlatiecoëfficiënt van .10 tot .29 werd als zwak beschouwd, een correlatiecoëfficiënt van .30 tot .49 werd als een matig effect beschouwd en een correlatiecoëfficiënt  $\geq .50$  werd als een sterk effect beschouwd (Field, 2018).

Om te bepalen in hoeverre er een relatie is tussen de fijn en grof motorische vaardigheden en de verschillende vroege componenten van EF selectieve aandacht (olifantjestaak), verbaal kortetermijngeheugen (NWR), visueel kortetermijngeheugen (doosjestaak) en twee wachttaken (wachttaak rozijn en cadeau) zijn er verschillende regressies uitgevoerd, te weten logistische regressie voor de twee wachttaken en voor de overige vroege EF-taken een hiërarchische multiële regressie; hierbij waren de motorische vaardigheden de onafhankelijke variabelen en de verschillende vroege EF-taken de afhankelijke variabelen. Leeftijd, SES en geslacht zijn meegenomen als confounding variabelen in de analyses.

De verschillende voorspellers zijn in twee stappen toegevoegd. Leeftijd, SES en geslacht (de confounding variabelen) zijn bij elke regressie toegevoegd in stap 1 en de fijn en grof motorische vaardigheden zijn toegevoegd in stap 2. De bijbehorende assumpties voor de multiële logistische regressie zijn gecheckt, namelijk: lineariteit (met behulp van Box-Tidwell) en geen multicollineariteit. Voor de Box-Tidwell toets is er voor de continue voorspellers (leeftijd, fijn en grof motorische vaardigheden) een nieuwe variabele aangemaakt met de volgende formule  $\text{LN}(\text{leeftijd}) * \text{leeftijd}$  (logaritme van de voorspeller \* de voorspeller). Door middel van een toets is vastgesteld dat deze variabelen niet significant waren, waardoor er voldaan is aan de assumptie van lineariteit (zie Bijlage B). Voor de bepaling of de onafhankelijke variabelen niet te sterk met elkaar samenhangen (multicollineariteit) bij de logistische regressies is gekeken naar de variance inflation factor (VIF), waarbij een VIF-waarde lager dan vier inhoudt dat er geen sprake lijkt te zijn van multicollineariteit (Salmerón et al., 2018). Aan deze assumptie is ook voldaan. Om te kijken in hoeverre er multivariate uitbijters voor de logistische regressie waren, die de uitkomst van de statistische berekening significant konden veranderen, is gekeken naar Cook's distance en Mahalanobis distance. Punten met een Cook's distance  $> 1$  zijn als invloedrijk beschouwd. Alle punten vielen binnen een waarde van 1. Mahalanobis distance is berekend voor elke deelnemer en vergeleken met de criteriumwaarde (bepaald door de chi-kwadraatscore met vijf voorspellers en een significantieniveau van .001). Er waren geen invloedrijke punten die de uitkomst eventueel zouden beïnvloeden.

Ook de assumpties voor de multipele regressie zijn gecheckt, namelijk: lineariteit, homoscedasticiteit, de residuen zijn normaal verdeeld en geen multicollineariteit. Door middel van een histogram is gekeken of de residuen normaal verdeeld zijn (zie Bijlage C). De constante variantie (homoscedasticiteit) en lineariteit is onderzocht aan de hand van spreidingsdiagrammen van de gestandaardiseerde residuen en de gestandaardiseerde voorspelde waarden (zie Bijlage D). Voor de bepaling of de onafhankelijke variabelen met elkaar samenhangen (multicollineariteit) is bij de multipele regressies wederom gekeken of de VIF-waarden lager dan vier is. Ook bij de multipele regressies waren de VIF-waarden lager dan vier. Multivariate uitbijters bij de multipele regressies zijn ook gecontroleerd door middel van Cook's distance en Mahalanobis distance; deze waren er niet. De assumpties zijn ongeschonden, dus de analyses konden worden uitgevoerd. Om de unieke bijdrage van de fijn en grof motorische vaardigheden te onderzoeken binnen de multipele regressies, is er gekeken naar de squared semi-partial correlatie. De unieke variantie (%) is berekend door de part correlatie in de output van SPSS te kwadrateren = de squared semi-partial correlatie ( $sr^2$ ). Er is in dit onderzoek een significantieniveau van ( $\alpha = .05$ ) aangehouden. Tot slot zijn de effectgroottes van de multipele regressies berekend aan de hand van de volgende formule:

$f^2 = \frac{R_{inc}^2}{1-R_{inc}^2}$ . Een  $f^2$  van .02 werd als klein effect beschouwd, een  $f^2$  van .13 werd als matig effect beschouwd en een  $f^2$  van .26 werd als groot effect beschouwd (Cohen, 1988).

## Resultaten

### Beschrijvende statistiek

Tabel 1 geeft een overzicht van de beschrijvende statistiek (gemiddelde, standaarddeviatie en de range) voor leeftijd, de motorische vaardigheden en de verschillende continue vroege EF-taken. De categorische vroege EF-taken en SES zijn weergegeven in aantallen en percentages. De scores op de verschillende vroege EF-taken en de scores op de motorische vaardigheden konden niet vergeleken worden met normen uit de desbetreffende handleidingen. De testbatterij met de verschillende vroege EF-taken is nog in ontwikkeling en de normen voor deze testbatterij zijn nog niet vastgesteld. De motorische vaardigheden zijn gemeten aan de hand van een selectie van tien vragen uit de verschillende leeftijdsversies van de ASQ in plaats van de gehele test per leeftijdscategorie (namelijk: 30, 33, 36, 42 en 48 maanden). Leeftijd was evenredig verdeeld. De steekproef bestond uit iets meer dan de helft uit meisjes en voor meer dan drie kwart uit kinderen met een hoge SES-achtergrond. Uit de

prestaties op de vroege vorm van inhibitie (de wachttaken rozijn en cadeau) is gebleken dat ongeveer 85% van de kinderen in staat was om de taken met goed gevolg af te leggen.

### **Correlaties**

De bivariate correlaties tussen de onderzoeksvariabelen zijn weergegeven in Tabel 2. Hieruit blijkt dat er verschillende significante zwak tot sterke positieve relaties gevonden zijn tussen de fijn en grof motorische vaardigheden en de verschillende vroege EF-taken, waarbij gold hoe hoger de score op motorische vaardigheden, des te beter er gepresteerd was op de verschillende vroege EF-taken. Fijn motorische vaardigheden waren significant sterk gecorreleerd met selectieve aandacht (olifantjestaak), significant matig positief gecorreleerd met het verbaal kortetermijngeheugen (NWR-taak) en een vroege vorm van inhibitie (wachttak cadeau) en significant zwak positief gecorreleerd met het visueel ruimtelijk korte termijngeheugen (doosjestaak) en vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn). Grof motorische vaardigheden waren significant matig positief gecorreleerd met selectieve aandacht (olifantjestaak) en een vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn) en significant zwak gecorreleerd met een vroege vorm van inhibitie (wachttak cadeau). Leeftijd hing significant samen met zowel de motorische vaardigheden als alle vroege EF-taken (behalve visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak), waarbij gold hoe ouder de kinderen hoe beter ze scoorden op zowel de motorische vaardigheden als de vroege EF-taken. SES was significant zwak positief gecorreleerd met verbaal kortetermijngeheugen (NWR), wat indiceert dat kinderen met een hogere SES beter scoorden op de NWR-taak en dus het verbaal kortetermijngeheugen. Geslacht was significant zwak positief gecorreleerd met fijn motorische vaardigheden, wat inhield dat meisjes hoger (beter) scoorden op fijn motorische vaardigheden dan jongens.

**Tabel 1**

*Beschrijvende statistiek voor de verschillende motorische vaardigheden, vroege EF-taken en confounding variabelen (N=122)*

<i>Variabelen</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>
Leeftijd	39.58	5.26	30.13 - 47.87
Motorische vaardigheden			
Fijn motorische vaardigheden score ASQ <sup>a</sup>	44.06	13.88	5.00 - 60.00
Grof motorische vaardigheden score ASQ <sup>a</sup>	34.22	8.65	5.00 - 40.00
EF			
Selectieve aandacht (gemiddelde score) <sup>a</sup>	5.48	1.08	2.50 - 8.00
Verbaal kortetermijngeheugen (NWR) <sup>a</sup>	5.20	1.98	0.00 - 8.00
Visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (gemiddelde score) <sup>a</sup>	0.89	0.25	0.00 - 1.48
		<i>Score (%)</i>	
		<i>Aangeraakt</i>	<i>Niet aangeraakt</i>
EF			
Vroege vorm van IC (wachttask rozijn)		16 (13.1%)	106 (86.9%)
Vroege vorm van IC (wachttask cadeau)		19 (15.6%)	103 (84.4%)
SES	%		
Laag SES	0.0		
Gemiddeld SES	19.7		
Hoog SES	80.3		
Geslacht	%		
Jongen	45.1		
Meisje	55.9		

*Noot:* ASQ = Ages and Stages Questionnaires, EFs = executieve functies, NWR = Non-Woord Repetitietaak, IC = inhibitiecontrole, SES = sociaal economische status. <sup>a</sup> ruwe score

**Tabel 2***Correlaties tussen motorische vaardigheden, EF-taken en confounding-variabelen (N=122)*

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Fijn motorische vaardigheden	.47**	.51**	.39**	.19*	.18* <sup>a</sup>	.34*** <sup>a</sup>	.48**	.03 <sup>a</sup>	.22* <sup>a</sup>
2. Grof motorische vaardigheden		.33**	.17	-.05	.30*** <sup>a</sup>	.25* <sup>a</sup>	.33**	-.06 <sup>a</sup>	.10 <sup>a</sup>
3. Selectieve aandacht (olifantjestaak)			.33**	.04	.25*** <sup>a</sup>	.29*** <sup>a</sup>	.52**	.15 <sup>a</sup>	.05 <sup>a</sup>
4. Verbaal KTG (NWR)				.19*	.21* <sup>a</sup>	.30*** <sup>a</sup>	.48**	.21* <sup>a</sup>	.14 <sup>a</sup>
5. Visueel-ruimtelijk KTG (doosjestaak)					-.04 <sup>a</sup>	.17 <sup>a</sup>	.01	-.14 <sup>a</sup>	-.02 <sup>a</sup>
6. Vroege vorm van IC (WT rozijn)						.44** <sup>b</sup>	.33*** <sup>a</sup>	.12 <sup>b</sup>	-.01 <sup>b</sup>
7. Vroege vorm van IC (WT cadeau)							.34*** <sup>a</sup>	.02 <sup>b</sup>	.11 <sup>b</sup>
8. Leeftijd								.03 <sup>a</sup>	.01 <sup>a</sup>
9. SES									-.12 <sup>b</sup>
10. Geslacht									

*Noot:* Er zijn punt-biseriële correlaties<sup>a</sup> uitgevoerd voor de relatie tussen dichotome variabele en continue variabele (bijvoorbeeld wachttaak rozijn en leeftijd), Phi coëfficiënt<sup>b</sup> voor de relatie tussen twee dichotome variabelen (bijvoorbeeld wachttaak rozijn en cadeau) en Pearson correlaties voor de relatie tussen twee continue variabelen. NWR = Non-Woord Repetitietaak, KTG = kortetermijngeheugen, IC = inhibitiecontrole, WT = wachttaak, SES = sociaal economische status. \* $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ .

## **Multipale regressieanalyses**

### ***Selectieve aandacht***

De resultaten van de verschillende hiërarchische multipale regressieanalyses zijn weergegeven in Tabel 3. Het eerste model met de confounding variabelen, leeftijd, SES en geslacht, verklaarde een significante 29.1% ( $R^2 = .291$ ) van de variantie in de selectieve aandachtstaak ( $F(3,118) = 16.11, p < .001$ ). Alleen leeftijd was een significante voorspeller van selectieve aandacht (olifantjestaak) in dit model. Het tweede model met de confounding variabelen en fijn en grof motorische vaardigheden verklaarde een significante 38.1% ( $R^2 = .381$ ) van de variantie in de selectieve aandachtstaak ( $F(5, 116) = 14.26, p < .001$ ). Leeftijd ( $\beta = .34, t = 3.97, p < .001$ ) en fijn motorische vaardigheden ( $\beta = .31, t = 3.30, p = .001$ ) waren significante voorspellers van selectieve aandacht (olifantjestaak) in dit model. Het percentage verklaarde variantie voor selectieve aandacht (olifantjestaak) steeg significant met 9% door het toevoegen van de fijn en grof motorische vaardigheden in model 2 ( $F_{\text{change}}(2, 116) = 8.44, p < .001$ ). De squared semi-partial correlatie ( $sr^2$ ) van fijn motorische vaardigheden binnen het model was  $sr^2 = .0058$  en voor de grof motorische vaardigheden  $sr^2 = .006$ . De significante unieke variantie van fijn motorische vaardigheden was 5.8% en de unieke variantie van grof motorische vaardigheden was 0.6% binnen het model voor selectieve aandacht. Er is een klein effect gevonden ( $f^2 = .099$ ).

### ***Verbaal kortetermijngeheugen***

Het eerste model met de confounding variabelen verklaarde significant 29.5% ( $R^2 = .295$ ) van de variantie in het verbaal kortetermijngeheugen (NWR) ( $F(3,118) = 16.42, p < .001$ ). Alle confounding variabelen (leeftijd, SES en geslacht) waren significante voorspellers van het verbaal kortetermijngeheugen (NWR) in dit model. Het tweede model met de confounding variabelen en fijn en grof motorische vaardigheden verklaarde significant 31.5% van de variantie in het verbaal korte termijngeheugen (NWR) ( $F(5, 116) = 10.69, p < .001$ ). Alleen leeftijd en SES waren nog significante voorspellers van het verbaal kortetermijngeheugen in dit model. De toevoeging van fijn en grof motorische vaardigheden leidde niet tot een significant beter regressiemodel ( $F_{\text{change}}(2, 116) = 1.73, p = .182$ ). De squared semi-partial correlatie ( $sr^2$ ) van fijn motorische vaardigheden binnen het model was  $sr^2 = .020$  en voor de grof motorische vaardigheden  $sr^2 = .002$ . De unieke variantie van fijn motorische vaardigheden was 2.0% en de unieke variantie van grof motorische vaardigheden was 0.2% binnen het model voor het verbaal kortetermijngeheugen. Er is een klein effect gevonden ( $f^2 = .020$ ).

***Visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen***

Het eerste model met de confounding variabelen, leeftijd, SES en geslacht, verklaarde niet significant 2% ( $R^2 = .020$ ) van de variantie in het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak). Het tweede model met de confounding variabelen en fijn en grof motorische vaardigheden verklaarde significant 9.9% ( $R^2 = .099$ ) van de variantie in het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak) ( $F(5, 116) = 2.55, p = .031$ ). Fijn motorische vaardigheden was een significante voorspeller van visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen in dit model ( $\beta = .35, t = 3.12, p = .002$ ). Het percentage verklaarde variantie voor visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak) steeg significant met 7.9% door het toevoegen van de fijn en grof motorische vaardigheden in model 2 ( $F_{\text{change}}(2, 116) = 5.11, p = .007$ ). De squared semi-partial correlatie ( $sr^2$ ) van fijn motorische vaardigheden binnen het model was  $sr^2 = .076$  en voor de grof motorische vaardigheden  $sr^2 = -.025$ . De significante unieke variantie van fijn motorische vaardigheden was 7.6% en de unieke variantie van grof motorische vaardigheden was 2.5% binnen het model voor het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen. Er is een klein effect gevonden ( $f^2 = .086$ ).

**Logistische regressies*****Vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn)***

De resultaten van de verschillende hiërarchische logistische regressies zijn weergegeven in Tabel 4. De Nagelkerke pseudo  $R^2$ -waarde van het eerste model met de confounding variabelen, leeftijd, SES en geslacht, was  $R_N^2 = .273$  voor een vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn). De Nagelkerke pseudo  $R^2$ -waarde van het tweede model met alle variabelen (inclusief fijn en grof motorische vaardigheden), was  $R_N^2 = .217$  een vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn). Het toevoegen van de fijn en grof motorische vaardigheden leidde niet tot een significant beter regressiemodel ( $X^2(2) = 4.22, p = .121$ ) voor een vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn). Grof motorische vaardigheden was bij het tweede model een significante voorspeller voor een vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn) (Wald = 4.20,  $p = .04$ ).

***Vroege vorm van inhibitie (wachttak cadeau)***

De Nagelkerke pseudo  $R^2$ -waarde van het eerste model met de confounding variabelen, leeftijd, SES en geslacht, was  $R_N^2 = .215$  voor een vroege vorm van inhibitie (wachttak cadeau). De Nagelkerke pseudo  $R^2$ -waarde van het tweede model met alle variabelen (inclusief fijn en grof motorische vaardigheden), was  $R_N^2 = .264$  voor een vroege vorm van inhibitie (wachttak cadeau). Het toevoegen van de fijn en grof motorische

vaardigheden leidde niet tot een significant beter regressiemodel ( $X^2(2) = 3.98, p = .136$ ) voor een vroege vorm van inhibitie (wachttask cadeau). Leeftijd was zowel bij het eerste model (Wald = 11.56,  $p = <.001$ ) als bij het tweede model (Wald = 5.25,  $p = .022$ ) een significante voorspeller voor een vroege vorm van inhibitie (wachttask cadeau).



**Tabel 3**

*Samenvatting van de statistieken voor de hiërarchische multipele regressies (continue vroege EF-taken)*

EF-taak	Model	B	SE B	$\beta$	t	p	Adj. $R^2$	$\Delta R^2$
Selectieve aandacht (olifantjestaak)	Model 1							
	Leeftijd	.11	.02	.51	6.60	<.001***		
	SES	.40	.21	.15	1.87	.064		
	Geslacht	.15	.17	.07	.86	.393	.273***	
	Model 2							
	Leeftijd	.07	.02	.34	3.97	<.001***		
	SES	.38	.20	.14	1.89	.061		
	Geslacht	-.02	.17	-.01	-.09	.925		
	FMV	.03	.01	.31	3.30	.001**		
	GMV	.01	.01	.09	1.04	.300	.354***	.090***
Verbaal kortetermijngeheugen (NWR)	Model 1							
	Leeftijd	.18	.03	.47	6.13	<.001***		
	SES	1.05	.39	.21	2.72	.008**		
	Geslacht	.64	.30	.16*	2.08	.040*	.277***	
	Model 2							
	Leeftijd	.15	.03	.40	4.52	<.001***		
	SES	1.00	.39	.20	2.60	.010**		
	Geslacht	.50	.32	.13	1.58	.118		
	FMV	.03	.01	.18	1.85	.066		
	GMV	.01	.02	-.05	-.54	.592	.285***	.020
Visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak)	Model 1							
	Leeftijd	.00	.00	.02	.16	.870		
	SES	-.09	.07	-.14	-1.52	.131		
	Geslacht	-.02	.05	-.04	-.41	.684	-0.005	
	Model 2							
	Leeftijd	.00	.01	-.09	-.92	.361		
	SES	-.10	.06	-.16	-1.83	.070		
	Geslacht	-.05	.05	-.10	-1.08	.282		
	FMV	.01	.00	.35	3.12	.002**		
	GMV	-.01	.00	-.18	-1.80	.073	.060*	.079**

*Noot:* SES = sociaal economische status, FMV = fijn motorische vaardigheden, GMV = grof motorische vaardigheden.

Voor elke regressie zijn, leeftijd, SES en geslacht toegevoegd in stap 1. Fijn en grof motorische vaardigheden zijn toegevoegd in stap 2. De totale 'adjusted'  $R^2$  van model 1 en 2 en de verandering ( $\Delta$ ) in  $R^2$  na het toevoegen van stap 2 zijn weergegeven. \* $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\* $p < .001$

**Tabel 4**

Samenvatting van de statistieken voor de logistische regressies (vroege EF-taken: vroege vorm van inhibitie (rozijnen- en wachttaak cadeau)

EF-taak	Voorspellers	Model 1						Model 2					
		B	SE B	Wald	Exp (B)	$X^2$ stap (df 3)	$X^2$ model (df 3)	B	SE B	Wald	Exp (B)	$X^2$ stap (df 2)	$X^2$ model (df 5)
Vroege vorm van inhibitie (wachttaak rozijn)	Leeftijd	.21	.07	10.67**	1.24			.19	.07	6.63**	1.21		
	SES	.81	.65	1.54	2.24			.93	.69	1.84	2.55		
	Geslacht	.02	.58	.00	1.02			.07	.63	.01	1.07		
	FMV							-.02	.03	.37	.98		
	GMV					15.25**	15.25**	.07	.03	4.20*	1.07	4.22	19.47**
Vroege vorm van inhibitie (wachttaak cadeau)	Leeftijd	.20	.06	11.56***	1.23			.15	.07	5.25*	1.16		
	SES	.16	.66	.06	1.17			.06	.68	.01	1.06		
	Geslacht	.73	.55	1.77	2.07			.52	.58	.80	1.68		
	FMV							.04	.02	2.22	1.04		
	GMV					16.23**	16.23**	.02	.03	.39	1.02	3.98	20.22**

*Noot:* SES = sociaal economische status, FMV = fijn motorische vaardigheden, GMV = grof motorische vaardigheden,  $X^2$  = chi-kwadraat,  $df$  = vrijheidsgraden. Voor elke regressie zijn leeftijd, SES en geslacht toegevoegd in stap 1. Fijn en grof motorische vaardigheden zijn toegevoegd in stap 2. De  $X^2$  met de bijbehorende vrijheidsgraden van de stap en van het gehele model zijn weergegeven in de tabel. \* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$ ; \*\*\* $p < .001$

## Discussie

### Bevindingen

Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken in hoeverre er een relatie is tussen fijn en grof motorische vaardigheden en vroege EFs bij jonge kinderen tussen de 30 en 48 maanden, na het controleren voor leeftijd, SES en geslacht. Na het controleren voor leeftijd, SES en geslacht bleek dat fijn motorische vaardigheden een significante voorspeller waren voor selectieve aandacht (olifantjestaak) en visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak). Grof motorische vaardigheden waren een significante voorspeller voor een vroege vorm van inhibitie (wachttaak rozijn). Fijn en grof motorische vaardigheden hadden geen voorspellende waarde voor het verbaal korte termijngeheugen (NWR) en een vroege vorm van inhibitie (wachttaak cadeau).

In het huidige onderzoek bleek dat fijn motorische vaardigheden een significante voorspeller waren voor selectieve aandacht. Er zijn voor zover bekend geen eerdere onderzoeken gedaan naar de relatie tussen motorische vaardigheden en een specifieke meting van selectieve aandacht; daardoor is het lastig om deze uitkomst te vergelijken met andere onderzoeken. Een mogelijke verklaring voor het gevonden resultaat zou kunnen zijn dat voor de uitvoering van fijn motorische vaardigheden, zoals in kaart gebracht in het huidige onderzoek, selectieve aandacht vereist. Selectieve aandacht is namelijk onderdeel van een aandachtscontrole systeem dat ervoor zorgt dat het kind zich kan focussen op de taak, irrelevante informatie kan negeren, aandacht voor langere tijd kan vasthouden om vervolgens een beslissing te maken om de taak op een juiste manier uit te kunnen voeren (Anderson, 2002; Anderson et al., 2018; Veer et al., 2017). Bijvoorbeeld het bouwen van een brug met blokken, waar een kind de juiste blokken moet selecteren en oppakken met een passende motorische beweging (focussen op de taak en irrelevante informatie negeren), de blokken op de juiste manier plaatsen, zodat de brug niet instort (vasthouden van informatie en de juiste beslissing maken). Een mogelijke verklaring voor het feit dat alleen fijn motorische vaardigheden een significante voorspeller waren voor selectieve aandacht en niet grof motorische vaardigheden, zou kunnen zijn dat fijn motorische vaardigheden op jonge leeftijd minder geautomatiseerd zijn ten opzichte van grof motorische vaardigheden, waardoor er bij fijn motorische vaardigheden meer beroep wordt gedaan op EFs (Maurer & Roebbers, 2019).

