

**Verschillen in prestatie en hemisferische connectiviteit
tussen mannen en vrouwen bij de mentale rotatie**

Emma Bruggeling, 273754

Instituut voor Psychologie, Rotterdam

Oktober, 2006

1. Inhoud

1. Inhoud	2
2. Inleiding	3
2.1 <i>Prestatie</i>	3
2.2 <i>Hemisferische lateralisatie</i>	5
2.3 <i>Verwerking van globale en locale informatie</i>	7
2.4 <i>Hersenactiviteitspatronen</i>	9
2.5 <i>Rotatie strategieën</i>	10
2.6 <i>Hemisferische connectiviteit</i>	11
2.7 <i>Doel onderzoek</i>	13
2.8 <i>Hypothesen</i>	16
3. Methode	21
3.1 <i>Proefpersonen</i>	21
3.2 <i>Materiaal</i>	21
3.3 <i>Apparatuur</i>	25
3.4 <i>Data verzameling</i>	25
3.5 <i>Procedure</i>	28
3.6 <i>Design</i>	29
3.7 <i>Statistische analyse</i>	30
4. Resultaten	31
4.1 <i>Resultaten prestatie</i>	31
4.2 <i>Resultaten hemisferische connectiviteit</i>	33
4.3 <i>Resultaten correlatie prestatie en hemisferische connectiviteit</i>	41

5. Discussie	47
5.1 Prestatie	47
5.2 Hemisferische connectiviteit	49
5.3 Correlatie tussen prestatie en connectiviteit	52
6. Conclusie	55
7. Referentielijst	56
8. Bijlage	60

2. Inleiding

2.1 Prestatie

Dat vrouwen niet kunnen kaartlezen wordt door mannen maar al te graag geroepen, maar verschillen mannen en vrouwen ook daadwerkelijk in hun ruimtelijke vaardigheden? Voyer, Voyer en Bryden (1995) concluderen uit hun meta-analyse van 286 spatiële vaardigheidstesten, dat de prestatie op deze testen significant verschilt tussen mannen en vrouwen. De grootte van de gevonden sekseverschillen in individuele onderzoeken blijkt sterk afhankelijk te zijn van de soort taak waarmee de spatiële vaardigheden gemeten zijn. Zij hebben de verschillende taken waarmee spatiële vaardigheden gemeten worden in de volgende drie categorieën onderverdeeld: mentale rotatietaken, spatiële perceptietaken en spatiële visualisatietaken. Bij een spatiële perceptietaken moeten de proefpersonen spatiële relaties bepalen terwijl er afleidende informatie aanwezig is. Bij mentale rotatietaken moeten de proefpersonen zo snel en accuraat mogelijk figuren in de verbeelding roteren. Tijdens de spatiele visualisatietaken moeten de proefpersonen complexe informatie manipuleren, hierbij zijn meerdere stappen nodig m tot de goede oplossing te komen. In de categorie mentale

rotatietaken wordt met een effectgrootte van 0.73 ($p < .05$) de grootste voorsprong bij mannen gevonden. Dit in vergelijking met de categorieën: spatiële perceptietaken en spatiële visualisatietaken met effectgrootten van respectievelijk 0.44 ($p < .05$) en 0.13 ($p = n.s.$). Omdat er bij mentale rotatietaken de grootste sekseverschillen op de prestatie zijn gevonden, is gekozen om dit onderzoek op de mentale rotatietaak te richten.

Naast de meta-analyse van Voyer et al. (1995) zijn er ook diverse andere onderzoeken waarin op de mentale rotatietaak bij mannen een betere prestatie dan bij vrouwen is gevonden (Collins & Kimura, 1997; Halari et al., 2004; McGlone & Davidson, 1972; Peters, 2004; Voyer et al., 1995; Wegesin, 1998). Dit verschil wordt echter niet altijd gevonden, zo zijn er ook onderzoeken naar de mentale rotatie waarbij geen voordeel in de prestatie voor mannen is gevonden (Hughdahl, Thomsen, & Erslund, 2006; Perzaris & Casey, 1991; Roberts & Bell, 2001). Ook uit verschillende visuele halfveldstudies is geen verschil in de prestatie op de mentale rotatietaken tussen mannen en vrouwen gebleken (Corballis & Sergent, 1989; Jones & Anuza, 1982; Uecker & Obrzur, 1993; Van Strien & Bouma, 1990). In een visuele halfveld studie worden de stimuli of in het linker of in het rechter visuele veld gepresenteerd. Deze presentatie is zo kort, dat de pupillen niet genoeg tijd hebben om zich op de stimuli te fixeren. Hierdoor wordt een stimulus in het linker visuele veld verwerkt in de rechter hemisfeer en andersom.

Bij onderzoeken waarin op de mentale rotatietaak wel een betere prestatie voor mannen is gevonden, verschilt de mate van dit gevonden verschil onderling sterk. De grote variatie in de gevonden prestatieverschillen kan beïnvloed zijn doordat de taakeigenschappen van de verschillende onderzoeken van elkaar verschillen. Dit idee zou ondersteund worden wanneer er bij meerdere taken die alleen van elkaar verschillen in een bepaalde taakeigenschap prestatieverschillen tussen mannen en vrouwen zouden worden gevonden. Dit is het geval in het onderzoek van Peters (2004). Dit onderzoek bestaat uit 2 soorten mentale rotatie taken, die verschillen op de taakeigenschap '*aantal gepresenteerde stimuli*'. Bij één mentale rotatietaak worden vijf stimuli tegelijkertijd ter onderlinge vergelijking aangeboden en bij de andere taak worden twee stimuli tegelijk aangeboden. Bij de taak waarbij vijf stimuli tegelijk worden gepresenteerd presteren mannen beter. Echter bij de taak waarbij twee stimuli tegelijk worden aangeboden, wordt geen verschil in prestatie tussen mannen en vrouwen gevonden. Peters (2004) concludeert hieruit, dat vrouwen meer moeite hebben met de rotatietaak wanneer een groter aantal stimuli tegelijk worden gepresenteerd.

Voyer en Bryden (1990) maakten in hun mentale rotatietaak gebruik van abstracte stimuli (onbekende vormen die niets voorstellen), waardoor de taakeigenschap '*soort stimuli*'

verschilt van de meest gebruikte mentale rotatietaken, waarbij voornamelijk gebruik gemaakt wordt van figuratieve (letters) en alphanumerieke (cijfers) stimuli. Bij deze mentale rotatietak met abstracte stimuli is bij vrouwen een kortere reactietijd dan bij mannen gevonden. Dus vrouwen presteren beter op een rotatie taak waarbij gebruik wordt gemaakt van abstracte stimuli.

Roberts en Bell (2002) vergelijken twee taken die verschillen op de taakeigenschap '*dimensie van de stimuli*'. Zij vinden bij tweedimensionale (2D-) taken geen sekseverschil in prestatie. Echter bij de driedimensionale (3D) taken is er wel een sekseverschil en is de prestatie van mannen beter dan die van vrouwen. Volgens Collins en Kimura (1997) wordt dit verschil veroorzaakt doordat een 3D-taak moeilijker is dan een 2D-taak. Zij veronderstellen dus dat het gevonden verschil niet door de eigenschap '*dimensie van stimuli*' maar door de taakeigenschap '*taakmoeilijkheid*' wordt veroorzaakt. De taakeigenschap '*taakmoeilijkheid*' zou volgens hen een groter negatief effect hebben op de prestatie van vrouwen, omdat mannen gebruik zouden maken van een efficiëntere rotatie-strategie waardoor zij minder gevoelig zijn voor een toename van het moeilijkheidsniveau.

Uit bovengenoemde onderzoeken blijkt dat verschillen in de prestatie tussen mannen en vrouwen afhankelijk is van de taakeigenschappen: 'aantal gepresenteerde stimuli', 'soort stimuli', 'dimensie van stimuli' en 'taakmoeilijkheid'. Hiermee ondersteunen de resultaten van deze onderzoeken het idee dat de grote variatie in sekseverschillen in de prestatie op mentale rotatietaken verklaard kan worden door een verschillend effect van bepaalde taakeigenschappen op de prestatie van mannen en vrouwen. Dit verschillende effect van de taakeigenschappen op de prestatie komt mogelijk doordat mannen en vrouwen gebruik maken van verschillende rotatie-strategieën, hierop wordt in hoofdstuk 2.5 verder ingegaan.

2.2 Hemisferische lateralisatie

Bij een visuele halfveld studie vergelijkt men de prestaties op stimuli gepresenteerd in het linker visuele veld met die gepresenteerd in het rechter visuele veld. Zo kan bepaald worden welke hemisfeer meer betrokken is bij de mentale rotatietak.

Jones en Anunza (1983) vonden in hun visuele halfveld studie dat op de mentale rotatietak het aantal foute responsen toenam naarmate de stimuli meer graden geroteerd zijn. De toename van het aantal fouten bij een verhoogd aantal rotatiegraden was minder sterk bij de

stimuli die in het linker visuele veld (en aan de rechter hemisfeer) gepresenteerd zijn, dan bij de stimuli die in het rechter visuele veld (en aan de linker hemisfeer) gepresenteerd zijn.

Uit deze bevindingen concludeerden zij dat de spatiële vaardigheden die voor de mentale rotatietaak nodig zijn vooral in de rechter hemisfeer gelocaliseerd zijn.

Bij de visuele-halfveld studie naar de mentale rotatietaak van Rilea, Roskos, & Boles (2004) is er, in overeenkomst met het idee dat spatiële vaardigheden in de rechterhemisfeer (RH) gelocaliseerd zijn, bij mannen een snellere reactietijd gevonden op stimuli die in het linker visuele veld gepresenteerd zijn dan in het rechter visuele veld. Bij vrouwen echter is er geen verschil in reactietijd gevonden tussen stimuli die in het linker en rechter visuele veld gepresenteerd worden. Rilea et al. (2004) concluderen hieruit dat mannen bij een mentale rotatietaak voornamelijk gebruik maken van de rechter hemisfeer (RH). Vrouwen echter maken meer gebruik van beide hemisferen.

Fischer en Pellegrino (1988) vinden in hun visuele-veldstudie dat er naast de RH ook een rol voor de linker hemisfeer (LH) bij de mentale rotatietaak is weggelegd. Zij vinden een kortere responstijd voor stimuli in het rechter visuele veld. Deze responstijd is gemiddeld 20 msec korter dan voor de stimuli in het linker visuele veld. 20 Msec is ook de transfertijd van het corpus callosum. Dit suggereert dat deze vertraging veroorzaakt wordt door transfer van de informatie van de RH naar de LH. Hieruit concluderen zij dat de LH verantwoordelijk is voor de verwerking van tenminste één onderdeel van de mentale rotatietaak. Daarnaast vinden zij dat er bij de presentatie van alphanumerieke stimuli minder fouten geproduceerd worden in het rechter visuele veld dan in het linker visuele veld.

Ook Cook, Fruh, Mehr, Redard en Landis (1994) vinden in hun onderzoek ondersteuning voor de betrokkenheid van beide hemisferen bij de mentale rotatie. Zij vroegen de proefpersonen twee plaatjes met elkaar te vergelijken door middel van rotatie. De meeste proefpersonen kozen ervoor om het plaatje in het rechter visuele veld te roteren en het plaatje in het linker visuele veld als referentie te gebruiken. Volgens Cook et al. (1994) komt dit doordat er bij verschillende visueel-spatiële taken, die vereisen dat visuele informatie vastgehouden wordt in het geheugen, voornamelijk gebruik gemaakt wordt van de RH. De LH wordt voornamelijk gebruikt bij mentale verbeelding, generatie van visuele beelden en actieve manipulatie van visuele plaatjes. Beide hemisferen zijn dus betrokken bij verschillende onderdelen van informatieverwerking die alle nodig zijn voor de mentale rotatietaak.

Het voordeel van de presentatie van de stimuli in het linker of rechter visuele veld lijkt ook tussen mannen en vrouwen te verschillen. Van Strien en Bouma (1990) hebben een visuele-

veld studie uitgevoerd waarbij random abstracte figuren (deze figuren zijn gemaakt door acht random punten met elkaar te verbinden) geroteerd moesten worden. Hierbij is bij presteren vrouwen beter op stimuli die in het rechter visuele veld zijn aangeboden, bij mannen is er geen verschil gevonden tussen beide visuele velden. De betere prestatie van vrouwen op stimuli uit het rechter visuele veld laat zien dat mentale rotatie niet alleen afhankelijk is van verwerkingsmechanismen in de RH, maar dat er hierbij ook verwerkingsmechanismen gelokaliseerd in de LH bij betrokken zijn. De betrokkenheid van de LH bij de mentale rotatietaak blijkt bij vrouwen sterker dan bij mannen te zijn. Ook het visuele-veldonderzoek van Voyer en Bryden (1990), waarbij voor mannen een linker visueel veld voordeel en bij vrouwen een niet-significant voordeel voor het rechter visuele veld gevonden is, ondersteunt het idee dat de LH tijdens de mentale rotatietaak bij vrouwen meer betrokken is dan bij mannen.

Volgens Uecker en Obrzut (1993) komt het uitblijven van een visueel-veld –effect op hun visuele-half veld rotatietaak doordat de niet-spatieële taakeigenschappen als ‘taakmoeilijkheid’, ‘stimulus bekendheid’ en ‘taakeisen’ mogelijke factoren zijn die een voordeel voor een bepaald visueel veld beïnvloeden. De verwerkingfuncties die nodig zijn om de niet-spatieële taakeigenschappen van de mentale rotatietaak te verwerken kunnen op verschillende plaatsen in de cortex gelokaliseerd zijn. Wanneer deze verwerkingfuncties in de LH gelokaliseerd zijn, wordt de LH meer betrokken bij de mentale rotatietaak. Aangezien bij mannen tijdens de mentale rotatietaak vooral van hun RH gebruik maken, kan de aanwezigheid van taakeigenschappen die LH verwerkt moeten worden een negatiever effect op de prestatie van mannen hebben. Dit is ook een mogelijke verklaring waarom er bij verschillende visuele veld studies (Corballis & Sergent, 1989; Jones & Anuza, 1982; Van Strien & Bouma, 1990) geen voordeel in prestatie bij mannen is gevonden. Mannen worden door presentaties in het rechtervisuele veld gedwongen ook de LH te gebruiken, waardoor zij hun voorsprong verliezen.

2.3 Verwerking van globale en locale informatie

Roalf, Lowery, & Turetsky (2006) relateren het verschil in ruimtelijke vaardigheden tussen mannen en vrouwen aan de mate van efficiëntie van de verwerking van globale en locale informatie door de verschillen in de hersenlateralisatie. Globale informatie is informatie over de globale gehele vorm, de contouren. Locale informatie is informatie over kleinere

elementen waaruit de gehele vorm is opgebouwd. De rechter hemisfeer is gespecialiseerd in de verwerking van globale informatie en de linker hemisfeer in het verwerken van lokale informatie (Christman & Weiner, 1997). Doordat de hersenen van mannen en vrouwen verschillend gelateraliseerd zijn, verschillen zij in de efficiëntie waarmee ze deze twee soorten informatie verwerken. De sterkere lateralisatie van het mannelijk brein, zorgt ervoor dat mannen bij de mentale rotatie vooral de rechter hemisfeer gebruiken die gespecialiseerd is in de verwerking van globale informatie (Boles, 2005). Echter, vrouwen gebruiken bij de verwerking van visuele informatie vooral de linkerhemisfeer, die gespecialiseerd is in de verwerking van lokale informatie.

