



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie

Masterthesis

Wat is het effect van frontopariëtale dual-site tACS op de bimanuele coördinatie bij jongeren en ouderen

Frederik Horions

Michiel Poncelet

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie, afstudeerrichting revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij musculoskeletale aandoeningen

PROMOTOR :

Prof. dr. Raf MEESEN

BEGELEIDER :

Mevrouw Stefanie VERSTRAELEN



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2019
2020



Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie

Masterthesis

Wat is het effect van frontopariëtale dual-site tACS op de bimanuele coördinatie bij jongeren en ouderen

Frederik Horions

Michiel Poncelet

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie, afstudeerrichting revalidatiewetenschappen en kinesietherapie bij musculoskeletale aandoeningen

PROMOTOR :

Prof. dr. Raf MEESEN

BEGELEIDER :

Mevrouw Stefanie VERSTRAELEN

Woord vooraf

Tijdens onze opleiding 'Revalidatiewetenschappen en kinesitherapie' aan de UHasselt kregen we de kans om kennis en ervaring op te doen in wetenschappelijk onderzoek. Deze masterproef werd geschreven binnen het kader van de masteropleiding voor het behalen van ons diploma. De voorbije twee academiejaren hebben we ons kunnen verdiepen in het domein van de neurowetenschappen en neurorevalidatie. Onze dank gaat in de eerste plaats uit naar Prof. Dr. Raf Meesen (promotor), Dra. Stefanie Verstraelen (copromotor) en Dr. Kim van Dun voor hun advies en begeleiding. Verder willen we de faculteit revalidatiewetenschappen, het onderzoeksinstituut BIOMED en REVAL bedanken voor het verlenen van hun materiaal en infrastructuur. Tot slot willen we ook alle participanten bedanken voor hun vrijwillige deelname en alle collega-studenten die mee hebben geholpen bij de realisatie van dit onderzoek.

Casterstraat 91 3500 Hasselt, 29/05/2020

F. H.

Papenakkerstraat 24 3570 Alken, 29/05/2020

M. P.

Situering

Deze masterproef werd uitgevoerd door twee masterstudenten (Frederik Horions en Michiel Poncelet) in de revalidatiewetenschappen en kinesitherapie aan de universiteit Hasselt. De masterproef kadert binnen de neurologische revalidatie, behorende tot de faculteit 'Revalidatiewetenschappen' en werd uitgevoerd over twee academiejaren, startend in 2018 en eindigend in 2020. In de experimentele studie werd het effect van in-phase en anti-phase dual-site tACS op het motorisch leren en de uitvoering van een bimanuele coördinatietaak nagegaan bij jongeren en ouderen. Voorafgaand aan de experimentele studie in 2019-2020 werd een literatuurstudie uitgevoerd in 2018-2019 over de leeftijdsgerelateerde veranderingen in taakuitvoering en centrale representatie bij bimanuele coördinatie. Voor de uitwerking werd gebruik gemaakt van een *central format*.

Voor het bepalen van het onderzoeksdesign en de methode werd reeds in het eerste deel van de masterproef een onderzoeksprotocol opgesteld door beide studenten. Dit werd besproken en indien nodig aangepast in samenspraak met de (co)promotoren. De rekrutering van proefpersonen verliep volledig zelfstandig. Aan alle studenten werd gevraagd om minimaal vijf jongeren en vijf ouderen te rekruteren en om minstens 40 uren te assisteren bij de data-acquisitie. De metingen verliepen in samenwerking met andere bachelor- en masterstudenten uit dezelfde onderzoekscluster, steeds onder supervisie en met de mogelijkheid tot feedback van Prof. Dr. Raf Meesen (promotor), Dra. Stefanie Verstraelen (copromotor) en Dr. Kim van Dun. De opstelling van de nodige apparatuur werd voorzien door de supervisors. Verkregen data werden rechtstreeks en gecodeerd opgeslagen op een computer en nadien gedeeld met de studenten, zodat zij de statistische analyses konden uitvoeren. Het uitschrijven van het werk was een samenwerking tussen beide studenten, waarbij rekening werd gehouden met het advies van de (co)promotoren.

Wat is het effect van frontopariëtale dual-site tACS op de bimanuele coördinatie bij jongeren en ouderen?

1. Abstract

Achtergrond: Veroudering gaat gepaard met een achteruitgang van motorische functies, waardoor ouderen vaak moeilijkheden hebben met dagelijkse activiteiten waarbij een goede coördinatie tussen beide handen noodzakelijk is. De posterieure pariëtale cortex (PPC), die een rol speelt bij ruimtelijke aandachtsfuncties en de dorsolaterale prefrontale cortex (DLPFC), die belangrijk is voor het werkgeheugen en motorische planning, werken nauw samen om de motoriek op een snelle en doelgerichte manier te coördineren. Het is geweten dat een zwakke transcranial alternating current stimulation (tACS) de natuurlijke oscillaties van de hersenen kan beïnvloeden en corticale netwerken kan moduleren.

Doelstellingen: In deze studie onderzoeken we welk effect in-phase en anti-phase DLPFC-PPC theta (= 6Hz) tACS hebben op het motorisch leren en het uitvoeren van de bimanuele tracking taak (BTT) bij jongeren en ouderen.

Participanten: Veertien gezonde jongeren tussen 18 en 30 jaar (8 mannen, gemiddelde \pm SD = 21,6 jaar \pm 2,1) en vijftien gezonde ouderen tussen 65 en 77 jaar (13 mannen, gemiddelde \pm SD = 70,8 jaar \pm 4,2) werden gerekruteerd om deel te nemen aan deze studie.

Metingen: Bij elke participant werd ofwel in-phase ofwel anti-phase theta tACS toegediend tijdens de uitvoering van de BTT.

Resultaten: Deze studie toonde geen verschil in motorisch leren tussen DLPFC-PPC in-phase en anti-phase theta tACS voor zowel jongeren als ouderen. Zowel jongeren als in-phase stimulatie haalden echter wel een significant beter absoluut performance level bij aanvang van de stimulatie. Na afloop van de stimulatie werd er enkel een verschil gezien tussen de leeftijdsgroepen.

Conclusie: Jongeren en ouderen vertonen een gelijkaardige capaciteit van motorisch leren bij de BTT, hierbij vertonen ouderen wel een verminderde absolute performance. De invloed van zowel in-phase als anti-phase theta stimulatie blijft echter onduidelijk vanwege de kleine steekproefgrootte en de afwezigheid van shamstimulatie. Verdere studies zijn nodig om het effect hiervan verder te onderzoeken.

2. Introductie

Voor dagdagelijkse activiteiten, zoals veters binden, eten, zich kleden, moet je beide handen gebruiken en is een goede coördinatie tussen beide handen noodzakelijk. Deze zogenaamde bimanuele vaardigheden spelen een belangrijke rol in zelfstandigheid bij zowel jongeren als ouderen. Veroudering veroorzaakt een graduele degeneratie van het neuromusculaire systeem (Bowden & McNulty, 2013). Ouderen vertonen een vertraagde uitvoering van motorische taken, onstabiele grijpkracht en minder controle over de fijne motoriek (Cole, 1991). Door deze fysiologische veranderingen vertonen ouderen een achteruitgang van de bimanuele coördinatie en hebben zij moeilijkheden met veel dagdagelijkse activiteiten (Kilbreath & Heard, 2005). Een verouderingsgerelateerde achteruitgang van de bimanuele coördinatie kan dus een negatieve impact hebben op de autonomie en het dagelijkse leven.

Neuroimaging studies tonen een verhoogde hersenactivatie aan bij zowel jongeren als ouderen in prefrontale regio's die gerelateerd zijn aan het werkgeheugen, zoals de dorsolaterale prefrontale cortex (DLPFC), naarmate de moeilijkheidsgraad van cognitieve en motorische coördinatietaken stijgt. Wanneer gedragsprestaties worden gelijkgesteld, is deze activatie bij ouderen sterker, vergeleken met jongvolwassenen (Bangert, Reuter-Lorenz, Walsh, Schachter, & Seidler, 2010). Voor deze zogenaamde hyper-activatie bij ouderen zijn er twee mogelijke theorieën: dedifferentiatie en compensatie. Dedifferentiatie betekent dat de hyper-activiteit bij ouderen een daling in functionele specificiteit tijdens taakuitvoering weerspiegelt, als gevolg van een achteruitgang van inhiberende processen. Hiertegenover stelt de compensatie theorie dat deze hyper-activiteit net een compensatoir mechanisme is voor functionele en structurele ouderdomsdegeneratie in andere hersenregio's. In dit laatste geval zijn de leeftijdsgelateerde hyper-activaties voordelig voor de taakuitvoering indien de taakvereisten laag zijn, maar schieten tekort indien de taak moeilijker wordt (Sala-Llonch, Bartrés-Faz, & Junqué, 2015). Deze bevindingen wijzen op graduele veranderingen in de hersenactiviteit tijdens bimanuele coördinatie naarmate de leeftijd toeneemt.

Neuronen in het menselijk brein zijn verbonden met elkaar en vormen functionele gespecialiseerde netwerken. Het frontopariëtale netwerk is van cruciaal belang om de motoriek op een snelle en doelgerichte manier te coördineren (Marek & Dosenbach, 2018). Het netwerk omvat onder meer de dorsolaterale prefrontale cortex (DLPFC) en de posterieure pariëtale cortex (PPC). De PPC speelt een rol in de ruimtelijke oriëntatie en motoriek en draagt bij tot de aansturing van de ruimtelijke aandachtsfuncties (Sohn, Ursu, Anderson, Stenger, &

Carter, 2000). Door de betrokkenheid bij deze ruimtelijke aandachtsfuncties werkt de PPC vaak samen met de functies van de DLPFC, zoals het werkgeheugen, motorische planning en inhiberende functie (Eliassen, Souza, & Sanes, 2001). Het is bewezen dat het werkgeheugen, en in het bijzonder het frontopariëtale netwerk, belangrijk is voor het leren van een nieuwe taak (Seidler, Bo, & Anguera, 2012).

Neurale oscillaties zijn kenmerkend voor neurale activiteit. Synchronisatie van neurale oscillaties tussen hersenregio's zijn een mechanisme voor functionele informatie overdracht. Transcranial alternating current stimulation (tACS) is een vorm van niet-invasieve hersenstimulatie. Het is geweten dat deze zwakke wisselstroom de natuurlijke oscillaties van het brein kan beïnvloeden en zo corticale netwerken kan moduleren (Herrmann, Rach, Neuling, & Strüber, 2013). Als we kijken naar de reeds gekende effecten van tACS op motorisch leren, tonen studies heterogene resultaten aan. Er is een grote variabiliteit in de gebruikte methodologieën met verschillende parameters en gestimuleerde hersenregio's, met diverse motorische taken waarbij al dan niet een positief effect van tACS wordt gerapporteerd (Antal et al., 2008). Eerdere studies over tACS op het frontopariëtale netwerk hadden betrekking op verandering in ruimtelijke aandachtsfuncties of werkgeheugenprestaties (van Schouwenburg, Zanto, & Gazzaley, 2016). Hoewel het is bewezen dat werkgeheugenprestaties een voorspellende factor zijn voor het motorisch leren, blijven mogelijke effecten op het motorisch leren en de bimanuele coördinatie door tACS van het frontopariëtale netwerk onduidelijk.

In deze studie werd gebruik gemaakt van theta (= 6Hz) tACS, eerder is er aangetoond dat theta tACS de cognitieve processen ,waarbij de DLPFC en PPC betrokken zijn stimuleert (Pahor & Jaušovec, 2018). Wanneer men twee elektrodes gebruikt, zoals bij dual-site tACS, kan het relatieve faseverschil van stimulatie gemanipuleerd worden. Bij in-phase stimulatie is er een 0° relatief fase verschil en worden twee hersenregio's gesynchroniseerd, waardoor de informatieoverdracht gefaciliteerd wordt. Bij anti-phase stimulatie daarentegen is er een 180° relatief fase verschil en worden twee hersenregio's gedesynchroniseerd, waardoor de informatieoverdracht wordt afgeremd (Saturnino, Madsen, Siebner, & Thielscher, 2017). De hypothese die werd onderzocht, stelt dat in-phase theta tACS op het frontopariëtale netwerk voor een verbetering zorgt in het motorisch leren en het uitvoeren van een bimanuele coördinatie taak bij jongeren en ouderen, terwijl anti-phase theta tACS geen verbetering geeft.

3. Methode

3.1 Participanten

Veertien gezonde jongeren tussen 18 en 30 jaar (8 mannen, gemiddelde \pm SD = 21.6 jaar \pm 2.1) en vijftien gezonde ouderen tussen 65 en 77 jaar (13 mannen, gemiddelde \pm SD = 70.8 jaar \pm 4.2) werden gerekruteerd om deel te nemen aan deze gepseudorandomiseerde double blind studie. Personen werden gerekruteerd via sociale media, posters met afscheurstrookjes, het uitdelen van flyers of door het aanspreken van vrienden en familie. Aan geïnteresseerden werd eerst gevraagd om een online screening vragenlijst in te vullen. Indien aan de voorwaarden werd voldaan, kreeg men de bevestiging om deel te nemen aan de studie. Alle participanten dienden het informed consent (goedgekeurd door het Comité voor Medische Ethiek UHasselt, code B9115201940316) te lezen en te ondertekenen. Bij aanvang van de studie werden er enkele vragenlijsten afgenomen (duur = 30 minuten) (cfr. bijlagen). Alle participanten waren rechtshandig volgens de Edinburgh Handedness Inventory (allen >40 ; gemiddelde score jongeren \pm SD = 89.9 \pm 14.1; gemiddelde score ouderen \pm SD = 97.3 \pm 8.0; Oldfield, 1971). De Montreal Cognitive Assessment scale (MoCA) werd gebruikt voor cognitieve achteruitgang te testen (gemiddelde score jongeren \pm SD = 29 \pm 1,3; gemiddelde score ouderen \pm SD = 26.7 \pm 3.1). Verder werd er bij aanvang een korte routine vragenlijst ingevuld waar werd gevraagd om hun alcohol en cafeïne inname in de afgelopen 24 uren en de gemiddelde hoeveelheid per week te noteren, alsook het aantal uren slaap (Tabel 1). Participanten hadden een normale of gecorrigeerd naar normale visus en mochten geen last hebben van de gewrichten in de handregio. Verder hadden de participanten geen psychiatrische of neurologische aandoeningen. Naast muzikanten, zwangere vrouwen en rokers werden ook personen geëxcludeerd indien zij bepaalde medicatie namen die een invloed heeft op het centrale zenuwstelsel. Mogelijke andere contra-indicaties werden nagegaan met TES screening vragenlijst. Na afloop van de sessie werd de screeningvragenlijst voor non-invasieve hersenstimulatie afgenomen (NIBS) (cfr. bijlagen, tabel 2 en 3).

Tabel 1*Populatie karakteristieken, n = 29*

	Jongeren	Ouderen
Leeftijd	21.6 jaar (2.1)	70.8 jaar (4.2)
Geslacht: man ^a	n = 8	n = 13
Geslacht: vrouw ^a	n = 6	n = 2
EHI	89.9 (14.1)	97.3 (8.0)
MoCA	29 (1.3)	26.7 (3.1)
Slaap (uren)	7.6 (1.1)	7.3 (1.3)
Cafeïne	0.4 (0.8)	2.1 (2.2)
Alcohol	0.4 (0.5)	1.5 (1.8)
Stimulatie: In-phase ^a	n = 8	n = 8
Stimulatie: Anti-phase ^a	n = 6	n = 7

Waarden zijn gegeven door gemiddeldes en (standaard deviaties), tenzij anders aangegeven.

