

DE RELATIE TUSSEN DE  
SPEED-ACCURACY TRADE-  
OFF EN HET  
AUTOMATISEREN VAN  
MOTORTAKEN

Wiebke Bensmann

FACULTEIT BEHAVIOURAL, MANAGEMENT AND SOCIAL SCIENCES  
AFDELING COGNITIVE PSYCHOLOGY & ERGONOMICS

1<sup>ste</sup> begeleider: Jonathan Barnhoorn

2<sup>de</sup> begeleider: Prof. Willem Verwey

## Inhoud

Abstract .....	3
Samenvatting .....	4
Inleiding .....	5
<i>Sequentie leren</i> .....	5
<i>Sequentie leren en accuratesse</i> .....	6
<i>Discrete Sequence Production Task</i> .....	7
<i>Onderzoeksvraag en hypothese</i> .....	8
<i>Verwachte uitkomsten</i> .....	9
Methode .....	9
<i>Proefpersonen</i> .....	9
<i>Taak</i> .....	9
<i>Discrete Sequence Production Task.</i> .....	9
<i>Vragenlijsten.</i> .....	11
<i>Procedure</i> .....	12
<i>Materiaal</i> .....	13
<i>Analyse</i> .....	13
Resultaten .....	13
<i>Bekende en onbekende conditie</i> .....	13
<i>Single-stimulus conditie</i> .....	15
Discussie .....	15
Literatuur .....	18
Bijlage .....	20

### Abstract

Elderly perform motor tasks slower and focus more on accuracy than young people. By slowing down their speed, they can use online feedback to correct movements. This relationship between the speed of movement and accuracy is known as the speed-accuracy trade-off. The purpose of this study is to determine whether there is a relationship between the speed-accuracy trade-off and chunking. Chunking is to combine parts of information to remember this information better. If there is a relationship between the speed-accuracy trade-off and chunking then this would mean that young people show less chunking when they perform a task very accurately and show more chunking if they have to be very fast. To be able to test this, the discrete sequence production (DSP) task is used. With this task sequential representations can be studied by measuring the performance on repeatedly offered keypress sequences. A fast and an accurate group of subjects (18-30 years) practiced a fixed 3-key and a fixed 6-key sequence. By comparing the reaction times within the sequences it could be identified to what extent chunking was used. The results showed that the two groups exhibit chunking to the same extent. So there is no indication that a focus on accuracy leads to less chunking. A possible explanation is that there is a relationship between the speed-accuracy trade-off and the time that is necessary to go on in the chunking mode.

## Samenvatting

Ouderen voeren motortaken langzamer uit en letten meer op accuratesse dan jongeren. Door hun snelheid te vertragen kunnen ze gebruik maken van online feedback om bewegingen te corrigeren. Deze relatie tussen bewegingssnelheid en accuratesse staat bekend als de speed-accuracy trade-off. Het doel van dit onderzoek is om te achterhalen of er een relatie bestaat tussen de speed-accuracy trade-off en het vertonen van chunking. Chunking is het samenvoegen van delen informatie om deze informatie beter te kunnen onthouden. Als er een samenhang bestaat tussen de speed-accuracy trade-off en chunking, dan zal dit betekenen dat ook jongeren minder chunking vertonen als ze heel accuraat te werk gaan en meer chunking vertonen als ze heel snel moeten zijn. Om dit te kunnen toetsen wordt gebruik gemaakt van de discrete sequence production (DSP) taak. Met deze taak kunnen sequentiële representaties onderzocht worden door de prestatie op herhaald aangeboden toetsdruksequenties te meten. Een snelle en een accurate groep proefpersonen (18-30 jaar) oefende met een vaste 3-toets en een vaste 6-toets sequentie. Door de reactietijden binnen de sequenties te vergelijken kon achterhaald worden in welke mate chunking werd gebruikt. De resultaten lieten zien dat beide groepen in gelijke mate chunking vertonen. Er is dus niet overtuigend aangetoond dat accuratesse leidt tot minder chunking. Een mogelijke verklaring is dat er een samenhang bestaat tussen de speed-accuracy trade-off en de tijd die nodig is om in de chunking mode over te gaan.

## Inleiding

Een veel onderzocht onderwerp binnen de cognitieve psychologie is het aanleren van motorische sequenties. Dit beschrijft het opdoen van het vermogen om een bewegingspatroon snel en accuraat uit te voeren met minimale besteding van aandacht. Wanneer mensen herhaald dezelfde volgorde van bewegingen uitvoeren leren ze vanzelf een bewegingspatroon (Abrahamse, Ruitenberg, de Kleine & Verwey, 2013). In het dagelijks leven maken mensen vaak gebruik van complexe bewegingspatronen die automatisch uitgevoerd worden zoals autorijden, een muziekinstrument spelen of het zetten van een handtekening (Gallistel, 1980). Het automatisch kunnen uitvoeren van complexe motortaken is dus van groot belang.

### *Sequentie leren*

Een achterliggend mechanisme voor het verwerken van informatie en dus ook voor het aanleren van automatische bewegingspatronen is *chunking*. De theorie over chunking is gebaseerd op onderzoeken van Miller (1956) waarin de omvang van het kortetermijngeheugen beschreven wordt. Een "memory chunk" bestaat uit een aantal units informatie vanuit de omgeving (Miller, 1956). Met behulp van memory chunks kan verklaard worden hoe de verhoogde vaardigheid om informatie vanuit de omgeving te verzamelen leidt tot een grotere hoeveelheid kennis ondanks cognitieve beperkingen. Een individu kan volgens onderzoeken van Miller (1956) 7±2 units informatie onthouden. Uit meer recent onderzoek van Cowan (2010) bleek echter dat de capaciteit van het kortetermijngeheugen duidelijk lager is dan bepaald door Miller. Tegenwoordig wordt aangenomen dat een individu 3 tot 4 units informatie vast kan houden in het kortetermijngeheugen (Cowan, 2010). Verder bestaat een motor chunk zelf uit maximaal 5 delen informatie (Verwey, Abrahamse, Jiménez, 2009).