Er is in dit onderzoek een meting gedaan naar twee van de vier onderdelen van het werkgeheugen uit het model van Baddeley en Hitch (1974) namelijk; het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak) en het verbaal kortetermijngeheugen (NWR). Uit dit

onderzoek is naar voren gekomen dat fijn motorische vaardigheden een significante voorspeller waren voor het visueel-ruimtelijke kortetermijngeheugen (doosjestaak). Dit is in overeenstemming met het exploratieve onderzoek van Gandotra et al. (2022) naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs bij driejarigen. Zij hebben ook een significant positieve relatie gevonden tussen fijn motorische vaardigheden en het werkgeheugen. Voor de meting van het werkgeheugen hebben ze gebruik gemaakt van de Corsi Block Tapping Test (forward en backward). Ze hebben de scores van de 'forward' en 'backward' versie bij elkaar opgeteld om een algemene score van het werkgeheugen te creëren (Gandotra et al., 2022). De Corsi Block Tapping Test wordt vaak ingezet voor het meten van het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (Richardson, 2007). Gandotra et al. (2022) vonden echter ook dat grof motorische vaardigheden een significante voorspeller van het werkgeheugen was en dit komt niet overeen met de resultaten van het huidige onderzoek. Een mogelijke verklaring voor deze tegenstrijdige resultaten kan te maken hebben met methodologisch verschillen. De motorische vaardigheden in het onderzoek van Gandotra et al. (2022) zijn gemeten met de korte versie van de Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency-2 (BOT-2; Bruininks & Bruininks, 2005). De BOT-2 is een prestatie-gerelateerde test en in het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van de afname van een vragenlijst bij ouders. Prestatie-gerelateerde testen en vragenlijsten meten verschillende aspecten van motorische vaardigheden (Kennedy et al., 2013). Prestatie-gerelateerde testen leveren gestandaardiseerde scores op van de motorische vaardigheden van een kind hoe hij of zij op dat moment presteert en vragenlijsten ingevuld door ouders geven een beeld van de motorische vaardigheden van een kind in de context van het dagelijkse leven (Kennedy et al., 2013). Volgens Brown en Lane (2014) worden fijn motorische vaardigheden door ouders en verzorgers in vragenlijsten nauwkeuriger beoordeeld ten opzichte van grof motorische vaardigheden. Mogelijk zijn de fijn motorische vaardigheden, zoals gemeten in het huidige onderzoek (met een vragenlijst), een nauwkeuriger afspiegeling van de daadwerkelijke prestaties van een kind dan de grof motorische vaardigheden. Gezien grof motorische vaardigheden mogelijk een minder nauwkeurige afspiegeling zijn van de daadwerkelijke prestaties, zijn er in het huidige onderzoek geen relaties gevonden tussen grof motorische vaardigheden en het werkgeheugen. Een andere mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat er in dit huidige onderzoek gecontroleerd is voor leeftijd, SES en geslacht in tegenstelling tot het onderzoek van Gandotra et al. (2022). In het onderzoek van Houwen et al. (2017) naar de relatie tussen EFs en motorische vaardigheden bij drie- tot vijfjarigen is gebleken dat er zwakke tot matige

verbanden te zijn tussen de motorische vaardigheden en de verschillende EFs. Echter na het controleren voor aandachtproblematiek, leeftijd, geslacht en SES, bleek alleen het werkgeheugen nog een significante samenhang te hebben met motorische vaardigheden.

Zowel fijn als grof motorische vaardigheden waren geen significante voorspeller voor het verbaal kortetermijngeheugen (NWR). Voor zover bekend zijn er geen onderzoeken gedaan naar de relatie tussen de motorische vaardigheden en het verbaal kortetermijngeheugen bij jonge kinderen tussen de 30 en 48 maanden. In het longitudinale onderzoek van Suggate et al. (2019) naar de voorspellende waarde van fijn motorische vaardigheden voor het leesproces bij zesjarige kinderen is er ook geen significante relatie gevonden tussen fijn motorische vaardigheden en het verbaal kortetermijngeheugen waarbij ze ook gebruik hebben gemaakt van de NWR. Een mogelijke verklaring dat er wel een relatie is gevonden tussen fijn motorische vaardigheden en het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen en niet met het verbaal kortetermijngeheugen is dat voor fijn motorische vaardigheden, zoals het tekenen van een horizontale lijn of het nabouwen met blokken van een afbeelding, visueel motorische integratievaardigheden nodig zijn (MacDonald et al., 2016). Visueel motorische integratie is de vaardigheid om een mentale representatie te creëren van een afbeelding en deze afbeeldingen te kopiëren met kleine en gecontroleerde spierbewegingen (Carlson et al., 2013). Bij het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen is gebruik gemaakt van de doosjestaak waarbij de kinderen moesten onthouden waar de plaatjes waren verstopt (oplopend in moeilijkheidsgraad) en vervolgens na drie seconden afleiding het juiste doosje moesten oppakken. Hierbij wordt naast een beroep op het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen ook een beroep gedaan op fijn motorische vaardigheden. Terwijl bij de taak voor het verbaal kortetermijngeheugen, de NWR, geen beroep wordt gedaan op motorische vaardigheden.

Eerder onderzoek van Gottwald et al. (2016) bij kinderen van achttien maanden oud liet geen significante verbanden tussen fijn en grof motorische vaardigheden en EFs zien. De onderzoekers vonden wel een positief verband tussen een prospectieve motorische controle taak en EFs, wat suggereert dat hoe beter een kind zijn motorische acties kan plannen des te beter het kind presteert op EF-taken (Gottwald et al., 2016). Leeftijd zou een mogelijke verklaring kunnen zijn voor de gevonden verschillen tussen het onderzoek van Gottwald et al. (2016) en het huidige onderzoek. De gemiddelde leeftijd in het onderzoek van Gottwald et al. (2016) was 17.8 maanden en in dit huidige onderzoek was de gemiddelde leeftijd 39.6 maanden. Ondanks dat het leeftijdsverschil relatief klein is, kan dit verschil voor inconsistente

resultaten hebben gezorgd. Gezien het feit dat motorische vaardigheden en EFs volop in ontwikkeling zijn in de vroege kinderjaren (Howard et al., 2015; Piek et al., 2012), is het aannemelijk dat de relatie tussen de fijn en grof motorische vaardigheden en de verschillende EF-componenten per leeftijd en per kind verschillen.

De resultaten van dit huidige onderzoek lieten zien dat grof motorische vaardigheden een voorspeller waren voor een vroege vorm van inhibitie (wachttak rozijn). In het huidige onderzoek was het ‘emotionele’ inhibitievermogen gemeten met een ‘delay of gratification taak’ oftewel een wachttak. Echter wordt er in de literatuur onderscheid gemaakt tussen het ‘emotionele’ en het ‘cognitieve’ inhibitievermogen (Huizinga et al., 2017; Wu et al., 2017; Zelazo & Carlson, 2012). Zowel bij het cognitief als emotioneel inhibitievermogen wordt van het kind gevraagd om de dominante respons te onderdrukken, maar bij het emotioneel inhibitievermogen zit er een onderliggend emotioneel/motivationeel aspect bij (Huizinga et al., 2017; Wu et al., 2017; Zelazo & Carlson, 2012). Wanneer er gekeken wordt naar eerdere onderzoeken is het gevonden resultaat tussen grof motorische vaardigheden en ‘emotionele’ inhibitie in het huidige onderzoek opvallend. Uit neuroimaging onderzoek is naar voren gekomen dat dezelfde hersengebieden, namelijk het neocerebellum en de dorsolaterale prefrontale cortex, geactiveerd worden tijdens de uitvoering van motorische en cognitieve taken, onder andere het ‘cognitieve inhibitievermogen’ (Diamond, 2000). Terwijl het ‘emotionele inhibitievermogen’ gelinkt is aan andere hersengebieden, zoals de ventromediale prefrontale cortex en limbische structuren (zoals de amygdala en hypothalamus) en deze zijn niet direct gekoppeld aan motorische taken (Barbas, 2000). Wu et al. (2017) vonden in hun longitudinale studie bij één- tot driejarigen dat fijn en grof motorische vaardigheden, na correctie voor geslacht en SES, gemeten op tweejarige leeftijd het ‘cognitieve’ inhibitievermogen op driejarige leeftijd voorspelden. Zij hebben naast een taak voor het ‘cognitieve’ inhibitievermogen de ‘Day-Night’ taak ook een taak voor het ‘emotionele’ inhibitievermogen gebruikt, namelijk ‘delay of gratification taak (wrapped gift)’, oftewel wachttak (cadeau). Wu et al. (2017) vonden, net als dit huidige onderzoek, dat fijn en grof motorische vaardigheden geen significante voorspeller waren voor een vroege vorm van inhibitiecontrole (wachttak cadeau). Echter vond dit huidige onderzoek wel dat grof motorische vaardigheden een voorspeller waren voor een vroege vorm van inhibitiecontrole (wachttak rozijn). Een mogelijke praktische verklaring voor waarom dit huidige onderzoek wel een relatie vond tussen grof motorische vaardigheden en een vroege vorm van inhibitiecontrole (wachttak rozijn) en niet met een vroege vorm van inhibitiecontrole

(wachttaskadeau) kan zijn dat niet alle kinderen een doosje snoepzigtjes lekker vinden en dus geen moeite hebben om te wachten op het doosje snoepzigtjes in tegenstelling tot een relatief groot cadeau, waarvan de inhoud onbekend is. Verder onderzoek moet uitwijzen wat de exacte relatie is tussen grof motorische vaardigheden en het ‘emotionele’ inhibitievermogen.

### **Sterke en zwakke punten**

Een sterk punt van dit onderzoek was de samenstelling van de steekproef: het was een relatief grote steekproef, waarbij het geslacht redelijk gelijk verdeeld was en de verschillende leeftijdscategorieën tussen de 30 en 48 maanden goed waren gerepresenteerd. Ook was dit het eerste onderzoek, voor zover bekend, naar de fijn en grof motorische vaardigheden in relatie tot de vroege EFs, namelijk selectieve aandacht, verbaal korte termijngeheugen en visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen in relatie tot fijn en grof motorische vaardigheden op deze jonge leeftijd (30 – 48 maanden). Deze kennis is belangrijk omdat het nog onduidelijk is wat de exacte relatie is tussen motorische vaardigheden en hoe deze samenhangen met de verschillende componenten van (vroeg) EF op deze jonge leeftijd (Gandotra et al., 2021). Aangezien motorische vaardigheden en EFs zich al beginnen te ontwikkelen op jonge leeftijd, kan deze informatie van belang zijn om vroegtijdig een interventie in te zetten ter bevordering van de ontwikkeling van het kind (Anderson & Reidy, 2012; Blakey & Carroll, 2015; Piek et al., 2012; Willoughby & Hudson, 2021).

Het huidige onderzoek kent ook een aantal beperkingen. De EF testbatterij die gebruikt is in dit huidige onderzoek is nog in ontwikkeling, waardoor er nog geen normen beschikbaar waren voor de verschillende vroege EF-taken en er geen totaalscore voor EF berekend kon worden. In de literatuur komt naar voren dat EF in de vroege kindertijd (twee tot zes jaar) ongedifferentieerd is, dat wil zeggen dat de componenten nog niet te onderscheiden zijn en dat in de loop van de ontwikkeling EF te onderscheiden is in meerdere componenten (Garon et al., 2008; Huizinga et al., 2006; Karr et al., 2018). In dit huidige onderzoek is gekeken naar de losse vroege EFs en niet EF als geheel, wellicht dat er sterkere of andere verbanden naar voren waren gekomen als er naast de losse EF-scores een totaalscore van vroege EF was meegenomen.