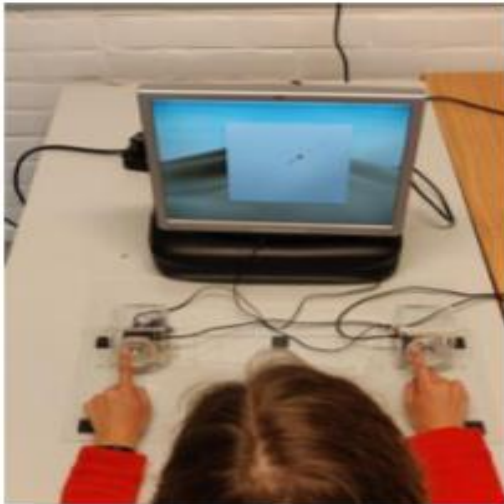
^aAantal personen

Voor deze studie was er vooropgesteld om vijftig gezonde jongeren en vijftig gezonde ouderen te includeren in een gepseudorandomiseerde single blind cross-over studie.

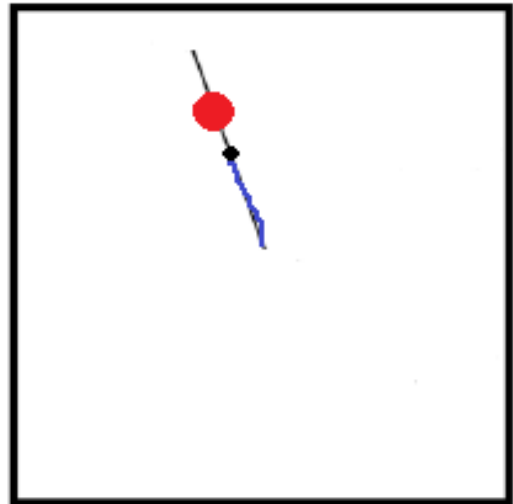
3.2 Gebruikte materialen

3.2.1 Bimanuele tracking taak (BTT)

Bimanuele coördinatie werd geëvalueerd door middel van de bimanuele tracking taak (BTT). De BTT is een coördinatie taak die bestaat uit het maken van draaibewegingen met beide wijsvingers. De participant nam plaats aan een tafel, met de onderarmen gesteund op de tafel. Beide wijsvingers werden geplaatst in een draaiknop (Figuur 1). Door beide draaiknoppen gelijktijdig rond te draaien kon de participant een cursor besturen op het computerscherm. De ene vinger zorgde voor de horizontale beweging op het scherm, de andere vinger zorgde voor de verticale beweging op het scherm. Het doel van de taak was om een rood bolletje (target) dat over een rechte zwarte lijn bewoog zo accuraat mogelijk te volgen met de cursor door gelijktijdig aan beide knoppen te draaien (Figuur 2). Elke trial startte met de presentatie van de lijn. Na een voorbereidingstijd van 2000 ms, startte de bewegingsperiode, die werd aangegeven door een auditief signaal. Het target bewoog nu over de lijn tot aan het uiteinde aan een constante snelheid met een totale tijdsduur van 5000 ms. Tussen de trials zat er steeds een periode van 3000 ms.

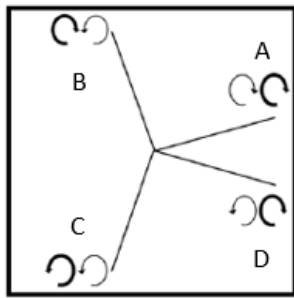


Figuur 1. Proefopstelling. Participant zit voor een scherm en bedient twee draaiknoppen

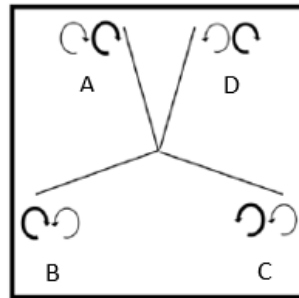


Figuur 2. Target (rood bolletje) beweegt over de zwarte lijn. Participant beweegt cursor (zwart bolletje) voort.

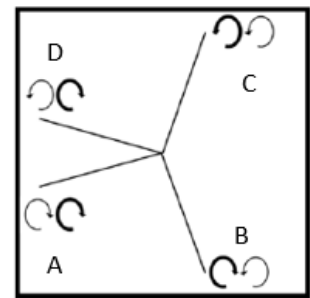
De verschillende taakcondities in deze studie hingen af van twee variabelen: coördinatiepatroon en frequentieratio. Er waren vier verschillende coördinatiepatronen: twee waarbij de linker- en rechterhand in dezelfde richting bewogen (iso-directioneel, ISO) naar links (ISO-L) of rechts (ISO-R) en twee waarbij de handen in tegengestelde richting bewogen (non-iso-directioneel, NON-ISO), naar elkaar toe (inwaarts, NON-ISO-IN) of van elkaar weg (uitwaarts, NON-ISO-OUT). Deze coördinatiepatronen werden uitgevoerd aan verschillende relatieve snelheden tussen de handen, de frequentieratio. Er werd enkel gekeken naar de 3:1 frequentieratio, waarbij de linkerhand drie keer zo snel bewoog als de rechterhand en de 1:3 frequentieratio, waarbij de rechterhand drie keer zo snel bewoog als de linkerhand. In deze studie kwamen er in het totaal vier verschillende taakcondities aan bod: 1:3 ISO-R (de rechterhand bewoog drie keer zo snel als de linker hand en beide handen bewogen naar rechts), 3:1 ISO-L (de linkerhand bewoog drie keer zo snel als de rechter hand en beide handen bewogen naar links), 3:1 NON-ISO-IN (de linkerhand bewoog drie keer zo snel als de rechter hand en beide handen bewogen inwaarts) en 1:3 NON-ISO-OUT (de rechterhand bewoog drie keer zo snel als de linkerhand en beide handen bewogen naar buiten). Er waren drie verschillende sets van de bimanuele tracking taak, waarbij telkens de oriëntatie van de vier kwadranten (A, B, C, D) verschilde, door deze te roteren (0° , 90° en 180° , figuur 3).



Figuur 3A. offset 0°



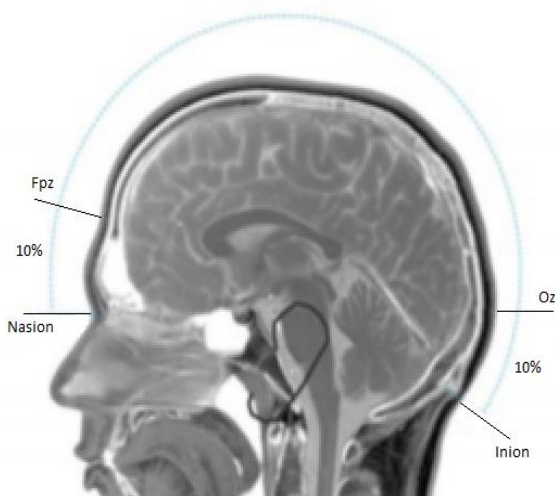
Figuur 3B. offset 90°



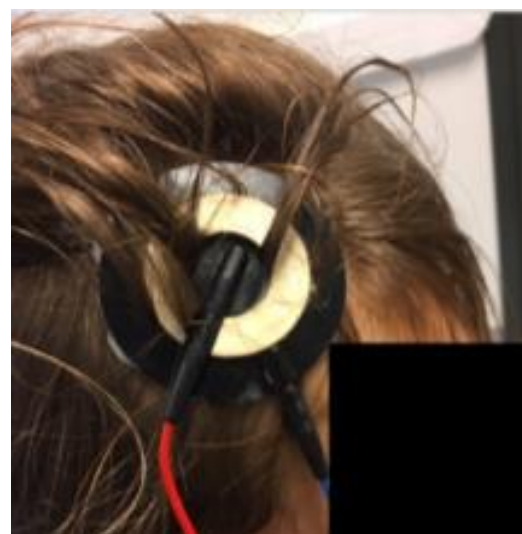
Figuur 3C. offset 180°

3.2.2 Transcranial alternating current stimulation (tACS)

Voor de dual-site high-definition transcranial alternating current stimulation (HD-tACS) werd gebruik gemaakt van twee DC Stimulator Plus toestellen (Neuroconn en Eldith). Twee rubberen ringelektrodes (binnenste diameter: 40 mm en buitenste diameter: 60 mm) en twee rubberen centrum elektrodes (diameter: 20 mm) werden bevestigd op de rechter DLPFC en op de rechter PPC. Om de plaats van de elektroden te bepalen werd eerst de afstand van de neusbrug (nasion) tot aan de pretuberantia occipitale (inion) centraal over de schedel gemeten. Hierna werd het punt 10% boven de nasion (Fpz) en inion (Oz) gemeten en aangeduid (Figuur 4). De afstand tussen de twee aangeduide punten (Fpz-Oz) werd rondom het hoofd, juist boven het oor gemeten en vermenigvuldigd met twee (omtrek van het hoofd). De kleinst mogelijk EEG cap (drie verschillende maten) werd gekozen op basis van deze meting en werd geplaatst op het hoofd. De centrum elektrodes werden geplaatst tussen AF4 en F4 (DLPFC) en op P4 (PPC).



Figuur 4. Fpz en Oz



Figuur 5. Bevestigde elektrodes

Ter voorbereiding van het plaatsen van de elektrodes, werden deze ingesmeerd met een dikke laag TEN20 conductieve paste (Weaver and Company, Aurora, CO, USA). Een houten hulpstuk werd geplaatst rond het centrum van de DLPFC en PPC om de elektrodes te positioneren. De hoofdhuid werd vrijgemaakt en proper gemaakt rondom het houten hulpstuk met alcoholische gel met behulp van een wattenstaafje. Vervolgens werden de elektroden bevestigd (Figuur 5). Voorafgaand werd er een impedantie controle uitgevoerd van het Eldith toestel (PPC stimulatie) en daarna van het Neuroconn toestel (DLPFC stimulatie). De impedantie moest onder 10kOhm zijn, anders werd het contact tussen de elektrodes en de huid nagekeken. Tijdens het experiment werd de impedantie zo laag mogelijk gehouden (onder 10kOhm), en deze werd elke minuut gecontroleerd. De peak-to-peak amplitude tijdens het experiment bedroeg 2mA met een frequentie van 6Hz (theta stimulatie). Er werd gebruik gemaakt van twee soorten stimulatie: in-phase theta stimulatie en anti-phase theta stimulatie. Tijdens anti-phase stimulatie is er een 180° relatief fase verschil tussen beide centrum-ring elektrodenopstellingen en tijdens in-phase stimulatie is er een 0° relatief fase verschil tussen beide centrum-ring elektrodenopstellingen.

3.3 Experimentele procedure

In deze studie werd elke participant getest in één sessie. De jongeren en ouderen werden onderling opgesplitst in telkens twee groepen, waarbij deze gedurende de hele sessie ofwel in-phase DLPFC-PPC theta stimulatie of anti-phase DLPFC-PPC theta stimulatie kregen toegediend tijdens de uitvoering van de BTT. De elektrodes werden aangebracht en een impedantiecontrole werd uitgevoerd. Voor er van start werd gegaan met de BTT voerden de participanten de spatial working memory taak (sWMT) uit. Ter voorbereiding kregen de participanten als gewenning één minuut hersenstimulatie, als ook tien minuten stimulatie gedurende deze taak. In deze studie wordt niet verder ingegaan op de uitvoering en resultaten van deze sWMT en bespreken we enkel de BTT. Voor aanvang van de BTT werd de taak mondeling uitgelegd en werd er een familiarisatie blok uitgevoerd met 16 trials waarin elke taakconditie vier keer in voorkwam. Tijdens dit blok werd er geen stimulatie toegediend en was het voor de participant mogelijk om de draaiknoppen te zien. Elke participant voerde vervolgens vier blokken uit van steeds dezelfde set trials (offset 0°, 90° of 180°) waarbij er hersenstimulatie werd toegediend en de handen werden bedekt met houten dozen zodat deze niet zichtbaar waren. Elk blok bestond uit 36 trials waarbij elke taakconditie negen keer

voorkwam en na elk blok kreeg de participant de mogelijkheid om een rustmoment (duur = 1 minuut) te nemen. De volgorde van de vier taakcondities was binnen elk blok gerandomiseerd. Na het verwijderen van de elektrodes voerden ze na een periode van 15 minuten een retentieblok van 36 trials uit. Bij het uitvoeren van de BTT werd er nagegaan met welke accuraatheid de participanten het target kon volgen. Hierbij werd bij elke trial de gemiddelde trace deviatie (gemiddelde loodrechte afstand tussen de cursor en de te volgen lijn) en de gemiddelde target deviatie (gemiddelde afstand tussen de cursor en het target (rood bolletje)) gemeten door op elk tijdstip de x en y posities van de cursor en het target na te gaan.

Voor deze studie was er vooropgesteld dat de participanten elk 3 sessies zouden uitvoeren met telkens een verschillende soort stimulatie (in-phase DLPFC-PPC theta stimulatie, anti-phase DLPFC-PPC theta stimulatie en sham stimulatie) en verschillende set (offset 0°, 90° of 180°) van BTT trials. De volgorde van stimulatiecondities en BTT sets zou pseudo-gerandomiseerd worden en tussen de sessies zou er een wash-out periode van minimum 6 weken zijn.

3.4 Data-analyse

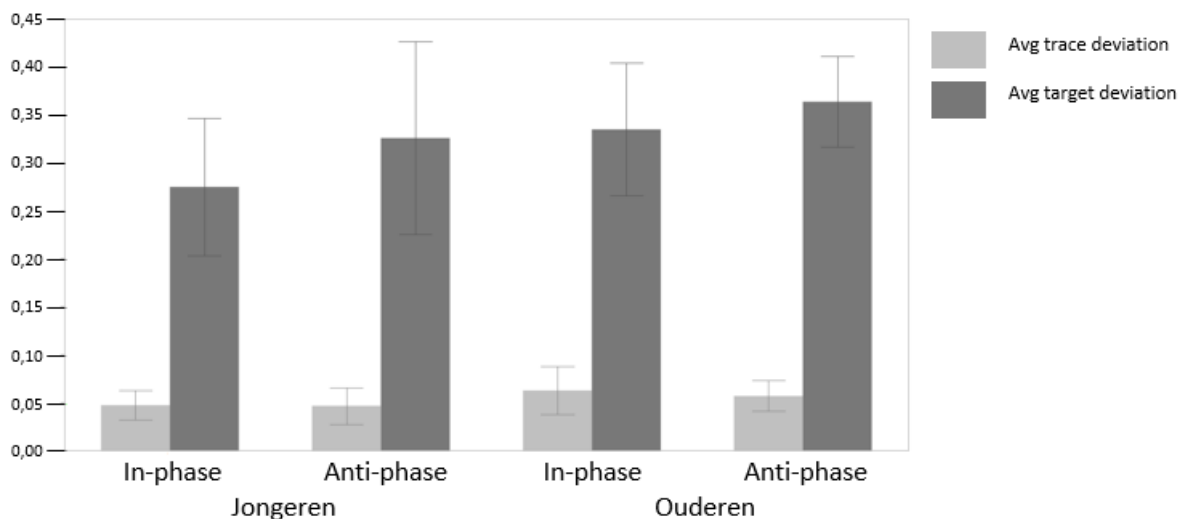
Resultaten werden geanalyseerd met het statistisch verwerkingsprogramma JMP Pro Software. Two-way analysis of variance (ANOVA) werd toegepast voor de analyse van de data met de leeftijdsgroep (ouderen vs. jongeren) en stimulatievorm (in-phase vs. anti-phase) als onafhankelijke variabelen. Ook het leeftijd x stimulatievorm interactie-effect werd meegenomen in de modellen. Om een baseline performance level van de participanten te bepalen werd er een analyse gemaakt van de absolute scores van avg trace deviation en avg target deviation (afhankelijke variabelen) in de familiarisatieblokken. Een absolute performance level werd bepaald door een analyse te maken van de absolute scores van avg trace deviation en avg target deviation (afhankelijke variabelen) bij aanvang van de stimulatie (blok 1) en na afloop van de stimulatie (retentieblok). Voor de analyse van motorisch leren werd gebruik gemaakt van de verschilcores tussen blok 1 en blok 4 (afhankelijke variabelen), en retentie van het motorisch leren werd nagegaan door verschilcores tussen blok 4 en het retentieblok (afhankelijke variabelen) te analyseren. Een p-waarde ($p < 0.05$) werd beschouwd als significant.

