



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie

Masterthesis

Hersenactiviteit tijdens een interlidmaat taak bij jongeren en ouderen, een EEG studie

**Dries Hulsmans
Andreas Roeseems**

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 :

De heer Sybren VAN HOORNWEDER



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be
Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2021
2022



Faculteit Revalidatiewetenschappen

master in de revalidatiewetenschappen en de kinesietherapie

Masterthesis

Hersenactiviteit tijdens een interlidmaat taak bij jongeren en ouderen, een EEG studie

Dries Hulsmans

Andreas Roesems

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 :

De heer Sybren VAN HOORNWEDER



Masterproef deel 2

Hersenactiviteit tijdens een interlidmaat taak bij jongeren en ouderen, een EEG studie.

Highlights:

- Er was geen verschil in de negatieve piekamplitude van de ERPs tussen jongeren en ouderen bij het uitvoeren van een interlidmaat taak.
- Ouderen vertoonden een tragere reactietijd ten opzichte van jongeren bij het uitvoeren van een interlidmaat taak.
- De tragere reactietijd bij ouderen was het meest opmerkelijk in de meest complexe taakconditie van de interlidmaat taak.

Dries Hulsmans en Andreas Roesems

Promotor: Prof. Dr. Raf Meesen

Begeleider: drs. Sybren Van Hoornweder

Universiteit Hasselt

Revalidatiewetenschappen en kinesitherapie

Woord vooraf

Eerst en vooral zouden we graag al de proefpersonen bedanken die deelnamen aan het onderzoek. Zonder hun was deze studie niet mogelijk geweest. Daarnaast willen we ook de Universiteit Hasselt en meer specifiek het promotorteam bedanken die het mogelijk maakte een dergelijke studie uit te voeren en ons geholpen heeft gedurende het hele verloop van het onderzoek. Ten slotte nog een extra dankwoord aan drs. Sybren Van Hoornweder die telkens, indien nodig, tijd voor ons kon vrijmaken en ons op regelmatige basis van tips en feedback heeft voorzien tijdens het uitschrijven van de studie.

Beverlo, 05/06/2022

D.H.

Lummen, 05/06/2022

A.R.

Situering

Deze studie past binnen het kader van neurologisch onderzoek, in het bijzonder binnen neurologische veranderingen die gepaard gaan met veroudering. Deze neurologische veranderingen, waaronder veranderingen in hersenactiviteit, kunnen leiden tot een achteruitgang van het functioneren bij ouderen. Achteruitgang van coördinatie is één van de oorzaken die het functioneren van ouderen kan beperken. Er is reeds veel onderzoek gedaan naar leeftijdsgebonden neurologische veranderingen en bimanuele coördinatie. Echter is minder onderzoek beschikbaar omtrent de neurologische veranderingen ten gevolge van veroudering in relatie met interlidmaat bewegingen.

Het doel van deze studie is om hersenactiviteit te onderzoeken tijdens het uitvoeren van een interlidmaat taak of 'Multilimb Reaction Time Task' (MLT) en hierbij de vergelijking te maken tussen jongeren en ouderen. Aangezien de taak verschillende moeilijkheidsgraden zal bevatten, zal ook het effect van de moeilijkheidsgraad op de hersenactiviteit bekeken worden. Om de hersenactiviteit te meten zal er met behulp van elektro-encefalografie (EEG) gekeken worden naar de event-related potentials (ERPs). Meer specifiek zal er gefocust worden op de negatieve piekamplitudes van deze ERPs. De onderzoeksvraag luidt als volgt: 'Hoe verschillen de negatieve piekamplitudes van ERPs bij het uitvoeren van een interlidmaat taak tussen jongeren en ouderen?'. Secundair zal ook de reactietijd vergeleken worden tussen jongeren en ouderen en hierbij zal ook weer de invloed van de verschillende moeilijkheidsgraden worden bekeken.

Het onderzoeksdesign van de studie werd opgesteld door het promotorteam. In samenspraak met de promotor en begeleider werd de procedure van het onderzoek door de studenten meer in detail uitgewerkt. De rekrutering van de proefpersonen gebeurde via sociale media gedurende het 1ste masterjaar. Het onderzoek werd uitgevoerd in het onderzoekscentrum REVAL aan de Universiteit Hasselt te Diepenbeek. De uitwerking van de studie gebeurde door de studenten tijdens het tweede masterjaar. Er werd gecommuniceerd via e-mail en er werden op regelmatige basis (online) meetings gehouden voor feedback.

Inhoud

1. Abstract	3
2. Inleiding	4
3. Methode	7
3.1 Participanten	7
3.2 Gedragsmatige taak	7
3.3 Elektroencefalografie	8
3.4 Preprocessing elektroencefalografie	8
3.5 Statistiek	9
4. Resultaten	10
4.1 Hersenactiviteit	10
4.2 Gedragsmatige data	11
5. Discussie	13
5.1 Hersenactiviteit	13
5.2 Gedragsmatige data	14
5.3 Reflectie over de sterktes en limitaties van de studie	15
6. Conclusie	17
7. Referentielijst	18

1. Abstract

Achtergrond: er is reeds veel onderzoek gedaan naar de achteruitgang van bimanuele activiteiten ten gevolge van veroudering. Momenteel is er nog veel minder beschikbare literatuur omtrent interlidmaat taken. Hierbij is ook de relatie met hersenactiviteit en leeftijd nog te weinig onderzocht.

Doelstellingen: het doel van dit onderzoek was een antwoord formuleren op volgende vragen: 1) Hoe verschilt hersenactiviteit bij het uitvoeren van een interlidmaat taak tussen jongeren en ouderen? 2) Hoe beïnvloedt de taakcomplexiteit dit mogelijk verschil in hersenactiviteit?

Participanten: 39 proefpersonen, bestaande uit 20 gezonde jongeren (leeftijd 22.3 ± 1.0 jaar) en 19 gezonde ouderen (leeftijd 70.7 ± 3.0 jaar). Exclusiecriteria waren: muziek instrument bespelen, roken, pathologische conditie van het centrale zenuwstelsel en/of gebruik van psychoactieve medicatie (antidepressiva, sedativa). Verder waren alle proefpersonen rechtshandig en hadden ze geen cognitieve beperkingen.

Metingen: tijdens het uitvoeren van een MLT werd reactietijd verkregen en door middel van EEG werden ERPs opgesteld. Deze ERPs werden gevormd door de gemiddelde voltage waardes ter hoogte van C3 (linker motorische cortex) en C4 (rechter motorische cortex) te analyseren over een tijdsframe van -600ms tot 0ms vóór de uitvoering van de correcte beweging.

Resultaten: voor de hersenactiviteit was er noch een effect van leeftijd noch van de moeilijkheidsgraad van de taak. Bij de gedragsmatige data was er een significante interactie tussen leeftijd en moeilijkheidsgraad van de taak. De reactietijd verschilde significant tussen jongeren en ouderen en dit in de drie verschillende taakcondities. Het verschil in reactietijd tussen jongeren en ouderen was het grootst in de heterolaterale conditie.

Conclusie: er was geen verschil in negatieve piekamplitude van de ERPs tussen jongeren en ouderen bij het uitvoeren van een MLT. Wel vertoonden ouderen een duidelijk tragere reactietijd ten opzichte van jongeren en deze was het meest opmerkelijk in de meest complexe taakconditie van de MLT.