Een andere beperking is dat het overgrote merendeel van de kinderen (85%) de wachttaken met goed gevolg volbracht hadden en daarmee -volgens de taak- ‘emotionele’ inhibitiecontrole laten zien. De wachttaken (rozijn en cadeau) lijken te makkelijk voor de leeftijdscategorie van 30 tot 48 maanden, waardoor er een plafondeffect is ontstaan en

daardoor is er weinig variatie in de prestatie op de rozijnen- en wachttaak cadeau. Wanneer er sprake is van weinig variatie, is het lastig om een relatie of eventuele effecten aan te tonen (Šimkovic & Träuble, 2019). Het plafondeffect kan zijn ontstaan door het feit dat de wachttijd is veranderd door de onderzoekers van Dynamics of Youth. In de oorspronkelijke test werd het doosje rozijntjes of het cadeau neergelegd en observeerde de onderzoeker één minuut lang het gedrag van het kind (Mulder et al., 2014). In dit huidige onderzoek werd het doosje rozijntjes of het cadeau neergelegd en observeerde de onderzoeker echter 30 seconden in plaats van één minuut. Deze tijd was mogelijk te kort om de vroege vorm van inhibitie te meten, omdat het merendeel de taak met goed gevolg had volbracht. De taak zou voor nieuwe onderzoeken aangepast kunnen worden door de oorspronkelijke tijd van één minuut te gebruiken (of een tijd tussen de 30 en 60 seconden), daardoor ontstaat er mogelijk een beter beeld van de ‘emotionele’ inhibitiecontrole op deze leeftijd. Daarnaast was de taak voor de ‘cognitieve’ inhibitiecontrole nog niet beschikbaar ten tijde van het onderzoek. Zoals eerder aangegeven wordt er in de literatuur onderscheid gemaakt tussen ‘emotionele’ en ‘cognitieve’ inhibitiecontrole (Huizinga et al., 2017; Wu et al., 2017; Zelazo & Carlson, 2012). Wanneer de taak voor ‘cognitieve’ inhibitiecontrole meegenomen was in het huidige onderzoek, was er misschien meer duidelijkheid gekomen over een eventuele relatie tussen de motorische vaardigheden en inhibitie op deze leeftijd.

Naast weinig variatie binnen de wachttaken, was er ook weinig variatie binnen de variabele SES. De steekproef bevatte vooral kinderen van hoog opgeleide ouders. In dit huidige onderzoek is gekeken naar de hoogst genoten opleiding van moeder en in bijna 81% van de gevallen was de moeder hoog opgeleid. In de uiteindelijke steekproef zaten geen kinderen met een moeder met een lage opleiding. Dit maakt dat het lastig is om de resultaten te generaliseren naar bijvoorbeeld middel of laagopgeleide kinderen. Ook zijn er, waarschijnlijk door de scheve verdeling, geen relaties gevonden tussen SES en de verschillende componenten van EF (behalve bij het verbaal kortetermijngeheugen), terwijl volgens onder andere Lawson et al. (2017) er significant zwak tot matige relaties bestaan tussen SES en EF.

De lage variatie binnen de wachttaken en SES heeft gezorgd voor geschonden assumpties bij de correlatieanalyses. Namelijk ongelijke variantie van de continue variabelen binnen de categorische variabelen en de ‘expected counts’ waren groter dan vijf. Daardoor is er meer risico op een type II fout, wat kan leiden tot het missen van een bestaand effect of het onterecht verwerpen van de nulhypothese (Agresti, 2018).



### **Aanbeveling voor vervolgonderzoek**

Een eerste aanbeveling voor vervolgonderzoek is om naast een vragenlijst voor de motorische vaardigheden ook een prestatie-gerelateerde test te gebruiken. Doordat de verschillende instrumenten een verschillend beeld geven van de motorische vaardigheden is het waardevol voor de praktijk om deze naast elkaar te gebruiken voor een completer beeld van de motorische vaardigheden van het kind (Brown & Lane, 2014; Lalor & Brown, 2016; Richardson, 2007). De relatie tussen de motorische vaardigheden en EF kunnen hierdoor nauwkeuriger in kaart worden gebracht. Gezien het feit dat de steekproef met name kinderen bevatte met een hoge SES-achtergrond, wordt ook specifieke werving van kinderen met ouders van lage SES aanbevolen om beter inzicht te krijgen wat de invloed van SES is op de relatie tussen motorische vaardigheden en EF. Uit de literatuur komt naar voren dat SES van invloed is op zowel motorische vaardigheden als EF (McPhillips & Jordan-Black, 2007, Lawson et al., 2017). In vervolgonderzoek zou SES meegenomen kunnen worden als modererende variabele om te kijken welke invloed SES heeft op de relatie tussen motorische vaardigheden en vroege EFs.

Een andere aanbeveling voor vervolgonderzoek is om een longitudinaal bidirectioneel onderzoek te doen naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EF bij kinderen in de leeftijd tussen 30 en 48 maanden. Motorische vaardigheden hebben invloed op EF, maar EF heeft ook invloed op motorische vaardigheden (Gottwald et al., 2016). In de vroege kinderjaren maken kinderen grote ontwikkelingen door op het gebied van hun motorische en cognitieve ontwikkeling (Woolfolk, 2020). Wanneer er meerdere meetmomenten door de jaren heen van motorische vaardigheden en EFs zijn, kunnen er wellicht causale verbanden worden aangetoond.

EF op deze jonge leeftijd is lastig te onderscheiden van andere ontwikkelingen die gaande zijn op deze leeftijd, zoals de motorische ontwikkeling, cognitieve ontwikkeling en taalontwikkeling (Wiebe et al., 2011). Door taakonzuiverheid meet een taak, bijvoorbeeld de delay of gratification task (de twee wachttaken), niet alleen een vroege vorm van inhibitiecontrole maar bijvoorbeeld ook andere vormen van EFs. Zo meet deze taak volgens Leseman (2011) ook werkgeheugen. Kinderen moeten namelijk een regel onthouden, deze regel vasthouden gedurende een periode en op basis van deze regel een dominante respons onderdrukken (Leseman, 2011). Door meerdere taken voor één component te gebruiken, kan het probleem voor taakonzuiverheid gereduceerd worden (Van der Sluis et al., 2007). Meerdere taken voor één component zorgen voor een zuiverdere score dan één taak voor dat

desbetreffende component (Miyake et al., 2000; Van der Sluis et al., 2007). Wanneer er een zuiverdere score ontstaat voor de verschillende vroege EFs, worden de relaties tussen motorische vaardigheden en vroege EFs wellicht duidelijker.

Een laatste aanbeveling voor vervolgonderzoek is om inzicht te krijgen in de mogelijke invloed van andere variabelen op de relatie tussen motorische vaardigheden en vroeg EF. In het onderzoek van Houwen et al. (2017) naar de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs bij drie- tot vijfjarigen waarbij is gecontroleerd voor aandachtproblematiek (ADHD-symptomatologie), leeftijd, SES en geslacht, bleek dat met name ADHD-symptomatologie van invloed was op de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs. Gandotra et al. (2022) hebben naast de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs ook gekeken naar de relatie tussen motorische vaardigheden en prosociaal gedrag. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat er met name een relatie is tussen grof motorische vaardigheden en prosociaal gedrag. Het is interessant om te kijken welke rol prosociaal gedrag heeft binnen of op de relatie tussen motorische vaardigheden en de vroege EFs.

### **Aanbeveling voor praktijk**

Uit onderzoek blijkt dat EFs getraind kunnen worden door complexe motorische beweegsituaties en dat investeren in het verbeteren van motorische vaardigheden bij jonge kinderen eventueel kan leiden tot verbetering in EF (Diamond & Ling, 2016; Willoughby & Hudson, 2021). Gezien de kleine effecten die gevonden zijn in het huidige onderzoek ten aanzien van de relatie van motorische vaardigheden en vroege EFs, zou een voorzichtige aanbeveling voor de praktijk zijn om met name de fijn motorische ontwikkeling op jonge leeftijd te monitoren en om te stimuleren.

### **Conclusie**

In dit huidige onderzoek is gekeken naar de relatie tussen fijn en grof motorische vaardigheden en de verschillende vroege EFs bij jonge kinderen tussen de 30 en 48 maanden, waarbij is gecontroleerd voor leeftijd, SES en geslacht. Uit de resultaten is gebleken dat fijn motorische vaardigheden een significant voorspeller waren voor selectieve aandacht (olifantjestaak) en visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak). Grof motorische vaardigheden waren een significante voorspeller voor een vroege vorm van inhibitie (wachttask rozijn). Om de relatie tussen motorische vaardigheden en (vroege) EFs bij kinderen in de leeftijd van 30 tot 48 maanden beter in kaart te brengen, wordt aanbevolen om naast een vragenlijst voor motorische vaardigheden een prestatie-gerelateerde test af te nemen, zodat er een completer beeld ontstaat van de motorische vaardigheden. Tot slot is het

interessant om te kijken naar andere variabelen die van invloed zijn op de relatie tussen motorische vaardigheden en EFs en om de relatie tussen motorische vaardigheden en EF longitudinaal en bidirectioneel te onderzoeken.

### Referenties

- Adolph, K. E. (2008). Learning to move. *Current Directions in Psychological Science*, 17(3), 213–218. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00577.x>
- Agresti, A. (2018). *Statistical methods for the social sciences, Global Edition*. Pearson Education.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anderson, P. J., & Reidy, N. (2012). Assessing executive function in preschoolers. *Neuropsychology Review*, 22(4), 345–360. <https://doi.org/10.1007/s11065-012-9220-3>
- Anderson, V., Northam, E., & Wrennall, J. (2018). *Developmental Neuropsychology* [E-book]. Taylor & Francis. Geraadpleegd op 16 juni 2022, van <https://www.bol.com/nl/nl/p/developmental-neuropsychology/9200000032231746/?c2a=buy#productTitle>
- Baddeley, A.D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), 8. *The psychology of learning and motivation* (pp. 47-89). Academic Press.
- Barbas, H. (2000). Connections underlying the synthesis of cognition, memory, and emotion in primate prefrontal cortices. *Brain Research Bulletin*, 52(5), 319–330. [https://doi.org/10.1016/s0361-9230\(99\)00245-2](https://doi.org/10.1016/s0361-9230(99)00245-2)
- Bell, M.A., Philips, J.J., Bruce, M.D. (2022). Infant and toddler working memory. In M.L. Courage & N. Cowan (Eds.), *The development of memory in infancy and childhood* [E-book] (pp. 87-110). Psychology Press.
- Blakey, E., & Carroll, D. J. (2015). A short executive function training program improves preschoolers' working memory. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01827>

- Blakey, E., Visser, I., & Carroll, D. J. (2016). Different executive functions support different kinds of cognitive flexibility: Evidence from 2-, 3-, and 4-year-olds. *Child Development, 87*(2), 513–526. <https://doi.org/10.1111/cdev.12468>
- Brown, T., & Lane, H. (2014). Comparing a parent-report and a performance-based measure of children's motor skill abilities: Are they associated? *Occupational Therapy In Health Care, 28*(4), 371–381. <https://doi.org/10.3109/07380577.2014.933381>
- Buchanan, T. (2016). Self-report measures of executive function problems correlate with personality, not performance-based executive function measures, in nonclinical samples. *Psychological Assessment, 28*(4), 372–385.  
<https://doi.org/10.1037/pas0000192>
- Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2005). *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency* (second ed.). Pearson Assessments.
- Burton, A. W., & Rodgerson, R. W. (2001). New perspectives on the assessment of movement skills and motor abilities. *Adapted Physical Activity Quarterly, 18*(4), 347–365. <https://doi.org/10.1123/apaq.18.4.347>
- Cameron, C. E., Cottone, E. A., Murrah, W. M., & Grissmer, D. W. (2016). How are motor skills linked to children's school performance and academic achievement? *Child Development Perspectives, 10*(2), 93–98. <https://doi.org/10.1111/cdep.12168>
- Carlson, A. G., Rowe, E., & Curby, T. W. (2013). Disentangling fine motor skills' relations to academic achievement: The relative contributions of visual-spatial integration and visual-motor coordination. *The Journal of Genetic Psychology, 174*(5), 514–533.  
<https://doi.org/10.1080/00221325.2012.717122>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Lawrence Erlbaum Associates.

- Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S., Van Leijenhorst, L., & Bunge, S. A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(24), 9315–9320. <https://doi.org/10.1073/pnas.0510088103>
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*, *71*(1), 44–56. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00117>
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, *56*(4), 868. <https://doi.org/10.2307/1130099>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In D.T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of Frontal Lobe Function* (pp. 466–503). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0029>
- Diamond, A. (2016). Why improving and assessing EF early in life is critical. In J. A. Griffin, P. McCardle, & L. S. Freund (Eds.), *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research* (pp. 11–43). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14797-002>
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *18*, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>

Evening (z.d.). *Evening / Onderzoek naar gelijke kansen in voorschoolse educatie*.

Geraadpleegd op 3 mei 2022 van, <https://eveningonderzoek.nl/#>

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. SAGE Publications.

Friedman, N. P., Miyake, A., Robinson, J. L., & Hewitt, J. K. (2011). Developmental trajectories in toddlers' self-restraint predict individual differences in executive functions 14 years later: A behavioral genetic analysis. *Developmental Psychology*, *47*(5), 1410–1430. <https://doi.org/10.1037/a0023750>

Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137*(2), 201–225. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.137.2.201>

Gandotra, A., Csaba, S., Sattar, Y., Cserényi, V., Bizonics, R., Cserjesi, R., & Kotyuk, E. (2021). A Meta-analysis of the relationship between motor skills and executive functions in typically-developing children. *Journal of Cognition and Development*, *1*–28. <https://doi.org/10.1080/15248372.2021.1979554>

Gandotra, A., Kotyuk, E., Bizonics, R., Khan, I., Petánszki, M., Kiss, L., Paulina, L., & Cserjesi, R. (2022). An exploratory study of the relationship between motor skills and indicators of cognitive and socio-emotional development in preschoolers. *European Journal of Developmental Psychology*, *1*–16. <https://doi.org/10.1080/17405629.2022.2028617>

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>

- Ghassabian, A., Sundaram, R., Bell, E., Bello, S. C., Kus, C., & Yeung, E. (2016). Gross motor milestones and subsequent development. *Pediatrics*, *138*(1).  
<https://doi.org/10.1542/peds.2015-4372>
- Gioia, G. A., Espy, K. A., & Isquith, P. K. (2005). The behavior rating inventory of executive function-preschool version (BRIEF-P). Psychological Assessment Resources.
- Gottwald, J. M., Achermann, S., Marciszko, C., Lindskog, M., & Gredebäck, G. (2016). An embodied account of early executive-function development. *Psychological Science*, *27*(12), 1600–1610. <https://doi.org/10.1177/0956797616667447>
- Hamamcı, B., Acar, I. H., & Uyanık, G. (2021). Association between performance-based and ratings of Turkish children's executive function. *Current Psychology*.  
<https://doi.org/10.1007/s12144-021-02307-0>
- Hendry, A., & Holmboe, K. (2021). Development and validation of the early executive functions questionnaire: A carer-administered measure of executive functions suitable for 9- to 30-month-olds. *Infancy*, *26*(6), 932–961. <https://doi.org/10.1111/infa.12431>
- Hendry, A., Jones, E. J., & Charman, T. (2016). Executive function in the first three years of life: Precursors, predictors and patterns. *Developmental Review*, *42*, 1–33.  
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.005>
- Hitzert, M. M., Roze, E., Van Braeckel, K. N. J. A., & Bos, A. F. (2014). Motor development in 3-month-old healthy term-born infants is associated with cognitive and behavioural outcomes at early school age. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *56*(9), 869–876. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12468>
- Hoff, E., Laursen, B., & Bridges, K. (2012). Measurement and model building in studying the influence of socioeconomic status on child development. In M. Lewis & L. Mayes (Eds.), *The Cambridge handbook of environment in human development*. Cambridge University Press.



- Houwen, S., Van der Veer, G., Visser, J., & Cantell, M. (2017). The relationship between motor performance and parent-rated executive functioning in 3- to 5-year-old children: What is the role of confounding variables? *Human Movement Science, 53*, 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2016.12.009>
- Howard, S. J., Okely, A. D., & Ellis, Y. G. (2015). Evaluation of a differentiation model of preschoolers' executive functions. *Frontiers in Psychology, 6*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00285>
- Hudson, K. N., Ballou, H. M., & Willoughby, M. T. (2020). Short report: Improving motor competence skills in early childhood has corollary benefits for executive function and numeracy skills. *Developmental Science, 24*(4). <https://doi.org/10.1111/desc.13071>
- Huizinga, M. (2007). De ontwikkeling van executieve functies tussen kindertijd en jongvolwassenheid. *Neuropraxis, 11*(3), 69–76. <https://doi.org/10.1007/bf03079129>
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia, 44*(11), 2017–2036. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>
- Huizinga, M., Baeyens, D., Ouweland, C. & Burack, J.A. (2017). Executive functions. In B. Hopkins, E. Geangu & S. Linkenauger (Eds.), *The Cambridge encyclopedia of child development* (pp. 297-303). Cambridge University Press.
- Jansen, L., Van Houdt, C., Mulder, H. (2021). *Dynamics of Youth testhandleiding – concept*. Universiteit Utrecht
- Johansson, M., Marciszko, C., Brocki, K., & Bohlin, G. (2015). Individual differences in early executive functions: A longitudinal study from 12 to 36 months. *Infant and Child Development, 25*(6), 533–549. <https://doi.org/10.1002/icd.1952>

Karr, J. E., Areshenkoff, C. N., Rast, P., Hofer, S. M., Iverson, G. L., & Garcia-Barrera, M. A.

(2018). The unity and diversity of executive functions: A systematic review and re-analysis of latent variable studies. *Psychological Bulletin*, *144*(11), 1147–1185.

<https://doi.org/10.1037/bul0000160>

Khng, K. H., & Ng, E. L. (2021). Fine motor and executive functioning skills predict maths and spelling skills at the start of kindergarten: a compensatory account (La motricidad fina y las funciones ejecutivas predicen las competencias en matemáticas y lengua escrita al comienzo de la etapa preescolar: una propuesta compensatoria). *Journal for the Study of Education and Development*, *44*(3), 675–718.

<https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1897232>

Kennedy, J., Brown, T. & Stagnitti, K. (2013). Top-down and bottom-up approaches to motor skill assessment of children: Are child-report and parent-report perceptions predictive of children's performance-based assessment results? *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, *20*(1), 45-53. <https://doi.org/10.3109/11038128.2012.693944>

Kwak, S. G., & Kim, J. H. (2017). Central limit theorem: The cornerstone of modern statistics. *Korean Journal of Anesthesiology*, *70*(2), 144.

<https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.2.144>

Lalor, A. & Brown, T. (2016). Perceptions of children's motor abilities by children, parents, and teachers as predictors of children's motor skill performance. *New Zealand Journal of Occupational Therapy*, *63*(2), 14-24. Geraadpleegd op 16 juni 2022, van <https://www.proquest.com/openview/28ffb765fb913f065b3844b856a55b99/1?pq-origsite=gscholar&cbl=706374>

Lawson, G. M., Hook, C. J., & Farah, M. J. (2017). A meta-analysis of the relationship between socioeconomic status and executive function performance among children. *Developmental Science*, *21*(2). <https://doi.org/10.1111/desc.12529>

- Lecompte, D., Bleeker De, E., Janssen, F., Vandendriesschie, F., Hulselmans, J., Hert De, M., Mertens, C., Peuskens, J., Haenens, G. D., Liessens, D., & Wampers, M. (2006). Executieve functies. *Neuron*, *11*(7), 1–7. Geraadpleegd op 25 november 2021, van <https://docplayer.nl/20075102-Supplement-bij-neuron-2006-vol-11-nr-7.html>
- Leseman, P. (2011). Werkgeheugen. In P. de Jong & H. Koomen (Red.), *Interventie bij onderwijsleerproblemen* (pp. 95-111). Garant.
- MacDonald, M., Lipscomb, S., McClelland, M. M., Duncan, R., Becker, D., Anderson, K., & Kile, M. (2016). Relations of preschoolers' visual-Motor and object manipulation skills with executive function and social behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *87*(4), 396–407. <https://doi.org/10.1080/02701367.2016.1229862>
- Malfait, C. (2020). *Groeien in executieve functies. Hoe? Zo!* [E-book]. Lannoo Campus.
- Maurer, M. N., & Roebers, C. M. (2019). Towards a better understanding of the association between motor skills and executive functions in 5- to 6-year-olds: The impact of motor task difficulty. *Human Movement Science*, *66*, 607–620. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.06.010>
- Mileva-Seitz, V. R., Ghassabian, A., Bakermans-Kranenburg, M. J., Van den Brink, J. D., Linting, M., Jaddoe, V. W., Hofman, A., Verhulst, F. C., Tiemeier, H., & Van IJzendoorn, M. H. (2015). Are boys more sensitive to sensitivity? Parenting and executive function in preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology*, *130*, 193–208. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.08.008>
- Miranda, A., Colomer, C., Mercader, J., Fernández, M. I., & Presentación, M. J. (2015). Performance-based tests versus behavioral ratings in the assessment of executive functioning in preschoolers: associations with ADHD symptoms and reading achievement. *Frontiers in Psychology*, *06*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00545>

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., 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>

Mulder, H., Hoofs, H., Verhagen, J., Van der Veen, I., & Leseman, P. P. M. (2014).

Psychometric properties and convergent and predictive validity of an executive function test battery for two-year-olds. *Frontiers in Psychology*, *5*.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00733>

Piek, J. P., Hands, B., & Licari, M. K. (2012). Assessment of motor functioning in the

preschool period. *Neuropsychology Review*, *22*(4), 402–413.  
<https://doi.org/10.1007/s11065-012-9211-4>

Richardson, J. T. (2007). Measures of short-term memory: A historical review. *Cortex*, *43*(5),

635–650. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70493-3](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70493-3)

Rijksoverheid (z.d.). *Toelichting bij de analyse van opleidingsniveaus*. Geraadpleegd op 2 mei

2022 van, <https://vzinfo.nl/bronnen-methoden-en-achtergronden/toelichting-analyse-opleidingsniveau>

Salmerón, R., García, C. B., & García, J. (2018). Variance inflation factor and condition

number in multiple linear regression. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, *88*(12), 2365–2384. <https://doi.org/10.1080/00949655.2018.1463376>

Šimkovic, M., Träuble, B. (2019). Robustness of statistical methods when measure is affected

by ceiling and/or floor effect. *Plos One*, *14*(8), 1–47.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220889>

Smidts, D. (2017, maart). Zelfsturing en het kinderebrein executieve functies in ontwikkeling.

*De wereld van HJK het jonge kind*, *7*, 22–25. Geraadpleegd op 25 november 2021, van

<http://www.kinderpsy.nl/wp-content/uploads/2017/03/Executieve-functies-in-ontwikkeling-Smidts.pdf>

Smidts, D. P., Jacobs, R., & Anderson, V. (2004). The object classification task for children (OCTC): A Measure of concept generation and mental flexibility in early childhood. *Developmental Neuropsychology*, *26*(1), 385–401.

[https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601\\_2](https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_2)

Spiegel, J. A., Lonigan, C. J., & Phillips, B. M. (2017). Factor structure and utility of the behavior rating inventory of executive function—preschool version. *Psychological Assessment*, *29*(2), 172–185. <https://doi.org/10.1037/pas0000324>

Suggate, S., Pufke, E., & Stoeger, H. (2019). Children’s fine motor skills in kindergarten predict reading in grade 1. *Early Childhood Research Quarterly*, *47*, 248–258.

<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.12.015>

Toplak, M. E., West, R. F., & Stanovich, K. E. (2013). Practitioner Review: Do performance-based measures and ratings of executive function assess the same construct? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *54*(2), 131–143.

<https://doi.org/10.1111/jcpp.12001>

Van der Sluis, S., De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, *35*(5), 427–449. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.09.001>

Veer, I. M., Luyten, H., Mulder, H., Van Tuijl, C., & Slegers, P. J. (2017). Selective attention relates to the development of executive functions in 2,5- to 3-year-olds: A longitudinal study. *Early Childhood Research Quarterly*, *41*, 84–94.