Roalf et al. (2006) vinden in hun onderzoek ondersteuning voor het idee dat mannen en vrouwen gevoeliger zijn in de verwerking van respectievelijk globale en lokale informatie. Bij de presentatie van Navon stimuli, dit is een letter die opgebouwd is uit meerdere kleinere letters en daarom uit zowel een lokaal als globaal niveau bestaat, vinden Roalf et al. (2006) bij vrouwen een bias voor de verwerking van lokale stimuli en bij mannen een bias voor globale stimuli. Zij suggereren dat, omdat mannen beter op rotatietaken presteren, verwerking van stimuli op een globaal niveau bij deze taken efficiënter is dan verwerking op het lokale niveau.

Bij een mentale rotatietaak zal er voor een strategie gekozen worden, die gebaseerd is op informatie die het meest efficiënt verwerkt wordt. Bij mannen zal dit dus een strategie zijn die gebaseerd is op globale informatie en bij vrouwen strategie een gebaseerd op lokale informatie. Volgens Roalf et al. (2006) zal er bij een strategie die gebaseerd is op de lokale informatie, gekeken worden naar de onderlinge verhouding van losse elementen van het object. Deze strategieën worden ook wel verbaal-analytische strategieën genoemd en zijn vooral afhankelijk van de LH. Bij een strategie gebaseerd op de globale informatie zal er naar de omtrek van het gehele object gekeken worden en wordt deze in zijn geheel geroteerd. Dergelijke strategieën worden ook wel visueel-spatiële strategieën genoemd en zijn vooral afhankelijk van de RH.

Door verschillen in hersenlateralisatie verschilt de efficiëntie waarmee mannen en vrouwen globale en lokale informatie verwerken. Mannen zouden globale informatie beter verwerken dan lokale, vrouwen zouden echter beter zijn in de verwerking van lokale dan globale informatie. Het is daarom mogelijk dat mannen meer gebruik maken van visueel-spatiële strategieën omdat deze meer gebaseerd zijn op het verwerken van globale informatie en vrouwen meer gebruik maken van verbaal-analytische strategieën die meer afhankelijk zijn van lokale informatie.

2.4 Hersenactiviteitspatronen

Met Brain imaging studies, zoals functional magnetic resonance (fMRI) en positron emission tomography (PET) onderzoeken, kan de hersenactiviteit tijdens de mentale rotatietaak worden gemeten en weergegeven.

Jordan, Heinze, Lutz, Kanowski, & Jäncke (2000) vinden in hun fMRI-onderzoek bij drie verschillende mentale rotatietaaken (driedimensionale, letters en abstracte stimuli) een verhoogde bilaterale activatie in de inferieure pariëtale cortex. Op deze locatie vindt volgens Jordan et al. (2000) de transformatie van mentale en visuele figuren plaats. Alivatos en Petrides (1996) vinden in hun PET onderzoek ook in de rechter superieure pariëtale cortex tijdens de mentale rotatietaak een verhoogde activiteit. Verschillende onderzoeken laten dus bij zowel mannen als vrouwen tijdens de mentale rotatietaak een sterke activatie in de pariëtale cortex zien: deze gebieden worden geassocieerd met de visuele spatiële verwerking.

Om de verschillen in de hersenactiviteit tussen mannen en vrouwen te vergelijken, is het belangrijk om te controleren op de prestatie. Want als dit niet gebeurt, kunnen de verschillende hersenactiviteitspatronen, behalve door het gebruik van verschillende rotatiestrategieën, ook veroorzaakt zijn door een verschil in efficiëntie van het gebruik van strategieën. Om te voorkomen dat verschillen in hersenactiviteit toegeschreven worden aan de verschillende prestaties van beide seksen, hebben verschillende onderzoeken de hersenactiviteitspatronen van mannen en vrouwen, met dezelfde prestatie op de mentale rotatietaak, met elkaar vergeleken (Weis et al., 2003). Hoewel bij zowel mannen als vrouwen tijdens de mentale rotatietaak een pariëtale activatie wordt gevonden, is deze in bepaalde gebieden hoger bij mannen: zoals bilateraal inferior (Weis et al., 2003) en de linker pariëtale gebieden Roberts en Bell (2002).

Bij vrouwen zijn hogere activaties gevonden in de frontale, temporale en occipitale gebieden, namelijk in: de rechter temporale gyrus (Weis et al., 2003), de inferieure temporale gyrus (Jordan, Wüstenberg, Heinze, Peters & Jäncke, 2002), rechter frontale gebied (Weis et al., 2003) en de midden occipitale gyrus (Jordan et al., 2002). De bij vrouwen extra geactiveerde occipitale en temporale gebieden zijn betrokken bij object-identificatie, object-categorisatie en spatiële aandacht. Bij de identificatie van het te roteren object, wordt ook aandacht besteed aan de details en de context waarin het zich bevindt. Bij mannen zijn deze gebieden minder geactiveerd, wat er op kan duiden dat zij zich tijdens de mentale rotatietaak vooral richten op oppervlakkige visueel-spatiële kenmerken. Volgens Jordan et al. (2002) ondersteunen deze

bevindingen het idee dat vrouwen bij een mentale rotatietaak meer gebruik maken van verbaal-analytische strategieën.

De pariëntale gebieden lijken vooral betrokken bij de mentale rotatie taak en worden ook geassocieerd met de spatiële transformatie en het spatiële geheugen. De sterkere gelateraliseerde activatie van mannen in deze gebieden ondersteunt het idee dat zij gebruik maken van een rotatiestrategie die vooral op spatiële transformatie gebaseerd is (Roberts & Bell, 2002).

2.5 Rotatie strategieën

De verschillen in hersenlateralisatie, de invloed hiervan op de verwerking van globale en lokale informatie en de verschillende activiteitspatronen in de frontale, pariëntale, temporale, centrale en occipitale gebieden, ondersteunen het idee dat vrouwen meer gebruik maken van verbaal-analytische strategieën en mannen meer gebruik maken van visueel-spatiële strategieën. De verbaal analytische strategieën waarvan vrouwen mogelijk meer gebruik maken, richten zich op lokale elementen van het te roteren object. Wanneer er van een geroteerde letter bepaald moet worden of deze gespiegeld is of niet, wordt er gelet op de onderlinge verhouding van de lokale elementen van de letter. Op basis hiervan wordt bepaald of het om een normale of een niet-gespiegelde letter gaat. Deze strategie wordt de verbaal-analytische strategie genoemd, omdat een persoon de rotatie verbaal gaat beredeneren. Een voorbeeld van een mogelijke verbale redenering bij een geroteerde letter g is: de lus van de g wijst nu naar rechts en wijst in een 'normale' letter naar links, het gaat hier dus om een gespiegelde g. Mannen zullen bij het bepalen of de geroteerde letter wel of geen gespiegelde letter is, gebruik maken van de globale informatie zoals de omtrek van de gehele letter. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de visueel-spatiële strategie waarbij de gehele letter mentaal geroteerd wordt om te bepalen of deze gespiegeld is.

Pezaris en Casey (1991) vinden dat mannen tijdens een mentale rotatietaak een grotere interferentie ondervinden van visueel-spatiële taken dan van verbale taken. Vrouwen hebben echter bij de mentale rotatietaak meer interferentie door de verbale taken. Alleen bij de vrouwen, die heel goed zijn in wiskunde en natuurkunde en een niet-rechtshandige familie hebben, is er geen duidelijk verschil in de mate van interferentie door de verbale- en visueel-spatiële taken. Dit ondersteunt het idee dat mannen tijdens mentale rotatietaken meer afhankelijk van visueel-spatiële strategieën zijn en vrouwen meer afhankelijk van verbaal-analytische strategieën zijn. Op basis van de bevinding dat de prestatie van de jongens en de

meisjes, die heel goed zijn in wiskunde en natuurkunde en een niet-rechtshandige familie hebben, op de prestatietaak beter is dan de prestatie van ‘gewone meisjes’ suggereren Pezaris en Casey (1991) dat de visueel- spatiële strategie mogelijk efficiënter dan de verbaal-analytische strategie.

Bij de identificatie van een object kunnen de details van het object en de context waarin het zich bevindt nuttige informatie geven over de identiteit van het object. Aangezien uit de patronen van hersenactiviteit tijdens een mentale rotatietaak blijkt dat vrouwen het object proberen te identificeren alvorens het te roteren, zouden zij hierbij ook aandacht geven aan de details en de context omdat deze kunnen helpen bij de identificatie van het object. Mannen daarentegen zouden hun aandacht vooral richten op de oppervlakkige visueel- spatiële kenmerken die nodig zijn voor de rotatie van het object. (Jordan et al., 2002) Hierbij zullen zij weinig aandacht besteden aan de details die nodig zijn voor de identificatie van het object omdat deze voor de rotatie niet van belang zijn.

De aandacht die vrouwen aan de identificatie van het object besteden gaat ten koste van de hoeveelheid aandacht die gericht wordt op de mentale rotatie. Dit kan verklaren waarom vrouwen vooral bij rotatietaken met een kortere responstijd (Jordan et al., 2002) slechter presteren dan mannen. Wanneer er voldoende tijd is hoeven zij hun aandacht minder te verdelen en wordt het verschil in prestatie kleiner. Wanneer er gebruik gemaakt wordt van een object dat makkelijk te identificeren is, zoals letters, is er minder aandacht voor de identificatie nodig en zou dit de prestatie van vrouwen ten goede kunnen komen.

2.6 Hemisferische connectiviteit

Tijdens de mentale rotatietaak vinden er op meerdere locaties veranderingen in activatie plaats (zie hoofdstuk 2.4). Mogelijk is dat er voor de mentale rotatietaak meerdere cognitieve functies nodig zijn, die elk op verschillende plekken gelocaliseerd zijn (functies zoals het vasthouden van een beeld in het geheugen en rotatie). Wanneer deze gebieden goed samenwerken wordt de taak mogelijk efficiënter uitgevoerd doordat ze elkaars activiteit wederzijds beïnvloeden. Dit idee wordt ondersteund in de uitspraak van Gootjes et al. (2004, p10.): *‘The coordination of neural activity in several interconnected brain areas may be even more important for cognitive functioning than the intrinsic properties of the separate brain areas itself’*. De effectiviteit van een rotatiestrategie is dus mogelijk meer gerelateerd aan de

mate waarin verschillende gebieden elkaars activiteit beïnvloeden dan aan de mate van activiteit van individuele gebieden. Het geheel zou dus meer zijn dan de som der delen. De mate waarin verandering in een bepaald gebied veranderingen in andere gebieden beïnvloedt wordt de connectiviteit genoemd. Intra-hemisferische connectiviteit is de mate van verbondenheid van verschillende hersengebieden binnen een hemisfeer, waardoor de gebieden onderling hun activiteit op elkaar af kunnen stemmen. Door de sterkere gelateraliseerde organisatie van het mannelijk brein, hebben zij wellicht een sterkere intra-hemisferische connectiviteit. Interhemisferische connectiviteit is de mate waarin gebieden uit de verschillende hemisferen elkaar beïnvloeden. Doordat vrouwen een grotere verbinding hebben tussen de hemisferen en vaker beide hemisferen gebruiken is wellicht de interhemisferische connectiviteit bij vrouwen groter.

De connectiviteit kan gemeten worden met een electroencephalogram (EEG). Bij een EEG worden elektrische potentialen op verschillende punten van de hersenen gemeten. Deze elektrische potentialen worden onder andere geproduceerd door grote groepen neuronen die gelijktijdig neurale activiteit vertonen. Door de relaties tussen de neurale activiteit in verschillende gebieden te vergelijken, kan de connectiviteit tussen deze gebieden berekend worden. Het gemeten EEG-sigitaal bestaat uit meerdere frequentiebanden. Elke frequentieband bestaat uit een andere soort golf van een eigen frequentie. Verschillende frequentiebanden zijn de alpha (8-12 Hz), bèta (13-30 Hz) thèta (4-8 Hz) en delta (0.1-3 Hz) gammaband (groter dan 30 Hz). Resher en Rappelsberger (1990) hebben in hun EEG-onderzoek de connectiviteit tijdens rust en tijdens een mentale rotatietaak vergeleken. De connectiviteit is bepaald door de coherentie te meten. De coherentie meet de lineaire relaties die er tussen verschillende gebieden zijn. Op de thètaband werd er bij mannen een coherentie vermindering in het posterioere gebied gevonden, bij vrouwen was dit in het rechter posterioere gebied. Bij mannen werd er in beide hemisferen tijdens de mentale rotatietaak een verhoogde locale coherentie tussen de frontale, centrale en pariëntale elektroden posities in de lage alphaband gevonden. Ook hadden mannen een hogere locale coherentie in de lage bètaband tussen de rechter temporale pariëntale gebieden. Deze hogere intrahemisferische coherenties ondersteunen het idee dat mannen een sterkere intra-hemisferische connectiviteit hebben. Bij vrouwen was op de thèta- en bètabanden een sterke verhoging van interhemisferische coherentie. Dit ondersteunt het idee dat de intra-hemisferische connectiviteit tijdens een mentale rotatietaak bij vrouwen groter is dan bij mannen. Naar mijn weten is het onderzoek van Resher en Rappelsberger (1990) de enige onderzoek naar de mentale rotatietaak waarbij de connectiviteit gemeten is. Doordat de connectiviteit in

coherentie gemeten is, zijn alleen de lineaire relaties tussen verschillende gebieden gemeten. Dit is een beperking ten opzichte van de synchronization likelihood, die naast lineaire relaties tussen verschillende gebieden ook niet-lineaire relaties meet .

In een magnetoencephalography (MEG) - onderzoek (hierbij wordt het neuromagnetische veld op het hoofdoppervlak gemeten om de neurale activiteit in het brein te bepalen) hebben Gootjes et al. (2004) de synchronization likelihood tijdens een dichotische luistertaak gemeten. Hierbij is een associatie tussen een hogere prestatie op de dichotische luistertaak en een verhoogde intrahemisferische connectiviteit in de lage θ -band gevonden. Ook wordt er bij mannen een hogere intra-hemisferische connectiviteit dan bij vrouwen gevonden. Bij de mentale rotatietaak moeten verschillende gebieden binnen de hemisferen samenwerken, waardoor een hogere intrahemisferische connectiviteit ook bij deze taak mogelijk gerelateerd is aan een betere prestatie. De mogelijk hogere intra-hemisferische connectiviteit bij mannen zal dan gerelateerd zijn aan een hogere prestatie op de mentale rotatietaak ten opzichte van vrouwen.

Omdat de verbaal-analytische strategie, waarvan verwacht wordt dat vrouwen deze gebruiken, gebruik maakt van verschillende functies die in beide hemisferen gelocaliseerd zijn, zou het logisch zijn dat vrouwen tijdens de mentale rotatietaak een hogere inter-hemisferische connectiviteit dan mannen hebben. Bij de viseel-spatiële strategie, waarvan verwacht wordt dat mannen deze voornamelijk gebruiken, wordt er voornamelijk gebruik gemaakt van functies die in de RH gelocaliseerd zijn. Daarom zal het logisch zijn dat mannen een hogere intra-hemisferische connectiviteit dan vrouwen hebben.

Aangezien er op de dichotische luistertaak sekseverschillen in de synchronization likelihood gevonden zijn en er op de mentale rotatietaak ook sekseverschillen in de connectiviteit verwacht worden, is het interessant om de connectiviteit op de mentale rotatietaak met de synchronization likelihood te meten. Door de beperkte hoeveelheid studies naar hemisferische connectiviteit tijdens de mentale rotatietaak ligt er nog een onderzoeksveld open om de dit uit te diepen en de betrouwbaarheid van de huidige bevindingen te vergroten.