Sleutelwoorden: interlidmaat taken, veroudering, hersenactiviteit, EEG, reactietijd

2. Introductie

Bewegingen met meerdere ledematen, oftewel interlidmaat bewegingen, zijn een noodzakelijk gegeven in het dagelijks leven van alle personen, ongeacht de leeftijd. Enkele alledaagse voorbeelden van interlidmaat bewegingen zijn autorijden, koken en zichzelf wassen. Om deze bewegingen succesvol te kunnen uitvoeren, is het gecoördineerd bewegen van verschillende ledematen noodzakelijk. Interlidmaat bewegingen kunnen gebeuren tussen beide handen (bimanueel) of voeten (bipodaal), maar ook tussen één hand en één voet.

Een belangrijke factor die de kwaliteit van interlidmaat bewegingen beïnvloedt, is leeftijd. Op vlak van bimanuele taken is reeds aangetoond dat veroudering gelinkt is aan een achteruitgang van de kwaliteit van taakuitvoering (Lee et al., 2002; Serrien et al., 1996;2000; Swinnen, 1998; Wishart et al., 2000). Vooral op gebied van uitvoeringssnelheid van de taak vond men een sterke achteruitgang ten gevolge van veroudering (Bangert et al., 2010; Mattay et al., 2002; Summers et al., 2010; Van Impe et al., 2012; Wu & Hallet, 2005).

Om bimanuele taken te kunnen uitvoeren is er een bepaalde mate van activiteit nodig in verschillende hersenregio's. Een zeer belangrijke regio voor het gecoördineerd bewegen van beide handen is de sensorimotorische cortex, gezien deze primair verantwoordelijk is voor het initiëren van bewegingen aan de contralaterale zijde van het lichaam (Debaere et al., 2000; Toyokura et al., 1999; Van Ruitenbeek et al., 2018). Deze regio is ook vatbaar voor leeftijdsgerelateerde veranderingen. Zo is reeds aangetoond dat veroudering gepaard gaat met een hyperactivatie van de sensorimotorische cortex tijdens het uitvoeren van een bimanuele taak. Deze hyperactivatie kan als compensatiemechanisme gezien worden voor de achteruitgang van de kwaliteit van taakuitvoering die gepaard gaat met veroudering (Goble et al., 2010; Heitger et al., 2013; Michels et al., 2018).

Hersenactiviteit kan gemeten worden met verschillende modaliteiten, waaronder EEG. EEG is een niet-invasieve beeldvormingsmodaliteit die elektrische neurale activiteit in de hersenen registreert door middel van elektrodes die in een kapje op het hoofd worden bevestigd (Buzsáki et al., 2012). Meer specifiek kan EEG potentiaalschommelingen in hersenactiviteit meten, uitgedrukt in millivolt (mV). Wanneer deze potentiaalschommelingen het gevolg zijn van gebeurtenissen of 'events' spreekt men van ERPs. Deze gebeurtenissen kunnen op hersenniveau gekoppeld worden aan motorische, sensorische of cognitieve processen. EEG

heeft een hoge temporele resolutie ten opzichte van andere beeldvormingsmodaliteiten zoals MRI, hetgeen inhoudt dat EEG temporale veranderingen kan registreren op de schaal van 1/1000s. Dit is belangrijk om te kunnen differentiëren tussen de verschillende neurale processen (cognitief, sensorisch, motorisch) tijdens interlidmaat taken, gezien deze allen binnen een verschillend tijdsframe vallen (Li & Dinse, 2002; Reuter-Lorenz, 2002). De spatiale resolutie van EEG daarentegen is relatief laag ten aanzien van andere beeldvormingsmodaliteiten (Heuninckx et al., 2005).

In eerder onderzoek is aangetoond dat veroudering een beïnvloedende factor is bij de uitvoering van interlidmaat taken. Meer specifiek zou een tragere reactietijd gekoppeld kunnen worden aan veroudering (Falkenstein et al., 2005; Yordanova et al., 2004). Deze tragere reactietijd bij ouderen werd ook al verder onderzocht op hersenniveau met behulp van EEG. Er werd gekeken naar de Motor-Related Potentials (MRPs), met andere woorden ERPs die de motorische processen in de hersenen representeren. De negatieve piekamplitudes van de MRPs waren significant groter bij ouderen ten opzichte van jongeren. Verder werd ook geconcludeerd dat de MRP's niet alleen groter waren, maar ook langer aanwezig waren. Zo werd bij ouderen gevonden dat de MRPs vroeger startten dan bij jongeren. Deze verhoogde en langere activiteit zou een oorzaak kunnen zijn van de tragere reactietijd ten gevolge van veroudering (Falkenstein et al., 2005; Yordanova et al., 2004).

Er is reeds veel onderzoek gedaan naar de achteruitgang van bimanuele activiteiten ten gevolge van veroudering. Echter is er momenteel nog veel minder beschikbare literatuur over interlidmaat taken, waarbij zowel handen als voeten worden gebruikt. Hierbij is ook de relatie met hersenactiviteit en leeftijd nog te weinig onderzocht. Deze masterproef werd uitgevoerd om dit gegeven verder te onderzoeken. Meer specifiek zal de uitvoering van een interlidmaat taak vergeleken worden tussen ouderen en jongeren, waarbij ook de link wordt gelegd met ERPs. Van deze ERPs zal er naar de negatieve piekamplitudes worden gekeken die momenteel vooral bij bimanuele taken werden onderzocht. De onderzoeksvraag luidt als volgt: 'Hoe verschillen de negatieve piekamplitudes van ERPs bij het uitvoeren van een interlidmaat taak tussen jongeren en ouderen?' Bijkomend zal er ook onderzocht worden of de complexiteit van de interlidmaat taak een invloed heeft op de negatieve piekamplitudes. Als hoofdhypothese wordt gesteld dat ouderen een grotere negatieve piekamplitude zullen vertonen bij het uitvoeren van interlidmaat taken (Falkenstein et al., 2005; Yordanova et al., 2004). Als

bijkomende hypothese wordt gesteld dat deze amplitude het grootst zal zijn in de meest complexe taakconditie (Boisgontier et al., 2014). Als secundaire hypothese wordt gesteld dat ouderen een trage reactietijd zullen vertonen tijdens het uitvoeren van interlidmaat taken (Falkenstein et al., 2005; Yordanova et al., 2004).