<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.06.005>

Verhagen, J., De Bree, E., Mulder, H., & Leseman, P. (2016). Effects of vocabulary and phonotactic probability on 2-year-olds’ Nonword Repetition. *Journal of*

*Psycholinguistic Research*, 46(3), 507–524. <https://doi.org/10.1007/s10936-016-9448-9>

Von Hofsten, C. (2009). Action, the foundation for cognitive development. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50(6), 617–623. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2009.00780.x>

Vrantsidis, D. M., Clark, C. A. C., Chevalier, N., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2020). Socioeconomic status and executive function in early childhood: Exploring proximal mechanisms. *Developmental Science*, 23(3). <https://doi.org/10.1111/desc.12917>

Willoughby, M. & Hudson, K. (2021). Current issues in the conceptualization and measurement of executive function skills. In T. Limpo & T. Olive (Red.), *Executive Functions and Writing* (pp. 17-37). Oxford University Press.

Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 436–452. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.08.008>

Woolfolk, A. (2020). *Educational Psychology, Global Edition* (14th edition). Pearson Education Limited.

Wu, M., Liang, X., Lu, S., & Wang, Z. (2017). Infant motor and cognitive abilities and subsequent executive function. *Infant Behavior and Development*, 49, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2017.09.005>

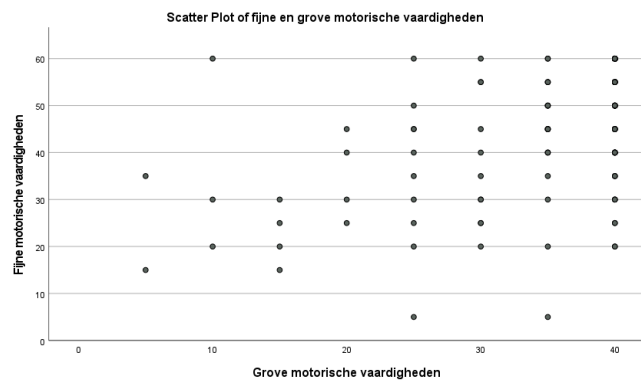
Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, n/a. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>

Zhang, L., Sun, J., Richards, B., Davidson, K., & Rao, N. (2018). Motor skills and executive function contribute to early achievement in East Asia and the Pacific. *Early Education and Development*, 29(8), 1061–1080. <https://doi.org/10.1080/10409289.2018.1510204>

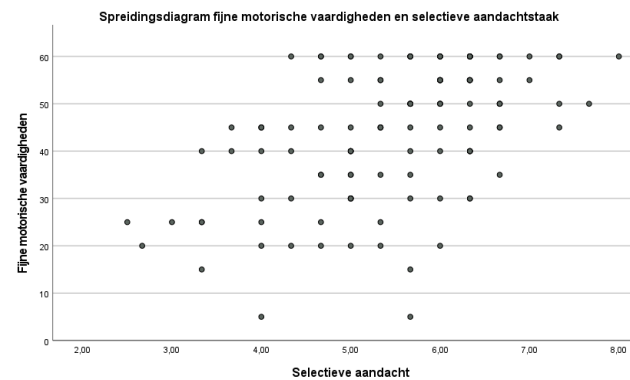
Bijlage A

Assumptie lineariteit Pearson Correlaties

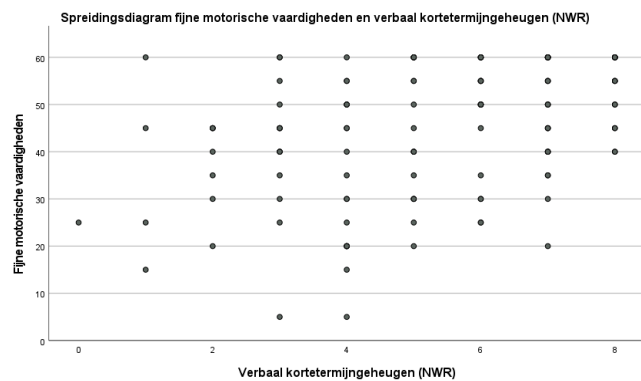
*Figuur A1:* Spreidingdiagram van de fijn- en grof motorische vaardigheden



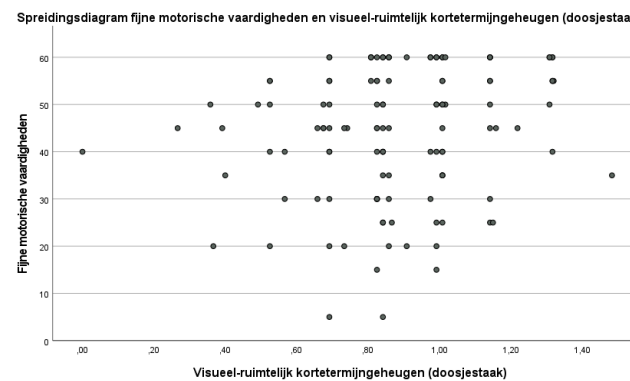
*Figuur A2:* Spreidingdiagram van de fijn motorische vaardigheden en de selectieve aandachtstaak (olifantjestaak)



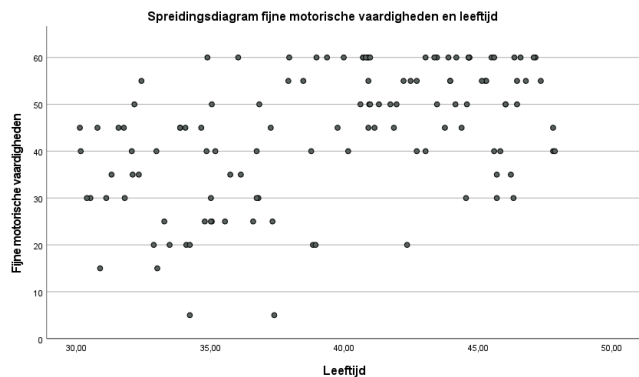
*Figuur A3:* Spreidingdiagram van de fijn motorische vaardigheden en het verbaal kortetermijngeheugen (NWR)



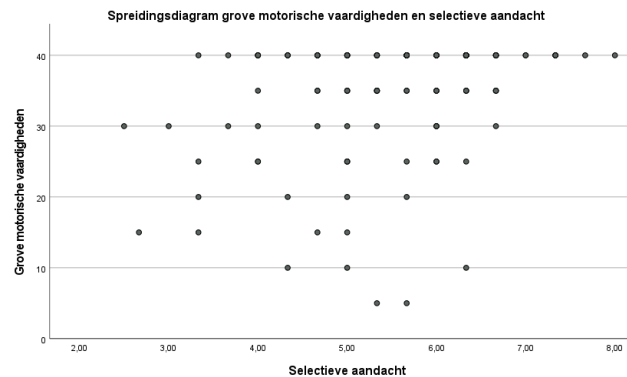
*Figuur A4:* Spreidingdiagram van de fijn motorische vaardigheden en het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak)



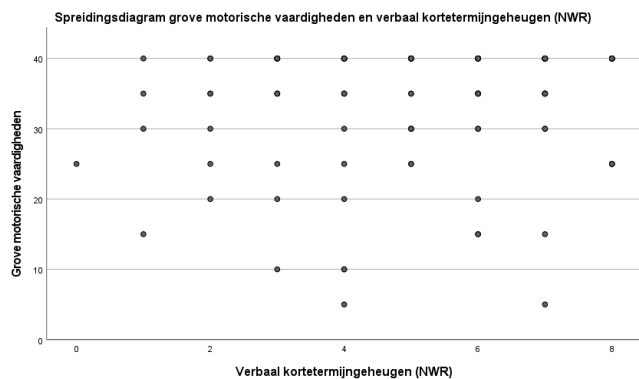
*Figuur A5:* Spreidingdiagram van de fijn motorische vaardigheden en leeftijd



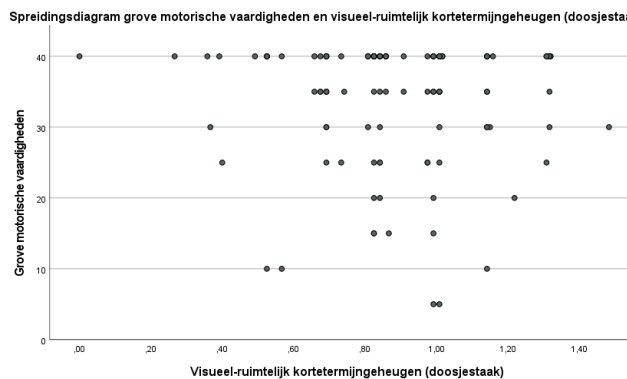
*Figuur A6:* Spreidingdiagram van de grof motorische vaardigheden en de selectieve aandacht (olifantjestaak)



*Figuur A7:* Spreidingdiagram van de grof motorische vaardigheden en het verbaal kortetermijngeheugen (NWR)

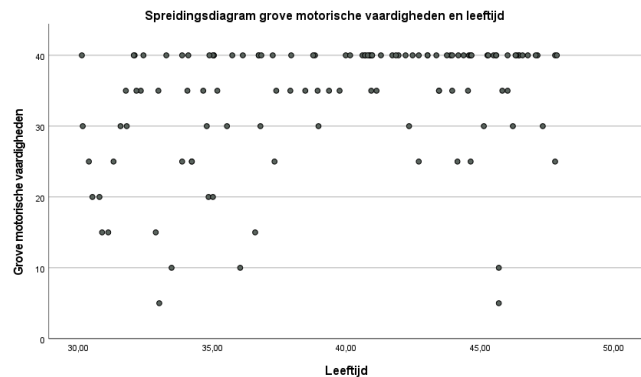


*Figuur A8:* Spreidingdiagram van de grof motorische vaardigheden en het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak)

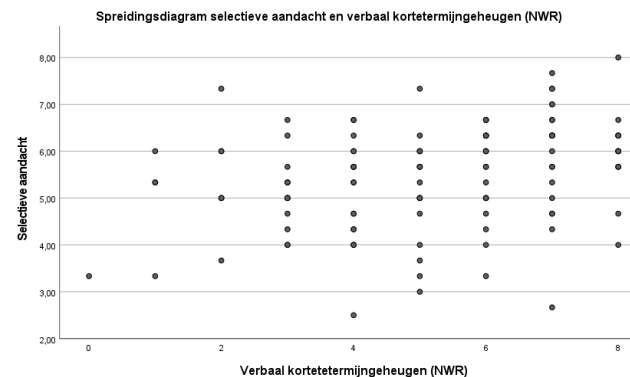




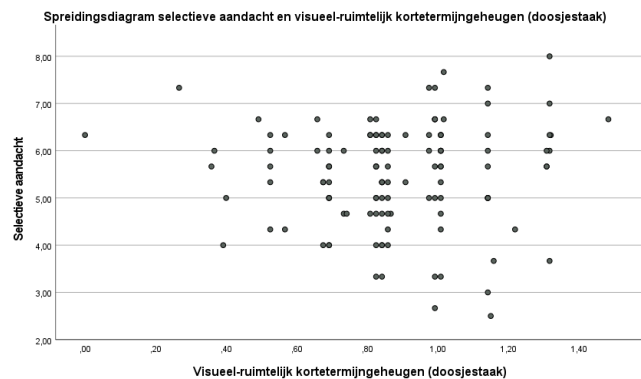
*Figuur A9:* Spreidingdiagram van de grof motorische vaardigheden en leeftijd



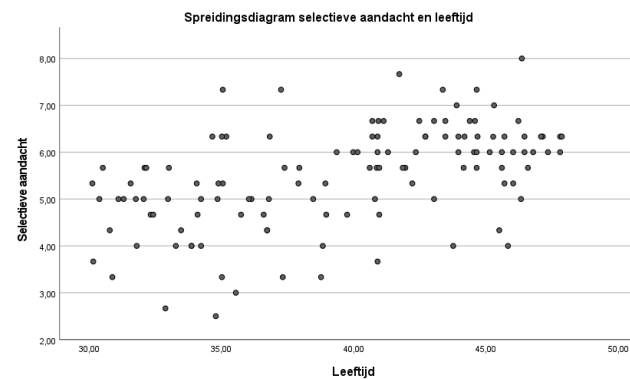
*Figuur A10:* Spreidingdiagram van de selectieve aandachtstaak en het verbaal kortetermijngeheugen (NWR)