2. 7. Doel van het onderzoek

Uit de literatuur kan wordt ondersteuning gevonden voor het idee dat de gevonden prestatieverschillen tussen mannen en vrouwen op een mentale rotatietaak mogelijk worden beïnvloed door een verschillende effecten van bepaalde taakeigenschappen op de prestatie van

mannen en vrouwen. Dit verschil in effect op de prestatie van beide seksen komt mogelijk doordat mannen en vrouwen tijdens de mentale rotatietaak gebruik maken van respectievelijk visueel-spatieel en verbaal-analytische mentale rotatiestrategieën.

Dit onderzoek wil inzicht krijgen in een mogelijk verschillend effect van de taakeigenschap ‘context’ op de prestatie van mannen en vrouwen. Hiermee kan op het gedragsniveau inzicht worden verkregen in het mogelijke gebruik van verschillende rotatiestrategieën door mannen en vrouwen. Daarnaast richt dit onderzoek zich op de vergelijking van de hemisferische connectiviteit tijdens de mentale rotatietaak tussen mannen en vrouwen. Hiermee kan ook op het niveau van hersenactiviteit meer inzicht ontstaan in het gebruik van verschillende rotatiestrategieën van mannen en vrouwen.

Wanneer hier inderdaad sekseverschillen worden gevonden, ondersteunt dit het idee dat mannen en vrouwen verschillende verwerkingsprocessen tijdens de mentale rotatietaak gebruiken. Dit is een mogelijke verklaring voor de grote variatie in de gevonden prestatieverschillen tussen mannen en vrouwen op de mentale rotatietaak.

Op basis van dit doel zijn de volgende twee vraagstellingen geformuleerd:

1. Heeft de taakeigenschap ‘context’ een verschillend effect op de prestatie van mannen en vrouwen?
2. Is er tijdens de mentale rotatietaak een verschil in hemisferische connectiviteit tussen mannen en vrouwen?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn de prestaties van mannen en vrouwen op drie mentale rotatietaken (lettertaak, congruente flankertaak en incongruente flankertaak) die verschillen in de taakeigenschap ‘context’ met elkaar vergeleken. Verwacht wordt dat de taakeigenschap ‘context’ een ander effect op de prestaties van mannen en vrouwen heeft. Bij alle drie de mentale rotatietaken moet er van een geroteerde letter bepaald worden of dit een ‘normale’ niet-gespiegelde letter of een gespiegelde letter is. De eigenschappen waarvan verwacht wordt dat ze een ander effect te hebben op de prestatie van mannen en vrouwen en waarop de taken verschillen is: de aanwezigheid van een context en het nut van deze context. Bij de lettertaak wordt alleen één geroteerde letter gepresenteerd. De proefpersonen moeten zo snel mogelijk aangeven of deze letter wel of niet gespiegeld is, door responsknoppen in te drukken. De lettertaak bevat geen context, er kan dus alleen op basis van de geroteerde letter bepaald worden of deze gespiegeld is of niet.

Bij de flankertaken staat de geroteerde letter tussen twee andere letters (de flankers) in. De geroteerde letter is dus in een context geplaatst. De letters aan beide zijden van de geroteerde letter worden de flankers genoemd en dit zijn ‘gewone’ letters, wat betekent dat ze zowel niet-

gespiegeld als niet-geroteerd zijn. Bij de congruente flankertaak zijn de flankers hulpvol, omdat zij dezelfde letter zijn als de geroteerde letter, maar dan niet gespiegeld en niet geroteerd. Deze flankers kunnen dus als een template (voorbeeld) dienen, van hoe de letter er normaal uit ziet. Bij de incongruente flankertaak kunnen de flankers niet als template dienen, omdat zij een andere letter dan de geroteerde letter zijn, waardoor de flankers niet hulpvol zijn.

Bij de verbaal- analytische strategie, waarvan gedacht wordt dat vrouwen die voornamelijk gebruiken, kan de aanwezigheid van een template een faciliterend effect hebben. Omdat hierbij op lokale elementen gericht wordt, kan de positie en richting van een lokaal element vergeleken worden met de positie en richting van hetzelfde lokale element in een niet geroteerde letter om te bepalen of de geroteerde letter gespiegeld is. Een voorbeeld van zo'n redentatie is: als je de lus van de g terugroteert dan wijst deze naar rechts en in de template wijst deze lus naar links, dus de geroteerde letter is gespiegeld. Daarentegen zal bij de visueel-spatiële strategie, waarvan gedacht wordt dat mannen deze gebruiken, de template geen faciliterend effect hebben. Bij de visueel-spatiële strategie wordt de gehele letter teruggeroteerd en kan aan de hand van deze terug geroteerde letter al gemakkelijk bepaald worden of dit een gespiegelde letter is. Een template zou dan gelijk zijn aan de terug geroteerde letter en zal geen toegevoegde waarde hebben.

De flankers bij de incongruente flankertaak zijn niet dezelfde letter als de geroteerde letter en kunnen daarom niet als template dienen. Doordat vooral bij vrouwen ook de gebieden van objectidentificatie geactiveerd zijn, wordt verondersteld dat zij daaraan tijdens de taak meer aandacht zullen besteden. Tijdens de mentale rotatietaak besteden vrouwen naast de rotatie ook aandacht aan de identificatie van het object. Omdat de context mogelijk kan helpen bij deze identificatie krijgt deze ook aandacht. Ook wanneer de context niet hulpvol bij de identificatie is krijgt de deze toch aandacht, dit gaat ten koste van de aandacht voor de mentale rotatie. Verwacht wordt dat een niet-hulpvolle context, bij vrouwen, doordat ze meer aandacht aan de context besteden, een groter negatief effect heeft.

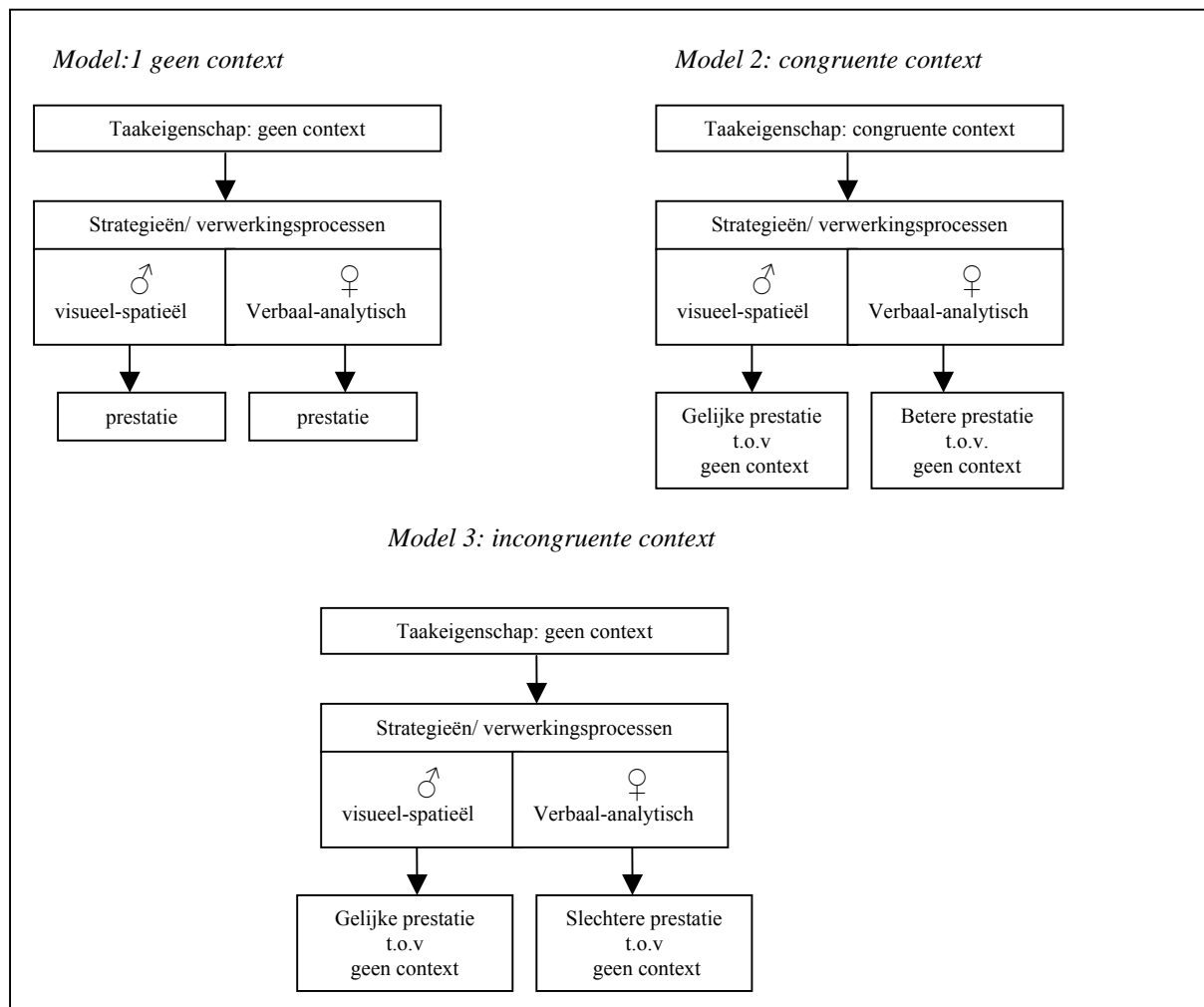
Mannen blijken daarentegen hun aandacht voornamelijk te richten op de rotatie van het object, waardoor de aanwezigheid van een niet-hulpvolle context geen aandacht trekt en daardoor geen negatief effect heeft op hun prestatie.

2.8 Hypothesen

Bij de lettertaak met de taakeigenschap ‘geen context’ wordt verwacht dat de visueel-spatieële strategie efficiënter zal zijn dan de verbaal-analytische strategie. Aangezien van mannen verwacht wordt dat zij de efficiëntere visueel-spatieële strategie gebruiken in tegenstelling tot vrouwen waarvan verwacht wordt dat ze de verbaal-analytische strategie gebruiken, wordt verwacht dat de prestatie van mannen op de lettertaak hoger zal zijn dan de prestatie van vrouwen.

Verwacht wordt dat de prestatie van mannen op zowel de congruente- als de incongruente flankertaak gelijk zijn aan de prestatie van mannen op de lettertaak. Dit omdat bij de flankertaken wordt verwacht dat de aanwezigheid van zowel congruente- als incongruente flankers geen effect zal hebben op de prestatie van mannen. Bij vrouwen wordt verwacht dat incongruente flankers een negatief effect en congruente een positief effect hebben op de prestatie. De verwachte effecten van mannen en vrouwen op de prestatie van de flankertaken zijn weergegeven in modellen 2 en 3 van *figuur 1*.

Figuur 1. Modellen van het verwachte effect van de taakeigenschappen: ‘geen context, congruente context en in congruente context’ op de prestatie van mannen en vrouwen.



De totaalprestatie op de drie taken wordt verwacht bij mannen beter te zijn dan bij vrouwen. Het voordeel dat vrouwen krijgen door het positieve effect op de prestatie van de congruente flankers, wordt opgeheven door het negatieve effect bij hen van de incongruente flankers. Omdat mannen verwacht worden beter te zijn op de lettertaak, wordt verwacht dat de totale prestatie op de drie taken van mannen hoger zal zijn dan bij vrouwen. Hieruit volgt:

Hypothese 1: ‘De prestatie op de drie mentale rotatietaken is voor mannen beter dan voor vrouwen’.

De prestatie zal worden gemeten in de reactietijd en het aantal fouten.

Wanneer, zoals verwacht, de aanwezigheid van flankers, ten opzichte van de lettertaak, geen effect heeft op de prestatie van mannen, zal de prestatie van mannen op de drie taken gelijk zijn. Bij de vrouwen daarentegen wordt bij de congruente- en incongruente flankers respectievelijk een positief en een negatief effect ten opzichte van de lettertaak verwacht. De prestaties van vrouwen zullen dan op alle drie de taken verschillend zijn. Het patroon van de prestatieverschillen tussen de drie taken zal dan bij mannen en vrouwen niet gelijk zijn. Daarom wordt er voor de prestatie een ‘taak x geslacht’- interactie-effect verwacht. Hieruit volgt de tweede hypothese:

Hypothese 2: ‘De prestatie op de verschillende taken is bij mannen gelijk. Bij vrouwen is de prestatie op de congruente flankertaak beter dan de prestatie op de lettertaak en de prestatie op de incongruente flankertaak is minder goed dan op de lettertaak’.

De prestatie zal worden gemeten in de reactietijd en het aantal fouten.

Om te onderzoeken of mannen en vrouwen bij de mentale rotatietaken een andere mate van samenwerking tussen verschillende gebieden in de hersenen hebben, wordt er ook gekeken naar sekseverschillen in de hemisferische connectiviteit. Verwacht wordt, dat net als bij de dichotische luistertaak van Gootjes et al. (2004) er bij mannen een hogere intra-hemisferische connectiviteit dan bij vrouwen zal worden gevonden. Deze verwachting is gebaseerd op de sterkere lateralisatie van het mannelijk brein. Een tweede reden is dat er bij visueel- spatiale strategieën (die mannen bij de mentale rotatie verwacht worden te gebruiken) aanspraak wordt gemaakt op verwerkingsfuncties waarvan wordt aangenomen dat deze voornamelijk in de RH gelocaliseerd zijn. Hierdoor zullen de verschillende gebieden binnen de RH betrokken worden en zou er een hogere connectiviteit bij mannen in de RH te verwachten zijn. Op basis van deze verwachting is de derde hypothese over de intra-hemisferische connectiviteit opgesteld:

Hypothese 3: ‘De intra-hemisferische connectiviteit tijdens de mentale rotatietaken zal bij mannen groter zijn dan bij vrouwen’.

Aangezien vrouwen meer verbindingen tussen de beide hemisferen hebben dan mannen, wordt bij vrouwen een hogere interhemisferische connectiviteit verwacht. Daarnaast maakt de verbaal- analytische strategie, (waarvan gedacht wordt dat vrouwen deze vooral gebruiken), gebruik van zowel functies die in de LH als in de RH gelocaliseerd zijn en worden gebieden uit beide hemisferen bij de taak betrokken. Doordat er bij vrouwen meer dan bij mannen

gebieden uit beide hemisferen bij de taak betrokken zijn, zal de connectiviteit tussen de beide hemisferen bij vrouwen sterker zijn dan bij mannen.

De vierde hypothese gaat dus over de inter-hemisferische connectiviteit en stelt:

Hypothese 4: ‘De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de mentale rotatietaken zal bij vrouwen hoger zijn dan bij mannen’.

Verder zal er exploratief gekeken worden naar locale verschillen in connectiviteit. Hierbij zal gekeken worden naar de intra- en inter-hemisferische connectiviteit in de volgende drie locaties: het frontale-, laterale- en occipitale gebied. Verwacht wordt dat deze drie gebieden verschillende rollen spelen bij de mentale rotatietaken. Namelijk: in het occipitale gebied vindt de primaire visuele verwerking plaats, in het frontale gebied bevindt zich de verdeling van aandacht en in het pariëntale gebied worden de visuele transformaties en rotaties uitgevoerd. Vanwege het exploratieve karakter van de locale connectiviteit is hierover geen hypothese opgesteld.