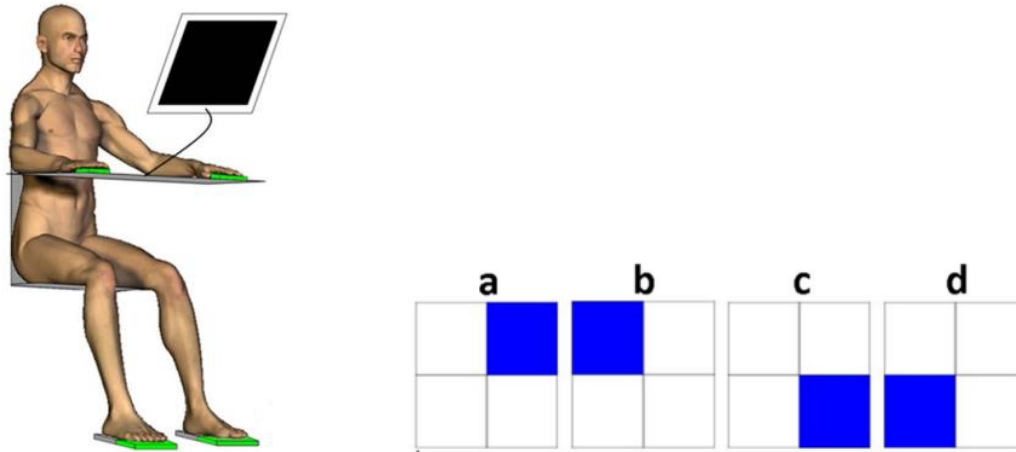
3. Methode

3.1 Participanten

Voor deze studie werden 39 proefpersonen gerekruteerd, bestaande uit 20 jongeren (leeftijd 22.3 ± 1.0 jaar (gemiddelde \pm standaard deviatie), 10 vrouwen) en 19 ouderen (leeftijd 70.7 ± 3.0 jaar, 8 vrouwen). Alle proefpersonen waren rechtshandig, bevestigd door de Edinburgh Handedness Inventory (lateralisatie quotiënt jongeren = 92.9 ± 9.2 , ouderen = 97.6 ± 6.0) (Oldfield, 1971). Verder scoorden alle participanten een score van ≥ 24 op de Montreal Cognitive Assessment (MoCA) (jongeren = 28.9 ± 1.2 , ouderen = 26.5 ± 1.7), wat wijst op de afwezigheid van milde cognitieve beperkingen (Nasreddine et al., 2005; Thomann et al., 2020). Ook hadden alle proefpersonen een (gecorrigeerd tot) normaal zicht. Ten slotte werden er ook enkele exclusiecriteria opgesteld: muziek instrument bespelen, roken, pathologische conditie van het centrale zenuwstelsel en/of gebruik van psychoactieve medicatie (antidepressiva, sedativa). De studie kreeg voorafgaande goedkeuring van de lokale ethische commissie en alle participanten gaven schriftelijke toestemming voor deelname aan het onderzoek.

3.2 Gedragmatige taak

De proefpersonen voerden een MLT uit, waarbij ze voor een computerscherm geplaatst werden met de onderarmen rustend op de tafel (figuur 1). Zowel de handen als de voeten werden op capacitatieve pads geplaatst die op de tafel en op de grond waren bevestigd. Op het computerscherm waren vier vierkanten te zien die elk een lidmaat voorstelden. Elk vierkant was grijs gekleurd. Wanneer de taak begon, kleurden er telkens twee van de vier vierkanten wit. De proefpersonen dienden de lidmaten, die in verband stonden met deze twee vierkanten, op te heffen. Er waren zes mogelijke combinaties die de proefpersonen voorgelegd konden krijgen: homolaterale/zelfde lidmaat bewegingen (linker hand-rechter hand, linker voet-rechter voet), ipsilaterale/zelfde zijde bewegingen (linker hand-linker voet, rechter hand-rechter voet), en heterolaterale/verschillende zijde bewegingen (linker hand-rechter voet, rechter hand-linker voet). De homolaterale bewegingen werden als makkelijk gezien, de ipsilaterale bewegingen werden als middelmatig gezien en de heterolaterale bewegingen werden als moeilijk gezien.



Figuur 1. interlidmaat taak, overgenomen uit Boisgontier et al., 2014, a = rechterhand, b = linkerhand, c = rechtervoet, d = linkervoet

Voor de start van het onderzoek kregen de proefpersonen een korte proefperiode om de taak te leren kennen. Tijdens deze proefperiode werd elke mogelijke combinatie van bewegingen tien maal uitgevoerd in een gelijke volgorde (homolateraal, ipsilateraal, heterolateraal). Na de proefperiode begon het eigenlijke onderzoek met ook de aanbreng van het EEG hoofdkapje. Er werden vier blokken van 78 trials uitgevoerd met telkens een rustperiode tussen elk blok om de invloed van vermoeidheid zo laag mogelijk te houden. In totaal werden er dus 104 ipsilaterale, 104 homolaterale en 104 heterolaterale bewegingen uitgevoerd. Tijdens elke trial werden er twee signalen naar de EEG gestuurd: één bij het verschijnen van de visuele cue en één bij het reageren op de visuele cue. De tijd (in ms) tussen het verschijnen van de visuele cue en de reactie op de visuele cue werd gemeten en benoemd als reactietijd.

3.3 Elektroencephalographie

Het toestel dat gebruikt werd voor de metingen was een Biosemi Active Two AD-box. Het EEG hoofdkapje dat gebruikt werd bevatte 64 kanalen en werd op de schedel geplaatst volgens de 10-20 methode. De locatie van de elektrodes wordt aangegeven door een letter en een cijfer, waarbij de letter de hersenregio (prefrontaal, frontaal...) en het cijfer de hemisfeer weergeeft (oneven cijfer linker hemisfeer, even cijfer rechter hemisfeer).

3.4 Preprocessing elektroencephalographie

Voor de preprocessing werd Common Average Referencing gebruikt. De data werd gedownsampld tot 512 Hz en er werd een bandpass filter van 1-40 Hz toegepast (Vidaurre et al., 2011). Ruiskanalen werden verwijderd met behulp van de Clean Rawdata plug-in (v2.0)

(Delorme, 2021). De verwijderde ruiskanalen werden geïnterpoleerd en er werd een Independent Component Analyse (ICA) uitgevoerd. Verder werd de ICLabel plug-in (Pion-Tonachini et al., 2019) gebruikt voor de identificatie en verwijdering van signalen die niet afkomstig zijn van de hersenen. Zo werd er een cut-off van 0.5 gebruikt voor spier en oculomotorische signalen en een cut-off van 0.7 voor hartsignalen, line-noise en channel-noise. ERPs werden opgesteld door de gemiddelde voltage waardes ter hoogte van C3 (linker motorische cortex) en C4 (rechter motorische cortex) te analyseren over een tijdsframe van -600ms tot 0ms vóór de uitvoering van de correcte beweging.

3.5 Statistiek

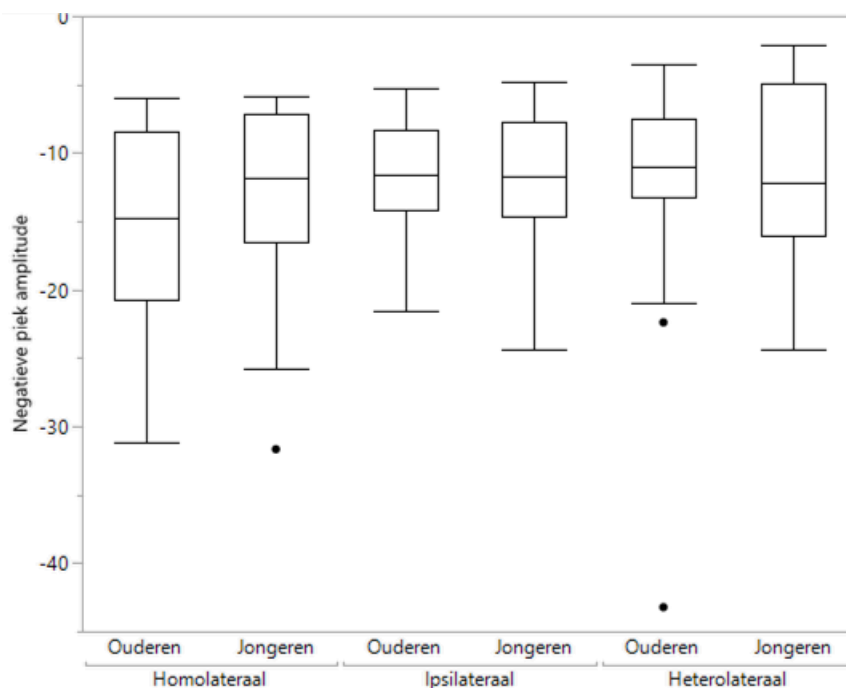
Voor de verwerking van de resultaten werd er gekozen voor het programma JMP. Als statistisch model werd er gekozen voor een mixed model, aangezien er zowel gepaarde (binnen de proefpersonen) als ongepaarde metingen (tussen de proefpersonen) in het onderzoek voorkwamen. De betrokken variabelen waren de negatieve piekamplitude van de ERPs (mV), reactietijd (ms), leeftijdsgroep (jongeren,ouderen), moeilijkheidsgraad van de taak (homolateraal, ipsilateraal, heterolateraal) en proefpersoon/ID (nummer proefpersoon). Er werden twee mixed models opgesteld, één voor de hersenactiviteit en één voor de gedragsmatige data.