Normaal gezien zouden de participanten drie sessies uitvoeren (in-phase DLPFC-PPC theta stimulatie, anti-phase DLPFC-PPC theta stimulatie en sham stimulatie), waarbij de volgorde van de sessies gepseudorandomiseerd was. In de analyse die nu is uitgevoerd is er gebruik gemaakt van de data van enkel de eerste sessie waarbij de participanten ofwel in-phase DLPFC-PPC theta stimulatie ofwel anti-phase DLPFC-PPC theta stimulatie toegediend kregen. Indien de participanten drie sessies uitgevoerd hadden, zou men voor de analyse gebruik maken van een linear mixed model, met leeftijd, blok en type stimulatie als fixed effects en participanten als random effect, dit om rekening te houden met de herhaalde metingen binnen 1 proefpersoon.

3. Resultaten

3.1 Baseline resultaten

Analyses toonden aan dat de participanten een gelijkwaardig baseline performance level haalden (Figuur 6). In het familiarisatie blok werd er geen significant verschil gevonden tussen de leeftijdsgroepen voor avg trace deviation ($p = 0.13$), waarbij jongeren (0.047 units) gemiddeld evenwaardig scoorden dan ouderen (0.060 units). Tussen in-phase stimulatie (0.055 units) en anti-phase stimulatie (0.052 units) werd er eveneens geen significant verschil ($p = 0.70$) gevonden. Het interactie-effect tussen de leeftijdsgroep en de stimulatievorm was niet significant ($p = 0.76$). Zowel tussen jongeren (0.300 units) en ouderen (0.349 units) als tussen in-phase stimulatie en anti-phase stimulatie was er geen significant verschil voor avg target deviation (respectievelijk $p = 0.12$; $p = 0.20$). Het interactie-effect tussen de leeftijdsgroep en de stimulatievorm was niet significant ($p = 0.71$).



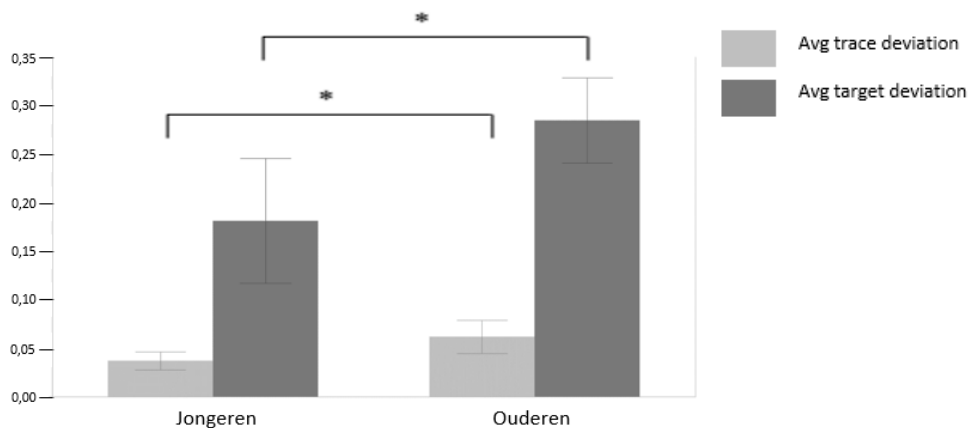
Figuur 6. Absolute waarden familiarisatieblok, error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval

Voor avg trace deviation werd er niet aan de modelveronderstellingen voor normaliteit voldaan (Shapiro-Wilk test, $p = 0.03$). Aangezien men in het curriculum niet heeft gezien hoe men dit dient op te lossen, is men verdergegaan met de analyse van de data ervan uitgaande dat de modelveronderstellingen voldaan waren.

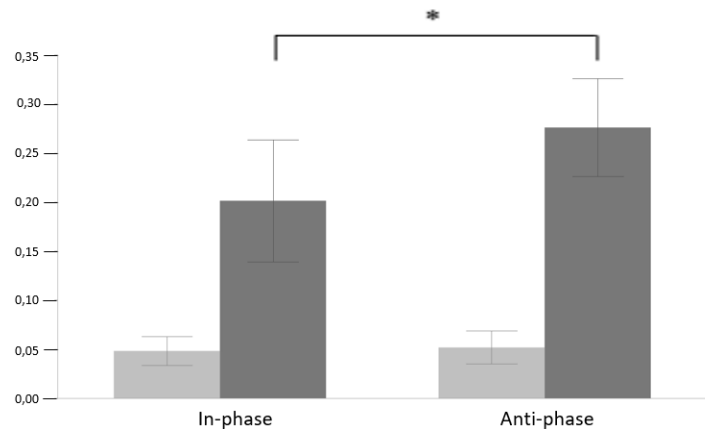
3.2 Absolute performance bij aanvang stimulatie (blok 1)

In blok 1 werd er een significant effect van de leeftijdsgroep op avg trace deviation ($p = 0.02$) gevonden, waarbij jongeren (0.037 units) gemiddeld beter scoorden dan ouderen (0.062

units) (Figuur 7). Tussen in-phase stimulatie (0.048 units) en anti-phase stimulatie (0.051 units) werd er geen significant verschil gevonden ($p = 0.79$). Er werd geen significant interactie-effect aangetoond tussen de leeftijdsgroep en stimulatievorm ($p = 0.96$). Zowel de leeftijdsgroep ($p = 0.008$) als de stimulatievorm ($p = 0.04$) hadden een significant effect op de avg target deviation, waarbij jongeren (0.189 units) gemiddeld beter scoorden dan ouderen (0.286 units) en in-phase stimulatie (0.201 units) gemiddeld voor een betere score zorgde dan anti-phase stimulatie (0.274 units) (Figuur 8). Het interactie-effect tussen de leeftijdsgroep en de stimulatievorm was niet significant ($p = 0.32$).



Figuur 7. Absolute waarden blok 1 (leeftijdsgroep), error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval

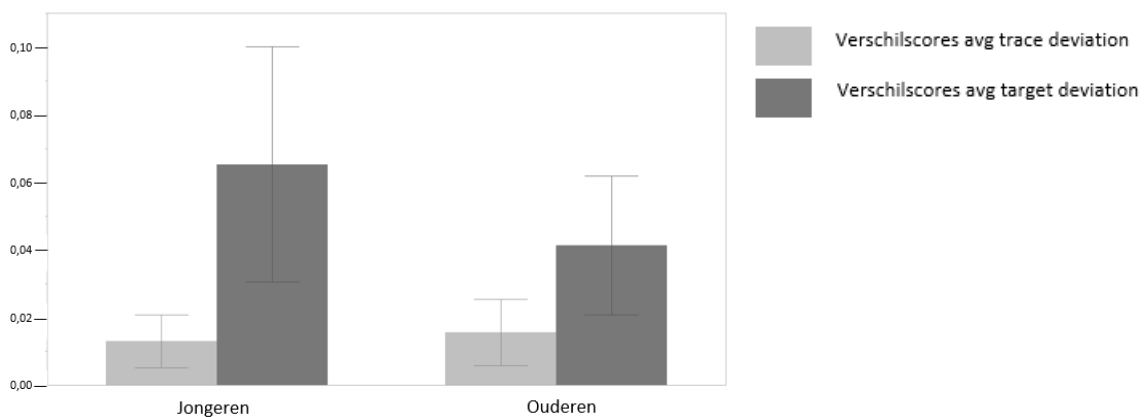


Figuur 8. Absolute waarden blok 1 (stimulatievorm), error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval

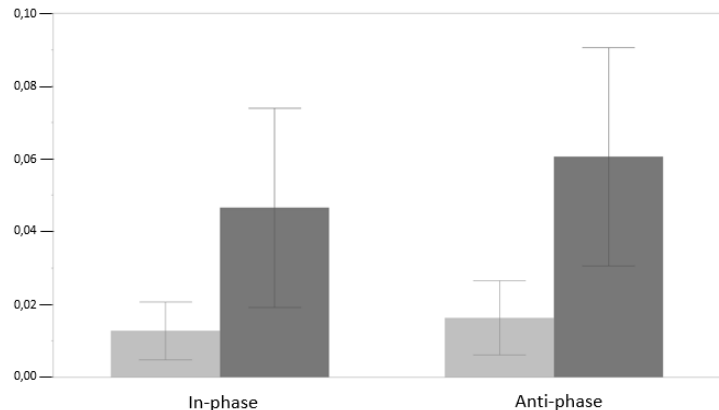
Voor avg trace deviation werd er niet aan de modelveronderstellingen voor normaliteit voldaan (Shapiro-Wilk test, $p = 0.01$). Aangezien we in het curriculum niet hebben gezien hoe we dit dienen op te lossen, is men verdergegaan met de analyse van de data ervan uitgaande dat de modelveronderstellingen voldaan waren.

3.4 Motorisch leren

Analyses voor het motorisch leren tussen blok 1 en 4 toonden geen significant verschil ($p = 0.65$) aan tussen de leeftijdsgroepen (jongeren 0.013 units; ouderen 0.016 units) voor de average trace deviation. Naast leeftijd werd er geen significant verschillend effect ($p = 0.60$) geobserveerd tussen in-phase (0.013 units) en anti-phase (0.016 units) stimulatie en was er geen significant interactie-effect ($p = 0.62$) tussen leeftijd en stimulatievorm op het motorisch leren. Verder werd gekeken naar de average target deviation. Voor het motorisch leren werd eveneens geen significant verschil ($p = 0.22$) geobserveerd tussen de leeftijdsgroepen (jongeren 0.065 units; ouderen 0.041 units). Daarnaast was er geen significant verschillend effect ($p = 0.45$) tussen in-phase (0.047 units) en anti-phase (0.061 units) stimulatie en was het interactie-effect tussen leeftijd en stimulatievorm op het motorisch leren niet significant ($p = 0.71$). Bij het bekijken van de betrouwbaarheidsintervallen van zowel average trace als target deviation kon gezien worden dat deze de waarde nul niet bevatten. Er kan dus met 95% zekerheid gezegd worden dat de verschillen voor beide leeftijdsgroepen en beide stimulatievormen verschillend waren van 0, wat wijst op een verbetering van accuraatheid in blok 4 t.o.v. blok 1.



Figuur 9. Verschilcores blok 1 – blok 4 (leeftijdsgroepen), error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval

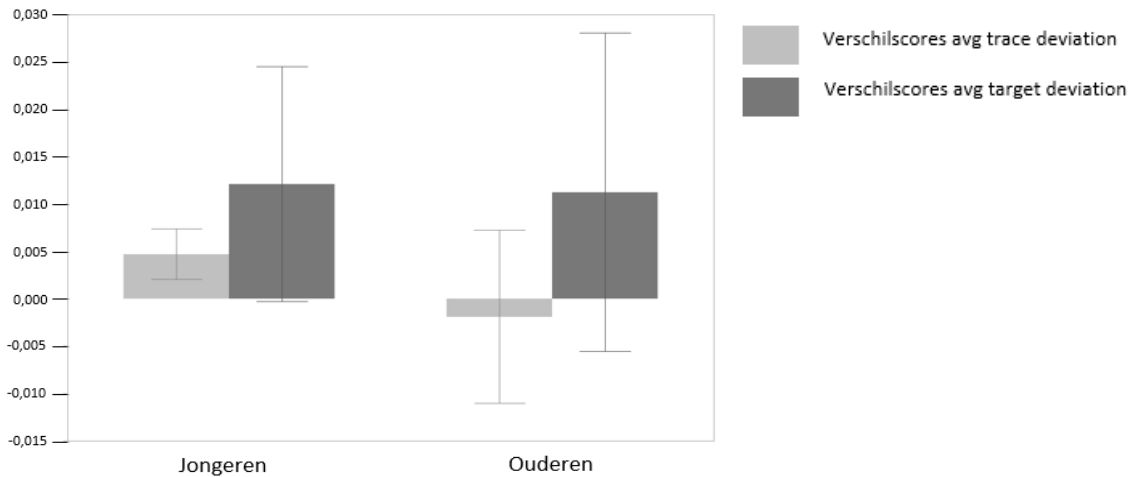


Figuur 10. Verschilcores blok 1 – blok 4 (stimulatievormen), error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval

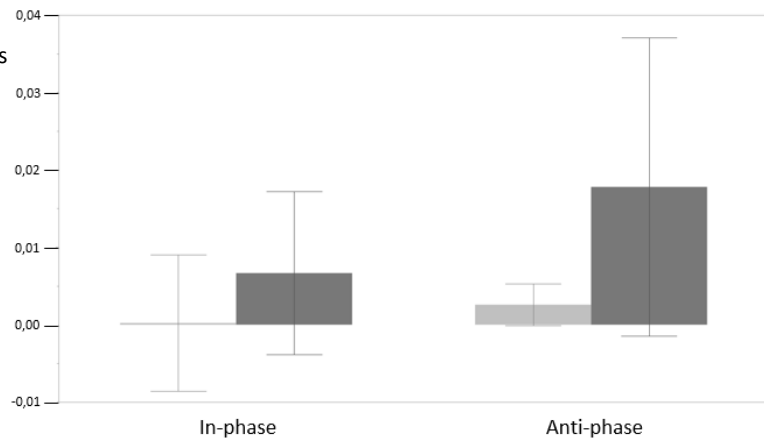
Voor de verschillen van zowel average trace deviation als average target deviation werd niet aan de modelonderstellingen voor normaliteit voldaan (Shapiro-Wilk test, respectievelijk $p = 0.02$ en $p = 0.01$). Aangezien men in het curriculum niet heeft gezien hoe dit opgelost dient te worden, zijn de analyses uitgevoerd in de veronderstelling dat er is voldaan aan de modelonderstellingen.