Gootjes et al. (2004) vonden een correlatie ($r = .74$, $p < .01$) tussen een hogere connectiviteit in de lage thètaband en een betere prestatie op de dichotische luistertaken. Wanneer verschillende hersengebieden elkaar sterk beïnvloeden kan het zijn dat de verwerkingsprocessen efficiënter zijn, wat een positief effect heeft op de prestatie. Ook bij de mentale rotatietaken wordt verwacht dat een hogere connectiviteit de prestatie verbetert. Bij mannen wordt verwacht dat vooral gebieden binnen dezelfde hemisfeer betrokken zijn bij de mentale rotatietaken.

Daarom worden er bij mannen negatieve correlaties verwacht tussen de intra-hemisferische connectiviteit en het aantal fouten en de reactietijd.

De vijfde hypothese stelt daarom:

Hypothese 5: ‘Bij mannen zijn er correlaties tussen de intra-hemisferische connectiviteit en de prestatie op de mentale rotatietaken’.

Hierbij is de prestatie in de reactietijd en het aantal fouten gemeten.

Ook bij vrouwen wordt verwacht dat de mate van samenhang in de activiteit tussen verschillende hersengebieden gerelateerd is aan de prestatie. Verwacht wordt dat vrouwen in tegenstelling tot mannen rotatiestrategieën gebruiken, waarin gebieden uit de beide hemisferen geactiveerd worden. Hierdoor zal de prestatie correleren met de inter-hemisferische connectiviteit van vrouwen dan van mannen en luidt de zesde hypothese:

Hypothese 6: 'Bij vrouwen zijn er correlaties tussen de inter-hemisferische connectiviteit en de prestatie op de mentale rotatietaken'.

Hierbij is de prestatie in de reactietijd en het aantal fouten gemeten.

3. Methode

3.1 Proefpersonen

Vierentwintig proefpersonen (12 mannen, 12 vrouwen) hebben aan het experiment deelgenomen. Dit zijn allemaal studenten van de Erasmus Universiteit in Rotterdam van verschillende studierichtingen. De gemiddelde leeftijd bij de vrouwen is 21.3 jaar, met een range van 19 tot 24 jaar. Bij de mannen is de gemiddelde leeftijd 20.9 jaar en deze range liep van 19 tot 24 jaar. Alle proefpersonen hebben Nederlands als moedertaal.

Alle vierentwintig proefpersonen hadden een handvoorkeur voor de rechterhand. Dit is vastgesteld met de vragenlijst voor handvoorkeur van Van Strien (1992). Alle proefpersonen hadden een score van +9 of +10 op deze vragenlijst. Bij een score van +8 of hoger worden de personen als een voorkeur voor de rechterhand hebbend geclassificeerd (Van Strien, 1992). De psychologie studenten die deelnamen konden zich voor het onderzoek inschrijven en kregen als vergoeding 1,5 proefpersoonuren. Het maken van proefpersoonuren is voor de psychologie studenten verplicht. De studenten van andere studies aan de Erasmus Universiteit zijn benaderd met de vraag of zij aan het onderzoek mee wilden werken, zij hebben hiervoor geen vergoeding ontvangen.

3.2 Materiaal

3.2.1 Vragenlijst voor handvoorkeur

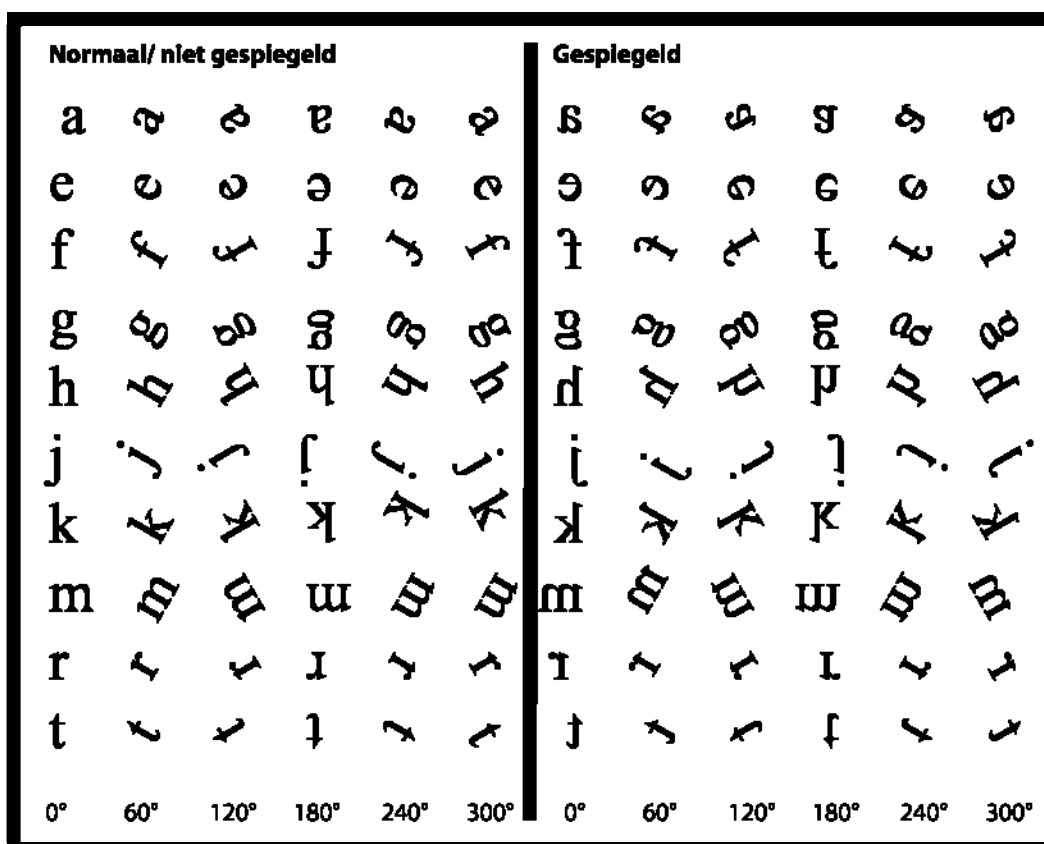
De vragenlijst voor handvoorkeur (van Strien, 1992) is een paper en pencil vragenlijst van 10-items. Op een schaal van -10 (sterk linkshandig) tot +10 sterk rechtshandig wordt de handvoorkeur uitgedrukt.

3.2.2 De lettertaak

De lettertaak wordt op het computerscherm gepresenteerd. Bij de lettertaak bestaat elke trial uit één geroteerde letter die wel of niet gespiegeld is. De proefpersoon moet bij elke trial zo snel mogelijk aangeven of de geroteerde letter wel of niet gespiegeld is, door met de vingers op de juiste knop van de respons box te drukken.

Er zijn tien letters: ‘a’, ‘e’, ‘r’, ‘t’, ‘f’, ‘g’, ‘j’, ‘k’, ‘m’ en ‘h’ in het lettertype Times New Roman gebruikt. Deze letters zijn gekozen, omdat ze niet symmetrisch zijn en bij rotatie niet op een andere letter gaan lijken. De letters zijn op zes verschillende manieren geroteerd, namelijk: 0, 60, 120, 180, 240 of 300 graden. Alle letters komen op alle zes de verschillende rotaties zowel één keer gespiegeld als één keer niet- gespiegeld voor. Dus alle tien de letters worden elk 12 keer gepresenteerd. De lettertaak bestaat in totaal uit 120 trials. De stimuli van de trials staan in *figuur 3.1*.

Figuur 3.1: De stimuli van de lettertaak.



Op het beeldscherm zijn de stimuli letters licht grijs en de achtergrond zwart. De 120 trials worden in een random volgorde aangeboden.

De instructie kan doorlopen worden door op een willekeurige knop op de responsbox te drukken. Aan het eind van de instructie kan begonnen worden aan de oefenserie. Deze 3 oefentrials bestaan uit andere letters dan gebruikt in de letter- en flankertaak: ‘y’, ‘L’, ‘Q’ en ‘R’. Vervolgens verschijnt er een herinnering, welke knoppen er bij een gespiegelde en welke bij een niet-gespiegelde letter moet worden ingedrukt. De helft van de proefpersonen kreeg de

instructie om bij een gespiegelde letter op de linker- en bij een niet-gespiegelde letter op de rechterknop te drukken, de andere helft van de proefpersonen kreeg de instructie om bij een gespiegelde letter de rechter en bij een niet gespiegelde letter de linkerknop in te drukken.

Door op een van de knoppen te drukken, wordt de lettertaak gestart.

Elke trial wordt voorafgegaan door een zwart scherm met een lichtgrijs fixatiekruis in het midden van het scherm. Deze blijft 1000 milliseconde (msec) staan. Tussen het fixatiekruis en de stimulusletter zit een delay. De duur van de delay wordt random afgewisseld en kan 400, 450, 500, 550 en 600 msec duren. Er is gekozen voor een wisselende delayduur, zodat er geen verwachting ontstaat. Deze verwachting zou het EEG kunnen beïnvloeden. Na de delay wordt de trial met een letter gepresenteerd. Deze trial blijft staan totdat de persoon een van de responsknoppen indrukt. Wanneer de proefpersoon niet binnen 3 seconden gereageerd heeft wordt de trial als fout meegerekend. Na een respons op de knop of het verstrijken van de 3 seconden, verschijnt na 2000 msec weer het fixatiekruis en daarna begint de volgende trial. Na presentatie van de 120 trials, Verschijnt het eindscherm. De duur van de lettertaak is ongeveer 10 minuten.

3.2.3. De congruente en incongruente flankertaak

De flankertaak wordt op een computerscherm aangeboden. Bij de flankertaak worden in een trial drie letters in een rij gepresenteerd. De middelste letter is de targetletter en deze is als enige van de drie letters geroteerd en kan wel of niet gespiegeld zijn. De proefpersoon moet bepalen of de targetletter een 'normale' of een 'gespiegelde' letter is.

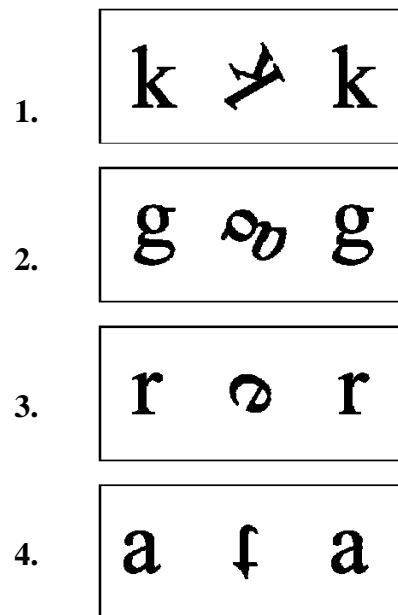
Voor de targetletters zijn dezelfde letters als bij de lettertaak gebruikt, namelijk: 'a', 'e', 'r', 't', 'f', 'g', 'j', 'k', 'm' en 'h'. Alle tien de letters komen zowel gespiegeld als niet-gespiegeld op 6 verschillende manieren geroteerd voor. De verschillende rotaties zijn: 0, 60, 120, 180, 240 of 300 graden. In totaal zijn er dus 120 verschillende targetletters.

De flankers (de twee letters aan beide zijden van de targetletter) zijn ook de tien letters: 'a', 'e', 'r', 't', 'f', 'g', 'j', 'k', 'm' en 'h'. De beide flankers binnen één trial zijn altijd alle twee dezelfde letter. De flankerletters zijn altijd 0 graden geroteerd (normaal recht op) en niet gespiegeld.

Bij de flankertaak zijn twee soorten trials te onderscheiden: de congruente flankers en de incongruente flankers. In de congruente flankertrials zijn de twee flankers en de targetletter alle drie dezelfde letter, zie voorbeeld 1 en 2 van *Figuur 3.2*. Bij incongruente trials zijn de twee flankers een andere letter dan de targetletter, zie voorbeeld 3 en 4 van *Figuur 3.2*.

De 120 targetletters worden elk twee keer gepresenteerd, één keer in een congruente trial en één keer in een incongruente trial. In totaal heeft de flankertaak 240 trials.

Figuur 3.2 Voorbeelden stimuli uit de flankertaak . Nummer 1 en 2 zijn stimuli congruente trials en nummer 3 en 4 zijn incongruente trials.



De taak begint met een instructiescherm waarin staat dat de proefpersoon drie letters op één rij te zien krijgt en zo snel mogelijk moet aangeven of de middelste letter gespiegeld is of niet, door op de linker of rechter knop te drukken.

Na de instructie is er een oefenserie, van 3 trials, deze bestaat uit andere letters dan gebruikt in de letter- en flankertaak: 'y', 'L', 'Q' en 'R'. Aan het einde van de oefenserie verschijnt er op het beeldscherm een herinnering met welke, responsknoppen bij de wel- en niet-gespiegelde stimuli moeten worden ingedrukt. De proefpersoon heeft dan nog de gelegenheid tot het stellen van vragen aan de proefleider. Wanneer de taak duidelijk is kan door op één van de responsknoppen te drukken de flankertaak gestart worden.

De 240 trials zijn van te voren random ingedeeld in 3 blokken, deze indeling is bij alle proefpersonen gelijk. Tussen de blokken krijgt de proefpersoon pauze en kan de proefpersoon zelf bepalen wanneer hij/ zij verder wil gaan door op een willekeurige knop te drukken.

De trials in de blokken worden in een random volgorde gepresenteerd. Elke trial wordt voorafgegaan door een zwart scherm met een lichtgrijs fixatiekruis in het midden van het

scherm, dat 1000 msec blijft staan. Tussen het fixatiekruis en de trials zit een delay. De duur van de delay wordt random afgewisseld en kan 400, 450, 500, 550 of 600 msec duren. Er is gekozen voor een wisselende delayduur zodat er geen verwachting ontstaat, wat het EEG zou kunnen beïnvloeden. De trial blijft staan totdat de persoon een respons geeft. Wanneer de proefpersoon niet binnen 3 seconden reageert, verdwijnt de trial en wordt deze als fout meegerekend. Hierna verschijnt na 2000 msec weer het fixatiekruis en wordt aan de volgende trial begonnen. Wanneer de 240 trials geweest zijn verschijnt het eindscherm. De flankertaak duur ongeveer 20 minuten.

3.3 Apparatuur

Stimuli werden op een 22 inch CRT monitor met een effectief beeldvlak van 20 inch gepresenteerd. De serial response box was van het merk Psychology software tool inc. De hersenactiviteit is gemeten met BioSemi EEG apparatuur en software.

3.4 Data verzameling

3.4.1 Gedragsdata

De prestatie van de personen op de taak wordt uitgedrukt in ‘de reactietijd’ en ‘het aantal fouten’. De reactietijd is de gemiddelde reactietijd van alle goede trials waarop binnen drie seconden gereageerd is. De gemiddelde reactietijden zijn apart voor de lettertaak, de congruente flankertaak en de incongruente flankertaak berekend. Het aantal fouten is het totale aantal fouten waarbij trials, waarop niet binnen drie seconden gereageerd is, ook als fout zijn meegerekend. Het aantal fouten is apart voor de lettertaak, de congruente flankertaak en incongruente flankertaak bepaalt.

3.4.2 Elektroencephalogram (EEG) data

De neurale activiteit op de schedel is met 34 elektroden op de schedel gemeten, waarvan 2 referentie-elektroden. De elektroden zijn met behulp van de BioSemi Stretch Cap geplaatst op de standaard posities (FP1, FP2, AF3, AF4, F3, Fz, F4, F7, F8, FC1, FC2, FC5, FC6, C3, Cz,

C4, T7, T8, CP1, CP2, CP5, CP6, P3, Pz, P4, P7, P8, PO3, PO4, O1, Oz, O2, CMS, DRL) volgens het internationale 10-20 systeem.