Een cognitief model om het aanleren van automatische bewegingspatronen te verklaren is het "dual processor model" (Abrahamse, Ruitenberg, de Kleine & Verwey, 2013). Volgens dit model kan onderscheid gemaakt worden tussen twee uitvoerende modi. De eerste modus is de "reaction mode". Hier wordt iedere stimulus in een bewegingssequentie als een aparte unit informatie onafhankelijk van de andere stimuli bekeken. Op basis van deze stimulus wordt een reactie gekozen (Verwey, 2003a). Deze modus wordt vooral gebruikt wanneer nieuwe sequenties aangeboden worden. Als een sequentie herhaaldelijk wordt aangeboden leren mensen het patroon van deze sequentie en dus de reacties op de hele sequentie of delen ervan. Wanneer in dit geval de eerste stimulus in de sequentie wordt aangeboden, kunnen handelingen horend bij de volgende stimuli uitgevoerd worden zonder dat deze getoond worden. In dit geval is sprake van de "chunking mode" (Verwey, 2003a).

Concreet betekent dit dat een persoon die moet reageren op de stimuli van twee vaste 6-toets sequenties de keuze heeft tussen twee series met 6 keuzemogelijkheden als ze met de taak begint. Er wordt namelijk nog geen patroon herkend, er is dus sprake van de reaction mode. Na oefening met de taak verandert dit in een 2 keuze taak. Nu heeft een overgang naar de chunking mode plaatsgevonden. De twee series zijn geautomatiseerd. Iedere serie wordt nu waargenomen als een chunk of meerdere opeenvolgende chunks. In het begin moet er dus herkend worden welke van de twee series wordt aangeboden om de eerste chunk uit de serie te kunnen laden. Na iedere chunk moet opnieuw herkend worden welke van de twee series wordt aangeboden om de volgende chunk te kunnen laden (Abrahamse, Ruitenberg, de Kleine & Verwey, 2013).

### *Sequentie leren en accuratesse*

Uit onderzoeken van Perry et al., (2009) is gebleken dat de motorcontrole met stijgende leeftijd afneemt. Er is sprake van een verminderd vermogen om in balans te blijven, te lopen en te coördineren en bewegingen zijn vertraagd (Seidler et al., 2010). In onderzoeken van Desrosiers et al., (1995) werd aan zowel mensen op hoge leeftijd als aan jonge mensen een eenvoudige motorcoördinatietaak gegeven. Hierbij werd geëist een taak zowel snel als ook accuraat uit te voeren. Het resultaat was dat de oudere mensen meer tijd nodig hadden om tot dezelfde prestatie te komen. Een belangrijke observatie is verder dat jongeren bewegingspatronen veel sneller automatiseren dan ouderen (Verwey, 2010). Bo, Borza en Seidler (2009) ontdekten dat ouderen geen of weinig gebruik maken van chunking. Ouderen zijn wel in staat om bij korte sequenties succesvol gebruik te maken van chunking maar vertonen minder chunking bij lange sequenties (Bo, Borza & Seidler, 2009; Verwey, 2010). Dit vormt een beperking voor oudere mensen bij alledaagse taken. Een mogelijke reden voor deze beperking zijn fysiologische veranderingen. Door het ouder worden verslechteren de zintuigen, worden de leden verstijfd en minder flexibel, en worden bewegingen vaker beperkt door ziekten zoals een beroerte of artritis (Delbono, 2003). De tweede mogelijke reden is dat ouderen als gevolg van cognitieve veranderingen andere strategieën gebruiken om complexe bewegingspatronen uit te voeren. Het is mogelijk dat de achteruitgang leidt tot compenserende processen. Dit is in lijn met aanwijzingen dat mensen in staat zijn om snel hun intrinsieke motorvariabiliteit te beoordelen en op basis daarvan hun motorische strategieën te optimaliseren (Trommershäuser et al., 2005). Een strategie die ouderen mogelijk gebruiken is om een beweging langzamer uit te voeren om meer gebruik te maken van “online feedback” om de beweging te kunnen corrigeren. De ouderen zijn op deze manier

in staat om even accuraat te presteren als jongere mensen (Trommershäuser et al., 2005). Deze relatie tussen bewegingssnelheid en accuratesse gebaseerd op onderzoeken van Fitts (1954) is bekend als de *speed-accuracy trade-off*. Het beschrijft de complexe samenhang tussen de wens van een mens om langzaam te werken met als resultaat weinig fouten en de wens om snel te werken met als resultaat meer fouten (Proctor & Vu, 2003). De speed-accuracy trade-off is in allerlei situaties in het dagelijkse leven present. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan het bewegen van een computermuis. Hoe sneller iemand de computermuis beweegt, hoe waarschijnlijker het is dat het bedoelde icoon niet geraakt wordt. Voor veel taken is het dus belangrijk om de snelheid te verminderen om een accurate beweging te kunnen maken (Fairbrother, 2010). Dit accurate gedrag is mogelijk een oorzaak van de bevinding dat ouderen geen of slechts deels gebruik maken van chunking om bewegingspatronen te automatiseren. Omdat de persoon erop let accuraat te zijn blijft hij of zij mogelijk in de reaction mode. Dus mogelijk vertonen ouderen minder chunking dan jongeren omdat ze meer op accuratesse focussen dan jongeren.