De afhankelijke variabele in het model van hersenactiviteit was de negatieve piekamplitude van de ERPs, een continue variabele. In het model van de gedragsmatige data werd de reactietijd als afhankelijke variabele genomen, ook een continue variabele. De onafhankelijke variabelen waren in beide modellen hetzelfde, namelijk de leeftijdsgroep en de moeilijkheidsgraad van de taak, twee categorische variabelen. Daarnaast werd de proefpersoon/ID als random effect in beide modellen betrokken. Er werd een interactie tussen leeftijdsgroep en moeilijkheidsgraad aan beide modellen toegevoegd.

4. Resultaten

4.1 Hersenactiviteit

Voor de hersenactiviteit was er geen significante interactie tussen leeftijdsgroep en moeilijkheidsgraad van de taak ($F=0.45$, $p=0.6379$ met $\alpha<0.05$). De post-hoc testen binnen de leeftijdsgroepen vertoonden geen enkel significant verschil in negatieve piekamplitude tussen de verschillende taakcondities voor zowel jongeren als ouderen. Ook de post-hoc testen tussen de leeftijdsgroepen vertoonden geen enkel significant verschil in negatieve piekamplitude, rekening houdend met de moeilijkheidsgraad. Hierdoor werd het model vereenvoudigd tot een model zonder interactie. In dit vereenvoudigd model was er geen effect van leeftijdsgroep ($F=0.19$, $p=0.6683$) en geen effect van moeilijkheidsgraad ($F=2.63$, $p=0.0790$) op de hersenactiviteit. Wanneer het model verder werd vereenvoudigd, door leeftijdsgroep uit het model te halen, was er nog steeds geen effect van moeilijkheidsgraad ($F=2.63$, $p=0.0790$). Er was dus geen significant verschil tussen jongeren en ouderen op vlak van negatieve piekamplitude en ook geen significant verschil tussen de verschillende taakcondities op vlak van negatieve piekamplitude (figuur 2).



Figuur 2. Boxplot negatieve piekamplitude.

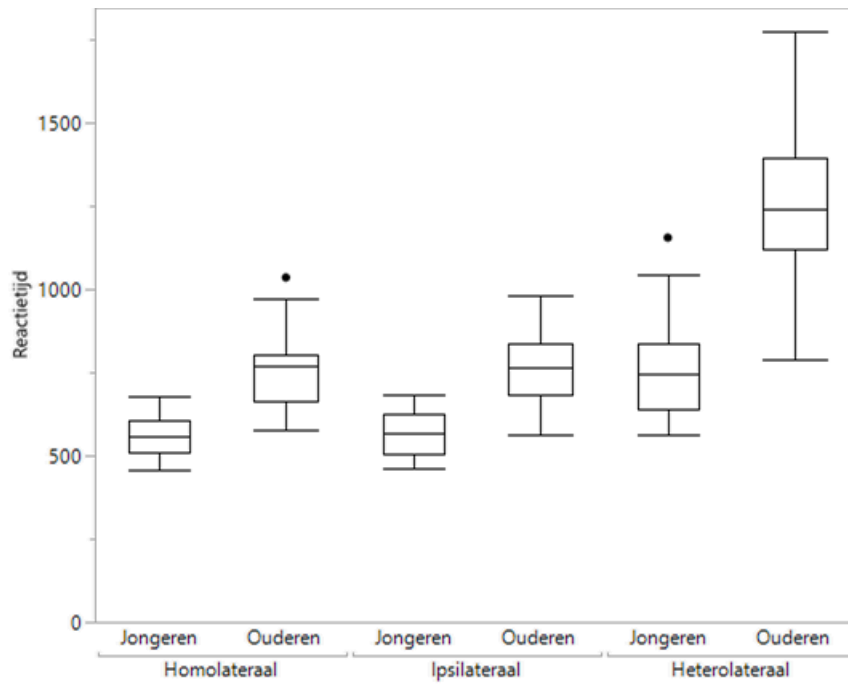
4.2 Gedragmatige data

Voor de gedragmatige data (reactietijd) was er een significante interactie tussen leeftijdsgroep en moeilijkheidsgraad ($F=29.88$, $p<.0001$). Post-hoc testen binnen de leeftijdsgroepen wezen op een significant verschil in reactietijd tussen de homolaterale en heterolaterale conditie en tussen de ipsilaterale en heterolaterale conditie. Dit verschil bestond zowel binnen de jongeren- als de ouderengroep (tabel 1 en figuur 3). Daarnaast was er geen significant verschil in reactietijd tussen de homolaterale en ipsilaterale conditie. Ook dit gold voor zowel de jongeren- als de ouderengroep ($p=0.9975$ en $p=0.9972$).

Wanneer de post-hoc testen tussen de leeftijdsgroepen bekeken werden, was er telkens een significant verschil in reactietijd tussen de jongeren en ouderen, rekening houdend met de moeilijkheidsgraad. Er was met andere woorden een significant verschil in reactietijd tussen jongeren en ouderen in de ipsilaterale, homolaterale én heterolaterale conditie (tabel 1 en figuur 3).

Tabel 1. Post-hoc testen gedragmatige data

Moeilijkheidsgraad	Leeftijdsgroep	Moeilijkheidsgraad	Leeftijdsgroep	P-waarde
Ipsilateraal	Jongeren	Heterolateraal	Jongeren	<.0001*
Homolateraal	Jongeren	Heterolateraal	Jongeren	<.0001*
Ipsilateraal	Ouderen	Heterolateraal	Ouderen	<.0001*
Homolateraal	Ouderen	Heterolateraal	Ouderen	<.0001*
Ipsilateraal	Ouderen	Ipsilateraal	Jongeren	0.0009*
Homolateraal	Ouderen	Homolateraal	Jongeren	0.0009*
Heterolateraal	Ouderen	Heterolateraal	Jongeren	<.0001*



Figuur 3. Boxplot reactietijd.

In het onderzoek werd ook bevestigd dat de heterolaterale conditie de moeilijkste taakconditie was. De reactietijd was significant trager tijdens de heterolaterale conditie in vergelijking met de ipsilaterale en homolaterale conditie en dit zowel binnen de jongerengroep als binnen de ouderengroep. Als men tussen de groepen ging vergelijken was het grootste verschil in reactietijd tussen jongeren en ouderen te zien in de heterolaterale taakconditie. Ook in de ipsilaterale en homolaterale conditie was er een significant verschil tussen de groepen, maar dit verschil was minder groot dan in de heterolaterale conditie (zie figuur 3).