Daarnaast zijn er 6 elektroden geplaatst, waarvan: één boven het linker oog en één onder het linker oog om de verticale oogbewegingen te meten, één links van het linker oog en één rechts van het rechter oog om de horizontale oogbewegingen te meten en één op elk oorleltje als referentie.

De data zijn geanalyseerd met het software programma Vision Analyzer. Bij de analyse is de gemeten hersenactiviteit ingedeeld in segmenten vanaf het tijdstip dat de stimulus wordt aangeboden tot 500 msec erna. Er is voor een interval van 500 msec gekozen omdat er in de meeste gevallen nog niet binnen 500 msec een respons is gegeven, waardoor er vanuit gegaan kan worden dat personen in de eerste 500 msec daadwerkelijk bezig zijn met het mentaal roteren van de letters. De segmenten zijn allemaal gecorrigeerd op een baseline die bepaald is uit de periode van 500 msec voor de stimulus tot aan de presentatie van de stimulus.

De segmenten zijn gefilterd met een filter met een lowcutoff van 0,100 Hz en een highcutoff van 70,00 Hz en een timeconstant van 1,59155 msec. Daarnaast zijn alle segmenten gecorrigeerd voor oogbewegingen. Ook zijn de artefacten met een afwijking van -200 en 200 μ V verwijderd. Hierna zijn er nog handmatig artefacten verwijderd. Door middel van een filter in het programma is het EEG-sigitaal in verschillende frequentiebanden uitgesplitst. Deze frequentiebanden zijn: 4-6 Hz (lagere theta), 6-8 Hz (hogere theta) 8-10 Hz (lagere alpha) en 10-12 Hz (hogere alpha). Deze frequentiebanden zijn gekozen omdat voorafgaand onderzoek (Rescher & Rappelsberger, 1997; Roberts & Bell, 2002) heeft aangewezen dat deze door de mentale rotatietaak worden beïnvloed.

3.4.3 Synchronization likelihood

De connectiviteit is met de synchronization likelihood berekend (Stam & van Dijk, 2002).

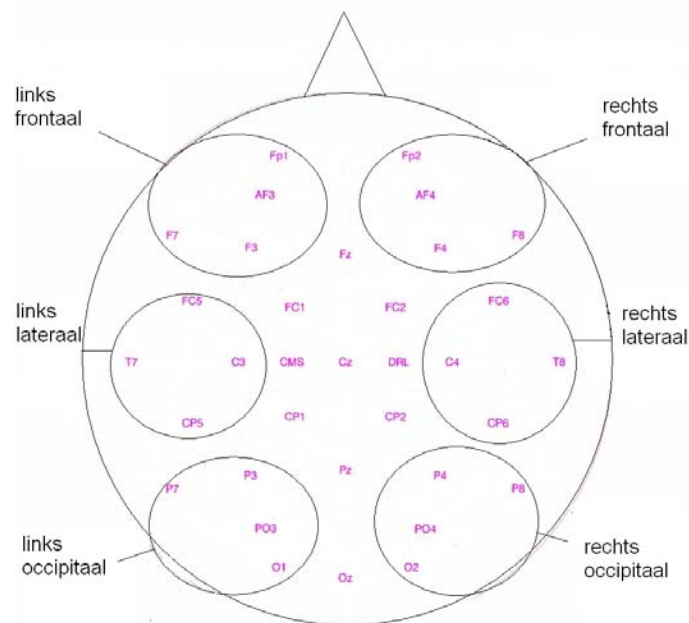
De synchronization likelihood is een maat voor de mate waarin de activiteit in een bepaald gebied gerelateerd is aan de activiteit in de andere gebieden. De synchronization likelihood werd bepaald met het programma DigEEGXP. Van zowel de letter- als de flankertaak is de synchronisation likelihood van 3 epocs van 16 sec op de 4 frequentiebanden berekend.

De intra-hemisferische connectiviteit is bepaald door van elke elektrode de synchronization likelihood met alle andere elektroden die op dezelfde hemisfeer geplaatst zijn te berekenen.

De inter-hemisferische connectiviteit is bepaald door van elke elektrode de synchronization
 likelihood met de ipsilaterale elektrode te berekenen. Hiervoor is gekozen omdat de
 verbindingen tussen gebieden van de twee hemisferen voornamelijk tussen de twee
 ipsi-laterale gebieden zijn.

Om de connectiviteit van verschillende gebieden van het brein te kunnen vergelijken, zijn er 6
 groepen gemaakt, elk bestaande uit 4 elektroden. Namelijk het linker frontale gebied
 (FP1,AF3,F3,F7), het rechter frontale gebied (FP2, AF4,F4,F8), het linker laterale gebied
 (FC5, T7,C3, CP5), het rechter laterale gebied (FC6, T8, C4,CP6), het linker occipitale gebied
 (P3,P7, PO3, O1) en het rechter occipitale gebied (P4, P8, PO4, O2), zie *figuur 3.3*. Per groep
 is de gemiddelde synchronization likelihood berekent.

Figuur 3.3: Weergaven hoe de elektroden in verschillende gebieden gegroepeerd zijn.



3.5 Procedure

Psychologiestudenten konden zich op de site van de studie opgeven voor deelname aan het experiment. Studenten van andere studierichtingen zijn persoonlijk benaderd met de vraag of zij aan het experiment mee wilden werken. Wanneer proefpersonen wilden deelnemen is afgesproken op het Erasmus Behavioral Lab op de Erasmus Universiteit Rotterdam waar het experiment heeft plaatsgevonden.

Bij aanvang kregen de proefpersonen op papier informatie over het verloop, het doel, de duur, de vrijwillige deelname en de vertrouwelijkheid van de resultaten van het experiment te lezen. Hiermee werd beoogd dat de proefpersonen voldoende geïnformeerd zijn om informed consent voor deelname aan het experiment te tekenen. Daarna werd hen gevraagd om gegevens als opleidingsniveau, geslacht en leeftijd en de vragenlijst voor handvoorkeur (van Strien, 1992) in te vullen. Hierna werden de voorbereidingen voor het afnemen van het EEG getroffen, werd de cap op het hoofd geplaatst, gevuld met geleidende gel en werden de elektroden aangesloten.

De proefpersoon zat op een stoel voor een beeldscherm in een donkere stille ruimte.

Er is begonnen met een rustmeting waarbij de proefpersoon 45 sec met zijn ogen op een fixatiekruis moest fixeren en daarna de ogen voor 45 sec gesloten moest houden.

Hierna werd samen met de proefleider de instructie en de oefenserie van de eerste taak doorgenomen zodat de proefpersoon nog de gelegenheid had vragen over de taak te stellen. Wanneer alles duidelijk was werd de proefpersoon in de aparte kamer alleen gelaten om met de eerste taak te beginnen.

Tussen de eerste en tweede taak door kwam de proefleider binnen om gezamenlijk de introductie en de oefenserie van de tweede taak door te nemen. Hierna werd de proefpersoon weer alleen gelaten om aan de tweede taak te beginnen.

Aan het einde van de tweede taak verscheen in het beeldscherm de mededeling dat het experiment was afgelopen. In totaal duurde het gehele experiment 1,5 uur.

De volgorde waarmee de taken worden aangeboden en de handen waarmee gereageerd moet worden zijn gecounterbalanced. Hiervoor zijn vier verschillende versies van het experiment gemaakt, zie *Figuur 4.1*

Versie 1: De lettertaak wordt als eerste aangeboden. De proefpersoon moet bij een gespiegelde letter op de linker knop van de responsbox drukken en bij een niet-gespiegelde letter op de rechter knop.

Versie 2: De eerste taak is de lettertaak. De proefpersoon moet bij een gespiegelde letter de rechter knop en bij een niet-gespiegelde letter de linker knop in drukken.

Versie 3: De eerste taak is de flankertaak. De proefpersoon moet bij een gespiegelde letter op de linker knop en bij een niet-gespiegelde letter de rechter knop indrukken.

Versie 4: De eerste taak is de flankertaak. De proefpersoon moet bij een gespiegelde letter de rechter knop en bij een niet-gespiegelde letter de linker knop indrukken.

Elke versie is afgenomen bij drie mannen en drie vrouwen.

Figuur 3.1 Een schematische weergave van de verschillende versies.

	Begint met de lettertaak	Begint met de flankertaak
Gespiegeld is links	Versie 1	Versie 3
Gespiegeld is rechts	Versie 2	Versie 4

3.6 Design

De prestatie op de mentale rotatietaak wordt uitgedrukt in de twee afhankelijke variabelen; de gemiddelde reactietijd en het aantal fouten. De eerste onafhankelijke variabele is sekse en heeft 2 niveaus: mannen en vrouwen. De tweede onafhankelijke variabele is de 'context' en drie niveaus: 'geen context' (de lettertaak), 'een congruente context' (de congruente flankertaak) en 'een incongruente context' (de incongruente flankertaak) de incongruente flankertaak. De gemiddelde reactietijd en het aantal correcte responsen worden dus vergeleken in een 2x 3 design.

Er zijn twee soorten connectiviteit gemeten: de intra-hemisferische connectiviteit en de inter-hemisferische connectiviteit. Beide soorten connectiviteit zijn apart voor de lettertaak en de flankertaak (incongruent en congruent samen) gemeten en geanalyseerd. De connectiviteit is gemeten in vier verschillende frequentiebanden (lage θ , hoge θ , lage α en hoge α). Voor iedere frequentieband is afzonderlijk een analyse gedaan.

De inter-hemisferische connectiviteit wordt uitgedrukt in de afhankelijke variabele synchronization likelihood, tussen de verschillende gebieden binnen één hemisfeer.

Deze zijn gemeten op de twee onafhankelijke variabelen: sekse met twee niveaus, en de locatie met drie niveaus (frontaal, lateraal en occipitaal). De interhemisferische connectiviteit wordt dus bestudeerd in een 2x3 design.

De intra-hemisferische connectiviteit wordt uitgedrukt in de afhankelijke variabele synchronization likelihood, tussen de ipsilaterale gebieden in de twee afzonderlijke hemisferen. De onafhankelijke variabelen hierbij zijn geslacht, de twee hemisferen en de locatie. De intrahemisferische connectiviteit wordt dus gemeten met een 2x2x3 design.

3.7 Statistische analyse

De prestatiemetingen reactietijd (RT) en aantal fouten zijn beide geanalyseerd met een repeated measures ANOVA. Hierbij is gekeken naar de aanwezigheid van mogelijke taak, geslacht en taak x geslacht effecten.

De intra-hemisferische en de inter-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak en de flankertaak zijn apart geanalyseerd. De connectiviteitsdata zijn geanalyseerd met een repeated measures of ANOVA. Hierbij is er gekeken of de mogelijke geslacht, hemisfeer, locatie, geslacht x hemisfeer, geslacht x locatie en geslacht x locatie x hemisfeer effecten aanwezig waren.

Wanneer er bij de repeated measures of ANOVA significante effecten gevonden zijn bij afhankelijke variabelen met meer dan twee niveaus is er post hoc een contrast analyse uitgevoerd, om te bepalen welke niveaus van elkaar verschillen.

De correlatie tussen de prestatie en de connectiviteit is bepaald door de bivariatie correlatie tussen de connectiviteit van mannen en vrouwen apart en de prestatie van mannen en vrouwen samen te berekenen.

4. Resultaten

4.1 Resultaten prestatie

4.1.1 Reactietijd

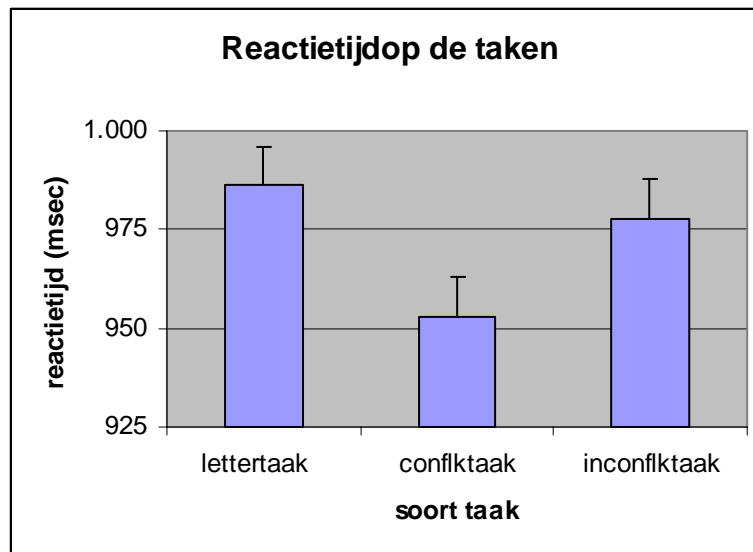
De reactietijden (RT's) zijn weergegeven in de tabel van *Tabel 4.1*. Er is geen hoofd-effect voor geslacht op de reactietijd gevonden, $F(1,21) = .473$, $p = n.s.$, wat betekent dat de reactietijden op de mentale rotatietaak tussen mannen en vrouwen niet significant van elkaar verschillen.

Wel is er een significant taak-effect, $F(2, 42) = 26.720$, $p < .01$, gevonden. Uit de post hoc contrastanalyse blijkt dat de RT op de congruente flankertaak significant korter is, dan de RT op de incongruente flankertaak, $F(1,21) = .027$, $p < .01$, en de RT op de incongruente flankertaak significant korter is dan de RT op de lettertaak, $F(1,21) = 30.196$, $p < .01$, (*figuur 4.10*). Er is geen significante taak x sekse interactie effect gevonden, $F(2,42) = .238$, $p = n.s.$, het patroon van de reactietijden op verschillende taken verschilt dus niet significant tussen mannen en vrouwen.

Tabel 4.1 De gemiddelde reactietijden in msec, de standaard. Error en het 95 % confidence interval.

	Mean	Std. error	95% confidence Lower bound	interval Upper bound
<i>Totale RT</i>				
Mannen	943.847	58.508	822.173	1065.520
Vrouwen	1000.733	58.508	879.060	1122.406
<i>Lettertaak RT</i>	986.163	54.470	872.886	1099.440
Mannen	968.480	77.033	808.282	1128.678
Vrouwen	1003.847	77.033	843.649	1164.045
<i>Congruente flankertaak RT</i>	952.839	35.516	878.978	1026.699
Mannen	919.013	50.228	814.559	1023.467
Vrouwen	989.664	50.228	882.210	1091.118
<i>Incongruente flanker RT</i>	977.868	40.430	893.790	1061.946
Mannen	944.047	50.228	825.143	1091.118
Vrouwen	1011.689	57.176	892.785	1130.593

Figuur 4.1 De gemiddelde reactietijden op de taken



4.1.2 Aantal fouten:

Het gemiddelde aantal fouten van het totaal en het gemiddelden aantal fouten per taak en per geslacht zijn in *tabel 4.2* weergegeven. Er is geen significant verschil in het aantal fouten dat mannen en vrouwen op de mentale rotatietaken hebben gemaakt, $F(1,22)=.004$, $p= n.s.$. Ook tussen de drie verschillende taken is er geen verschil gevonden in het aantal gemaakte fouten, $F(2,4)=1.798$, $p= n.s.$. Er is geen significant taak x sekse interactie effect gevonden, $F(2,21)=0.056$, $p= n.s.$, het patroon van aantal fouten op de verschillende taken verschilt dus niet significant tussen mannen en vrouwen.

Tabel 4.2: Het gemiddelde aantal fouten, de std.error en het 95% confidence interval.