3.5 Retentie van motorisch leren

Analyses voor het motorisch leren tussen blok 4 en het retentieblok toonden geen significant verschil ($p = 0.20$) aan tussen de leeftijdsgroepen (jongeren 0.005 units; ouderen -0.002 units) voor de average trace deviation. Tussen in-phase (0.0002 units) en anti-phase (0.0026 units) stimulatie werd geen significant verschillend effect gevonden ($p = 0.61$). Bijkomend was het interactie-effect tussen leeftijd en stimulatievorm op het motorisch leren niet significant ($p = 0.29$). Tot slot werd gekeken naar de average target deviation. Hierbij werd geen significant verschil ($p = 0.98$) gevonden tussen leeftijdsgroepen (jongeren 0.012 units; ouderen 0.011 units) voor het motorisch leren. Er werd ook geen significant verschillend effect ($p = 0.28$) geobserveerd tussen in-phase (0.007 units) en anti-phase (0.018 units) stimulatie. Daarnaast was het interactie-effect tussen leeftijd en stimulatievorm op het motorisch leren niet significant ($p = 0.35$). Bij het bekijken van de betrouwbaarheidsintervallen van de average trace en target deviation kon gezien worden dat enkel de verschillen van de average trace deviation voor jongeren met 95% zekerheid verschillend waren van 0. Dit wijst op een verbetering in accuraatheid bij jongeren tijdens het retentieblok t.o.v. blok 4. Bijgevolg waren de verschillen van de average trace deviation voor ouderen en beide stimulatievormen niet verschillend van 0, wat wijst op geen verbetering van de accuraatheid tijdens het retentieblok t.o.v. blok 4. De verschillen van de average target deviation waren echter niet verschillend van 0 voor beide leeftijdsgroepen en beide stimulatievormen, wat wijst op geen verbetering van de accuraatheid tijdens het retentieblok t.o.v. blok 4.



Figuur 11. Verschilcores blok 4 – retentieblok (leeftijdsgroepen), error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval



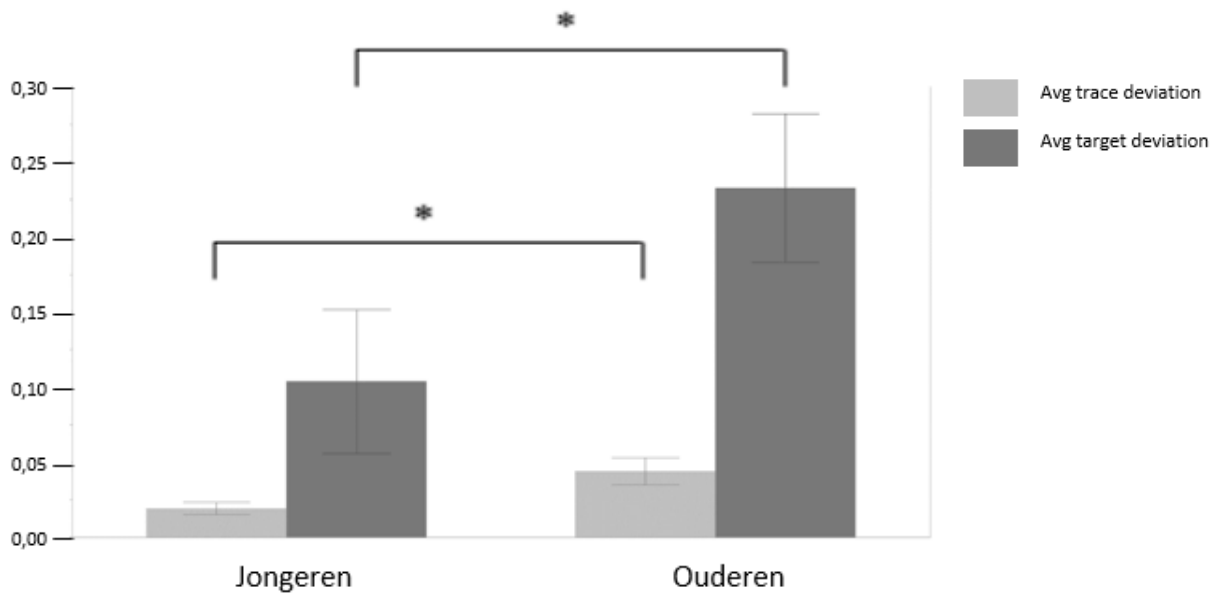
Figuur 12. Verschilcores blok 4 – retentieblok (stimulatievormen), error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval

Enkel voor de verschilcores van de average trace deviation werd niet aan de modelonderstellingen voor normaliteit voldaan (Shapiro-Wilk test, $p < .0001$). Aangezien men in het curriculum niet heeft gezien hoe dit opgelost dient te worden, zijn de analyses uitgevoerd in de veronderstelling dat er is voldaan aan de modelonderstellingen.

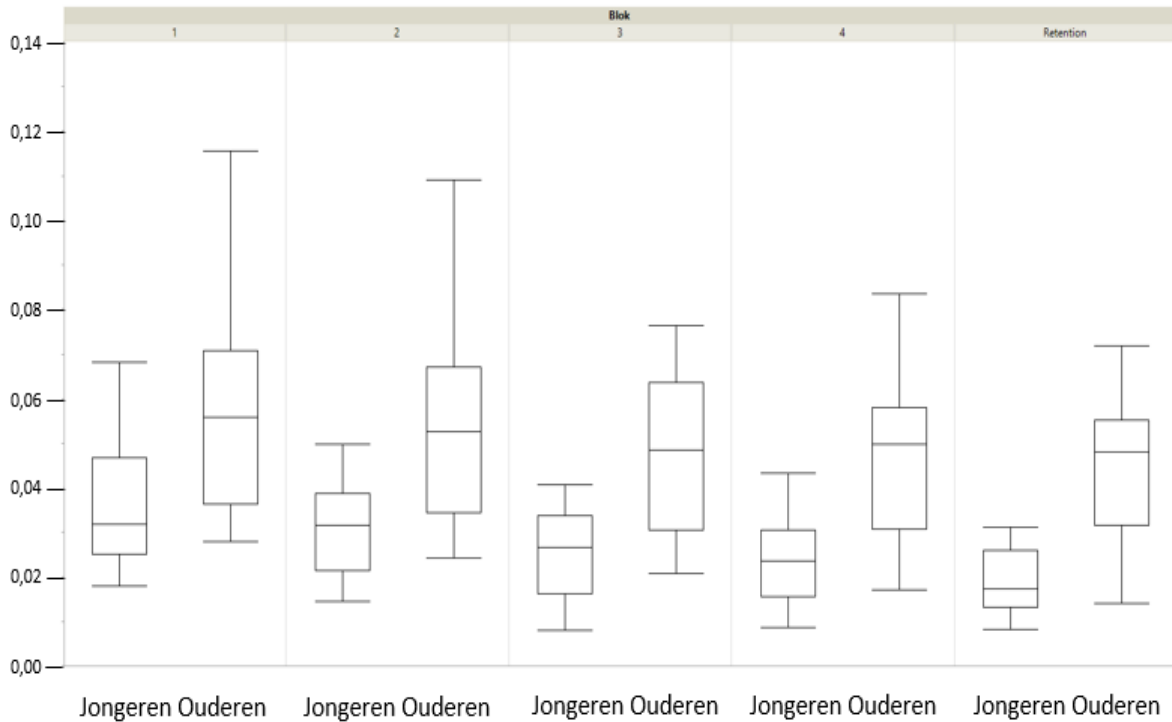
3.6 Absolute performance na stimulatie (retentieblok)

Na afloop van de stimulatie was er een significant effect van de leeftijdsgroep op zowel avg trace deviation als avg target deviation (respectievelijk $p < 0.0001$; $p = 0.0006$), waarbij jongeren gemiddeld beter scoorden dan ouderen voor avg trace deviation (0.020 units tegenover 0.044 units) en avg target deviation (0.111 units tegenover 0.232units). Voor avg trace deviation, werd er tussen in-phase stimulatie (0.031 units) en anti-phase stimulatie (0.032 units) geen significant verschil gevonden ($p = 0.87$). Het interactie-effect tussen de leeftijdsgroep en stimulatievorm was niet significant ($p = 0.44$). Er werd eveneens geen

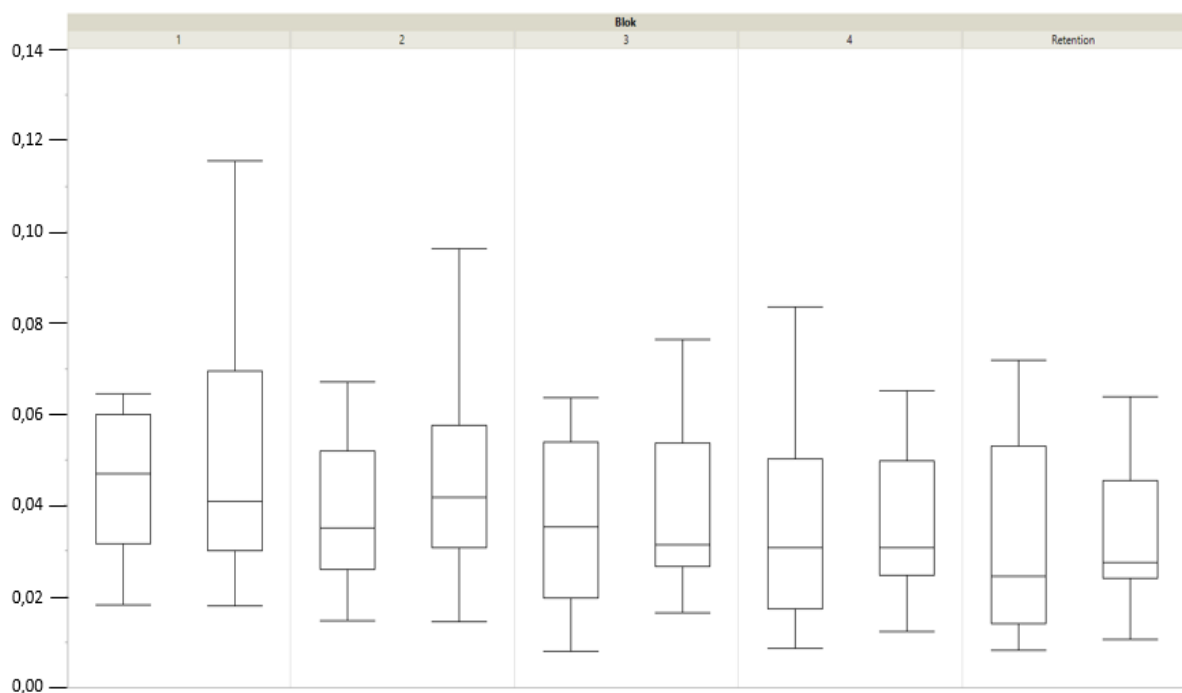
significant effect gevonden van stimulatievorm op avg target deviation ($p = 0.14$), waarbij in-phase stimulatie (0.15) gelijkaardig scoorden dan anti-phase stimulatie (0.20). Het interactie-effect was niet-significant ($p = 0.11$)



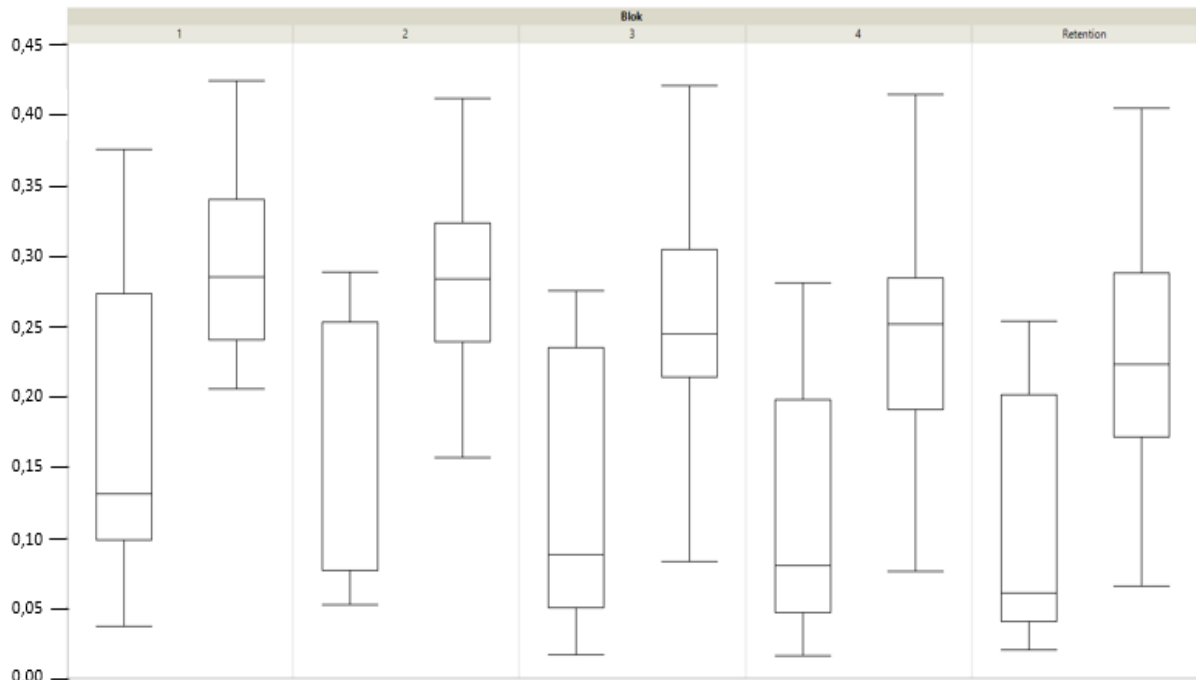
Figuur 13. Absolute waarden retentieblok, error bars tonen 95% betrouwbaarheidsinterval



Figuur 14. Box plot blok 1, blok 2, blok 3, blok 4 en retentieblok, invloed van de leeftijdsgroep (Jongeren vs. Ouderen) op avg trace deviation. Jongeren scoorden zowel tijdens als na de sessie beter dan ouderen (absolute performance). Zowel de jongeren als de ouderen verbeterden gedurende de sessie (motorisch leren), waarbij er geen verschil was tussen jongeren en ouderen. Enkel de jongeren verbeterden ook na de stimulatie (retentie van motorisch leren).