5. Discussie

5.1 Hersenactiviteit

In deze studie werd onderzocht hoe hersenactiviteit verschilt tussen jongeren en ouderen tijdens het uitvoeren van een interlidmaat taak. De negatieve piekamplitudes van de ERPs werden vergeleken tussen jongeren en ouderen en dit voor verschillende moeilijkheidsgraden van de taak. Als primaire hypothese werd gesteld dat ouderen een grotere negatieve piekamplitude zullen vertonen bij het uitvoeren van de interlidmaat taak. Deze hypothese werd verworpen, aangezien er geen significant verschil gemeten werd in de negatieve piekamplitudes tussen jongeren en ouderen. Dit is in contrast met voorgaande studies, waarbij er bij ouderen wel een grotere negatieve piekamplitude werd gemeten bij het uitvoeren van een taak (Falkenstein et al., 2005; Yordanova et al., 2004). Hierbij moet wel vermeld worden dat er in deze voorgaande studies geen interlidmaat taak, maar een bimanuele taak werd uitgevoerd, wat de resultaten kan beïnvloeden. Als bijkomende hypothese werd gesteld dat de negatieve piekamplitude het grootst zal zijn in de meest complexe taakconditie. Ook deze hypothese werd verworpen. Er leek zelfs een omgekeerde trend te zijn, aangezien de negatieve piekamplitude het grootst was in de homolaterale of makkelijkste taakconditie en niet in de heterolaterale of moeilijkste taakconditie en dit bij zowel jongeren als ouderen. Er dient wel vermeld te worden dat dit verschil in negatieve piekamplitude tussen de verschillende taakcondities niet significant was, zowel in de jongeren- als de ouderengroep. Wanneer men het verschil tussen de groepen ging bekijken, was ook daar in de homolaterale conditie het grootste verschil in negatieve piekamplitude tussen jongeren en ouderen te zien en niet in de heterolaterale conditie. Ook hier dient vermeld te worden dat dit verschil niet significant was.

Een mogelijke verklaring waarom er in de huidige studie geen significant verschil in negatieve piekamplitude werd geconstateerd tussen jongeren en ouderen is de complexiteit van de MLT. Deze complexiteit zou mogelijks te hoog kunnen zijn in vergelijking met de bimanuele taken die gebruikt werden in andere studies en waar er wel een duidelijk verschil in negatieve piekamplitude werd vastgesteld tussen jongeren en ouderen (Falkenstein et al., 2005; Yordanova et al., 2004). Een te hoge taakcomplexiteit zou ervoor kunnen zorgen dat ouderen geen adequate compensatiemechanismen meer kunnen inzetten en dit kan leiden tot een sterke achteruitgang van de taakuitvoering (Sailer et al., 2000). Deze

compensatiemechanismen weerspiegelen zich op neurale niveau als een hyperactivatie in hersenactiviteit. Deze hyperactivatie zou niet mogelijk zijn bij een te hoge taakcomplexiteit (Falkenstein et al., 2005; Goble et al., 2010; Heitger et al., 2013; Michels et al., 2018; Sailer et al., 2000; Yordanova et al., 2004). Bij een te moeilijke taak zou er daarom geen neurale compensatie mogelijk zijn bij ouderen, waardoor er in de gedragsmatige data een sterke achteruitgang ten opzichte van de jongeren ontstaat, maar op vlak van hersenactiviteit een minimaal verschil te zien is (Sailer et al., 2000). Dit zou ook verklaren waarom de homolaterale of makkelijkste taakconditie in de huidige studie een hogere negatieve piekamplitude vertoonde dan de heterolaterale of moeilijkste taakconditie.

5.2 Gedragsmatige data

Verder werd er nog een secundaire hypothese geformuleerd rond de gedragsmatige data. Deze secundaire hypothese stelde dat ouderen een tragere reactietijd zullen vertonen ten opzichte van jongeren bij het uitvoeren van de interlidmaat taak. Deze hypothese werd bevestigd. Er werd wel degelijk een significant verschil in reactietijd gevonden tussen jongeren en ouderen en dit in elke moeilijkheidsgraad van de interlidmaat taak. De ouderen waren met andere woorden in elke taakconditie trager dan de jongeren. Dit is in overeenstemming met voorgaande studies. Boisgontier et al. (2016) onderzochten al eerder het verschil in reactietijd bij een interlidmaat taak tussen jongeren en ouderen, met betrekken van de moeilijkheidsgraad. Deze studie concludeerde dat ouderen een significant tragere reactietijd vertoonden ten opzichte van jongeren, rekening houdend met de moeilijkheidsgraad van de taak. In tegenstelling tot de huidige studie vond Boisgontier et al. (2016) enkel een significant verschil in reactietijd tussen jongeren en ouderen in de heterolaterale en ipsilaterale conditie. In de homolaterale conditie werd er geen significant verschil gevonden. In Rasooli et al. (2021) werd ook het verschil in reactietijd bij een interlidmaat taak bekeken tussen jongeren en ouderen, rekening houdend met de moeilijkheidsgraad. In deze studie werd er nog een derde leeftijdsgroep in het onderzoek betrokken, namelijk een 'middle aged' groep. De studie concludeerde dat ouderen significant de traagste reactietijd vertoonden, rekening houdend met de moeilijkheidsgraad van de taak. Deze significant tragere reactietijd bij ouderen was zichtbaar in elke moeilijkheidsgraad van de interlidmaat taak.

In de huidige studie werd bevestigd dat de heterolaterale conditie de meest complexe taakconditie was. Er werd namelijk een tragere reactietijd vastgesteld bij het uitvoeren van de

heterolaterale conditie in vergelijking met de homolaterale en ipsilaterale conditie en dit in zowel de jongerengroep als in de ouderengroep. Verder werd er vastgesteld dat het verschil in reactietijd tussen jongeren en ouderen het grootst was in de heterolaterale taakconditie. Dit werd bevestigd door de studie van Boisgontier et al. (2014). In deze studie werd in een jongerengroep het verschil in reactietijd tussen verschillende moeilijkheidsgraden van een interlidmaat taak bekeken. Zoals in de huidige studie werd er in Boisgontier et al. (2014) gevonden dat de reactietijd significant het traagst was in de heterolaterale taakconditie. De studie formuleerde hiervoor een mogelijke verklaring, namelijk dat er uitsluitend bij de heterolaterale conditie een inhibitie noodzakelijk is aan zowel de homolaterale als de ipsilaterale zijde van het lichaam. Bashore et al. (1997) toonden aan dat de reactietijd trager werd bij het ouder worden en dat deze vertraging groter of opvallender was wanneer er een complexere taak werd uitgevoerd. Dit gegeven werd het 'age complexity effect' genoemd. Dit zou een verklaring kunnen zijn waarom er in de huidige studie een groter verschil in reactietijd tussen jongeren en ouderen ontstond bij het uitvoeren van de heterolaterale of meest complexe taakconditie.

5.3 Reflectie over de sterktes en limitaties van de studie

Een sterkte van deze studie is dat ze onderzoek heeft gedaan binnen een onderzoeksdomein waar momenteel nog weinig beschikbare literatuur over te vinden is. Er werd tijdens het uitvoeren van een interlidmaat taak onderzoek gedaan naar de hersenactiviteit, deze werd uitgedrukt in negatieve piekamplitude van ERPs. Voorgaande studies onderzochten ook al deze negatieve piekamplitude, maar dit tijdens het uitvoeren van bimanuele taken. Een combinatie van een interlidmaat taak met negatieve piekamplitude is om deze reden vernieuwend.