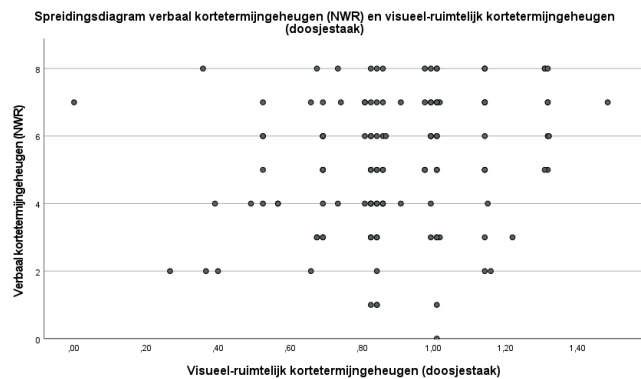
*Figuur A11:* Spreidingdiagram van de selectieve aandachtstaak en het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak)



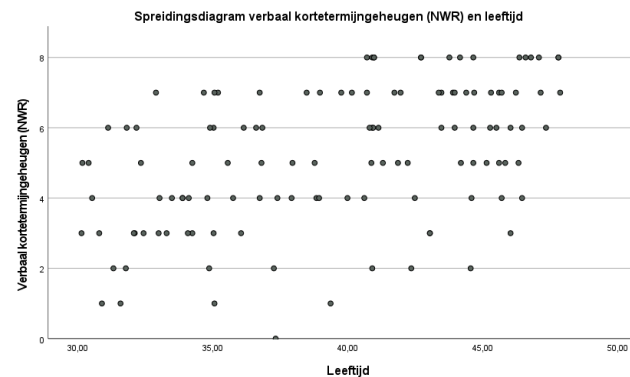
*Figuur A12:* Spreidingdiagram van de selectieve aandachtstaak (olifantjestaak) en leeftijd



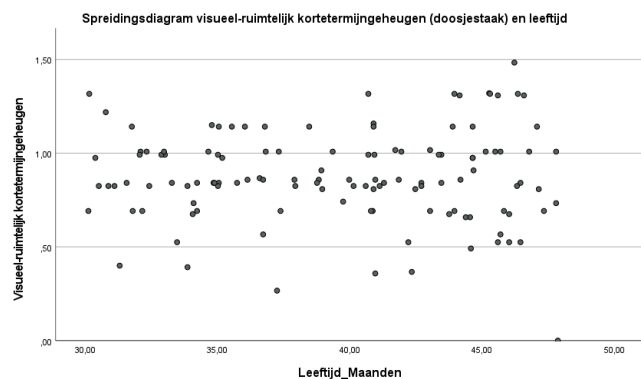
*Figuur A13:* Spreidingdiagram van het verbaal kortetermijngeheugen (NWR) en het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak)



*Figuur A14:* Spreidingdiagram van het verbaal kortetermijngeheugen (NWR) en leeftijd



*Figuur A15:* Spreidingdiagram van het visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak) en leeftijd



Bijlage B

Assumptie lineariteit logistische regressie (Box-Tidwell)

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	Leeftijd_Maanden	2,946	5,144	,328	1	,567	19,033
	Fijne_motorischevaardigheden_score	,669	,364	3,385	1	,066	1,952
	Grove_motorischevaardigheden_score	-,311	,580	,288	1	,592	,733
	Tr_Leeftijd_Maanden	-,589	1,110	,282	1	,595	,555
	Tr_Fijne_motorische_vaardigheden	-,152	,081	3,502	1	,061	,859
	Tr_Grove_motorische_vaardigheden	,090	,139	,416	1	,519	1,094
	Constant	-32,256	42,794	,568	1	,451	,000

a. Variable(s) entered on step 1: Leeftijd\_Maanden, Fijne\_motorischevaardigheden\_score, Grove\_motorischevaardigheden\_score, Tr\_Leeftijd\_Maanden, Tr\_Fijne\_motorische\_vaardigheden, Tr\_Grove\_motorische\_vaardigheden.

Figuur B1. Box-Tidwell toets voor de wachttaak rozijn

		Variables in the Equation					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	Leeftijd_Maanden	-6,155	5,435	1,282	1	,257	,002
	Fijne_motorischevaardigheden_score	,267	,337	,627	1	,428	1,305
	Grove_motorischevaardigheden_score	,116	,573	,041	1	,840	1,123
	Tr_Leeftijd_Maanden	1,364	1,176	1,345	1	,246	3,912
	Tr_Fijne_motorische_vaardigheden	-,052	,075	,486	1	,486	,949
	Tr_Grove_motorische_vaardigheden	-,021	,136	,023	1	,879	,979
	Constant	42,484	44,312	,919	1	,338	2,823E+18

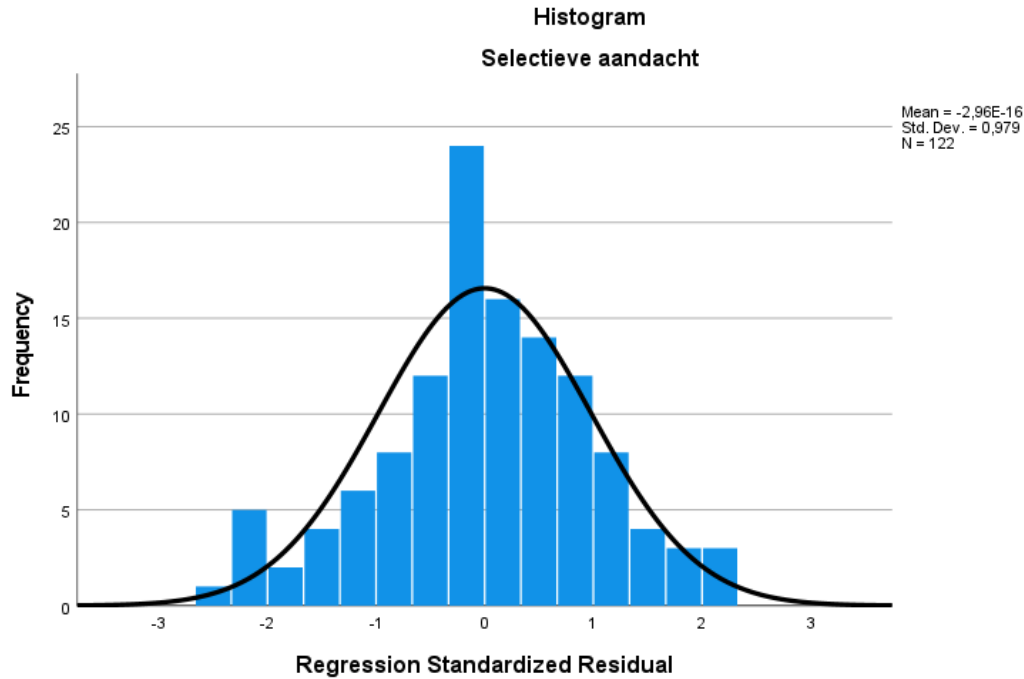
a. Variable(s) entered on step 1: Leeftijd\_Maanden, Fijne\_motorischevaardigheden\_score, Grove\_motorischevaardigheden\_score, Tr\_Leeftijd\_Maanden, Tr\_Fijne\_motorische\_vaardigheden, Tr\_Grove\_motorische\_vaardigheden.

Figuur B2. Box-Tidwell toets voor de wachttaak rozijn

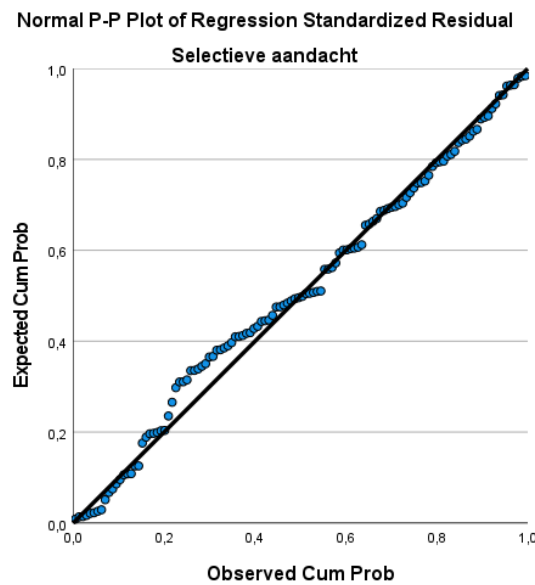
Bijlage C

Assumptie Normaliteit

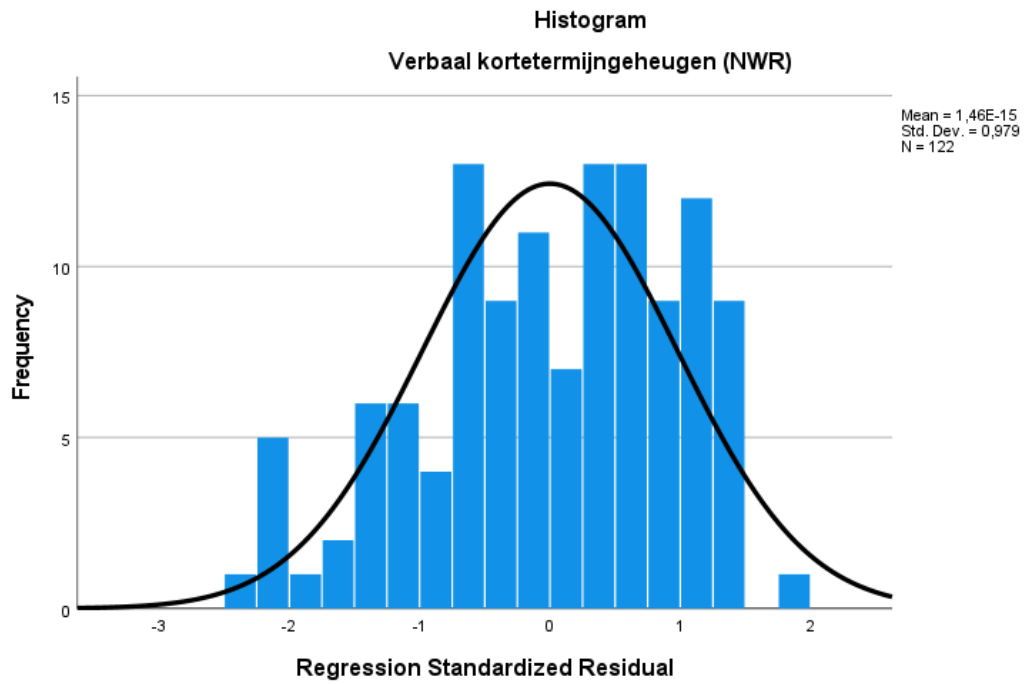
De assumptie voor normaliteit voor de verschillende EF-taken (selectieve aandacht, NWR, visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen) en fijn en grof motorische vaardigheden is gecontroleerd middels een histogram en P-P-Plot



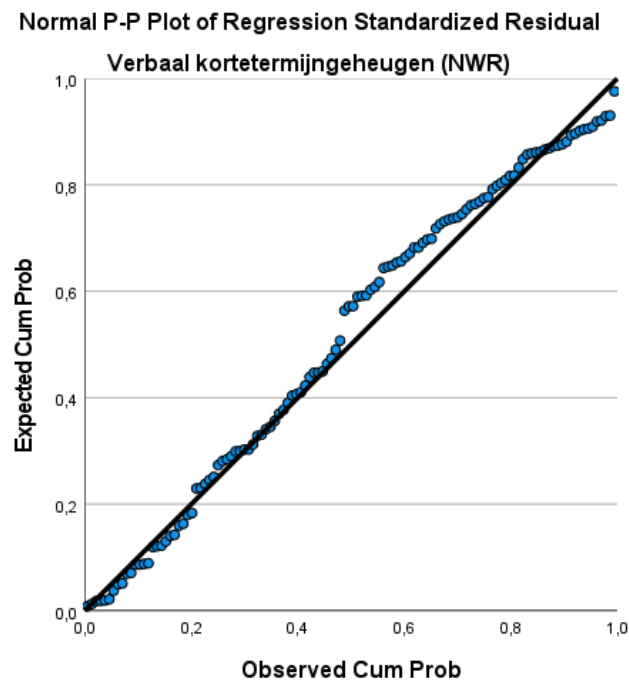
*Figuur C1.* Histogram van de gemiddelde score van selectieve aandacht (olifantjestaak)