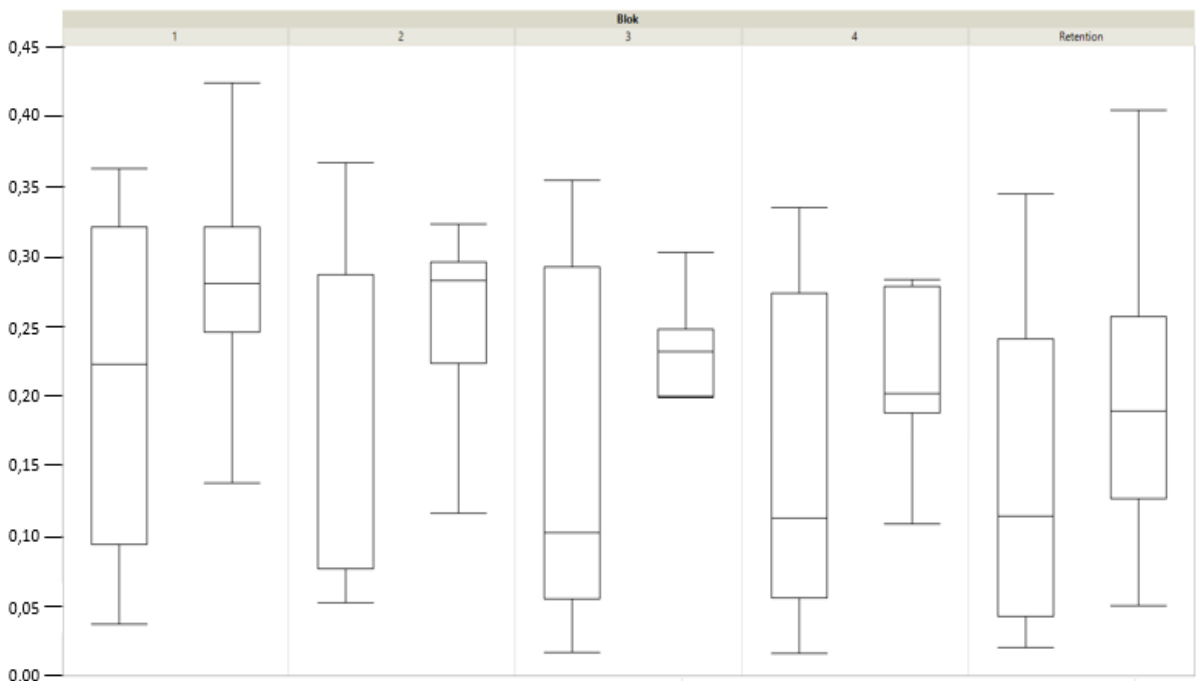


Figuur 15. Box plot blok 1, blok 2, blok 3, blok 4 en retentieblok. Invloed van stimulatievorm (in-phase stimulatie en anti-phase stimulatie) op trace deviation. Er werd voor avg trace deviation geen verschil gevonden tussen in-phase stimulatie en anti-phase stimulatie zowel tijdens de stimulatie als na de stimulatie (na-effect) voor de absolute performance. Zowel de in-phase stimulatie als anti-phase stimulatie verbeterden gedurende de sessie (motorisch leren) en verbeterden niet na de stimulatie (retentie van het motorisch leren), waarbij er geen verschil was tussen in-phase stimulatie en anti-phase stimulatie.



Jongeren Ouderen Jongeren Ouderen Jongeren Ouderen Jongeren Ouderen Jongeren Ouderen

Figuur 16. Box plot blok 1, blok 2, blok 3, blok 4 en retentieblok, invloed van de leeftijdsgroep (Jongeren vs. Ouderen) op avg target deviation. Jongeren scoorden zowel tijdens als na de sessie beter dan ouderen (absolute performance). Zowel de jongeren als de ouderen verbeterden gedurende de sessie (motorisch leren) en verbeterden niet na de stimulatie (retentie van het motorisch leren), waarbij er geen verschil was tussen jongeren en ouderen.



In-phase Anti-phase In-phase Anti-phase In-phase Anti-phase In-phase Anti-phase In-phase Anti-phase

Figuur 17. Box plot blok 1, blok 2, blok 3, blok 4 en retentieblok. Invloed van stimulatievorm (in-phase stimulatie en anti-phase stimulatie) op target deviation. Er werd voor avg target deviation een verschil gevonden tussen in-phase stimulatie en anti-phase stimulatie enkel tijdens de stimulatie (absolute performance). Na de stimulatie (na-effect) werd er geen verschil gevonden. Zowel de in-phase stimulatie als anti-phase stimulatie verbeterden gedurende de sessie (motorisch leren) en verbeterden niet na de stimulatie (retentie van het motorisch leren), waarbij er geen verschil was tussen in-phase stimulatie en anti-phase stimulatie.

5. Discussie

Motorisch leren

In deze studie onderzochten we of in-phase en anti-phase theta (6Hz) transcranial alternating current stimulation (tACS) ter hoogte van het rechter frontopariëtale netwerk een effect hebben op het motorisch leren en het uitvoeren van de bimanuele tracking taak (BTT) bij jongeren en ouderen. Onze resultaten gaven aan dat er geen significant verschil was in motorisch leren tussen in-phase theta tACS en anti-phase theta tACS, en tussen jongeren en ouderen. Volgens betrouwbaarheidsintervallen kan wel met 95% zekerheid gezegd worden dat de verschillen van de average trace en target deviation tussen blok 1 en blok 4 verschillend waren van 0, wat wijst op een verbetering van accuraatheid over de tijd voor beide leeftijdsgroepen en beide stimulatievormen. Uit een voorgaande studie die het effect van tACS onderzocht op de primair motorische cortex, blijkt dat tACS een frequentieafhankelijke invloed heeft op het leren van een nieuwe taak (Bologna et al., 2019). Theta (6Hz) tACS stimuleert de cognitieve processen waarbij de DLPFC en PPC betrokken zijn en heeft een positief effect op de capaciteit van het werkgeheugen (Pahor & Jaušovec, 2018). Momenteel is er beperkt onderzoek gedaan naar het effect van theta tACS ter hoogte van het frontopariëtale netwerk op het motorisch leren. Uit voorgaand onderzoek blijkt wel dat theta tACS (6Hz) op de linker en rechter frontale cortex een sneller leerproces induceert in vergelijking met sham tACS (Wischnewski, Zerr & Schutter, 2016). Theta tACS (4Hz) op de rechter pariëtale cortex en supraorbitale regio leidt tot een verhoogde capaciteit van het werkgeheugen (Wolinski, Cooper, Sauseng & Romei, 2018). In deze studie kunnen we niet stellen dat het verschil in scores, waarvan de bijbehorende 95% betrouwbaarheidsintervallen aantonen dat de verschillen verschillend waren van nul, te wijten is aan een leereffect of aan een effect van tACS. Daarnaast hebben we geen vergelijking kunnen maken met een controlegroep die shamstimulatie kreeg en kan geen uitspraak gedaan worden of in-phase theta tACS al dan niet een invloed heeft op het motorisch leren in vergelijking met shamstimulatie, we kunnen echter enkel een vergelijking maken tussen in-phase tACS en anti-phase tACS. Onderzoek toont aan dat in-phase theta tACS (6Hz) op de linker en rechter posterieur pariëtale cortex (PPC) voor een verbetering in prestaties van het werkgeheugen zorgt in vergelijking met sham stimulatie, hierbij werd er in deze studie een negatief effect van anti-phase tACS aangetoond op het motorisch leren (Tseng, Lu, Juan, 2018). In deze studie werd er voor het motorisch leren geen verschil gezien tussen in-phase en anti-phase tACS, een

mogelijke verklaring hiervoor is de kleine steekproefgrootte en het feit dat er mogelijk daardoor niet altijd werd voldaan aan de normaliteit van onze gegevens. Voor de verschillen tussen blok 4 en het retentieblok was enkel het betrouwbaarheidsinterval van de average trace deviation bij jongeren met 95% zekerheid verschillend van 0, wat zou wijzen op een verdere verbetering van de accuraatheid bij jongeren voor het retentieblok t.o.v. blok 4. Er werd echter geen significant verschil gevonden tussen leeftijdsgroepen. De oorzaak hiervan zou kunnen zijn dat jongeren een retentie van het motorisch leren vertoonden na de stimulatie in vergelijking met ouderen, toch dat dit verschil niet significant was. Conclusies moeten echter wel voorzichtig genomen worden. Er kan wel geconcludeerd worden dat ouderen ook de capaciteiten hebben om een bimanuele taak te leren en hun scores in accuraatheid kunnen verbeteren, wat overeenkomt met de bevindingen uit een eerdere studie (Pauwels, Vancleef, Swinnen, & Beets, 2015).

Absolute performance

In deze studie haalden jongeren een significant beter absoluut performance level in vergelijking met ouderen bij aanvang van de stimulatie (blok 1). Na afloop van de stimulatie, in het retentieblok, was er eenzelfde verschil te zien. Op basis van deze resultaten zouden we kunnen concluderen dat jongeren de bimanuele tracking taak beter uitvoerden dan ouderen. Er kan echter niet gezegd worden wat de invloed is van theta tACS op het uitvoeren van de bimanuele tracking taak doordat er geen controlegroep was met shamstimulatie. Tijdens de sessie (blok 1) werd er wel een significant verschil gevonden, enkel voor avg trace deviation, tussen de stimulatievormen. Hieruit kunnen we enkel zeggen dat er een significant verschil is tussen in-phase theta tACS en anti-phase theta tACS. We kunnen echter niet zeggen of dit verschil het gevolg is van de gefaciliteerde informatieoverdracht bij in-phase tACS, van de afgeremde informatieoverdracht bij anti-phase tACS of een combinatie van beiden. Echter is er momenteel nog onvoldoende onderzoek naar de invloed van tACS op een bimanuele coördinatietaak. Een voorgaande studie onderzocht reeds het effect op een bimanuele coördinatietaak van tACS (10Hz en 20Hz) op de rechter en linker primaire motorische cortex, bevindingen tonen hier aan dat tACS (10Hz en 20Hz) voordelige online-effecten heeft op bewegingssnelheid bij het schakelen tussen verschillende bimanuele taken, echter wel met een hoger foutenpercentage (Heise, Monteiro, Leunissen, Mantini & Swinnen, 2019). Theta tACS (gemiddelde \pm SD = 5.07Hz \pm 1.25Hz) is eerder wel toegepast op de linker pariëtale

hersengebieden voordat er een werkgeheugentaak werd uitgevoerd, wat resulteerde in een verhoogde opslag van het werkgeheugen; theta stimulatie (gemiddelde \pm SD = 4.69 Hz \pm 0.69Hz) over het frontale gebied had echter geen effect (Jaušovec & Jaušovec, 2014). In deze studie werd er na de stimulatie (na-effect) geen verschil meer gezien tussen de stimulatievormen. Mogelijks speelt de kleine steekproefgrootte hier ook een rol, waardoor er niet altijd werd voldaan aan de normaliteit van de gegevens. Een andere oorzaak kan zijn dat er geen na-effect is van tACS op de bimauele coördinatie. Dit zou overeenkomen met een eerdere studie die het na-effect van theta tACS (5Hz) onderzocht bij stimulatie op de anterieure regio's van de hersenen, waarbij er geen na-effect te zien was. Een mogelijke oorzaak zou kunnen zijn dat men niet de relevante netwerken heeft gestimuleerd (Wischnewski & Schutter, 2017).

Limitaties

Er zijn een aantal limitaties van deze studie die vermeld dienen te worden. Allereerst had de studie een kleine steekproef, waardoor de power eveneens laag was. Dit betekent dat er een kans is op vals negatieve resultaten. Daarnaast werd er vaak niet aan de normaliteitsvoorwaarde voldaan en moeten we dus de gevonden resultaten met nodige voorzichtigheid interpreteren. Een andere limitatie is dat we in deze studie niet met medische beeldvorming nagegaan zijn of de stimulatie het beoogde synchronisatie of desynchronisatie effect had op het frontopariëtale netwerk tijdens de BTT. Echter zou dit mogelijks een verklaring zijn voor het ontbreken van significante resultaten. Verder voerden de participanten voor er van start werd gegaan met de BTT de spatial working memory taak (sWMT) uit. Bij aanvang van de sessie kregen de participanten als gewenning één minuut hersenstimulatie, als ook tien minuten stimulatie gedurende deze taak. In deze studie werd er niet verder ingegaan op de uitvoering van deze sWMT. Echter kan deze stimulatie een invloed hebben gehad op de resultaten van de BTT. Verder werd de inname van alcohol en cafeïne in de afgelopen vierentwintig uur en de gemiddelde inname per week gevraagd voor aanvang van de sessie. Hierbij werden geen extreme hoeveelheden genoteerd. Hoewel aan iedere deelnemer werd gevraagd om op de dag van de sessie geen alcohol of cafeïne te gebruiken, moest er vertrouwd worden op de eerlijkheid en correctheid van de participanten. Een bijkomende limitatie is de afwezigheid van shamstimulatie in de studie, waardoor we enkel in-phase stimulatie kunnen vergelijken met anti-phase stimulatie. Bij verschil kunnen we

echter niet zeggen of dit komt doordat in-phase stimulatie een positief effect heeft op de uitvoering dan wel omdat anti-phase stimulatie een negatief effect heeft op de uitvoering. Tot slot werden metingen uitgevoerd door verschillende onderzoekers. Echter, de metingen werden altijd uitgevoerd door twee onderzoekers, waardoor een onderzoeker altijd geobserveerd werd door de andere, en steeds onder supervisie van een (co)promotor. Daarom mag gesteld worden dat de intra- en interrater betrouwbaarheid waarschijnlijk hoog was. Daarnaast werden metingen uitgevoerd gedurende de hele dag. Dit kan een mogelijke limitatie zijn, aangezien variatie in slaperigheid en hersengolfactiviteit doorheen de dag is aangetoond (Higuchi et al., 2001). De mogelijkheid om participanten op hetzelfde uur te plannen was er echter niet, het aantal uren slaap werd echter voor aanvang van de sessie genoteerd om de homogeniteit van de groep na te gaan.

Aanbevelingen voor toekomstige studies

Hoewel deze resultaten inzicht geven in de effecten van theta tACS, is het moeilijk om de resultaten te interpreteren omwille van de kleine steekproef en de afwezigheid van een controlegroep. Toekomstig onderzoek zou zich moeten focussen op het effect van tACS in vergelijking met een controlegroep door middel van shamstimulatie. Daarnaast kunnen studies die gelijktijdig stimuleren en hersengolven meten met EEG bijkomend inzicht geven. Tot slot is het nog onduidelijk hoelang tACS effecten aanwezig blijven en wat de effecten zijn op langere termijn. Een langere follow-up duur en meerdere nametingen over tijd zouden dit kunnen nagaan.

Conclusie

Zowel jongeren als ouderen vertonen een gelijkaardige capaciteit van motorisch leren bij de BTT, hierbij vertonen ouderen wel een verminderde absolute performance. Tussen in-phase en anti phase theta stimulatie is er een verschil in absolute performance tijdens de stimulatie, hiervan is er echter geen na-effect. De invloed van zowel in-phase als anti-phase theta stimulatie blijft echter onduidelijk vanwege de kleine steekproefgrootte en de afwezigheid van shamstimulatie. Verdere studies zijn nodig om het effect hiervan verder te onderzoeken.