#### *Discrete Sequence Production Task*

Om het aanleren en controleren van automatische bewegingssequenties te onderzoeken wordt gebruik gemaakt van sequentiële motortaken. Dit zijn taken waarbij achtereenvolgens stimuli gepresenteerd worden waar iemand door middel van een beweging op moet reageren (Rhodes, Bullock, Verwey, Averbek & Page, 2004). Voor het huidige onderzoek wordt gebruik gemaakt van de *discrete sequence production (DSP) taak*. Deze taak is ontwikkeld door Verwey (2001) en heeft als doel om sequentiële representaties te onderzoeken door de prestatie op herhaald aangeboden toetsdruksequenties te meten. Proefpersonen doorlopen twee vaste en zich in willekeurige volgorde constant herhalende sequenties van stimulus-reactie (S-R) evenementen. De DSP-taak wordt uitgevoerd op een computer. Op het beeldscherm verschijnen zes plaatshouders. Aan iedere plaatshouder op het beeldscherm is een bepaalde toets op het toetsenbord gekoppeld op basis van spatiële compatibiliteit. Dit wil zeggen dat de plaatshouder die het meest rechts op het beeldscherm te zien is, is gekoppeld aan de meest rechts liggende te gebruiken toets. De proefpersonen worden gevraagd om de vingers tijdens de taak op de toetsen te laten rusten. Bij het begin van de taak licht de eerste plaatshouder op. De proefpersoon moet daarop reageren door de bijbehorende toets in te drukken. Daarna lichten achtereen de volgende plaatshouders op, waarop de proefpersoon telkens met de passende toetsdruk moet reageren (Verwey, 2001).

### *Onderzoeksvraag en hypothese*

Omdat uit eerder onderzoek bleek dat ouderen meer accuraat te werk gaan dan jongeren (Trommershäuser et al., 2005) en dat ouderen minder chunking vertonen bij het aanleren van automatische bewegingspatronen (Bo, Borza en Seidler, 2009) kan het zijn dat er een samenhang bestaat tussen de speed-accuracy trade-off en de mate van chunking. Als dit het geval is, ligt het voor de hand dat ook jongeren minder chunking zullen vertonen als ze heel accuraat te werk moeten gaan. Zodoende is de onderzoeksvraag: Bestaat er een relatie tussen de speed-accuracy trade-off en chunking? Om deze vraag te kunnen beantwoorden werd de volgende hypothese geformuleerd: Meer accuratesse leidt tot minder chunking.

Om deze relatie te onderzoeken werd de DSP-taak uitgevoerd door twee groepen proefpersonen. De ene groep kreeg de opdracht om heel accuraat te zijn, de tweede groep kreeg de opdracht om juist heel snel te werk te gaan. De DSP-taak begon met een oefenfase. De DSP sequentie bestond hier uit twee vaste series van 3 en 6 stimuli. Deze series werden in een willekeurige volgorde getoond. De 3-toets sequentie werd gebruikt omdat ouderen bij korte sequenties eerder chunking gebruiken (Bo, Borza en Seidler, 2009; Verwey, 2010). Omdat ouderen minder chunking vertonen doordat ze zich meer op accuratesse richten, is het de vraag of de accurate groep jongeren ook eerder chunking vertoont bij korte sequenties. De 6-toets sequentie werd gekozen om te kunnen achterhalen of de accurate groep bij lange sequenties chunking gebruikt. In de testfase voerden de proefpersonen de taak in drie condities uit: de bekende conditie, onbekende conditie en single-stimulus conditie. In de bekende conditie werden dezelfde sequenties getoond als in de oefenfase. De onbekende conditie werd als controle conditie gebruikt. Hier werden nieuwe sequenties getoond. In de single-stimulus conditie werd alleen de eerste stimulus van de sequentie getoond. De rest van de sequentie moest zelfstandig worden aangevuld. Doordat de sequentie vanuit het geheugen moest worden opgehaald, vereiste deze conditie een overgang naar de chunking mode. Was de persoon niet in staat deze taak op te lossen, dan bevond ze zich nog in de reaction mode. Door telkens de reactietijden op de stimuli binnen een sequentie te vergelijken kon achterhaald worden in welke mate chunking werd gebruikt.

### *Verwachte uitkomsten*

Verwacht wordt dat zowel de accurate groep als de snelle groep in de bekende conditie sneller zijn en meer chunking vertonen dan in de onbekende conditie bij het uitvoeren van de 3- toets sequentie. Dit omdat uit onderzoeken van Bo, Borza en Seidler (2009) en Verwey (2010) bleek dat ouderen bij korte sequenties meer chunking vertonen. Wordt het minder succesvol



vertonen van chunking bij ouderen inderdaad veroorzaakt door de strategie om accuraat te zijn, dan zal dit betekenen dat ook de accurate groep bij korte sequenties meer gebruik maakt van chunking. Er wordt verwacht dat de accurate groep bij de 6-toets sequentie sneller is in de bekende conditie dan in de onbekende conditie maar desondanks weinig chunking zal vertonen. De snelle groep zal bij de 6-toets sequentie eveneens in de bekende conditie sneller zijn dan in de onbekende conditie. Er wordt echter verwacht dat deze groep meer chunking vertoont. Verder wordt verwacht dat de accurate groep bij de 3- toets sequentie meer succesvol zal zijn om de sequenties in de single stimulus conditie uit te voeren terwijl ze hierbij bij de 6- toets sequentie minder succesvol zal zijn. Dit omdat verwacht wordt dat ze bij het uitvoeren van de 3-toets sequentie in de chunking mode is overgegaan terwijl ze bij de 6-toets sequentie in de reaction mode zal blijven, en afhankelijk van externe stimuli. De snelle groep zal zowel bij de 3- als 6- toets sequentie in staat zijn om de sequenties meer succesvol uit te voeren. Dit doordat verwacht wordt dat deze groep bij beide sequenties wel in de chunking mode is overgegaan.