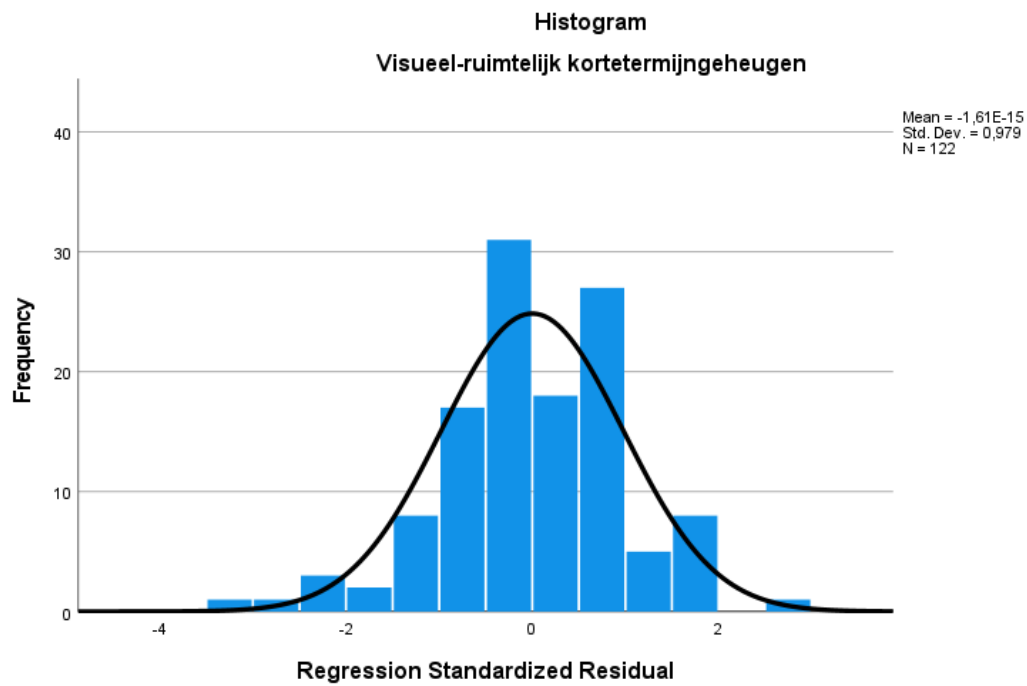
*Figuur C2.* P-P-Plot van de gemiddelde score van selectieve aandacht (olifantjestaak)



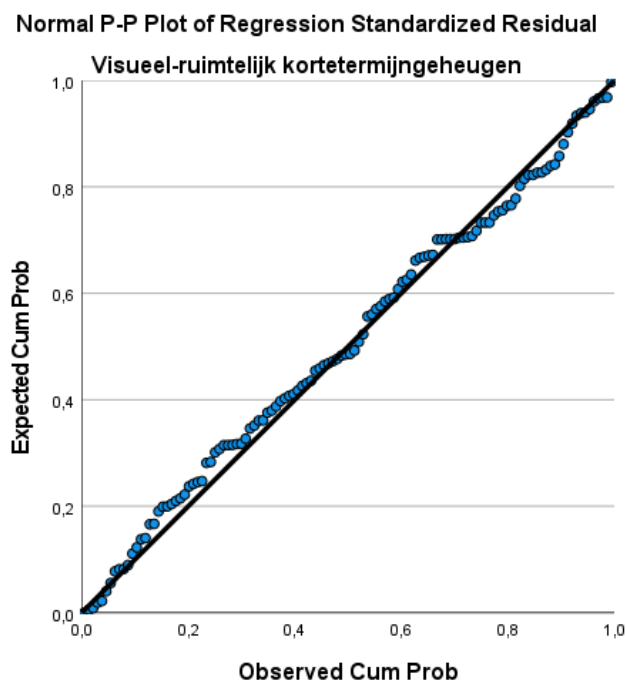
Figuur C3. Histogram van de gemiddelde score van het verbaal kortetermijngeheugen (NWR)



Figuur C4. P-P-Plot van de gemiddelde score van het verbaal kortetermijngeheugen (NWR)



*Figuur C5.* Histogram van de gemiddelde score van de visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugentaak (doosjestaak)

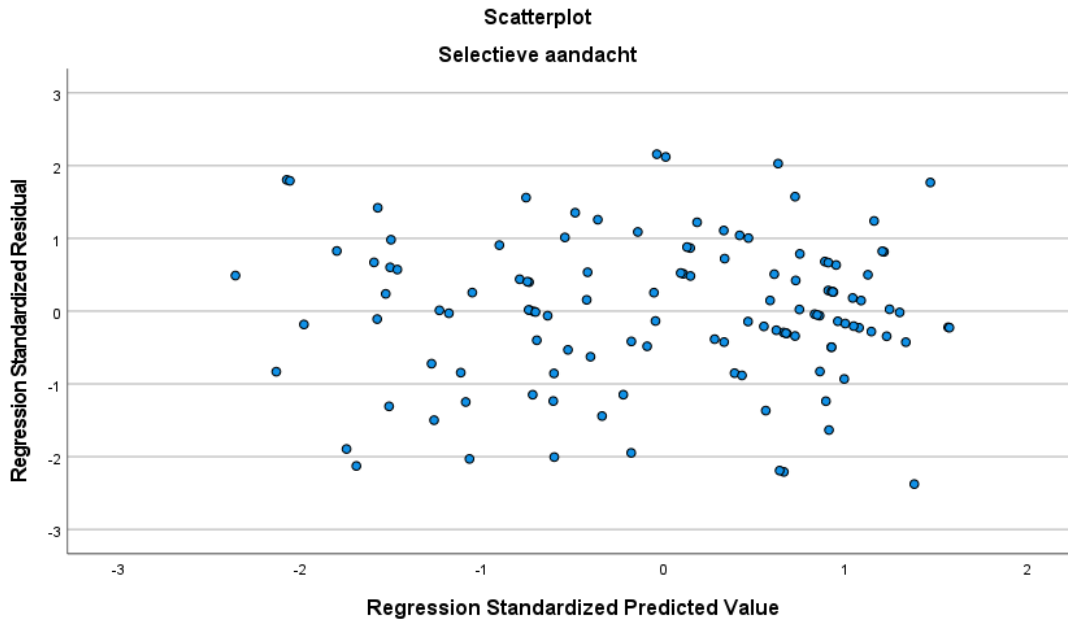


*Figuur C6.* P-P-Plot van de gemiddelde score van de visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugentaak (doosjestaak)

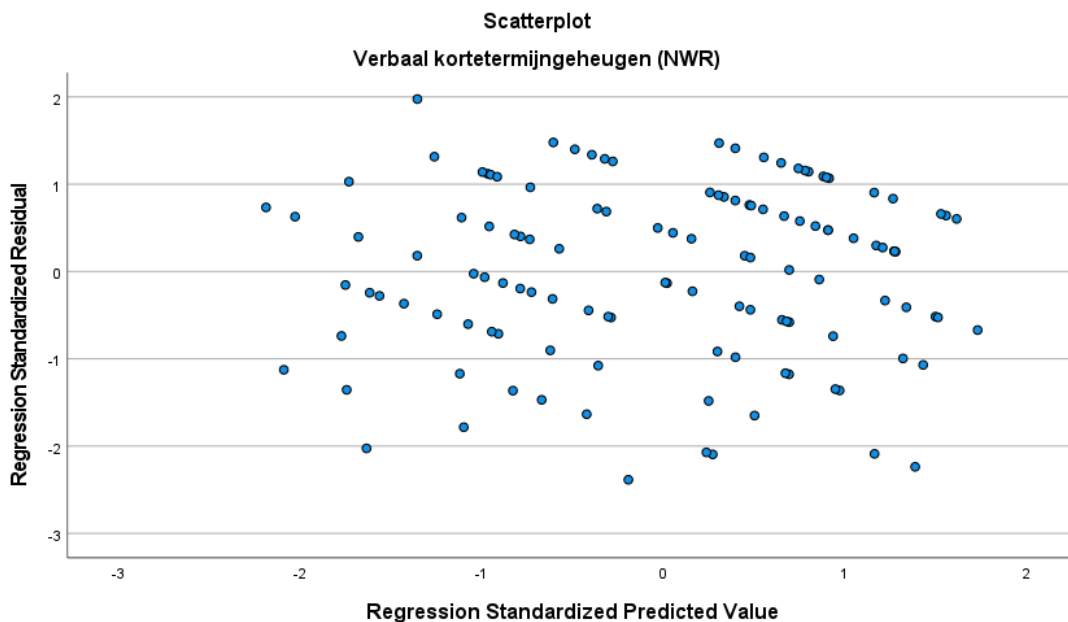
Bijlage D

Assumptie Lineariteit en homoscedasticiteit

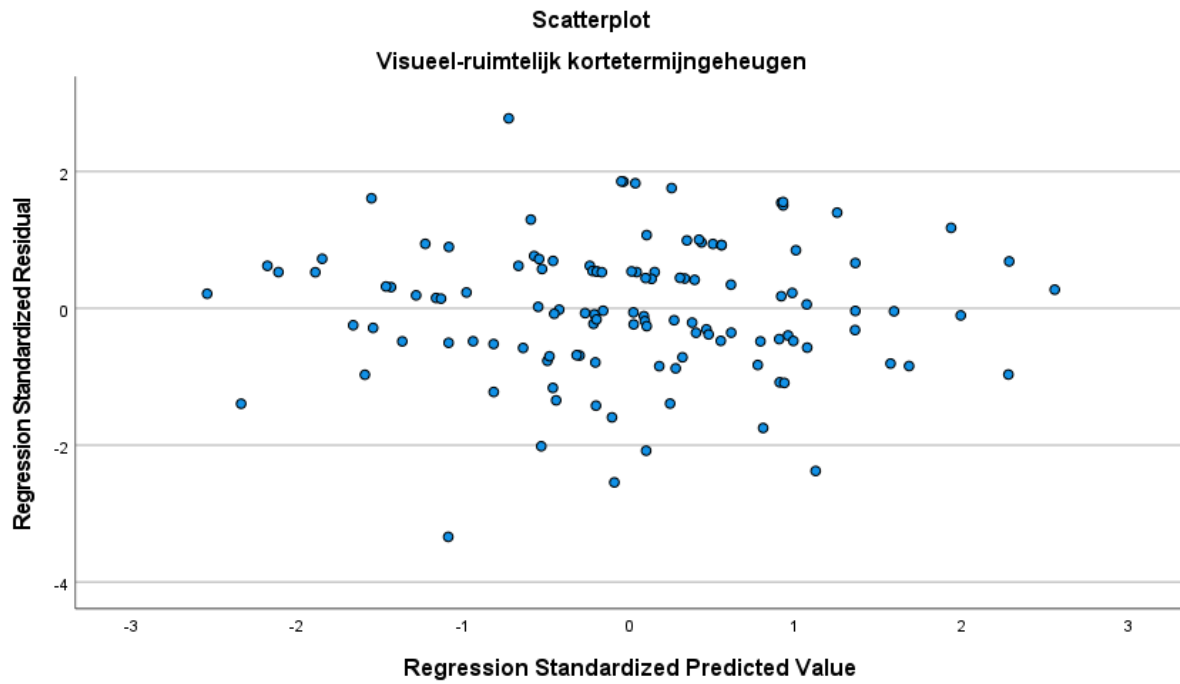
De assumptie voor lineariteit/homoscedasticiteit voor de verschillende EF-taken (selectieve aandacht, NWR, visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen) op basis van het regressiemodel



Figuur D1. Scatterplot selectieve aandacht (olifantjestaak)



Figuur D2. Scatterplot verbaal kortetermijngeheugen (NWR)



*Figuur D3.* Scatterplot visueel-ruimtelijk kortetermijngeheugen (doosjestaak)