	Mean	Std. error	95% confidence Lower bound	interval Upper bound
<i>Totaal aantal fouten</i>	12.361	1.25	9.779	14.943
Mannen	12.278	1.761	8.627	15.929
Vrouwen	12.444	1.761	8.793	16.096
<i>Fouten lettertaak</i>	13.542	1.660	10.099	16.984
Mannen	15.083	2.348	10.215	19.869
Vrouwen	12.00	2.348	7.131	16.869
<i>Fouten Congruente flanker</i>	10.5458	1.395	7.566	13.351
Mannen	8.917	1.972	4.826	13.007
Vrouwen	12.00	1.972	7.910	16.096
<i>Fouten Incongruente flanker</i>	13.083	1.740	9.475	16.692
Mannen	12.833	2.461	7.730	17.936
Vrouwen	13.333	2.461	8.230	18.436

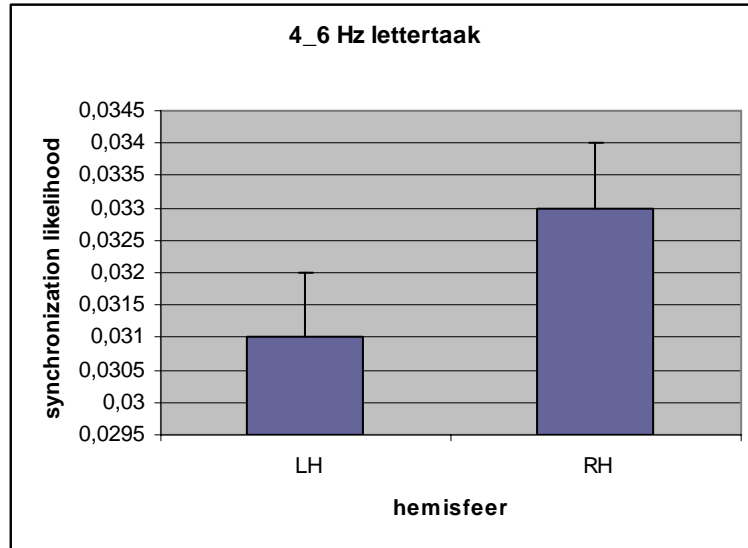
4.2 Resultaten hemisferische connectiviteit

4.2.1. De lage thetaband (4- 6 Hz)

Intra-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak.

Er is tijdens de lettertaak in de lage thetaband geen significant verschil in de intra-hemisferische connectiviteit tussen mannen en vrouwen, $F(1,22)=.002$, $p= n.s.$, gevonden. Een significant hoofd-effect voor hemisfeer op de intra-hemisferische connectiviteit in de lage thetaband laat zien dat de intra-hemisferische connectiviteit in de rechter hemisfeer groter is dan in de linker hemisfeer, $F(1,22)= 5.339$, $p<0.05$, (*figuur 4.2*). Daarnaast is er tijdens de lettertaak in de lage alphaband een significant hoofd-effect van locatie op de intra-hemisferische connectiviteit gevonden, $F(2, 44)= 29.422$, $p< .01$. Uit de posthoc contrastanalyse blijkt dat de connectiviteit in het laterale gebied significant lager is dan in het frontale gebied $F(1,22)= 54.253$, $p< .01$ en het occipitale gebied $F(1,22)= 40.335$, $p<0.01$. Tussen de frontale en occipitale gebieden zijn er in de lage thetaband geen significante verschillen in de intra-hemisferische connectiviteit gevonden, $F(1,22)= 0.017$ $p= n.s.$ (*figuur 4.3*). Er zijn tijdens de lettertaak verder geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit gevonden.

Figuur 4.2 Grafiek van gemiddelde intra-hemisferische connectiviteit in de linker en rechter hemisfeer tijdens de lettertaak in de lage thètaband.



De intra-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

Tijdens de flankertaak verschilt de intra-hemisferische connectiviteit in de lage thètaband tussen mannen en vrouwen niet significant, $F(1,22)=.117$, $p= n.s.$. Er is een trend naar een hemisfeer-effect gevonden, waarbij de intra-hemisferische connectiviteit op de lagere thètaband in de rechter hemisfeer groter is dan in de linker hemisfeer, $F(1,22)=3.455$, $p=.076$. Er is een significant hoofd-effect van de locatie op de intra-hemisferische connectiviteit, $F(2,44)=31.329$, $p< .001$. Uit de post hoc contrastanalyse blijkt dat de intra-hemisferische connectiviteit in de lage thètaband in het laterale gebied significant lager is dan in het frontale gebied, $F(1,22)=38.383$, $p<.001$, en het occipitale gebied, $F(1,22)= 58.884$ $p<.01$, (*figuur 4.3*). De intra-hemisferische connectiviteit in het frontale en occipitale gebied verschilt niet significant van elkaar, maar er is wel een trend naar, $F= (1,22)= 3.455$ en $p=0.076$, (*figuur 4.3*). Er zijn tijdens de flankertaak verder geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit in de lage thètaband gevonden.

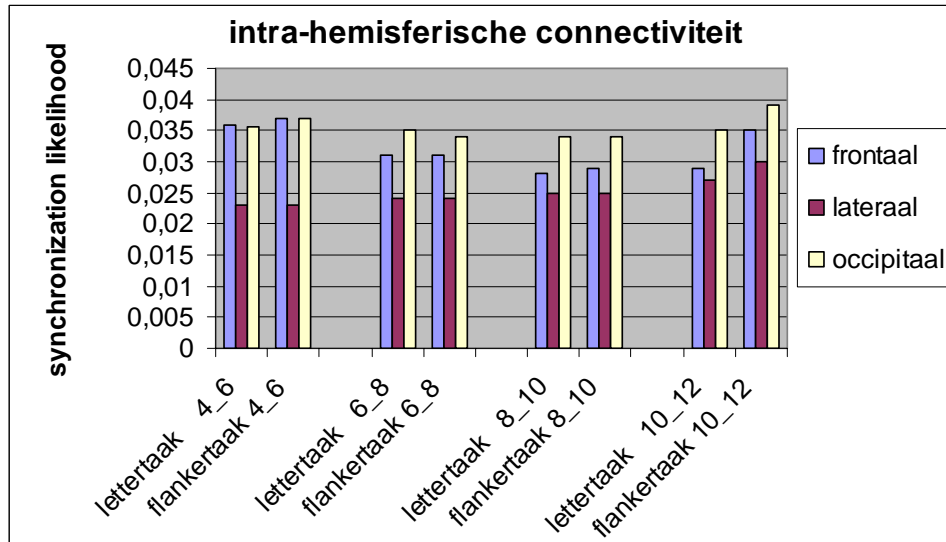
De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak

De intra-hemisferische connectiviteit in de lage θ band tijdens de lettertaak verschilt niet tussen mannen en vrouwen, $F(1,22) p=n.s.$. Wel is er een hoofd-effect van locatie significant $F(1,22)=29.303 p<.01$, (*figuur 4.4.*). De frontale inter-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak in de lagere θ band is hoger dan in het occipitale gebied, $F(1,22)=11.831 p<.01$. Deze inter-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied is weer groter dan in het laterale gebied, $F(1,22)=37.863 p<.001$ (*figuur 4.4.*). Er zijn verder tijdens de lettertaak geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit in de lage θ band gevonden.

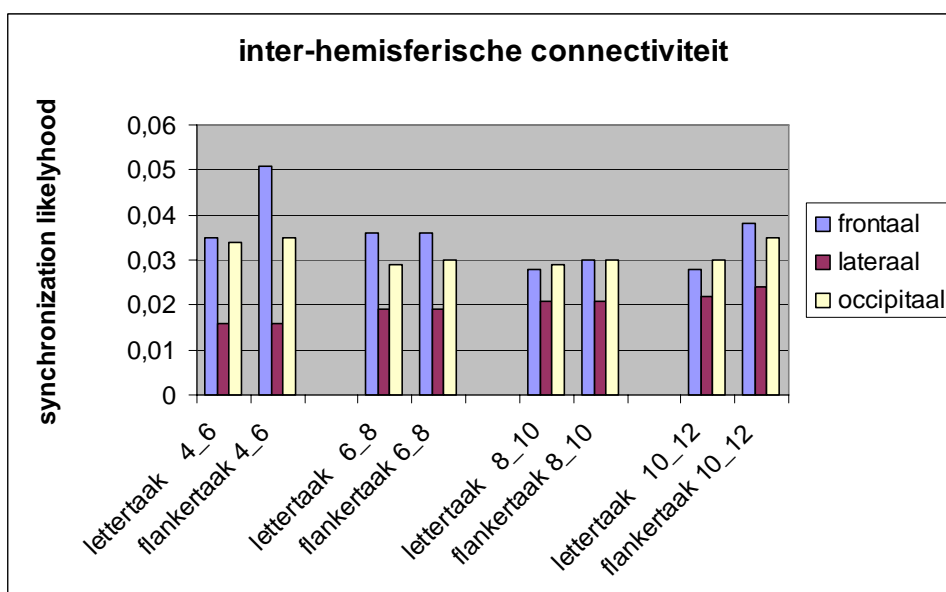
De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

Er is tijdens de flankertaak geen geslacht-effect op de inter-hemisferische connectiviteit in de lage θ band gevonden $F(1,22)=1.462 p=n.s.$. Er is wel een significant locatie-effect op de inter-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak in de lage θ band, $F(2,44)= 51.12 p<.001$ (*figuur 4.4.*). De inter-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied is groter dan in het occipitale gebied $F(1,22)=18.879 p<.05$. De intra-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied is groter dan in het laterale gebied, $F(1,22)=57.594 p<.01$. Er zijn tijdens de flankertaak geen andere significante resultaten in de inter-hemisferische connectiviteit in de lage θ band gevonden.

Figuur 4.3.: De gemiddelde waarden van de linker en rechter intra-hemisferische connectiviteit in de frontale, laterale en occipitale gebieden tijdens de letter- en de flankertaak, in de lage θ -, hoge θ -, lage alpha en hoge alfaband.



Figuur 4.4. : De gemiddelde waarden van de inter-hemisferische connectiviteit in het frontale, laterale en occipitale gebieden in de lage θ -, hoge θ -, lage alpha en hoge alfaband.



4.2.2. De hoge thètaband (6- 8 Hz)

Intra-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak

Tijdens de lettertaak is er geen significant verschil in de intra- hemisferische connectiviteit in de hoge thètaband tussen mannen en vrouwen, $F(1,22)=.001$, $p= n.s.$. Wel is er een significant locatie-effect, $F(2,44)= 32.89$ $p<.01$ (*figuur 4.3*). Uit de post hoc contrastanalyse blijkt dat de connectiviteit in het occipitale gebied significant groter is dan in het frontale gebied, $F(1,22)= 6.230$ $p<.05$. De connectiviteit in het frontale gebied is significant groter dan in het laterale gebied, $F(1,22)= 38.106$, $p<.01$ (*figuur 4.3*). Er zijn tijdens de lettertaak geen andere significante verschillen in de intra-hemisferische connectiviteit in de hoge thètaband gevonden.

Intra-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

Er is tijdens de flankertaak geen significant sekseverschil in de intra-hemisferische connectiviteit in de hoge thètaband gevonden, $F(1,22)=.37$ $p= n.s.$. De intra-hemisferische connectiviteit verschilt wel tussen verschillende locaties, $F(2,44)=23.385$ $p<.01$ (*figuur 4.3*). De connectiviteit is in het laterale gebied significant lager dan in het occipitale gebied, $F(2,44)= 46.56$ $p<.01$ en lager dan in het frontale gebied, $F(2, 44)= 27.54$ $p<.01$. Er zijn tijdens de flankertaak geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit in de hoge thètaband gevonden.

De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak

Er is tijdens de lettertaak geen significant verschil tussen mannen en vrouwen in de inter-hemisferische connectiviteit in de hoge thètaband, $F(1,222)=1.772$ $p= n.s.$. Wel verschilt de gevonden inter-hemisferische connectiviteit tussen de verschillende locaties, $F(2,44)= 41,695$ $p=.000$ (*figuur 4.4*). De connectiviteit in het frontale gebied is groter dan in het occipitale gebied, $F(2,44)=53,967$ $p <01$. De connectiviteit in het occipitale gebied is groter dan in het

laterale gebied, $F(2,44)= 53,967$ $p=.000$. Er zijn tijdens de lettertaak geen andere significante resultaten in de inter-hemisferische connectiviteit in de hoge θ -band gevonden.

De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

Er is geen sekse-effect in de inter-hemisferische connectiviteit op de hoge θ -band tijdens de flankertaak gevonden, $F(1,22)=.368$ $p>n.s.$. Wel is een locatie-effect gevonden, $F(2,44)=33,152$ $p=.000$ (*figuur 4.4*). De inter-hemisferische connectiviteit is hoger in het frontale gebied dan in het occipitale gebied, $F(2,44)= 5,179$ $p<.05$. Het deze connectiviteit is in het occipitale gebied groter dan in het laterale gebied, $F(2,44)= 55.829$ $p=.000$. Er zijn tijdens de flankertaak geen andere significante resultaten in de inter-hemisferische connectiviteit in de hoge θ -band gevonden.

4.2.3. De lage alfaband (8-10Hz)

Intra-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak

Er is tijdens de lettertaak in de lage alfaband geen significant sekseverschil in de intra-hemisferische connectiviteit gevonden, $F(1,22)=.470$ $p>.05$. Wel is er tijdens de lettertaak sprake van een locatie-effect op de intra-hemisferische connectiviteit in de lage alfaband, $F(2,44)=29.609$ $p=.000$ (*figuur 4.3*). De intra-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied is groter dan in het frontale gebied, $F(1,22)= 24.62$ $p=.000$. De intra-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied is groter dan in het laterale gebied, $F(1,22)= 8,256$ $p<.01$. Er zijn verder tijdens de lettertaak geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit in de lage alfaband gevonden.

Intra-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

Er is in de lage alfaband geen significant verschil in de intra-hemisferische connectiviteit tussen mannen en vrouwen tijdens de flankertaak gevonden, $F(1,22)=.860$ $p>.05$. De intra-hemisferische connectiviteit verschilt wel op tussen verschillende gebieden, $F(2,44)=23.804$ $p=0.00$ (*figuur 4.3*). Deze intra-hemisferische connectiviteit is significant groter in het occipitale- dan in het frontale gebied, $F(2,44)= 12,63$ $p<.01$. De connectiviteit is significant groter in het frontale- dan in het laterale gebied, $F(2,44)= 13,180$ $p<.01$. Er zijn verder tijdens

de flankertaak geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit in de lage alfaband gevonden.

De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak

Er is tijdens de lettertaak geen verschil in de inter-hemisferische connectiviteit in de lage alfaband tussen mannen en vrouwen gevonden, $F(1,22)=.0432$ $p=n.s.$ Deze inter-hemisferische connectiviteit verschilt wel tussen de locaties, $F(2,44)=14,548$ $p=.000$ (*figuur 4.4*). De connectiviteit in het laterale gebied is significant lager dan in het frontale gebied ($F(2,44)=16,381$ $p<.01$) en in het occipitale gebied, $F(2,44)=35,856$ $p=.000$. Er zijn verder tijdens de lettertaak geen andere significante resultaten in de inter-hemisferische connectiviteit in de lage alfaband gevonden.