## Methoden

### *Proefpersonen*

Het onderzoek werd afgenomen bij 28 proefpersonen. Vier van deze proefpersonen werden voorafgaand voor een pilotstudie gebruikt. Voor het eigenlijke onderzoek werden dus de resultaten van 24 proefpersonen (gemiddelde leeftijd 23, tussen 19 en 28 jaar, 17 vrouwen, 22 Duitsers) verwerkt. De proefpersonen moesten in staat zijn om de Nederlandse of Duitse taal vloeiend te spreken. Verder werd geëist dat de proefpersonen rechtshandig zijn en een goed gezichtsvermogen en goede motoriek hebben.

### *Taak*

#### *Discrete Sequence Production Task.*

Tijdens het uitvoeren van de DSP taak waren op het beeldscherm zes vierkante plaatshouders met een zwarte omlijning te zien. Achtergrond en plaatshouders waren wit. De plaatshouders hadden afmetingen van 25 x 25 mm en stonden in een lijn naast elkaar op een onderlinge afstand van 13 mm. Alleen tussen de derde en vierde plaatshouder was de afstand groter (51 mm).

Iedere plaatshouder was gekoppeld aan een bijbehorende toets op het toetsenbord. Bij de toewijzing van de toetsen werd erop gelet dat plaatshouders en toetsen ruimtelijk met elkaar compatibel waren. Voor dit onderzoek werden de toetsen D, F, G, J, K en L gebruikt.

Tijdens de taak hadden de proefpersonen hun vingers op de toetsen liggen. Daarbij kwamen de vingers van de linkerhand op de D, F en G te liggen en de vingers van de rechterhand op J, K en L. In het gat tussen de derde en vierde plaatshouder was de letter H afgebeeld.

De instructies kwamen op het beeldscherm te staan. Deze waren al naar gelang van de nationaliteit in het Nederlands of Duits. Naast de uitleg van de werkwijze van de DSP taak werden de proefpersonen geïnstrueerd snel of accuraat te werken. De proefpersonen werden willekeurig aan een van de groepen toegewezen. De snelle groep kreeg de instructie: “Uw doel is om in deze taak de bewegingen zo snel als u kunt uit te voeren”. De accurate groep kreeg de instructie: “Uw doel is om in deze taak de bewegingen zonder fouten te maken uit te voeren.”

Door de spatiebalk in te drukken konden de proefpersonen naar het volgende beeldscherm wisselen en de taak starten. De plaatshouders lichtten in twee vaste volgordes groen op. De ene sequentie bestond hier uit 3 stimuli (S1-S3) en de andere uit 6 stimuli (S1-S6). De taak van de proefpersonen was om hierop te reageren (R1-R3 en R1-R6) door de bijbehorende toets in te drukken. Had een proefpersoon de juiste toets ingedrukt dan lichtte de volgende plaatshouder groen op, et cetera. Had de proefpersoon voor de foute toets gekozen dan verscheen op het beeldscherm 500 ms lang een foutmelding en werd de sequentie afgebroken. Het beeldscherm werd dan 1000 ms lang wit voordat de nieuwe sequentie begon. Na iedere sequentie werd het beeldscherm 2000 ms lang wit. Daardoor wisten de proefpersonen dat een sequentie beëindigd was.

In de oefenfase leerden de proefpersonen de sequenties. In deze fase werden zes blokken met telkens dezelfde 24 3-stimuli sequenties (bijvoorbeeld K D L) en 24 6-stimuli sequenties (bijvoorbeeld F G K L D J) herhaald en in een willekeurige volgorde getoond. Verder kreeg iedere proefpersoon andere sequenties. Deze werden "counterbalanced" toegewezen. Op de helft van ieder blok kwam een pauze van 40 seconden en aan het eind van ieder blok kwam een pauze van 2 minuten. De proefpersonen konden hier even rusten. Op het beeldscherm werd telkens getoond hoe lang de pauze nog duurde door een terugtellende klok. Tijdens deze pauzes kregen de proefpersonen bovendien feedback over hun voortgang. De snelle groep werd geïnformeerd over zijn of haar reactietijd, de accurate groep over het aantal fouten dat ze gemaakt had. Daarnaast kreeg de snelle groep afhankelijk van de reactietijden feedback om hem of haar te motiveren sneller te worden en de accurate groep kreeg afhankelijk van het aantal fouten extra feedback om hem of haar te motiveren minder fouten te maken (bijlage A).

Binnen ongeveer 90 minuten doorliepen de proefpersonen een oefenfase en een testfase. De testfase bestond uit drie condities, de bekende, onbekende en single-stimulus conditie. De volgorde van condities in de testfase was counterbalanced over proefpersonen. Verder werd iedere sequentie per conditie nog maar 12 keer getoond en na iedere conditie een pauze van 40 seconden gehouden. Bij iedere conditie kregen de proefpersonen de instructie om snel te reageren maar niet te veel fouten te maken. In de bekende conditie en single-stimulus conditie werden dezelfde sequenties aangeboden als in de oefenfase. In de single-stimulus conditie werd telkens alleen de eerste stimulus van een sequentie getoond. De proefpersonen moesten de rest van de sequentie zelfstandig aanvullen. Iedere keer dat een toets werd ingedrukt werden alle plaatshouders kort wit. Vervolgens lichtten ze weer allen groen op. De onbekende conditie bestond uit willekeurig gegenereerde sequenties.

#### *Vragenlijsten.*

Naast de DSP taak werden vijf vragenlijsten afgenomen. Een vragenlijst was de “Edinburgh handedness test” (Oldfield, 1971). Een andere vragenlijst- de Getal-Symbool Taak toetste de “speed of processing” van de proefpersonen. Deze taak werd dus als covariaat gebruikt. Hier werden symbolen aan getallen toegewezen. De taak van de proefpersonen was om binnen 90 seconden zoveel mogelijk corresponderende symbolen onder een rij getallen te schrijven. Achteraf moesten de symbolen vanuit het geheugen worden weergegeven (Wechsler, 1981).