Om duidelijk het effect van veroudering te kunnen achterhalen, was het noodzakelijk de groepen op vlak van andere criteria, buiten leeftijd, zo homogeen mogelijk te maken. Eerst en vooral werden enkel gezonde proefpersonen toegelaten om geen effect van pathologieën te creëren. Daarnaast bevatten beide groepen ongeveer evenveel mannen als vrouwen, om het effect van gender te minimaliseren. Ook waren alle proefpersonen rechtshandig om de resultaten niet te laten beïnvloeden door de verhouding tussen linkshandige en rechtshandige proefpersonen. Ten slotte werden proefpersonen die een instrument bespelen niet

toegelaten tot de studie, aangezien deze een voordeel kunnen hebben op vlak van coördinatie.

Een eerste limitatie van de studie is dat er mogelijk sprake was van een 'selection bias' (Berbano & Baxi, 2012). De proefpersonen werden namelijk aangeworven via sociale media waar ze vrijwillig hun deelname aan het onderzoek konden aanvragen. Dit zou vooral in de ouderengroep kunnen leiden tot een selectie van ouderen die cognitief sterk zijn ten opzichte van de algemene huidige ouderenpopulatie (Myhre et al., 2017; Yildirim & Ogel-Balaban, 2021). Dit gegeven kan een invloed hebben op de resultaten en leiden tot een beperkte generalisatie van de resultaten van de studie. Een mogelijke oplossing voor toekomstige studies is om een meer algemene selectie van de proefpersonen te organiseren en niet uitsluitend via sociale media.

Verder zijn er ook enkele opmerkingen over de blinding tijdens het onderzoek. Er vond namelijk geen blinding plaats van de statistici die onder andere instonden voor de verwerking van de data. Ook de supervisors tijdens het afnemen van het onderzoek ondervonden geen blinding, maar dit was niet mogelijk aangezien het in deze studie om een jongeren- en ouderengroep ging.

Voor toekomstige studies is het aangeraden om verder onderzoek te doen naar hersenactiviteit tijdens interlidmaat taken. In het huidig onderzoek werd hersenactiviteit uitsluitend onderzocht op basis van negatieve piekamplitude van ERPs, maar er zijn nog verschillende andere parameters die mogelijks onderzocht kunnen worden. Enkele voorbeelden hiervan zijn de peak-to-peak amplitude, latentie en onset van de ERPs. Deze parameters zouden dan bekeken kunnen worden tijdens de uitvoering van een interlidmaat taak. Verder zouden er ook verschillende soorten interlidmaat taken gebruikt kunnen worden die telkens een andere complexiteit bevatten.

6. Conclusie

Er was geen verschil in negatieve piekamplitude van de ERPs tussen jongeren en ouderen bij het uitvoeren van een MLT. Wel vertoonden ouderen een duidelijk tragere reactietijd ten opzichte van jongeren en deze was het meest opmerkelijk in de meest complexe taakconditie van de MLT.

7. Referentielijst

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.013>
- Bashore, T. R., van der Molen, M. W., Ridderinkhof, K. R., & Wylie, S. A. (1997). Is the age-complexity effect mediated by reductions in a general processing resource? *Biol Psychol*, *45*(1-3), 263-282. [https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(96\)05231-3](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(96)05231-3)
- Berbano, E. P., & Baxi, N. (2012). Impact of patient selection in various study designs: identifying potential bias in clinical results. *South Med J*, *105*(3), 149-155. <https://doi.org/10.1097/SMJ.0b013e31824b4690>
- Boisgontier, M. P., Wittenberg, G. F., Fujiyama, H., Levin, O., & Swinnen, S. P. (2014). Complexity of central processing in simple and choice multilimb reaction-time tasks. *PLoS One*, *9*(2), e90457. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090457>
- Boisgontier, M. P., van Ruitenbeek, P., Leunissen, I., Chalavi, S., Sunaert, S., Levin, O., & Swinnen, S. P. (2016). Nucleus accumbens and caudate atrophy predicts longer action selection times in young and old adults. *Hum Brain Mapp*, *37*(12), 4629-4639. <https://doi.org/10.1002/hbm.23333>
- Buzsáki, G., Anastassiou, C. A., & Koch, C. (2012). The origin of extracellular fields and currents - EEG, ECoG, LFP and spikes. *Nat Rev Neurosci*, *13*(6), 407-420. <https://doi.org/10.1038/nrn3241>
- Debaere, F., Swinnen, S. P., Béatse, E., Sunaert, S., Van Hecke, P., & Duysens, J. (2001). Brain areas involved in interlimb coordination: a distributed network. *Neuroimage*, *14*(5), 947-958. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0892>
- Delorme, A., Oostenveld, R., Tadel, F., Gramfort, A., Nagarajan, S., & Litvak, V. (2022). Editorial: From Raw MEG/EEG to Publication: How to Perform MEG/EEG Group Analysis With Free Academic Software. *Front Neurosci*, *16*, 854471. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.854471>
- Falkenstein, M., Yordanova, J., & Kolev, V. (2006). Effects of aging on slowing of motor-response generation. *Int J Psychophysiol*, *59*(1), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.08.004>
- Goble, D. J., Coxon, J. P., Van Impe, A., De Vos, J., Wenderoth, N., & Swinnen, S. P. (2010). The neural control of bimanual movements in the elderly: Brain regions exhibiting age-

- related increases in activity, frequency-induced neural modulation, and task-specific compensatory recruitment. *Hum Brain Mapp*, 31(8), 1281-1295. <https://doi.org/10.1002/hbm.20943>
- Heitger, M. H., Goble, D. J., Dhollander, T., Dupont, P., Caeyenberghs, K., Leemans, A., Sunaert, S., & Swinnen, S. P. (2013). Bimanual motor coordination in older adults is associated with increased functional brain connectivity--a graph-theoretical analysis. *PLoS One*, 8(4), e62133. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062133>
- Heuninckx, S., Wenderoth, N., Debaere, F., Peeters, R., & Swinnen, S. P. (2005). Neural basis of aging: the penetration of cognition into action control. *J Neurosci*, 25(29), 6787-6796. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1263-05.2005>
- Li, S. C., & Dinse, H. R. (2002). Aging of the brain, sensorimotor, and cognitive processes. *Neurosci Biobehav Rev*, 26(7), 729-732. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(02)00059-3)
- Mattay, V. S., Fera, F., Tessitore, A., Hariri, A. R., Das, S., Callicott, J. H., & Weinberger, D. R. (2002). Neurophysiological correlates of age-related changes in human motor function. *Neurology*, 58(4), 630-635. <https://doi.org/10.1212/wnl.58.4.630>
- Michels, L., Dietz, V., Schättin, A., & Schrafl-Altermatt, M. (2018). Neuroplastic Changes in Older Adults Performing Cooperative Hand Movements. *Front Hum Neurosci*, 12, 488. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00488>
- Myhre, J. W., Mehl, M. R., & Glisky, E. L. (2017). Cognitive Benefits of Online Social Networking for Healthy Older Adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 72(5), 752-760. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbw025>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*, 53(4), 695-699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Pion-Tonachini, L., Kreutz-Delgado, K., & Makeig, S. (2019). ICLabel: An automated electroencephalographic independent component classifier, dataset, and website. *Neuroimage*, 198, 181-197. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.026>