De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

Er is tijdens de flankertaak geen sekse-effect in de inter-hemisferische connectiviteit in de lage alfaband gevonden, $F(1,22)=0,011$ $p=n.s.$ Wel verschilt deze inter-hemisferische connectiviteit tussen verschillende locaties, $F(2,44)=21,642$ $p=.000$ (*figuur 4.4*). De connectiviteit in het laterale gebied is significant lager dan in het frontale gebied $F(2,44)=27,557$ $p=.00$ en in het occipitale gebied $F(2,44)=54,684$ $p=.000$. Er zijn verder tijdens de flankertaak geen andere significante resultaten in de inter-hemisferische connectiviteit in de lage alfaband gevonden.

4.2.4. De hoge alfaband (10-12Hz)

Intra-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak

Er is op de hoge alfaband geen sekseverschil in de intra-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak gevonden, $F(1,22)=.497$ $p=n.s.$ Wel is er een locatie-effect op de intra-hemisferische connectiviteit in de hoge alfaband gevonden, $F(2,44)=28,988$ $p=.000$ (*figuur 4.3*). Deze intra-hemisferische connectiviteit was hoger in het occipitale gebied dan in het frontale gebied, $F(2,44)=24,78$ $p=.000$. De intra-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied is hoger dan in het laterale gebied, $F(2,44)=6,313$ $p<.05$. Er zijn verder tijdens de lettertaak geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit in de hoge alfaband gevonden.

Intra-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

In de hoge alphaband verschilt de intra-hemisferische connectiviteit tussen de flankertaak niet significant tussen mannen en vrouwen, $F(1,22) = .689$ $p = n.s.$ Er is wel een locatie-effect op deze intra-hemisferische connectiviteit gevonden, $F(2,44) = 26.251$ $p = .000$ (*figuur 4.3*). Deze intra-hemisferische connectiviteit is hoger in het occipitale gebied dan in het frontale gebied, $F(2,44) = 8.066$ $p < .05$. De intra-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied was weer hoger dan in het laterale gebied, $F = 22.288$ $p = .000$. Er zijn verder tijdens de flankertaak geen andere significante resultaten in de intra-hemisferische connectiviteit in de hoge alphaband gevonden.

De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de lettertaak

Er is tijdens de lettertaak in de hoge alphaband geen sekseverschil in de inter-hemisferische connectiviteit gevonden, $F(1,22) = .382$ $p = n.s.$ Wel is er een locatie-effect op de inter-hemisferische connectiviteit in de hoge alphaband gevonden., $F(2,44) = 14.321$ $p = .000$ (*figuur 4.4*). De inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied is lager dan in het frontale gebied $F(2,44) = 20.085$ $p = .000$ en dan in het occipitale gebied $F(2,44) = 32.228$ $p = .000$. Er zijn verder tijdens de lettertaak geen andere significante resultaten in de inter-hemisferische connectiviteit in de hoge alphaband gevonden.

De inter-hemisferische connectiviteit tijdens de flankertaak

Er is tijdens de flankertaak in de hoge alphaband geen verschil gevonden in de inter-hemisferische connectiviteit tussen mannen en vrouwen, $F(1,22) = .350$ $p = n.s.$ Wel verschilt de inter-hemisferische connectiviteit tussen de verschillende locaties, $F(1,22) = 32.072$ $p = .000$ (*figuur 4.4*). De inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied is lager dan in het frontale gebied, $F(2,44) = 50.151$ $p = .000$ en dan in het occipitale gebied $F(2,44) = 62,562$ $p = .000$. Er zijn verder tijdens de flankertaak geen andere significante resultaten in de inter-hemisferische connectiviteit in de hoge alphaband gevonden.

4.3 Resultaten correlaties tussen connectiviteit en prestatie

De aantallen gevonden significante correlaties zijn weergegeven in *figuur 4.5*. Daarnaast zijn de waarden van alle significante correlaties zijn weergegeven in *de bijlage*.

4.3.1. Correlatie prestatie en connectiviteit in de lage thètaband (4-6 Hz)

Lettertaak

Mannen:

Er is tijdens de lettertaak bij mannen een significante positieve correlatie gevonden tussen de reactietijd op de congruente flankertaak en de inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied in de lage thètaband ($r = 0.649$, $p < .05$). Er zijn voor mannen verder geen andere significante correlaties in de lage thètaband tijdens de lettertaak gevonden.

Vrouwen:

Bij vrouwen zijn er tijdens de lettertaak twee significante correlaties tussen prestatie en connectiviteit in de lage thètaband gevonden. Er is een significante positieve correlatie tussen de reactietijd op de congruente flankertaak en de inter-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied ($r = 0.630$, $p < .05$). Ook is er een significante positieve correlatie tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied en het aantal fouten op de congruente flankertaak ($r = 0.630$, $p < .05$). Er zijn bij vrouwen verder geen andere significante correlaties in de lage thètaband tijdens de lettertaak gevonden.

Flankertaak

Mannen:

Bij mannen zijn er tijdens de flankertaak geen significante correlaties tussen de prestaties en de connectiviteit in de lage thètaband gevonden.

Vrouwen:

Bij vrouwen zijn er tijdens de flankertaak in de lage θ band significante positieve correlaties gevonden tussen de reactietijd op de congruente flankertaak en de intra-hemisferische connectiviteit in rechter frontale gebied en de inter-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied ($r = 0.597$, $p < .05$ en $r = 0.619$, $p < .05$, respectievelijk). Daarnaast is er een significante negatieve correlatie gevonden tussen de reactietijd op de lettertaak en de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied ($r = -.625$, $p < .05$).

4.3.2. Correlatie prestatie en connectiviteit in de hoge θ band (6-8 Hz)

*Lettertaak***Mannen:**

Er zijn bij mannen tijdens de lettertaak geen significante correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit in de hoge θ band gevonden.

Vrouwen:

In de hoge θ band correleert bij vrouwen tijdens de lettertaak het aantal fouten op de lettertaak significant negatief met de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied en de inter-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied ($r = -.589$, $p < .05$ en $r = -.600$, $p < .05$, respectievelijk). Verder zijn er tijdens de lettertaak bij vrouwen geen significante correlaties tussen de prestatie en connectiviteit in de hoge θ band gevonden.

*Flankertaak***Mannen:**

Bij mannen is er tijdens de flankertaak één significante relatie tussen de prestatie en de connectiviteit in de hoge θ band gevonden, namelijk tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied en de reactietijd op de lettertaak ($r = 0.686$, $p < .05$). Er zijn tijdens de flankertaak bij mannen verder geen correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit in de hoge θ band gevonden.

Vrouwen:

Bij vrouwen is er tijdens de flankertaak in de hoge θ band een significante negatieve correlatie tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied en de het aantal fouten op de incongruente flankertaak ($r = -.591$, $p < .05$). Daarnaast is er een significante negatieve correlatie tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied en het aantal fouten op de lettertaak ($r = -.6$, $p < .05$).

4.3.3. Correlatie prestatie en connectiviteit in de lage alfaband (8-10 Hz)

*Lettertaak***Mannen:**

Er is bij mannen een significante positieve correlatie tussen de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied tijdens de lettertaak in de lage alfaband en het aantal fouten op de lettertaak ($r = .590$, $p < .05$). Er zijn hiernaast verder geen andere significante correlaties tussen de connectiviteit tijdens de lettertaak in de lage alfaband en de prestatie gevonden.

Vrouwen:

Bij vrouwen zijn er vier significante negatieve correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit in de lage alfaband gevonden. Tussen de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied en het aantal fouten op de lettertaak is een significante negatieve correlatie gevonden ($r = -.634$, $p < .05$). Daarnaast correleert de reactietijd op de lettertaak significant negatief met de intra-hemisferische connectiviteit in het linker occipitale gebied ($r = -.602$, $p < .05$) en de inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied ($r = -.695$, $p < .05$). Tenslotte is er een negatieve correlatie gevonden tussen de inter-hemisferische connectiviteit in laterale gebied en de reactietijd op de congruente flankertaak. ($r = -.663$, $p < .05$).

Flankertaak

Mannen:

Er zijn er tijdens de flankertaak bij mannen geen significante correlaties tussen de connectiviteit in de lage alfaband en de prestatie gevonden.

Vrouwen:

In de lage alfaband zijn er drie negatieve correlaties tussen de connectiviteit in het frontale gebied en het aantal fouten op de taken gevonden. Zo correleert het aantal fouten op de lettertaak met de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied ($r = -.610$, $p < .05$). Daarnaast zijn er significante negatieve correlaties tussen het aantal fouten op de incongruente flankertaak en de intra-hemisferische connectiviteit in het rechter frontale gebied ($r = -.605$, $p < .05$) en de inter-hemisferische connectiviteit het frontale gebied ($r = -.655$, $p < .05$). Er zijn bij vrouwen tijdens de flankertaak in de lage alfaband geen andere significante correlaties gevonden.

4.3.4. Correlatie prestatie en connectiviteit in de hoge alfaband (10-12 Hz)

Lettertaak

Mannen:

Bij mannen is er in de hoge thètaband tijdens de lettertaak een significante positieve correlatie tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied en het aantal fouten op de congruente flankertaak ($r = .595$, $p < .05$). Er zijn tijdens de lettertaak geen significante correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit in de hoge alfaband gevonden.

Vrouwen:

Er zijn tussen de connectiviteit tijdens de lettertaak in de hoge alfaband bij vrouwen en de prestatie vijf significante negatieve correlaties gevonden. De fouten op de lettertaak heeft een significante negatieve correlatie met de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied ($r = -.598$, $p < .05$) en in het linker laterale gebied ($r = -.636$, $p < .05$). De inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied correleert significant negatief met de

reactietijd op de lettertaak ($r = -.767, p < .01$) de reactietijd op de congruente flankertaak ($r = -.862, p < .01$) en de reactietijd op de incongruente flankertaak ($r = -.718, p < .01$). Er zijn tijdens de lettertaak bij vrouwen verder geen correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit in de hoge alphaband gevonden.

Flankertaak

Mannen:

Tijdens de lettertaak is er bij mannen een significante positieve correlatie gevonden tussen de reactietijd op de lettertaak en de inter-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied in de hoge alphaband ($r = .654, p < .05$). Verder zijn er geen andere significante correlaties gevonden op de flankertaak bij mannen in de hoge alphaband.

Vrouwen:

Tijdens de flankertaak bij vrouwen correleert de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied in de hoge alphaband significant positief met de het aantal fouten op de lettertaak ($r = -.679, p < .05$) en het aantal fouten op de incongruente flankertaak ($r = -.587, p < .05$). Daarnaast correleerde de inter-hemisferische connectiviteit in het frontale gebied significant met het aantal fouten op de incongruente flankertaak ($r = -.651, p < .05$). Verder zijn er bij vrouwen op de flankertaak geen significante correlaties tussen de connectiviteit op de hoge alphaband en de prestaties gevonden.

Figur 4.5: In dit figuur worden het aantal gevonden significante negatieve en positieve correlaties tussen de hemisferische connectiviteit en de prestatie weergegeven. Ook is er aangegeven uit welke gebieden de correlaties zijn.

		Lage thèta		Hoge thèta		Lage alpha		Hoge alpha		totaal		<i>Totaal</i>
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
Intra												
Mannen		-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1
Links frontaal						1						
links lateraal												
links occipitaal												
rechts frontaal												
rechts lateraal												
rechts occipitaal												
Vrouwen		1	1	-	1	-	4	-	4	1	10	11
links frontaal			1		1		2		3			
links lateraal									1			
links occipitaal							1					
rechts frontaal		1					1					
rechts lateraal												
rechts occipitaal												
Inter												
Mannen		1	-	1	-	-	-	2	-	4	-	4
frontaal								2				
lateraal		1		1								
occipitaal												
Vrouwen		3	-	-	3	-	3	-	4	3	10	13
frontaal		2			1		1		1			
lateraal		1					2		3*			
occipitaal					2							

Alle aangegeven correlaties zijn significant met een p-waarde van .05 of lager.

* = significant met een p-waarde van 0.01

5. Discussie

5.1 Prestatie

Op de letter-, de congruente- en de incongruente flankertaak zijn de reactietijden van vrouwelijke proefpersonen langer dan bij mannelijke proefpersonen, maar bij geen van de taken is dit prestatieverschil tussen mannen en vrouwen significant. Daarnaast hebben vrouwelijke proefpersonen op alle drie de taken meer fouten de mannelijke gemaakt, echter ook dit verschil is niet significant. Er is dus tegen de verwachting in geen significant sekseffect op de prestatie gevonden, dit is in overeenstemming met de bevindingen van Hughdahl, Thomsen, & Ersland, 2006; Perzaris & Casey, 1991 en Roberts & Bell, 2001.

Een mogelijke verklaring voor het niet vinden van significante verschillen is dat de steekproef van 24 proefpersonen (12 mannen en 12 vrouwen) te klein is om significante verschillen in het gedrag te vinden. Er zijn naast de sekse namelijk nog vele andere factoren die de prestatie kunnen beïnvloeden, waaronder: 'spatiële vaardigheden', 'motivatie' en 'moeiheid'. Uit het onderzoek van Hausman et al. (2000) blijkt dat de prestatie van vrouwen op spatiële taken ook worden beïnvloed door de menstruatiecyclus. Door dergelijk factoren constant te houden of een grotere steekproef te gebruiken worden er mogelijk wel sekseverschillen gevonden.

Een andere mogelijke verklaring voor het uitblijven van sekseverschillen op de prestatie is dat de proefpersonen met een gemiddelde leeftijd voor vrouwen en mannen respectievelijk 21.3 en 20.9 jaar te jong zijn. Voyer et al. (1995) hebben in hun meta-analyse in de range van 25 jaar een lineaire relatie tussen de effect-size van een sekseverschil in prestatie en de leeftijd van proefpersonen gevonden. Uit deze meta-analyse blijkt ook dat het sekseverschil in prestatie de afgelopen jaren kleiner is geworden, dit schrijven Voyer et al. (1995) toe aan een verandering in houding ten opzichte van cognitieve sekseverschillen.

Aangezien er geen verschil is in het aantal fouten dat mannelijke en vrouwelijke proefpersonen hebben gemaakt, kan het ontbreken van sekseverschillen in de reactietijd niet toegeschreven worden aan selectieve uitval van foute trials.

Het uitblijven van een sekseverschil in de prestatie kan mogelijk ook komen doordat de taken niet moeilijk genoeg zijn om sekseverschillen in de prestatie tot uiting te laten komen. Collins en Kimura (1997) hebben sekseverschillen op de prestatie van moeilijke en makkelijke mentale rotatietaken met elkaar vergeleken. Uit hun resultaten blijkt dat er alleen

sekseverschillen op de prestatie van mentale rotatietaken worden gevonden wanneer de mentale rotatietaken moeilijk genoeg is.

Dat de in dit onderzoek gebruikte mentale rotatietaken niet moeilijk genoeg zijn voor een sekseverschil wordt ondersteund met dat de reactietijden gevonden in dit onderzoek lager zijn dan in andere onderzoeken met vergelijkbare rotatietaken. De in dit onderzoek gevonden gemiddelde reactietijden op de drie taken voor mannen en vrouwen zijn respectievelijk, 943.847 en 1000.7333 msec. Terwijl in het onderzoek van Wegesin (1998), waarin er wel een sekseverschil gevonden is, bij heteroseksuele mannen en heteroseksuele vrouwen respectievelijk gemiddelde reactietijden van 3891.1 en 3966.6 msec gevonden zijn.

De gebruikte mentale rotatietaken in dit onderzoek zijn mogelijk dus niet moeilijk genoeg om de efficiëntere strategieën van de minder efficiënte strategieën te onderscheiden.