Op drie verschillende tijdstippen werd een vermoeidheidsscore afgenomen. Getoetst werd hoe vermoeid de proefpersonen voor, tijdens en na de taak waren. Op een schaal van 0 tot en met 10 moesten proefpersonen een cirkel zetten rond het getal dat het best beschrijft hoe vermoeid ze op dat moment waren. Een score 0 betekende geen vermoeidheid en 10 een hoge mate van vermoeidheid.

De expliciete kennis vragenlijst werd tussen de oefenfase en de testfase afgenomen en had als doel te achterhalen of de proefpersonen de sequenties konden reconstrueren. Daardoor kon gekeken worden of proefpersonen de sequenties bewust hadden waargenomen. Verder werd onderzocht op welke manier de proefpersonen de sequenties hadden onthouden. Hiervoor werd de proefpersonen op drie manieren gevraagd om de sequenties aan te geven: opschrijven, aanwijzen en herkennen.

Verder werd een gezondheidsvragenlijst afgenomen. Deze vragenlijst maakte vooral gebruik van meerkeuzevragen om de gezondheidstoestand van de proefpersonen in kaart te brengen. Voor verdieping werden ook enkele open vragen gebruikt. Naast vragen over de

gezondheid kwamen hier ook vragen over de opleiding en ervaringen met toetsdruktaken zoals piano spelen en games aan de orde. Tenslotte werd hier op de DSP-taak gereflecteerd.

### *Procedure*

Voor dit onderzoek werden proefpersonen vanuit de eigen kennissenkring benaderd om mee te doen. Via e-mail, telefoon en “face-to-face” werd een afspraak gemaakt met telkens een proefpersoon om de toets af te nemen. Het onderzoek vond bij de proefpersonen thuis plaats. Aan het begin werd ervoor gezorgd dat er een rustige sfeer voor de proefpersoon was. Dit door het onderzoek in een afzonderlijke ruimte plaats te laten vinden en na te gaan dat geen interruptie plaatsvond door binnenlopende bewoners, mobieltjes, televisie of harde muziek. Vervolgens informeerde de onderzoeker de proefpersonen over het onderzoek. Hiervoor werd een van te voren opgezette informatiebrief samen doorgenomen en het “informed consent” ondertekend.

Het onderzoek begon met het invullen van de vragenlijst over de voorkeurshand, gevolgd door het afnemen van de Getal-Symbool Taak en de eerste vermoeidheidsscore. Daarna startte het oefenen met de DSP taak, na blok zes volgde een pauze om de expliciete kennis vragenlijst gevolgd door de tweede vermoeidheidsscore af te nemen. Daarna werd verder gegaan met de DSP test fase. De onderzoeker instrueerde mondeling dat dit blok bestond uit drie subblokjes en het belangrijkste deel van het experiment uitmaakte. Verder moedigde de onderzoeker aan om op het gevoel te werken en gewoon door te gaan met fouten maken wanneer de proefpersoon in de single-stimulus conditie niet zeker was van de sequentie. Na dit blok was de DSP taak beëindigd. Afsluitend werd de vermoeidheidsscore voor de derde keer ingevuld en de gezondheidsvragenlijst afgenomen.

### *Materiaal*

De DSP taak werd met behulp van het E-prime 2.0 experimental software pakket op twee laptops beoefend, een Asus pro55s met 15,4” beeldscherm en een Samsung R530 met 15,9” beeldscherm, telkens met een 32-bit besturingssysteem. Zowel antivirusscanner, internet als windows updates werden bij beide laptops uitgeschakeld en er werd gezorgd voor voldoende energievoorziening. Voor beide laptops werd hetzelfde reguliere externe toetsenbord gebruikt. Daarnaast werd gebruik gemaakt van vijf vragenlijsten die door de proefpersoon handgeschreven ingevuld werden.