- Rasooli, A., Zivari Adab, H., Chalavi, S., Monteiro, T. S., Dhollander, T., Mantini, D., & Swinnen, S. P. (2021). Prefronto-Striatal Structural Connectivity Mediates Adult Age Differences in Action Selection. *J Neurosci*, *41*(2), 331-341. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1709-20.2020>
- Reuter-Lorenz, P. (2002). New visions of the aging mind and brain. *Trends Cogn Sci*, *6*(9), 394. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)01957-5](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(02)01957-5)
- Sailer, A., Dichgans, J., & Gerloff, C. (2000). The influence of normal aging on the cortical processing of a simple motor task. *Neurology*, *55*(7), 979-985. <https://doi.org/10.1212/wnl.55.7.979>
- Serrien, D. J., Swinnen, S. P., & Stelmach, G. E. (2000). Age-related deterioration of coordinated interlimb behavior. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, *55*(5), P295-303. <https://doi.org/10.1093/geronb/55.5.p295>
- Serrien, D. J., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. (1996). Age-related differences in the integration of sensory information during the execution of a bimanual coordination task. *J Mot Behav*, *28*(4), 337-347. <https://doi.org/10.1080/00222895.1996.10544603>
- Summers, J. J., Lewis, J., & Fujiyama, H. (2010). Aging effects on event and emergent timing in bimanual coordination. *Hum Mov Sci*, *29*(5), 820-830. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2009.10.003>
- Swinnen, S. P. (1998). AGE-RELATED DEFICITS IN MOTOR LEARNING AND DIFFERENCES IN FEEDBACK PROCESSING DURING THE PRODUCTION OF A BIMANUAL COORDINATION PATTERN. *Cogn Neuropsychol*, *15*(5), 439-466. <https://doi.org/10.1080/026432998381104>
- Thomann, A. E., Berres, M., Goettel, N., Steiner, L. A., & Monsch, A. U. (2020). Enhanced diagnostic accuracy for neurocognitive disorders: a revised cut-off approach for the Montreal Cognitive Assessment. *Alzheimers Res Ther*, *12*(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s13195-020-00603-8>
- Toyokura, M., Muro, I., Komiya, T., & Obara, M. (1999). Relation of bimanual coordination to activation in the sensorimotor cortex and supplementary motor area: analysis using functional magnetic resonance imaging. *Brain Res Bull*, *48*(2), 211-217. [https://doi.org/10.1016/s0361-9230\(98\)00165-8](https://doi.org/10.1016/s0361-9230(98)00165-8)

- Van Impe, A., Coxon, J. P., Goble, D. J., Dumas, M., & Swinnen, S. P. (2012). White matter fractional anisotropy predicts balance performance in older adults. *Neurobiol Aging*, 33(9), 1900-1912. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2011.06.013>
- van Ruitenbeek, P., Serbruyns, L., Solesio-Jofre, E., Meesen, R., Cuypers, K., & Swinnen, S. P. (2017). Cortical grey matter content is associated with both age and bimanual performance, but is not observed to mediate age-related behavioural decline. *Brain Struct Funct*, 222(1), 437-448. <https://doi.org/10.1007/s00429-016-1226-9>
- Vidaurre, C., Sannelli, C., Müller, K. R., & Blankertz, B. (2011). Machine-learning-based coadaptive calibration for brain-computer interfaces. *Neural Comput*, 23(3), 791-816. https://doi.org/10.1162/NECO_a_00089
- Wishart, L. R., Lee, T. D., Murdoch, J. E., & Hodges, N. J. (2000). Effects of aging on automatic and effortful processes in bimanual coordination. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 55(2), P85-94. <https://doi.org/10.1093/geronb/55.2.p85>
- Wu, T., & Hallett, M. (2005). The influence of normal human ageing on automatic movements. *J Physiol*, 562(Pt 2), 605-615. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.076042>
- Yildirim, E., & Ogel-Balaban, H. (2021). Cognitive functions among healthy older adults using online social networking. *Appl Neuropsychol Adult*, 1-8. <https://doi.org/10.1080/23279095.2021.1951269>
- Yordanova, J., Kolev, V., Hohnsbein, J., & Falkenstein, M. (2004). Sensorimotor slowing with ageing is mediated by a functional dysregulation of motor-generation processes: evidence from high-resolution event-related potentials. *Brain*, 127(Pt 2), 351-362. <https://doi.org/10.1093/brain/awh042>

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 neurologisch onderzoek (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 UHassel, 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 UHasselbegeleider Prof Dr. Raf Meesen.
8. Na de eidevaluatie van mijn onderzoek aan de UHassel zal ik alle verkregen vertrouwelijke informatie, materialen, en kopieën daarvan, die nog in mijn bezit zouden zijn, aan UHassel terugbezorgen.

Gelezen voor akkoord en goedgekeurd,

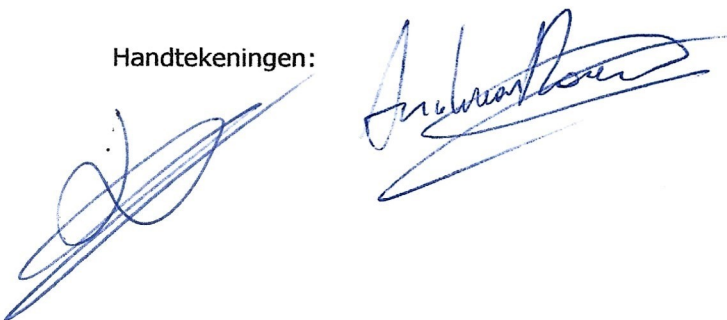
Naam: Dries Hulsmans & Andreas Roesems

Adres: Schansvijverstraat 31, 3581 Beverlo & Mangelbeekstraat 34, 3560 Lummen

Geboortedatum en -plaats : 08/01/1999, Asse & 16/11/1999, Genk

Datum: 05/06/2022

Handtekeningen:





**Inschrijvingsformulier verdediging masterproef academiejaar 2021-2022,
Registration form jury Master's thesis academic year 2021-2022,**

GEGEVENS STUDENT - INFORMATION STUDENT

Faculteit/School: **Faculteit Revalidatiewetenschappen**

Faculty/School: **Rehabilitation Sciences**

Stamnummer + naam: **1745845 Hulsmans Dries**

Student number + name

Opleiding/Programme: **2 ma revalid. & kine musc.**

INSTRUCTIES - INSTRUCTIONS

Neem onderstaande informatie grondig door.

Print dit document en vul het aan met DRUKLETTERS.

In tijden van van online onderwijs door COVID-19 verstuur je het document (scan of leesbare foto) ingevuld via mail naar je promotor. Je promotor bezorgt het aan de juiste dienst voor verdere afhandeling.

Vul luik A aan. Bezorg het formulier aan je promotoren voor de aanvullingen in luik B. Zorg dat het formulier ondertekend en gedateerd wordt door jezelf en je promotoren in luik D en dien het in bij de juiste dienst volgens de afspraken in jouw opleiding.

Zonder dit inschrijvingsformulier krijg je geen toegang tot upload/verdediging van je masterproef.

Please read the information below carefully.

Print this document and complete it by hand writing, using CAPITAL LETTERS.

In times of COVID-19 and during the online courses you send the document (scan or readable photo) by email to your supervisor. Your supervisor delivers the document to the appropriate department.