6. Referenties

- Antal, A., Boros, K., Poreisz, C., Chaieb, L., Terney, D., & Paulus, W. (2008). Comparatively weak after-effects of transcranial alternating current stimulation (tACS) on cortical excitability in humans. *Brain Stimul*, *1*(2), 97-105. doi:10.1016/j.brs.2007.10.001
- Bangert, A. S., Reuter-Lorenz, P. A., Walsh, C. M., Schachter, A. B., & Seidler, R. D. (2010). Bimanual coordination and aging: neurobehavioral implications. *Neuropsychologia*, *48*(4), 1165-1170. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.013
- Bologna, M., Guerra, A., Paparella, G., Colella, D., Borrelli, A., Suppa, A., . . . Berardelli, A. (2019). Transcranial Alternating Current Stimulation Has Frequency-Dependent Effects on Motor Learning in Healthy Humans. *Neuroscience*, *411*, 130-139. doi:10.1016/j.neuroscience.2019.05.041
- Bowden, J. L., & McNulty, P. A. (2013). The magnitude and rate of reduction in strength, dexterity and sensation in the human hand vary with ageing. *Exp Gerontol*, *48*(8), 756-765. doi:10.1016/j.exger.2013.03.011
- Cole, K. J. (1991). Grasp force control in older adults. *J Mot Behav*, *23*(4), 251-258. doi:10.1080/00222895.1991.9942036
- Eliassen, J. C., Souza, T., & Sanes, J. N. (2001). Human brain activation accompanying explicitly directed movement sequence learning. *Exp Brain Res*, *141*(3), 269-280. doi:10.1007/s002210100822
- Heise, K. F., Monteiro, T. S., Leunissen, I., Mantini, D., & Swinnen, S. P. (2019). Distinct online and offline effects of alpha and beta transcranial alternating current stimulation (tACS) on continuous bimanual performance and task-set switching. *Sci Rep*, *9*(1), 3144. doi:10.1038/s41598-019-39900-0
- Herrmann, C. S., Rach, S., Neuling, T., & Strüber, D. (2013). Transcranial alternating current stimulation: a review of the underlying mechanisms and modulation of cognitive processes. *Front Hum Neurosci*, *7*, 279. doi:10.3389/fnhum.2013.00279
- Higuchi, S., Liu, Y., Yuasa, T., Maeda, A., & Motohashi, Y. (2001). Diurnal variations in alpha power density and subjective sleepiness while performing repeated vigilance tasks. *Clin Neurophysiol*, *112*(6), 997-1000. doi:10.1016/s1388-2457(01)00527-2
- Kilbreath, S. L., & Heard, R. C. (2005). Frequency of hand use in healthy older persons. *Aust J Physiother*, *51*(2), 119-122. doi:10.1016/s0004-9514(05)70040-4
- Marek, S., & Dosenbach, N. U. F. (2018). The frontoparietal network: function, electrophysiology, and importance of individual precision mapping. *Dialogues Clin Neurosci*, *20*(2), 133-140.
- Pahor, A., & Jaušovec, N. (2017). The Effects of Theta and Gamma tACS on Working Memory and Electrophysiology. *Front Hum Neurosci*, *11*, 651. doi:10.3389/fnhum.2017.00651
- Pauwels, L., Vancleef, K., Swinnen, S. P., & Beets, I. A. (2015). Challenge to promote change: both young and older adults benefit from contextual interference. *Front Aging Neurosci*, *7*, 157. doi:10.3389/fnagi.2015.00157
- Sala-Llonch, R., Bartres-Faz, D., & Junque, C. (2015). Reorganization of brain networks in aging: a review of functional connectivity studies. *Front Psychol*, *6*, 663. doi:10.3389/fpsyg.2015.00663
- Saturnino, G. B., Madsen, K. H., Siebner, H. R., & Thielscher, A. (2017). How to target inter-regional phase synchronization with dual-site Transcranial Alternating Current Stimulation. *Neuroimage*, *163*, 68-80. doi:10.1016/j.neuroimage.2017.09.024
- Seidler, R. D., Bo, J., & Anguera, J. A. (2012). Neurocognitive contributions to motor skill learning: the role of working memory. *J Mot Behav*, *44*(6), 445-453. doi:10.1080/00222895.2012.672348
- Sohn, M. H., Ursu, S., Anderson, J. R., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *97*(24), 13448-13453. doi:10.1073/pnas.240460497

- Tseng, P., Lu, K. C., & Juan, C. H. (2018). The critical role of phase difference in theta oscillation between bilateral parietal cortices for visuospatial working memory. *Sci Rep*, *8*(1), 349. doi:10.1038/s41598-017-18449-w
- van Schouwenburg, M. R., Zanto, T. P., & Gazzaley, A. (2016). Spatial Attention and the Effects of Frontoparietal Alpha Band Stimulation. *Front Hum Neurosci*, *10*, 658. doi:10.3389/fnhum.2016.00658
- Wischnewski, M., & Schutter, D. (2017). After-effects of transcranial alternating current stimulation on evoked delta and theta power. *Clin Neurophysiol*, *128*(11), 2227-2232. doi:10.1016/j.clinph.2017.08.029
- Wischnewski, M., Zerr, P., & Schutter, D. (2016). Effects of Theta Transcranial Alternating Current Stimulation Over the Frontal Cortex on Reversal Learning. *Brain Stimul*, *9*(5), 705-711. doi:10.1016/j.brs.2016.04.011
- Wolinski, N., Cooper, N. R., Sauseng, P., & Romei, V. (2018). The speed of parietal theta frequency drives visuospatial working memory capacity. *PLoS Biol*, *16*(3), e2005348. doi:10.1371/journal.pbio.2005348

Bijlagen (vragenlijsten)

Korte routine vragenlijst

Code:

Datum:/...../.....

Sessie: 1 – 2 – 3

Tijdstip van de dag:

1. Hoeveel uren heeft u deze nacht geslapen?	
2. Hoeveel consumpties met cafeïne heeft u genomen: - afgelopen 24u? - gemiddeld per dag laatste week?	
3. Hoeveel consumpties met alcohol heeft u genomen: - afgelopen 24u? - gemiddeld per dag laatste week?	
4. Heeft u medicatie genomen laatste 24u? Zo ja, geef dosis.	

Edinburgh Hand Inventory

Oldfield, R.C. (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), pp. 97-113.

CODE:
TESTDATUM:/...../.....
SCORE:

INSTRUCTIES:

- Geef bij de onderstaande activiteiten weer welke hand u verkiest te gebruiken door een „+“ te plaatsen in de passende kolom.
- Als de voorkeur voor die hand zo sterk is dat u nooit de andere hand zou gebruiken bij die taak, geef dit dan weer met een „++“.
- Als u echt geen voorkeur hebt voor één van beide handen, plaats dan een „+“ in beide kolommen.
- Voor sommige zijn beide handen nodig. Tussen haakjes staat dan aangegeven voor welke hand de voorkeur gevraagd is.
- Probeer alle vragen te beantwoorden, en laat enkel een vraag onbeantwoord als u echt geen ervaring hebt met de taak.

		links	rechts
1	Schrijven		
2	Tekenen		
3	Werpen		
4	Knippen		
5	Tanden poetsen		
6	Mes (zonder vork)		
7	Lepel		
8	Bezem (bovenste hand)		
9	Een lucifer aansteken (hand die de lucifer vasthoudt)		
10	Een doos opendoen (hand die het deksel vastgrijpt)		

Berekening van de lateraliteitsquotient:

$LQ = 100 * [(Som\ van\ "+" \ voor\ rechts) - (Som\ van\ "+" \ voor\ links)] / (Som\ van\ alle\ "+")$ Positief LQ:

Rechtshandig; Negatief LQ: Linkshandig

TES screening vragenlijst

	JA	NEEN
Heeft u metalen (uitgezonderd titanium) of elektronische implantaten in de hersenen/schedel (bv. splinters, fragmenten, clips, cochleair implantaat, diepe hersenstimulatie, etc.)? Indien ja, specificeer het type metaal en de locatie:		
Heeft u metalen of elektronische implantaten in een ander deel van uw lichaam (pacemaker, metalen fragmenten, etc.)? Indien ja, specificeer het apparaat en de locatie:		
Heeft u ooit chirurgische ingrepen gehad aan het hoofd of aan de ruggengraat? Indien ja, specificeer de locatie:		
Heeft u ooit een hoofdtrauma gehad waarna je het bewustzijn bent verloren?		
Heeft u huidproblemen zoals dermatitis, psoriasis, of eczeem? Indien ja, specificeer de locatie:		
Heeft u epilepsie of heeft u al stuip trekkingen of een epileptisch insult gehad?		
Heeft u last van appelflauwtes of syncopes?		
Bent u zwanger of bestaat de kans dat u zwanger bent?		
Neemt u medicatie? Indien ja, specificeer:		
Bent u allergisch? Indien ja, specificeer:		
Heeft u in het verleden al eens transcraaniële magnetische of elektrische neurostimulatie gehad? Indien ja, had u toen ergens last van? Specificeer:		

Een bevestigend antwoord op bovenstaande vragen is geen absolute contra-indicatie voor transcraaniële neurostimulatie maar een herevaluatie van de risico's kan nodig zijn. Bij twijfel wordt er contact opgenomen met de arts-onderzoeker.

In te vullen door de onderzoeker:

Code kandidaat:
Datum:
Sessie:
Onderzoek:
Stimulatiecode:
Elektrode: anode = .. x .. cm; cathode = .. x .. cm
Eerste stimulatie (schrappen wat niet past)? Ja / nee
#stimulaties voordien:

In te vullen door de kandidaat

Geef aan of u een van de onderstaande ongemakken heeft gevoeld tijdens de stimulatie, en vermeld de ernst van het ongemak via de volgende schaal:

- **Geen:** Ik heb het ongemak niet gevoeld tijdens de stimulatie
- **Mild:** Ik heb het ongemak slechts heel licht gevoeld tijdens de stimulatie
- **Gematigd:** Ik heb het ongemak gevoeld tijdens de stimulatie
- **Sterk:** Ik heb het ongemak zeer duidelijk gevoeld tijdens de stimulatie

<i>Ongemakken gevoeld tijdens de stimulatie:</i>				
	<i>Geen</i>	<i>Mild</i>	<i>Gematigd</i>	<i>Sterk</i>
Jeuk				
Pijn				
Branden				
Warmte				
Metaalsmaak				
Vermoeidheid				
Andere				

Specificeer Andere:

Wanneer begon u het ongemak te voelen?

<i>Ongemakken gevoeld tijdens de stimulatie:</i>				
	<i>Geen</i>	<i>In het begin</i>	<i>In het midden</i>	<i>Naar het einde toe</i>
Jeuk				
Pijn				
Branden				
Warmte				
Metaalsmaak				
Vermoeidheid				
Andere				

Hoe lang duurde het ongemak (meerdere opties mogelijk)?

Ongemakken gevoeld tijdens de stimulatie:					
	<i>Geen</i>	<i>Enkel in het begin</i>	<i>Gestopt in het midden</i>	<i>Gestopt op het einde</i>	<i>Gestopt na de stimulatie</i>
Jeuk					
Pijn					
Branden					
Warmte					
Metaalsmaak					
Vermoeidheid					
Andere					

In hoeverre heeft dit ongemak/hebben deze ongemakken uw algemene toestand beïnvloed?

- Helemaal niet Mild Gematigd Sterk

Locatie van het ongemak:

- Verspreid Gelokaliseerd Dicht bij de elektrode, Andere

Denkt u dat u actief gestimuleerd bent geweest of met de placebo stimulatie (sham)?

- Actief Sham Geen idee

AEs per elektrode:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Opmerkingen:

.....
.....
.....
.....
.....

Tabel 2*NIBS Questionnaire (Jongeren – Ouderen)*

	Jongeren	Ouderen
Jeuk	Geen (13), Mild (1)	Geen (13), Mild (2)
Wanneer	Naar het einde toe (1)	In het begin (2)
Hoelang	Gestopt na de stimulatie (1)	Enkel in het begin (2)
Pijn	Geen (8), Mild (4), Gematigd (2)	Geen (13), Mild (2)
Wanneer	In het begin (6)	In het begin (1)
Hoelang	Enkel in het begin (4), Gestopt na de stimulatie (2)	Enkel in het begin (1)
Branden	Geen (6), Mild (6), Gematigd (2)	Geen (12), Mild (2), Gematigd (1)
Wanneer	In het begin (7), In het midden (1)	In het begin (2)
Hoelang	Enkel in het begin (4), Gestopt in het midden (1), Gestopt op het einde (1), Gestopt na de stimulatie (2)	Enkel in het begin (2), Gestopt na de stimulatie (1)
Warmte	Geen (8), Mild (4), Gematigd (2)	Geen (13), Mild (2)
Wanneer	In het begin (4), In het midden (2)	In het begin (2)
Hoelang	Enkel in het begin (2), Gestopt op het einde (1), Gestopt na de stimulatie (3)	Enkel in het begin (1), Gestopt na de stimulatie (1)
Metaalsmaak	Geen (14)	Geen (15)
Wanneer	/	/
Hoelang	/	/
Vermoeidheid	Geen (9), Mild (2), Gematigd (3)	Geen (15)
Wanneer	In het begin (1), In het midden (2), Naar het einde toe (2)	/
Hoelang	Gestopt na de stimulatie (4), Niet gestopt (1)	/
Andere	/	/
Algemene toestand beïnvloed	Helemaal niet (10), Mild (3), Gematigd (1)	Helemaal niet (13), Mild (1), / (1)
Locatie ongemak	Dichtbij elektrode (8), Gelokaliseerd (6)	Dichtbij de elektrode (4), / (11)
Actieve stimulatie of sham?	Actief (10), Sham (1), Geen idee (3)	Actief (7), Geen idee (7), / (1)


Waarden zijn gegeven door aantallen

Tabel 3*NIBS Questionnaire (in-phase – anti-phase stimulatie)*

	In-phase stimulatie	Anti-phase stimulatie
Jeuk	Geen (15), Mild (1)	Geen (11), Mild (2)
Wanneer	In het begin (1)	In het begin (1), Naar het einde toe (1)
Hoelang	Enkel in het begin (1)	Enkel in het begin (1), Gestopt na de stimulatie
Pijn	Geen (11), Mild (4), Gematigd (1)	Geen (10), Mild (2), Gematigd (1)
Wanneer	In het begin (5)	In het begin (2)
Hoelang	Enkel in het begin (3), Gestopt na de stimulatie (2)	Enkel in het begin (2)
Branden	Geen (11), Mild (4), Gematigd (1)	Geen (7), Mild (4), Gematigd (2)
Wanneer	In het begin (5)	In het begin (4), In het midden (1)
Hoelang	Enkel in het begin (3), Gestopt na de stimulatie (2)	Enkel in het begin (3), Gestopt in het midden (1), Gestopt op het einde (1), Gestopt na de stimulatie (1)
Warmte	Geen (12), Mild (3), Gematigd (1)	Geen (9), Mild (3), Gematigd (1)
Wanneer	In het begin (4)	In het begin (2), In het midden (2)
Hoelang	Enkel in het begin (2), Gestopt na de stimulatie (2)	Enkel in het begin (1), Gestopt op het einde (1), Gestopt na de stimulatie (2)
Metaalsmaak	Geen (16)	Geen (13)
Wanneer	/	/
Hoelang	/	/
Vermoeidheid	Geen (14), Mild (1), Gematigd (1)	Geen (10), Mild (1), Gematigd (2)
Wanneer	In het begin (1), Naar het einde toe (1)	In het midden (2), Naar het einde toe (1)
Hoelang	Gestopt na de stimulatie (2)	Gestopt na de stimulatie (2), Niet gesopt (1)
Andere	/	/
Algemene toestand beïnvloed	Helemaal niet (15), Mild (1)	Helemaal niet (8), Mild (3), Gematigd (1), / (1)
Locatie ongemak	Dichtbij elektrode (4), Gelokaliseerd (5), / (7)	Dichtbij de elektrode (8), Gelokaliseerd (1), / (4)
Actieve stimulatie of sham?	Actief (9), Sham (1), Geen idee (5), / (1)	Actief (8), Geen idee (5)

Waarden zijn gegeven door aantallen

Bijlagen (documenten)

<p>www.uhasselt.be Campus Hasselt Marielarenlaan 42 BE-3500 Hasselt Campus Diepenbeek Agoradon gebouw D BE-3590 Diepenbeek T + 32(0)11 26 81 11 Email: info@uhasselt.be</p>	
--	---

INVENTARISATIEFORMULIER WETENSCHAPPELIJKE STAGE DEEL 2

DATUM	INHOUD OVERLEG	HANDTEKENINGEN
1/10	Algeme inforsessie	Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): <i>Horvath</i> Student(e): <i>Asselst</i>
4/5	Algeme vragen	Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): <i>Horvath</i> Student(e): <i>Asselst</i>
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):
		Promotor: Copromotor/Begeleider: Student(e): Student(e):

In te vullen door de promotor(en) en eventuele copromotor aan het einde van MP2:

Naam Student(e):	Friedrik Houwens Michiel Poncker	Datum:	20/05/2020
Titel Masterproef:	Wak in het effect van frontopvallende dual-site ACS op de bimanuele coördinatie bij jongeren en ouderen		

- 1) Geef aan in hoeverre de student(e) onderstaande competenties zelfstandig uitvoerde:
- NVT: De student(e) leverde hierin geen bijdrage, aangezien hij/zij in een reeds lopende studie meewerkte.
 - 1: De student(e) was niet zelfstandig en sterk afhankelijk van medestudent(e) of promotor en teamleden bij de uitwerking en uitvoering.
 - 2: De student(e) had veel hulp en ondersteuning nodig bij de uitwerking en uitvoering.
 - 3: De student(e) was redelijk zelfstandig bij de uitwerking en uitvoering
 - 4: De student(e) had weinig tot geringe hulp nodig bij de uitwerking en uitvoering.
 - 5: De student(e) werkte zeer zelfstandig en had slechts zeer sporadisch hulp en bijsturing nodig van de promotor of zijn team bij de uitwerking en uitvoering.