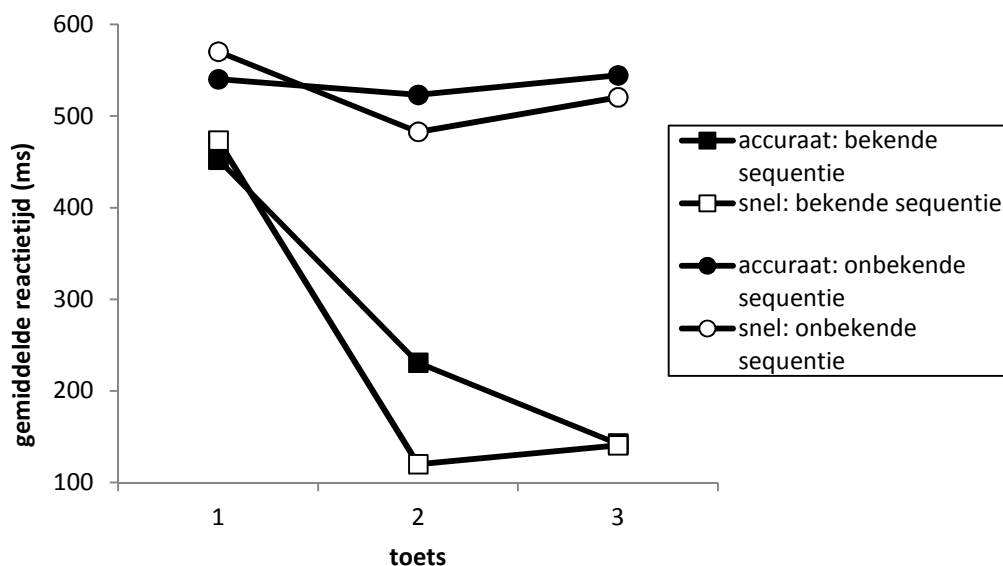
## Analyse

Voor de 3-toets sequentie en 6-toets sequentie werden apart ANOVA's en t-tests uitgevoerd om de bekende en onbekende conditie met elkaar te vergelijken en het aantal succesvol voltooide sequenties in de single-stimulus conditie te onderzoeken. Hiervoor werden de gemiddelde reactietijden per toets voor iedere proefpersoon, de groep, testconditie en toets aan de ANOVA toegevoegd. De "effectgrootte" wordt in de resultaten weergegeven als "partial eta-squared" ( $\eta^2$ ). Sequenties met één of meer fouten en sequenties waarbij een proefpersoon meer dan 2.5 keer de standaardafwijking van de gemiddelde reactietijd in die conditie nodig had, werden van te voren uit de analyse gehaald.

## Resultaten

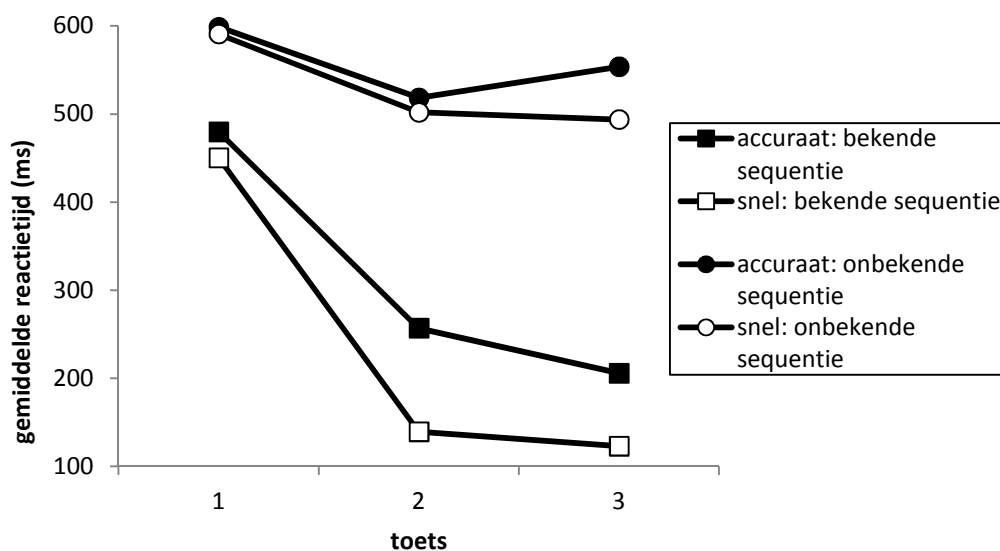
### Bekende en onbekende conditie

Met een "repeated measures analysis of variance" (ANOVA) op reactietijd met testconditie (2; bekend of onbekend) en toets (3; T1, T2 en T3) als binnen personen factor en groep (2; snel of accuraat) als tussen personen factor werd de individuele reactietijd bij de 3-toets sequentie geanalyseerd. Uit de resultaten bleek, dat de reactietijden in de bekende conditie sneller waren dan in de onbekende conditie  $F(1,22) = 606.637, p < .001, \eta^2 = .965$  zoals te zien in figuur 1. Verder was de reactietijd voor zowel de snelle als accurate groep bij T1 significant trager dan bij T2 en T3  $F(2,44) = 97.612, p < .001, \eta^2 = .816$ . Tussen T2 en T3 was geen significant verschil in reactietijd. Ook was er een significante interactie tussen de toets en groep te zien  $F(2,44) = 6.504, p = .005, \eta^2 = .228$ . De snelle groep was bij T1 het traagst, bij T2 het snelst en werd bij T3 weer trager. De accurate groep was bij T1 het traagst, werd bij T2 sneller en was bij T3 het snelst.



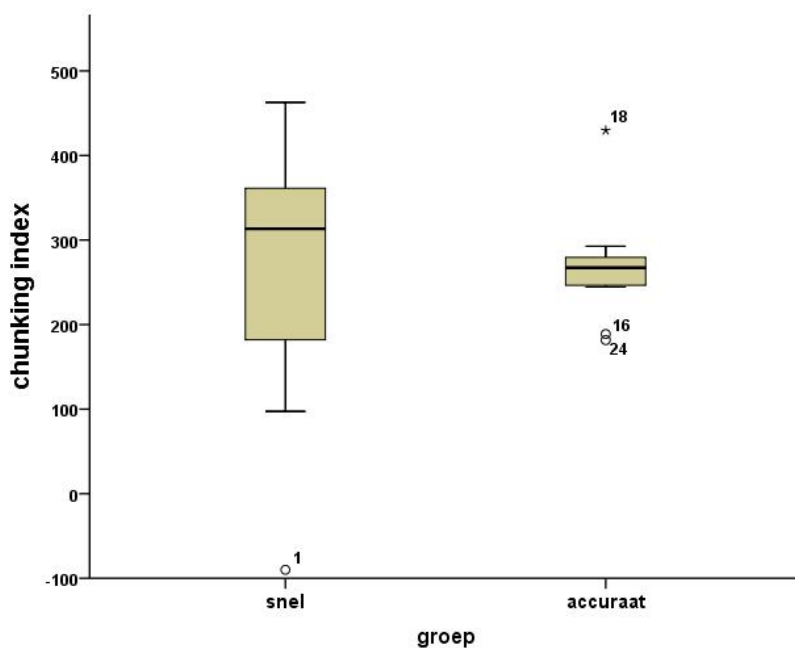
Figuur 1. Gemiddelde reactietijd van de snelle en accurate groep bij de bekende en onbekende 3-toets sequentie.