Fill out part A. Send the form to your supervisors for the additions in part B. Make sure that the form is signed and dated by yourself and your supervisors in part D and submit it to the appropriate department in accordance with the agreements in your study programme.

Without this registration form, you will not have access to the upload/defense of your master's thesis.

LUIK A - VERPLICHT - IN TE VULLEN DOOR DE STUDENT

PART A - MANDATORY - TO BE FILLED OUT BY THE STUDENT

Titel van Masterproef/Title of Master's thesis: *Hersenactiviteit tijdens een interlidmaat taak bij jongeren en ouderen, een EEG studie.*

behouden - keep

wijzigen - change to:

/:

behouden - *keep*

wijzigen - *change to:*

In geval van samenwerking tussen studenten, naam van de medestudent(en)/*In case of group work, name of fellow student(s):* Andreas Roesems

behouden - *keep*

wijzigen - *change to:*

LUIK B - VERPLICHT - IN TE VULLEN DOOR DE PROMOTOR(EN)
PART B - MANDATORY - TO BE FILLED OUT BY THE SUPERVISOR(S)

Wijziging gegevens masterproef in luik A/*Change information Master's thesis in part A:*

goedgekeurd - *approved*

goedgekeurd mits wijziging van - *approved if modification of:*

Scriptie/Thesis:

openbaar (beschikbaar in de document server van de universiteit) - *public (available in document server of university)*

vertrouwelijk (niet beschikbaar in de document server van de universiteit) - *confidential (not available in document server of university)*

Juryverdediging/Jury Defense:

De promotor(en) geeft (geven) de student(en) het niet-bindend advies om de bovenvermelde masterproef in de bovenvermelde periode/*The supervisor(s) give(s) the student(s) the non-binding advice:*

te verdedigen/*to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

de verdediging is openbaar/*in public*

de verdediging is niet openbaar/*not in public*

niet te verdedigen/*not to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

LUIK C - OPTIONEEL - IN TE VULLEN DOOR STUDENT, alleen als hij luik B wil overrulen
PART C - OPTIONAL - TO BE FILLED OUT BY THE STUDENT, only if he wants to overrule part B

In tegenstelling tot het niet-bindend advies van de promotor(en) wenst de student de bovenvermelde masterproef in de bovenvermelde periode/*In contrast to the non-binding advice put forward by the supervisor(s), the student wishes:*

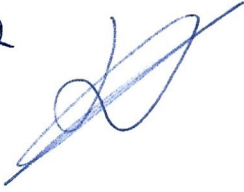
niet te verdedigen/*not to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

te verdedigen/*to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

LUIK D - VERPLICHT - IN TE VULLEN DOOR DE STUDENT EN DE PROMOTOR(EN)
PART D - MANDATORY - TO BE FILLED OUT BY THE STUDENT AND THE SUPERVISOR(S)

Datum en handtekening student(en)
Date and signature student(s)

30/05/22



Datum en handtekening promotor(en)
Date and signature supervisor(s)





Inschrijvingsformulier verdediging masterproef academiejaar 2021-2022,
Registration form jury Master's thesis academic year 2021-2022,

GEGEVENS STUDENT - INFORMATION STUDENT

Faculteit/School: **Faculteit Revalidatiewetenschappen**

Faculty/School: **Rehabilitation Sciences**

Stamnummer + naam: **1746967 Roesems Andreas**

Student number + name

Opleiding/Programme: **2 ma revalid. & kine musc.**

INSTRUCTIES - INSTRUCTIONS

Neem onderstaande informatie grondig door.

Print dit document en vul het aan met DRUKLETTERS.

In tijden van van online onderwijs door COVID-19 verstuur je het document (scan of leesbare foto) ingevuld via mail naar je promotor. Je promotor bezorgt het aan de juiste dienst voor verdere afhandeling.

Vul luik A aan. Bezorg het formulier aan je promotoren voor de aanvullingen in luik B. Zorg dat het formulier ondertekend en gedateerd wordt door jezelf en je promotoren in luik D en dien het in bij de juiste dienst volgens de afspraken in jouw opleiding.

Zonder dit inschrijvingsformulier krijg je geen toegang tot upload/verdediging van je masterproef.

Please read the information below carefully.

Print this document and complete it by hand writing, using CAPITAL LETTERS.

In times of COVID-19 and during the online courses you send the document (scan or readable photo) by email to your supervisor. Your supervisor delivers the document to the appropriate department.

Fill out part A. Send the form to your supervisors for the additions in part B. Make sure that the form is signed and dated by yourself and your supervisors in part D and submit it to the appropriate department in accordance with the agreements in your study programme.

Without this registration form, you will not have access to the upload/defense of your master's thesis.

LUIK A - VERPLICHT - IN TE VULLEN DOOR DE STUDENT
PART A - MANDATORY - TO BE FILLED OUT BY THE STUDENT

Titel van Masterproef/Title of Master's thesis: *Hersenactiviteit tijdens een interlidmaat taak bij jongeren en ouderen, een EEG studie.*

behouden - keep

wijzigen - change to:

/:

behouden - *keep*

wijzigen - *change to:*

In geval van samenwerking tussen studenten, naam van de medestudent(en)/*In case of group work, name of fellow student(s):* Dries Hulsmans

behouden - *keep*

wijzigen - *change to:*

LUIK B - VERPLICHT - IN TE VULLEN DOOR DE PROMOTOR(EN)
PART B - MANDATORY - TO BE FILLED OUT BY THE SUPERVISOR(S)

Wijziging gegevens masterproef in luik A/*Change information Master's thesis in part A:*

goedgekeurd - *approved*

goedgekeurd mits wijziging van - *approved if modification of:*

Scriptie/*Thesis:*

openbaar (beschikbaar in de document server van de universiteit) - *public (available in document server of university)*

vertrouwelijk (niet beschikbaar in de document server van de universiteit) - *confidential (not available in document server of university)*

Juryverdediging/*Jury Defense:*

De promotor(en) geeft (geven) de student(en) het niet-bindend advies om de bovenvermelde masterproef in de bovenvermelde periode/*The supervisor(s) give(s) the student(s) the non-binding advice:*

te verdedigen/*to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

de verdediging is openbaar/*in public*

de verdediging is niet openbaar/*not in public*

niet te verdedigen/*not to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

LUIK C - OPTIONEEL - IN TE VULLEN DOOR STUDENT, alleen als hij luik B wil overrulen
PART C - OPTIONAL - TO BE FILLED OUT BY THE STUDENT, only if he wants to overrule part B

In tegenstelling tot het niet-bindend advies van de promotor(en) wenst de student de bovenvermelde masterproef in de bovenvermelde periode/*In contrast to the non-binding advice put forward by the supervisor(s), the student wishes:*

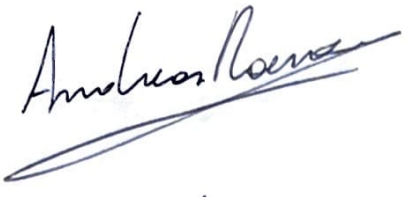
niet te verdedigen/*not to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

te verdedigen/*to defend the aforementioned Master's thesis within the aforementioned period of time*

LUIK D - VERPLICHT - IN TE VULLEN DOOR DE STUDENT EN DE PROMOTOR(EN)
PART D - MANDATORY - TO BE FILLED OUT BY THE STUDENT AND THE SUPERVISOR(S)

Datum en handtekening student(en)
Date and signature student(s)

Datum en handtekening promotor(en)
Date and signature supervisor(s)



30/05/22