Competenties	NVT	1	2	3	4	5
Opstelling onderzoeksvraag	0	0	▼	▼	0	0
Methodologische uitwerking	0	0	▼	▼	0	0
Data acquisitie	0	0	0	0	▼	▼
Data management	0	0	0	0	▼	0
Dataverwerking/Statistiek	0	0	0	▼	0	0
Rapportage	0	0	0	▼	0	0

- 2) Niet-bindend advies: Student(e) krijgt toelating/~~geen toelating~~ (schrappen wat niet past) om bovenvermelde Wetenschappelijke stage/masterproef deel 2 te verdedigen in bovenvermelde periode. Deze eventuele toelating houdt geen garantie in dat de student geslaagd is voor dit opleidingsonderdeel.
- 3) Deze wetenschappelijke stage/masterproef deel 2 mag wel/~~niet~~ (schrappen wat niet past) openbaar verdedigd worden.
- 4) Deze wetenschappelijke stage/masterproef deel 2 mag wel/~~niet~~ (schrappen wat niet past) opgenomen worden in de bibliotheek en docserver van de UHasselt.

Datum en handtekening
Student(e)
20/05/2020

Houwens

Datum en handtekening
promotor(en)

Datum en handtekening
Co-promotor(en)
20/05/2020
Stefanie Verstraeten



Verklaring op Eer

Ondergetekende, student aan de Universiteit Hasselt (UHassel), faculteit Revalidatiewetenschappen aanvaardt de volgende voorwaarden en bepalingen van deze verklaring:

1. Ik ben ingeschreven als student aan de UHassel in de opleiding Revalidatiewetenschappen en kinesitherapie waarbij ik de kans krijg om in het kader van mijn opleiding mee te werken aan onderzoek van de faculteit Revalidatiewetenschappen aan de UHassel. Dit onderzoek wordt beleid door Prof Dr. Raf Meesen en kadert binnen het opleidingsonderdeel Masterproef deel 2. Ik zal in het kader van dit onderzoek creaties, schetsen, ontwerpen, prototypes en/of onderzoeksresultaten tot stand brengen in het domein van de neurowetenschappen (hierna: "De Onderzoeksresultaten").
2. Bij de creatie van De Onderzoeksresultaten doe ik beroep op de achtergrondkennis, vertrouwelijke informatie¹, universitaire middelen en faciliteiten van UHassel (hierna: de "Expertise").
3. Ik zal de Expertise, met inbegrip van vertrouwelijke informatie, uitsluitend aanwenden voor het uitvoeren van hogergenoemd onderzoek binnen UHassel. Ik zal hierbij steeds de toepasselijke regelgeving, in het bijzonder de Algemene Verordening Gegevensbescherming (EU 2016-679), in acht nemen.
4. Ik zal de Expertise (i) voor geen enkele andere doelstelling gebruiken, en (ii) niet zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van UHassel op directe of indirecte wijze publiek maken.
5. Aangezien ik in het kader van mijn onderzoek beroep doe op de Expertise van de UHassel, draag ik hierbij alle bestaande en toekomstige intellectuele eigendomsrechten op De Onderzoeksresultaten over aan de UHassel. Deze overdracht omvat alle vormen van intellectuele eigendomsrechten, zoals onder meer – zonder daartoe beperkt te zijn – het auteursrecht, octrooirecht, merkenrecht, modellenrecht en knowhow. De overdracht geschiedt in de meest volledige omvang, voor de gehele wereld en voor de gehele beschermingsduur van de betrokken rechten.
6. In zoverre De Onderzoeksresultaten auteursrechtelijk beschermd zijn, omvat bovenstaande overdracht onder meer de volgende exploitatiewijzen, en dit steeds voor de hele beschermingsduur, voor de gehele wereld en zonder vergoeding:
 - het recht om De Onderzoeksresultaten vast te (laten) leggen door alle technieken en op alle dragers;
 - het recht om De Onderzoeksresultaten geheel of gedeeltelijk te (laten) reproduceren, openbaar te (laten) maken, uit te (laten) geven, te (laten) exploiteren en te (laten) verspreiden in eender welke vorm, in een onbeperkt aantal exemplaren;

¹ Vertrouwelijke informatie betekent alle informatie en data door de UHassel meegedeeld aan de student voor de uitvoering van deze overeenkomst, inclusief alle persoonsgegevens in de zin van de Algemene Verordening Gegevensbescherming (EU 2016/679), met uitzondering van de informatie die (a) reeds algemeen bekend is; (b) reeds in het bezit was van de student voor de mededeling ervan door de UHassel; (c) de student verkregen heeft van een derde zonder enige geheimhoudingsplicht; (d) de student onafhankelijk heeft ontwikkeld zonder gebruik te maken van de vertrouwelijke informatie van de UHassel; (e) wettelijk of als gevolg van een rechterlijke beslissing moet worden bekendgemaakt, op voorwaarde dat de student de UHassel hiervan schriftelijk en zo snel mogelijk op de hoogte brengt.

- het recht om De Onderzoeksresultaten te (laten) verspreiden en mee te (laten) delen aan het publiek door alle technieken met inbegrip van de kabel, de satelliet, het internet en alle vormen van computernetwerken;
- het recht De Onderzoeksresultaten geheel of gedeeltelijk te (laten) bewerken of te (laten) vertalen en het (laten) reproduceren van die bewerkingen of vertalingen;
- het recht De Onderzoeksresultaten te (laten) bewerken of (laten) wijzigen, onder meer door het reproduceren van bepaalde elementen door alle technieken en/of door het wijzigen van bepaalde parameters (zoals de kleuren en de afmetingen).

De overdracht van rechten voor deze exploitatiewijzen heeft ook betrekking op toekomstige onderzoeksresultaten tot stand gekomen tijdens het onderzoek aan UHasselt, eveneens voor de hele beschermingsduur, voor de gehele wereld en zonder vergoeding.

Ik behoud daarbij steeds het recht op naamvermelding als (mede)auteur van de betreffende Onderzoeksresultaten.

7. Ik zal alle onderzoeksdata, ideeën en uitvoeringen neerschrijven in een "laboratory notebook" en deze gegevens niet vrijgeven, tenzij met uitdrukkelijke toestemming van mijn UHasseltbegeleider Prof Dr. Raf Meesen.
8. Na de eindevaluatie van mijn onderzoek aan de UHasselt zal ik alle verkregen vertrouwelijke informatie, materialen, en kopieën daarvan, die nog in mijn bezit zouden zijn, aan UHasselt terugbezorgen.

Gelezen voor akkoord en goedgekeurd,

Naam: Friedrik Houions

Adres: Casterstraat 91, 3500 Hasselt

Geboortedatum en -plaats: 02/08/1996, Hasselt

Datum: 25/05/2020

Handtekening: Houions

Verklaring op Eer

Ondergetekende, student aan de Universiteit Hasselt (UHasselT), faculteit Revalidatiewetenschappen aanvaardt de volgende voorwaarden en bepalingen van deze verklaring:

1. Ik ben ingeschreven als student aan de UHasselT in de opleiding Revalidatiewetenschappen en kinesitherapie waarbij ik de kans krijg om in het kader van mijn opleiding mee te werken aan onderzoek van de faculteit Revalidatiewetenschappen aan de UHasselT. Dit onderzoek wordt beleid door Prof Dr. Raf Meesen en kadert binnen het opleidingsonderdeel Masterproef deel 2. Ik zal in het kader van dit onderzoek creaties, schetsen, ontwerpen, prototypes en/of onderzoeksresultaten tot stand brengen in het domein van de neurowetenschappen (hierna: "De Onderzoeksresultaten").
2. Bij de creatie van De Onderzoeksresultaten doe ik beroep op de achtergrondkennis, vertrouwelijke informatie¹, universitaire middelen en faciliteiten van UHasselT (hierna: de "Expertise").
3. Ik zal de Expertise, met inbegrip van vertrouwelijke informatie, uitsluitend aanwenden voor het uitvoeren van hogergenoemd onderzoek binnen UHasselT. Ik zal hierbij steeds de toepasselijke regelgeving, in het bijzonder de Algemene Verordening Gegevensbescherming (EU 2016-679), in acht nemen.
4. Ik zal de Expertise (i) voor geen enkele andere doelstelling gebruiken, en (ii) niet zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van UHasselT op directe of indirecte wijze publiek maken.
5. Aangezien ik in het kader van mijn onderzoek beroep doe op de Expertise van de UHasselT, draag ik hierbij alle bestaande en toekomstige intellectuele eigendomsrechten op De Onderzoeksresultaten over aan de UHasselT. Deze overdracht omvat alle vormen van intellectuele eigendomsrechten, zoals onder meer – zonder daartoe beperkt te zijn – het auteursrecht, octrooirecht, merkenrecht, modellenrecht en knowhow. De overdracht geschiedt in de meest volledige omvang, voor de gehele wereld en voor de gehele beschermingsduur van de betrokken rechten.
6. In zoverre De Onderzoeksresultaten auteursrechtelijk beschermd zijn, omvat bovenstaande overdracht onder meer de volgende exploitatiewijzen, en dit steeds voor de hele beschermingsduur, voor de gehele wereld en zonder vergoeding:
 - het recht om De Onderzoeksresultaten vast te (laten) leggen door alle technieken en op alle dragers;
 - het recht om De Onderzoeksresultaten geheel of gedeeltelijk te (laten) reproduceren, openbaar te (laten) maken, uit te (laten) geven, te (laten) exploiteren en te (laten) verspreiden in eender welke vorm, in een onbeperkt aantal exemplaren;

¹ Vertrouwelijke informatie betekent alle informatie en data door de UHasselT meegedeeld aan de student voor de uitvoering van deze overeenkomst, inclusief alle persoonsgegevens in de zin van de Algemene Verordening Gegevensbescherming (EU 2016/679), met uitzondering van de informatie die (a) reeds algemeen bekend is; (b) reeds in het bezit was van de student voor de mededeling ervan door de UHasselT; (c) de student verkregen heeft van een derde zonder enige geheimhoudingsplicht; (d) de student onafhankelijk heeft ontwikkeld zonder gebruik te maken van de vertrouwelijke informatie van de UHasselT; (e) wettelijk of als gevolg van een rechterlijke beslissing moet worden bekendgemaakt, op voorwaarde dat de student de UHasselT hiervan schriftelijk en zo snel mogelijk op de hoogte brengt.

- het recht om De Onderzoeksresultaten te (laten) verspreiden en mee te (laten) delen aan het publiek door alle technieken met inbegrip van de kabel, de satelliet, het internet en alle vormen van computernetwerken;
- het recht De Onderzoeksresultaten geheel of gedeeltelijk te (laten) bewerken of te (laten) vertalen en het (laten) reproduceren van die bewerkingen of vertalingen;
- het recht De Onderzoeksresultaten te (laten) bewerken of (laten) wijzigen, onder meer door het reproduceren van bepaalde elementen door alle technieken en/of door het wijzigen van bepaalde parameters (zoals de kleuren en de afmetingen).

De overdracht van rechten voor deze exploitatiewijzen heeft ook betrekking op toekomstige onderzoeksresultaten tot stand gekomen tijdens het onderzoek aan UHasselt, eveneens voor de hele beschermingsduur, voor de gehele wereld en zonder vergoeding.

Ik behoud daarbij steeds het recht op naamvermelding als (mede)auteur van de betreffende Onderzoeksresultaten.

7. Ik zal alle onderzoeksdata, ideeën en uitvoeringen neerschrijven in een "laboratory notebook" en deze gegevens niet vrijgeven, tenzij met uitdrukkelijke toestemming van mijn UHasseltbegeleider Prof. dr. Raf Meesen.
8. Na de eindevaluatie van mijn onderzoek aan de UHasselt zal ik alle verkregen vertrouwelijke informatie, materialen, en kopieën daarvan, die nog in mijn bezit zouden zijn, aan UHasselt terugbezorgen.

Gelezen voor akkoord en goedgekeurd,

Naam: Michiel Poncelet

Adres: Papenakkerstraat 24, 3570 Aiken

Geboortedatum en -plaats : 11/07/1997 te Hasselt

Datum: 25/05/2020

Handtekening: _____

AFSPRAKENNOTA

1. Organisatie

Naam	Universiteit Hasselt/transnationale Universiteit Limburg (Hierna: UHasselt/TUL)
Adres	Martelarenlaan 42 3500 Hasselt
Sociale doelstelling	De UHasselt/TUL is een dynamisch kenniscentrum van onderwijs, onderzoek en dienstverlening.
Werking van de organisatie	<p>Faculteiten</p> <p>De UHasselt telt <u>zes faculteiten</u> die het onderwijs en onderzoek aansturen:</p> <ul style="list-style-type: none"> o faculteit Architectuur en kunst o faculteit Bedrijfseconomische wetenschappen o faculteit Geneeskunde en levenswetenschappen o faculteit Industriële ingenieurswetenschappen o faculteit Rechten o faculteit Wetenschappen <p>Elke faculteit stelt per opleiding een <u>onderwijsmanagementteam</u> (OMT) en een <u>examencommissie</u> samen.</p> <p>Vakgroepen</p> <p>Binnen de faculteiten opereren diverse <u>vakgroepen</u>. Zij groeperen alle personeelsleden die onderzoek en onderwijs verrichten binnen eenzelfde discipline. Elke vakgroep bestaat vervolgens uit een of meerdere <u>onderzoeksgroepen</u>. Zij staan in voor de organisatie van het gespecialiseerd onderzoek.</p> <p>Deze klassieke boomstructuur van faculteiten, onderzoeksgroepen en vakgroepen wordt doorkruist door de <u>onderzoeksinstituten</u>. De instituten groeperen onderzoekers uit verschillende onderzoeksgroepen die in bepaalde speerpunt domeinen onderzoek uitvoeren. Daarbij wordt het volledige onderzoeksspectrum afgedekt, van fundamenteel over toegepast onderzoek tot concrete valorisatietoepassingen.</p>
Juridisch statuut	Autonome openbare instelling

Verantwoordelijke van de organisatie, die moet verwittigd worden bij ongevallen.