Dezelfde ANOVA werd voor de 6-toets sequentie uitgevoerd. Echter werden alleen T1, T2 en T3 in de analyse betrokken omdat het door deze vorm van analyse niet mogelijk is om te bepalen waar de tweede chunk begint. Te herkennen was ook hier, dat de reactietijden in de bekende conditie sneller waren dan in de onbekende conditie  $F(1,22) = 541.058$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.961$  (figuur 2). De reactietijd bij T1 was verder significant trager dan bij T2 en T3  $F(2,44) = 122.548$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .848$ . Tussen T2 en T3 was er geen significant verschil in reactietijd. Toch was er geen significante interactie tussen de toets en de groep  $F(2,44) = 2.408$ ,  $p > .05$ ,  $\eta^2 = .099$ . Beide groepen waren bij T1 het traagst, werden bij T2 sneller en waren bij T3 het snelst.



Figuur 2. Gemiddelde reactietijd van de snelle en accurate groep bij de bekende en onbekende 6-toets sequentie.

Om te achterhalen of de versnellingen in reactietijd terug te voeren waren op chunking werd gebruik gemaakt van een chunking index. De chunking index werd bepaald door het verschil tussen T1 en de gemiddelde uitvoeringstijd bij T2 en T3 te berekenen. Was dit verschil groter bij bekende sequenties dan bij onbekende sequenties dan was er sprake van chunking (Verwey, 2010). Een “independent samples t-test” liet zien dat er zowel voor de 3-toets sequentie  $t(14.3) = -.01$ ,  $p > .05$  als ook voor de 6-toets sequentie  $t(22) = 1.598$ ,  $p > 0.05$  geen significant verschil was in de chunking index tussen de snelle groep en accurate groep (figuur 2). Er bestond dus geen samenhang tussen de groep waarin een persoon zat en de chunking index.



Figuur 3. Boxplot voor de chunking index van alle proefpersonen in de snelle en accurate groep bij de 3-toets sequentie.

### *Single-stimulus conditie*

In de single-stimulus conditie was bij de 3-toets sequentie de proportie juist uitgevoerde sequenties door de accurate groep .931 en door de snelle groep .903. De Kruskal-Wallis ANOVA liet zien dat dit geen significant verschil was  $\chi^2(1) = .725, p > .395$ . Bij de 6-toets sequentie was de proportie juist uitgevoerde weergegeven sequenties .722 bij de accurate groep en .729 bij de snelle groep. Evenals bij de 3-toets sequentie bleek uit de Kruskal-Wallis ANOVA ook hier, dat er geen sprake is van een significant verschil  $\chi^2(1) = .017, p > .895$ . Zowel bij de 3-toets sequentie als ook bij de 6-toets sequentie maken beide groepen omtrent evenveel fouten.

### Discussie

Zowel de accurate groep als de snelle groep was in de bekende conditie significant sneller dan in de onbekende conditie bij het beoefenen van de 3-toets sequentie. Verder was hier te herkennen dat beide groepen in gelijke mate chunking vertoonden. In de 6-toets sequentie was eveneens te herkennen dat beide groepen duidelijk sneller in de bekende conditie waren dan in de onbekende conditie. In contrast met de verwachtingen was hier in beide groepen een hoge mate aan chunking te herkennen. Ook bij het uitvoeren van de single-stimulus sequentie waren geen significante verschillen tussen de groepen te herkennen. Dit zowel in de 3-toets sequentie als ook in de 6-toets sequentie. Het blijkt dat beide groepen onafhankelijk van de externe stimulus waren en in de chunking mode waren overgegaan.

Aangezien uit de resultaten bleek dat de snelle groep en accurate groep in gelijke mate chunking vertoonden, moet de hypothese: Meer accuratesse leidt tot minder chunking, verworpen worden.

Opvallend was dat bij de snelle groep binnen de 3-toets sequentie een hogere variabiliteit in de chunking index te herkennen was. Het kan dus dat de resultaten er anders uit zullen zien als het onderzoek met andere proefpersonen vanuit dezelfde populatie wordt uitgevoerd. Echter blijkt de variabiliteit niet van een dergelijke omvang dat bij een herhaalde uitvoering van het onderzoek een andere conclusie kan worden verwacht.

De hypothese dat mensen minder chunking zullen vertonen als ze zich op accuratesse richten werd op basis van de speed-accuracy trade-off geformuleerd. Echter kan op basis van de speed-accuracy trade-off ook vermoed worden dat de speed-accuracy trade-off meer invloed heeft op de snelheid om in de chunking mode over te gaan dan op de mate waarin chunking vertoond wordt. De resultaten dat de snelle en accurate groep in gelijke mate chunking vertonen kan dus samenhangen met een te lange oefenfase. Uit de resultaten is niet te bepalen op welk moment de groepen zijn begonnen te chunken. Het is mogelijk dat de snelle groep eerder is begonnen te chunken dan de accurate groep. Op een gegeven moment wisselen deze proefpersonen vanuit de reaction mode naar de chunking mode en kunnen reactietijden vanwege een “ceiling effect” niet meer korter worden. Is dit punt bereikt, dan blijven de personen op dit niveau tot de taak afgelopen is. Wisselen proefpersonen van de accurate groep binnen deze tijdsperiode eveneens naar de chunking mode, dan leidt dit ertoe dat beide groepen gelijk presteren in de testconditie. Om dit aan te tonen zijn echter vervolgonderzoeken nodig.

Een andere mogelijke reden voor het in gelijke mate gebruiken van chunking in beide groepen is dat de DSP taak voor dit soort onderzoek minder goed geschikt is. Uiteraard is de DSP taak een geschikte methode om te achterhalen in welke mate gebruik wordt gemaakt van chunking. Echter is het mogelijk dat het minder passend is bij het achterhalen van de samenhang tussen chunking en de speed-accuracy trade-off bij jongeren. In de huidige tijd zijn computers, tablets en smartphones alomtegenwoordig en uit het leven van veel mensen niet meer weg te denken. Dit geldt vooral voor jongeren. In de gezondheidsvragenlijst gaf iedere proefpersoon aan om ten minste een keer per week met computers te werken, velen zelfs dagelijks. Hierdoor doen ze veel computerervaringen op wat in de DSP taak geleid kon hebben tot het snel en accuraat kunnen uitvoeren van sequenties zonder veel oefening.

Ondanks dat de hypothese in dit onderzoek niet kon worden bevestigd is het mogelijk dat accuratesse hoe dan ook invloed heeft op chunking en vervolgonderzoeken dus al met al



toevoegende waarde hebben. Aanbevolen is om allereerst te onderzoeken op welk moment jongeren beginnen te chunken als ze heel snel of accuraat moeten zijn door reactietijden op de DSP taak op verschillende tijdstippen te meten. Alleen als hieruit blijkt dat de twee groepen op verschillende momenten chunking beginnen te vertonen, is het een mogelijkheid om de samenhang tussen chunking en de speed-accuracy trade-off met behulp van de DSP taak en een kortere oefenfase verder te onderzoeken. Blijkt dat beide groepen op hetzelfde moment chunking vertonen, dan wordt een alternatief meetinstrument aanbevolen.

## Literatuur

- Abrahamse, E. L., Ruitenberg, M. F. L., de Kleine, E., & Verwey, W. B. (2013). Control of automated behavior: Insights from the discrete sequence production task. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(82). doi:10.3389/fnhum.2013.00082
- Bo, J., Borza, V., & Seidler, R. D. (2009). Age-Related declines in visuospatial working memory correlate with deficits in explicit motor sequence learning. *Journal of Neurophysiology*, 102(5), 2744–2754. doi: 10.1152/jn.00393.2009
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four. How is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51-57. doi: 10.1177/0963721409359277
- Delbono, O. (2003). Neural control of aging skeletal muscle. *Aging Cell*, 2(1), 21-29. doi: 10.1046/j.1474-9728.2003.00011.x
- Desrosiers, J., Hébert R., Bravo, G., & Dutil, E. (1995). Upper-extremity motor coordination of healthy elderly people. *Age and Ageing* 24(2), 108-112.
- Fairbrother, J. T. (2010). *Fundamentals of motor behavior*. Champaign: Human Kinetics Publisher.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381-391. doi.org/10.1037/h0055392
- Gallistel, C. R. (1980). *The organization of action: A new synthesis*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miller, G. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The psychological review*, 63, 81-97.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. doi:10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Perry, M. E., McDonald, C. R., Hagler, D. J., Gharapetian, L., Kuperman, J. M., Koyamae, A. K., Dale, A. M. & McEvoy, L. (2009). White matter tracts associated with set-shifting in healthy aging. *Neuropsychologia*, 47(13), 2835–2842. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.008

- Proctor, R. W., & Vu, K.-P. L. (2003). Action selection. In A. F. Healy & R. W. Proctor (Eds.), *Experimental psychology* (pp. 293–316). Vol. 4 in I. B. Weiner (Editor-in-Chief) *Handbook of psychology*. New York: Wiley.
- Rhodes, B. J., Bullock, D., Verwey, W. B., Averbach, B. B., & Page, M. P. A. (2004). Learning and production of movement sequences: Behavioral, neurophysiological, and modeling perspectives. *Human Movement Science*, 23(5), 699–746, doi:10.1016/j.humov.2004.10.008
- Seidler, R. D., Bernard, A. B., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., Kwak, Y., & Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: Links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neurosci Biobehav Rev*, 34(5), 721-733. doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.10.005
- Trommershäuser, J., Gepshtein, S., Maloney, L. T., Landy, M. S., & Banks, M. S. (2005). Optimal compensation for changes in task-relevant movement variability. *Journal of Neuroscience*, 25(31), 7169-7178. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1906-05.2005
- Verwey, W. B. (2001). Concatenating familiar movement sequences: the versatile cognitive processor. *Acta Psychol.* 106, 69–95. doi:10.1016/S0001-6918(00)00027-5
- Verwey, W. B. (2003a). Processing modes and parallel processors in producing familiar keying sequences. *Psychological Research*, 67(2), 106–122.
- Verwey, W. B., Abrahamsen, E. L., & Jiménez, L. (2009). Segmentation of short keying sequences does not spontaneously transfer to other sequences, *Human Movement Science*, 28, 348-361.
- Verwey, W. B. (2010). Diminished motor skill development in elderly: Indications for limited motor chunk use. *Acta Psychologica*, 134(2), 206–214. doi:10.1016/j.actpsy.2010.02.001
- Wechsler, D. (1981). *Wechsler adult intelligence scale-revised*. San Antonio: Psychological Corporation.

## Bijlage A

*Motivatie snelle groep*

“U reageert iets te langzaam, probeer sneller te reageren. U mag daarbij meer fouten maken.”

“Gemiddeld had u X ms nodig per reactie, probeer sneller te reageren in het volgende blok.”

“Gemiddeld had u X ms nodig per reactie, u hebt uzelf helaas niet voldoende verbeterd! Probeer het volgende blok sneller te reageren.”

“Gemiddeld had u X ms nodig per reactie, dit is sneller dan het vorige blok, goedzo! Probeer het volgende blok wederom sneller te reageren.”

“U maakt iets te veel fouten, probeer minder fouten te maken.”

*Motivatie accurate groep*

“U heeft X fouten gemaakt het afgelopen blok, probeer minder fouten te maken.”

“U heeft geen fouten gemaakt het afgelopen blok, goedzo! Probeer dit vol te houden.”.