Naam	Prof. Dr. Raf Meesen
Functie	<ul style="list-style-type: none">• Voorzitter OMT master ReKi• Vicedirecteur Doctoral School Health and Life Sciences• Secretaris Examencommissie master revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie
Tel. - GSM	+3211292124

2. De vrijwilliger: student-onderzoeker

Naam	Frederik Horions en Michiel Poncelet
Correspondentieadres	Frederik.horions@student.uhasselt.be, Michiel.poncelet@student.uhasselt.be
Tel. - GSM	+32471737102, +32495899608

3. Verzekeringen

Waarborgen	De burgerlijke aansprakelijkheid van de organisatie.
Maatschappij	Ethias
Polisnummer	45009018

Waarborgen	Lichamelijke schade die geleden is door vrijwilligers bij ongevallen tijdens de uitvoering van het vrijwilligerswerk of op weg naar- en van de activiteiten.
Maatschappij	Ethias
Polisnummer	45055074

4. Vergoedingen

De organisatie betaalt geen vergoeding aan de vrijwilliger.

5. Aansprakelijkheid

De organisatie is burgerrechtelijk aansprakelijk voor de schade die de vrijwilliger aan derden veroorzaakt bij het verrichten van vrijwilligerswerk.

Ingeval de vrijwilliger bij het verrichten van het vrijwilligerswerk de organisatie of derden schade berokkent, is hij enkel aansprakelijk voor zijn bedrog en zijn zware schuld.
Voor lichte schuld is hij enkel aansprakelijk als die bij hem eerder gewoonlijk dan toevallig voorkomt.

Opgelet: voor het materiaal dat de vrijwilliger zelf meebrengt, is hij/zij zelf verantwoordelijk.

6. Geheimhoudingsplicht – verwerking persoonsgegevens

De vrijwilliger verleent de UHasselt toestemming om de gegevens die in het kader van zijn/haar inschrijving aan UHasselt werden verzameld, ook te gebruiken voor de uitvoering van deze afsprakennota (de evaluatie van de vrijwilliger alsook het aanmaken van een certificaat). UHasselt zal deze informatie vertrouwelijk behandelen en zal deze vertrouwelijkheid ook bewaken na de beëindiging van het statuut student-onderzoeker. De UHasselt neemt hiertoe alle passende maatregelen en waarborgen om de persoonsgegevens van de vrijwilliger conform de Algemene Verordening Gegevensbescherming (EU 2016/679) te verwerken.

De vrijwilliger verbindt zich ertoe om alle gegevens, documenten, kennis en materiaal, zowel schriftelijk als mondeling ontvangen in de hoedanigheid van student-onderzoeker aan de UHasselt als strikt vertrouwelijk te behandelen, ook indien deze niet als strikt vertrouwelijk werd geïdentificeerd. Indien de vertrouwelijke gegevens van de UHasselt ook persoonsgegevens bevatten dient de stagiair hiertoe steeds de Algemene Verordening Gegevensbescherming (EU 2016/679) na te leven en bij elke verwerking het advies van het intern privacycollege van de UHasselt in te winnen. Hij/zij verbindt zich ertoe om in geen geval deze vertrouwelijke informatie mee te delen aan derden of anderszins openbaar te maken, ook niet na de beëindiging van het statuut student-onderzoeker.

7. Concrete afspraken

Functie van de vrijwilliger

De vrijwilliger zal volgende taak vervullen: Participeren in studie omtrent tACS
Deze taak omvat volgende activiteiten: Datacollectie van patiëntengegevens
De vrijwilliger voert zijn taak uit onder verantwoordelijkheid van de faculteit Revalidatiewetenschappen
De vrijwilliger wordt binnen de faculteit begeleid door Dra. Stefanie Verstraelen
Zijn vaste werkplek voor het uitvoeren van de taak is Universiteit Hasselt, Agoralaan, gebouw A, 3590 Diepenbeek

De vrijwilliger zal deze taak op volgende tijdstippen uitvoeren:

- op de volgende dag(en):
 - o maandag
 - o dinsdag
 - o woensdag
 - o donderdag
 - o vrijdag
- het engagement wordt aangegaan voor de periode van november 2019 tot juni 2020 (deze periode kan maximaal 1 kalenderjaar zijn en moet liggen tussen 1 januari en 31 december).

Begeleiding

De organisatie engageert zich ertoe de vrijwilliger tijdens deze proefperiode degelijk te begeleiden en te ondersteunen en hem/haar van alle informatie te voorzien opdat de activiteit naar best vermogen kan worden uitgevoerd.

De vrijwilliger voert de taken en activiteiten uit volgens de voorschriften vastgelegd door de faculteit. Hij/zij neemt voldoende voorzorgsmaatregelen in acht, en kan voor bijkomende informatie over de uit te voeren activiteit steeds terecht bij volgende contactpersoon: Dra. Stefanie Verstraelen

De vrijwilliger krijgt waar nodig vooraf een vorming. Het volgen van de vorming indien aangeboden door de organisatie, is verplicht voor de vrijwilliger.

De vrijwilliger heeft kennis genomen van het 'reglement statuut student-onderzoeker' dat als bijlage aan deze afsprakennota wordt toegevoegd en integraal van toepassing is op de vrijwilliger.

Certificaat

Indien de vrijwilliger zijn opdracht succesvol afrondt, ontvangt hij/zij een certificaat van de UHasselt ondertekend door de decaan van de faculteit waaraan de vrijwilliger zijn opdracht voltooide.

8. Einde van het vrijwilligerswerk.

Zowel de organisatie als de vrijwilliger kunnen afzien van een verdere samenwerking. Dat kan gebeuren:

- bij onderlinge overeenstemming;
- op vraag van de vrijwilliger zelf;
- op verzoek van de organisatie.

Indien de samenwerking op initiatief van de vrijwilliger of de organisatie wordt beëindigd, gebeurt dit bij voorkeur minstens 2 weken op voorhand. Bij ernstige tekortkomingen kan de samenwerking, door de organisatie, onmiddellijk worden beëindigd.

Datum: 28/05/2020

Naam en Handtekening decaan

Naam en Handtekening vrijwilliger

Frederik Horlons en Michiel Poncelet



Opgemaakt in 2 exemplaren waarvan 1 voor de faculteit en 1 voor de vrijwilliger.

Reglement betreffende het statuut van student-onderzoeker¹

Artikel 1. Definities

Voor de toepassing van dit reglement wordt verstaan onder:

student-onderzoeker: een regelmatig ingeschreven bachelor- of masterstudent van de UHasselt/tUL die als vrijwilliger wordt ingeschakeld in onderzoeksprojecten. De opdrachten uitgevoerd als student-onderzoeker kunnen op geen enkele wijze deel uitmaken van het studietraject van de student. De opdrachten kunnen geen ECTS-credits opleveren en zij kunnen geen deel uitmaken van een evaluatie van de student in het kader van een opleidingsonderdeel. De onderzoekopdrachten kunnen wel in het verlengde liggen van een opleidingsonderdeel, de bachelor- of masterproef.

Artikel 2. Toepassingsgebied

Enkel bachelor- en masterstudenten van de UHasselt/tUL die voor minstens 90 studiepunten credits hebben behaald in een academische bacheloropleiding komen in aanmerking voor het statuut van student-onderzoeker.

Artikel 3. Selectie en administratieve opvolging

§1 De faculteiten staan in voor de selectie van de student-onderzoekers en schrijven hiervoor een transparante selectieprocedure uit die vooraf aan de studenten kenbaar wordt gemaakt.

§2 De administratieve opvolging van de dossiers gebeurt door de faculteiten.

Artikel 4. Preventieve maatregelen en verzekeringen

§1 De faculteiten voorzien waar nodig in de noodzakelijke voorafgaande vorming van student-onderzoekers. De student is verplicht deze vorming te volgen vooraleer hij/zij kan starten als student-onderzoeker.

§2 Er moet voor de betrokken opdrachten een risicopostenanalyse opgemaakt worden door de faculteiten, analoog aan de risicopostenanalyse voor een stagiair van de UHasselt/tUL. De faculteiten zien er op toe dat de nodige veiligheidsmaatregelen getroffen worden voor aanvang van de opdracht.

§3 De student-onderzoekers worden door de UHasselt verzekerd tegen:

- ☒ Burgerlijke aansprakelijkheid
- ☒ Lichamelijke ongevallen

en dit ongeacht de plaats waar zij hun opdrachten in het kader van het statuut uitoefenen.

Artikel 5. Vergoeding van geleverde prestaties

§1 De student-onderzoeker kan maximaal 40 kalenderdagen, gerekend binnen één kalenderjaar, worden ingeschakeld binnen dit statuut. De dagen waarop de student-onderzoeker een vorming moet volgen, worden niet meegerekend als gepresteerde dagen.

§2 De student-onderzoeker ontvangt geen vrijwilligersvergoeding voor zijn prestaties. De student kan wel een vergoeding krijgen van de faculteit voor bewezen onkosten. De faculteit en de student maken hier aangaande schriftelijke afspraken.

Artikel 6. Dienstverplaatsingen

De student-onderzoeker mag dienstverplaatsingen maken. De faculteit en de student maken schriftelijke afspraken over deal dan niet vergoeding voor dienstverplaatsingen. De student wordt tijdens de dienstverplaatsingen en op weg van en naar de stageplaats uitsluitend verzekerd door de UHasselt voor lichamelijke ongevallen.

¹ Zoals goedgekeurd door de Raad van Bestuur van de Universiteit Hasselt op 15 juni 2017.

Artikel 7. Afsprakennota

§1 Er wordt een afsprakennota opgesteld die vooraf wordt ondertekend door de decaan en de student-onderzoeker. Hierin worden de taken van de student-onderzoeker alsook de momenten waarop hij/zij de taken moet uitvoeren zo nauwkeurig mogelijk omschreven.

§2 Aan de afsprakennota wordt een kopie van dit reglement toegevoegd als bijlage.

Artikel 8. Certificaat

Na succesvolle beëindiging van de opdracht van de student-onderzoeker, te beoordelen door de decaan, ontvangt hij een certificaat van de studentenadministratie. De faculteit bezorgt de nodige gegevens aan de studentenadministratie. Het certificaat wordt ondertekend door de decaan van de faculteit waaraan de student-onderzoeker zijn opdracht voltooide.

Artikel 9. Geheimhoudingsplicht

De student-onderzoeker verbindt zich ertoe om alle gegevens, documenten, kennis en materiaal, zowel schriftelijk (inbegrepen elektronisch) als mondeling ontvangen in de hoedanigheid van student-onderzoeker aan de UHasselt, als strikt vertrouwelijk te behandelen, ook indien deze niet als strikt vertrouwelijk werd geïdentificeerd. Hij/zij verbindt zich ertoe om in geen geval deze vertrouwelijke informatie mee te delen aan derden of anderszins openbaar te maken, ook niet na de beëindiging van zijn/haar opdracht binnen dit statuut.

Artikel 10. Intellectuele eigendomsrechten

Indien de student-onderzoeker tijdens de uitvoering van zijn/haar opdrachten creaties tot stand brengt die (kunnen) worden beschermd door intellectuele rechten, deelt hij/zij dit onmiddellijk mee aan de faculteit. Deze intellectuele rechten, met uitzondering van auteursrechten, komen steeds toe aan de UHasselt.

Artikel 11. Geschillenregeling

Indien zich een geschil voordoet tussen de faculteit en de student-onderzoeker met betrekking tot de interpretatie van dit reglement of de uitoefening van de taken, dan kan de ombudspersoon van de opleiding waarbinnen de student-onderzoeker zijn taken uitoefent, bemiddelen. Indien noodzakelijk, beslecht de vicerector Onderwijs het geschil.

Artikel 12. Inwerkingtreding

Dit reglement treedt in werking met ingang van het academiejaar 2017-2018.

COVID-19 Addendum - Masterproef 2

Gelieve dit document in te laten vullen door de promotor en ingevuld toe te voegen aan je masterproef.

Naam promotor(en) **prof. dr. Raf Meesen (promotor) en dra. Stefanie Verstraelen (co-promotor)**

Naam studenten **Michiel Poncelet en Frederik Horions**

1) Duid aan welk type scenario is gekozen voor deze masterproef:

- scenario 1: masterproef bestaat uit een meta-analyse - masterproef liep door zoals voorzien
- scenario 2: masterproef bestaat uit een experiment - masterproef liep door zoals voorzien
- scenario 3: masterproef bestaat uit een experiment - maar een deel van de voorziene data is verzameld
 - 3A: er is voldoende data, maar met aangepaste statische procedures verder gewerkt
 - 3B: er is onvoldoende data, dus gewerkt met een descriptieve analyse van de aanwezige data
- scenario 4: masterproef bestaat uit een experiment - maar er kon geen data verzameld worden
 - 4A: er is gewerkt met reeds beschikbare data
 - 4B: er is gewerkt met fictieve data

2) Geef aan in hoeverre de student(e) onderstaande competenties zelfstandig uitvoerde:

- NVT: De student(e) leverde hierin geen bijdrage, aangezien hij/zij in een reeds lopende studie meewerkte.
- 1: De student(e) was niet zelfstandig en sterk afhankelijk van medestudent(e) of promotor en teamleden bij de uitwerking en uitvoering.
- 2: De student(e) had veel hulp en ondersteuning nodig bij de uitwerking en uitvoering.
- 3: De student(e) was redelijk zelfstandig bij de uitwerking en uitvoering
- 4: De student(e) had weinig tot geringe hulp nodig bij de uitwerking en uitvoering.
- 5: De student(e) werkte zeer zelfstandig en had slechts zeer sporadisch hulp en bijsturing nodig van de promotor of zijn team bij de uitwerking en uitvoering.

Competenties	NVT	1	2	3	4	5
Opstelling onderzoeksvraag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Methodologische uitwerking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Data acquisitie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Data management	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dataverwerking/Statistiek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rapportage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Datum
25/05/2020



Stefanie VERSTRAELEN

aan Michiel, Raf, mij ▾

ma 25 mei 13:24 (3 dagen geleden)



Dag Michiel en Frederik,

Via deze mail bevestig ik in naam van prof. Meesen (CC) en mezelf het gunstige advies om jullie thesis in te dienen. Deze mail volstaat wat betreft de deadline van vandaag. De deadline voor de formulieren is vrijdag.

Mvg,

Stefanie Verstraelen

PhD student

T +32(0)11 26 93 61

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt - Campus Diepenbeek

Agoralaan Gebouw A - B-3590 Diepenbeek

Kantoor A1.04