Doordat er in dit onderzoek gekozen is om de prestatie op de verschillende taken within-subject te meten, hebben de proefpersonen veel, namelijk 360 trials gekregen. Hierdoor is er mogelijk een groot leereffect waardoor de proefpersonen de stimuli herkenden en daarom deze niet meer hoefden te roteren. De prestatie zou dan niet alleen door mentale rotatievaardigheden maar ook door leer/ geheugenvaardigheden beïnvloed zijn.

Dit kan mogelijk ook het prestatieverschil tussen mannelijke en vrouwelijke proefpersonen hebben beïnvloed.

In de visuele half-veld rotatietaken, waarbij letters geroteerd moeten worden, vergelijken Corballis en Sergent (1989) een 'normaal' persoon met een commusized persoon.

Bij een commusized persoon zijn de verbindingen tussen de linker en rechter hemisfeer doorgesneden, waardoor er tussen deze hemisferen geen informatie meer kan worden uitgewisseld. De visuele input in het linker visuele veld komt nog wel in de rechter hemisfeer terecht en andersom. Bij de commusized persoon is er een linker visueel-veld voordeel in reactietijd en accuraatheid gevonden, wat suggereert dat de verwerkingsfuncties voor rotatie zich in de rechter hemisfeer bevinden. Bij de 'normale' proefpersoon is er echter een rechter visueel veld voordeel in reactietijd gevonden. Volgens Corballis en Sergent (1989) laat dit zien dat letteridentificatie in de linker hemisfeer gelokaliseerd is. Omdat er in dit onderzoek ook letters geroteerd worden is het mogelijk dat de LH meer bij deze taak betrokken moet worden. Omdat de visueel-spatiële strategie (waarvan gedacht wordt dat mannen deze gebruiken) vooral functies uit de RH gebruikt, kan dit een nadelig effect hebben op de prestatie van mannen, hierdoor is er mogelijk voor mannelijke proefpersonen geen prestatievoordeel gevonden.

Er is zowel op de reactietijden als op het aantal fouten geen taak x sekse interactie-effect gevonden. In tegenstelling tot de verwachting is er bij mannen en vrouwen geen verschillend patroon van de prestatie op de drie taken gevonden. Dit komt mogelijk ook door de kleine steekproef.

Wel is er een taak-effect op de reactietijden gevonden, in lijn met de verwachting zijn reactietijden op de congruente flankertaak korter dan op de incongruente flankertaak. Verassend is echter dat de reactietijden op de lettertaak langer zijn dan de reactietijden op incongruente flankertaak. Bij zowel mannen als vrouwen lijkt de aanwezigheid van een context, ongeacht of deze congruent of incongruent is, een positief effect te hebben op de reactietijden ten opzichte van geen context. Het positieve effect van een congruente context is hierbij wel sterker dan dat van een incongruente context.

In tegenstelling tot de reactietijd is er op het aantal fouten geen taak-effect gevonden. De context lijkt dus wel de reactietijden maar niet het aantal te beïnvloeden. Het effect van de context op de reactietijden wijst erop dat de context de tijd verkort die nodig is om tot een beslissing te komen. Echter omdat de context geen effect heeft op het aantal fouten, lijkt de context niet te helpen bij het geven van een correcte respons.

Er is een significant verschil gevonden tussen de reactietijden op de drie verschillende mentale rotatietaken, echter dit taak-effect is bij mannen en vrouwen gelijk.

De taakeigenschap 'context' kan dus mogelijk een gedeelte van de variatie verklaren tussen de gevonden reactietijden op rotatietaken die verschillend in de context. Er is geen ondersteuning gevonden voor de veronderstelling dat de taakeigenschap 'context' een gedeelte van de variatie in de prestatieverschillen tussen mannen en vrouwen op de mentale rotatietaak kan verklaren.

Aangezien er zowel geen significante sekseverschillen als taak x sekse interactie-effecten gevonden zijn, geven de gevonden resultaten van de prestatie geen ondersteuning aan het idee dat mannen en vrouwen verschillende rotatiestrategieën zouden gebruiken.

5.2. Hemisferische connectiviteit

5.2.1. Sekseverschillen in de inter-hemisferische connectiviteit

Er zijn, tegen de verwachting in, tijdens zowel de lettertaak als de flankertaak geen significante sekseverschillen in de inter-hemisferische connectiviteit in de lage θ -, hoge θ -, lage α - en hoge α band gevonden. Uit de resultaten blijkt dat mannen en

vrouwen niet verschillen in de inter-hemisferische connectiviteit tijdens de mentale rotatietaken.

Dat er in dit onderzoek geen sekseverschil in de inter-hemisferische connectiviteit gevonden is, komt niet overeen met de bevindingen van Rescher en Rappelsberger (1997). Zij vinden in de θ -band bij vrouwen een hogere inter-hemisferische coherentie dan bij mannen, volgens hen geeft dit de sterkere bilaterale organisatie van de vrouwelijke cortex weer. Bij mannen vinden zij een hogere inter-hemisferische connectiviteit in de frontale, centrale en pariëtale gebieden van de α -band. Dit is volgens hen toe te schrijven aan een sterkere betrokkenheid van deze gebieden tijdens de mentale rotatietaken bij mannen. De verschillen in de bevindingen in de inter-hemisferische connectiviteit tussen het onderzoek van Rescher en Rappelsberger (1997) en dit onderzoek, kunnen verklaard worden met dat Rescher en Rappelsberger (1997) de connectiviteit volgens een andere berekening bepaalt hebben. De door hen gebruikte berekening is alleen op lineaire relaties gebaseerd, waardoor de connectiviteitswaarden hoger uitvallen.

Het uitblijven van sekseverschillen in de inter-hemisferische connectiviteit komt mogelijk doordat mannen, omdat zij voornamelijk gebruik maken van gebieden binnen dezelfde hemisfeer, gebieden in de andere hemisfeer inhiberen. Hierdoor wordt de activiteit in de beide hemisferen toch door elkaar beïnvloedt en is er toch sprake van een hoge inter-hemisferische connectiviteit.

Omdat het *letters* zijn die bij de taken van dit onderzoek geroteerd moeten worden, is er voor deze taken ook letteridentificatie nodig. Letteridentificatie lijkt in de LH gelokaliseerd te zijn (Corballis & Sergent, 1989). Door de letteridentificatie moeten mannen ook gebruik maken van verwerkingsfuncties, die in beide hemisferen gelokaliseerd zijn (rotatie in de RH en letteridentificatie in LH). Hierdoor hebben mannen tijdens de mentale rotatietaken mogelijk een hogere inter-hemisferische connectiviteit, waardoor er geen sekseverschil in inter-hemisferische connectiviteit is gevonden.

5.2.2. Sekseverschillen in de intra-hemisferische connectiviteit

In tegenstelling tot de verwachting zijn er tijdens de lettertaak en de flankertaak geen sekseverschillen in de intra-hemisferische connectiviteit in de lage θ -, hoge θ -, lage α - en hoge α -band gevonden. Het idee dat mannen doordat ze tijdens mentale rotatietaken vooral gebieden binnen een hemisfeer beïnvloeden er voor zorgt dat zij een grotere intra-hemisferische connectiviteit hebben wordt dus niet door de resultaten ondersteund.

Het is mogelijk dat de intra-hemisferische connectiviteit tussen mannen en vrouwen wel op andere frequentiebanden die niet in dit onderzoek geanalyseerd zijn verschilt. Zo vinden Rescher en Rappelsberger (1997) in de bètabanden bij mannen in het rechter temporaal-pariëntale gebied een sterkere locale connectiviteitsverhoging van dan bij vrouwen. Een andere verklaring voor het niet vinden van sekseverschillen in de intra-hemisferische connectiviteit, is dat er in dit onderzoek niet gecorrigeerd is voor de base-line van de proefpersonen. Het is mogelijk dat vrouwen, omdat zij ook meer verbindingen tussen verschillende gebieden binnen een hemisfeer hebben, een hogere baseline intra-hemisferische connectiviteit hebben. Het kan zijn dat hierdoor, ondanks een mogelijke verhoging van intra-hemisferische connectiviteit tijdens de mentale rotatietaken bij mannen, er geen sekseverschil in intra-hemisferische connectiviteit is gevonden.

5.2.3. Hemisfeer-effect in de intra- hemisferische connectiviteit

Er is tijdens de lettertaak een hemisfeer-effect voor intra-hemisferische connectiviteit in de lage thètaband gevonden: de intra-hemisferische connectiviteit is significant groter in de rechter dan in de linker hemisfeer (*figuur 4.2*). Tijdens de flankertaak is er in de lage thètaband een trend gevonden naar een hogere intra-hemisferische connectiviteit in de rechter dan de linker hemisfeer. De hogere intra-hemisferische connectiviteit in de rechter hemisfeer ondersteunt het idee dat rotatiefuncties zich vooral in de rechter hemisfeer bevinden en dat er daarom tijdens de mentale rotatietaak een grotere relatie tussen de gebieden in de rechter hemisfeer dan in de linker hemisfeer zou zijn.

De hogere inter-hemisferische connectiviteit is ook in eerder onderzoek tijdens een dichotische luistertaak gevonden (Gootjes et al., 2004) en is dus mogelijk ook tijdens andere taken aanwezig.

5.2.4. Locatie-effect in de connectiviteit

Er is zowel in de inter- als in de intra-hemisferische connectiviteit een locatie-effect gevonden. De inter- en intra-hemisferische connectiviteit is lager in de laterale dan in de frontale en occipitale gebieden. Dit patroon is consistent bij de letter- en de flankertaak op de lage thèta, hoge thèta, lage alpha en hoge alphaband gevonden (*figuur 4.3 en 4.4*). De inter- en intra-hemisferische connectiviteit zijn in de laterale gebieden lager dan in de frontale en occipitale gebieden.

De hogere connectiviteit in de frontale en occipitale gebieden komt mogelijk doordat in deze gebieden zich de associatie cortexen bevinden, waarin informatie uit verschillende gebieden geïntegreerd worden.

In vele Brain-imaging studies zijn tijdens de mentale rotatietaak in het laterale gebied verhogingen in de activiteit gevonden (Alivatos & Petrides, 1997; Halari, Robert & Bell, 2005; Jordan et al., 2000; Jordan et al., 2002). Het laterale gebied bestaat voornamelijk uit de temporale en pariëntale cortex. Hierin zijn in tegenstelling tot de associate cortexen meer separate verwerkingsfuncties als object-identificatie, visueel-geheugen en spatiële verwerking gelokaliseerd. Tijdens mentale rotatietaken is het van belang dat alleen de gebieden waar de benodigde verwerkingsfuncties gelokaliseerd zijn geactiveerd worden, hierbij is een lage connectiviteit mogelijk voordelig. Dit zou de gevonden lagere connectiviteit in het laterale gebieden kunnen verklaren.

Helaas is in dit onderzoek de connectiviteit tijdens de taken niet vergeleken met de connectiviteit van de proefpersonen in rust. Dit zou namelijk een veel informatiever beeld geven, aangezien de lagere connectiviteit in de laterale gebieden mogelijk ook in rust aanwezig is en dan niet aan het uitvoeren van de mentale rotatietaak gerelateerd is.

5.3 Correlatie tussen de prestatie en de connectiviteit

5.3.1. Correlatie tussen de prestatie en inter-hemisferische connectiviteit

Omdat de literatuur er op wijst dat vrouwen tijdens mentale rotatietaken meer dan de mannen gebieden uit beide hemisferen activeren (Ernest, 1998; Gur et al., 2000; Roberts & Bell, 2002), zou het voor vrouwen belangrijker zijn dat de activiteit tussen verschillende gebieden goed op elkaar wordt afgestemd. Daarom is de verwachting van het onderzoek dat de inter-hemisferische connectiviteit in het vrouwelijk brein gecorreleerd is aan de prestatie.

Onder de resultaten van de vrouwelijke proefpersonen zijn er 13 significante correlaties tussen de inter-hemisferische connectiviteit en de prestatie gevonden (*zie figuur 4.5*).

Het gevonden aantal significante correlaties tussen de intra-hemisferische connectiviteit onder de vrouwelijke proefpersonen is met een aantal van 13 groter dan onder de mannelijke proefpersonen waarbij vier significante correlaties zijn gevonden. (*figuur 4.5*). Het grotere aantal gevonden significante correlaties bij vrouwelijke proefpersonen dan bij mannelijke proefpersonen ondersteunt het idee dat de prestatie van de vrouwen meer dan die van de mannen afhankelijk is van de connectiviteit tussen de beide hemisferen.

Naast het *aantal* gevonden significante correlaties tussen de inter-hemisferische connectiviteit en de prestatie op de taken, verschillen ook de *soort* correlaties die gevonden worden tussen de mannelijke en de vrouwelijke proefpersonen. Van de dertien correlaties tussen de inter-hemisferische connectiviteit met de prestatie correleren er zes met de reactietijd en zeven met het aantal fouten. Van deze dertien correlaties zijn er tien negatief en drie positief (*figuur 4.5*). Bij een negatieve correlatie, zoals de meeste gevonden correlaties bij de vrouwelijke proefpersonen, is een hoge inter-hemisferische connectiviteit gerelateerd aan korte reactietijden en/ of weinig fouten. De gevonden negatieve correlaties bij vrouwen ondersteunen het idee dat wanneer bij vrouwen de activiteit in beide hemisferen gerelateerd is, dit een positief effect heeft op de prestatie. In tegenstelling tot de negativiteit van de gevonden correlaties bij de vrouwelijke proefpersonen zijn de vier gevonden significante correlaties die bij mannelijke proefpersonen allen positief en gecorreleerd aan de reactietijd. Een hoge inter-hemisferische connectiviteit bij de mannelijke proefpersonen lijkt dus gerelateerd aan een lange reactietijd. Een hoge inter-hemisferische connectiviteit lijkt bij vrouwen gerelateerd te zijn aan een betere prestatie, terwijl deze bij mannen aan een slechtere prestatie gerelateerd lijkt te zijn. Deze resultaten ondersteunen het idee dat vrouwen tijdens de mentale rotatietaken meer dan mannen gebruik maken van gebieden uit beide hemisferen. De positieve correlaties bij mannen suggeren dat, wanneer bij mannen de activiteit in een hemisfeer gerelateerd is aan de activiteit van de andere hemisfeer, dit een negatief effect op de reactietijden heeft. Dit komt overeen met de bevinding van Ernest (1998) dat mannen met hoge spatiële vaardigheden tijdens de mentale rotatietaken een veel ongelijkere activatie in de twee hemisferen hebben dan mannen met lage- en vrouwen met hoge spatiële vaardigheden. De gevonden significante correlaties met de prestatie zijn bij de mannelijke en vrouwelijke proefpersonen vooral gevonden in de inter-hemisferische connectiviteit van de frontale en laterale gebieden. Er zijn maar twee significante correlaties tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied en prestatie gevonden.

Doordat het aantal correlaties waar naar gekeken wordt hoog is, speelt kanskapitalisatie mogelijk een rol. Hierdoor moet er voorzichtig omgegaan worden met het trekken van conclusies op basis van de gevonden significante correlaties. Alleen de drie gevonden negatieve correlaties, tussen de inter-hemisferische connectiviteit van de vrouwelijke proefpersonen in de hoge alphaband en de reactietijd, zijn significant met een p-waarde van 0.01 (*zie tabel 14 van de bijlage*). Deze drie correlaties zijn allen tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied van het brein bij de vrouwelijke proefpersonen en de reactietijd. Daarnaast zijn er in de lage alphaband bij de vrouwelijke

proefpersonen significante negatieve correlaties gevonden tussen de inter-hemisferische connectiviteit in het laterale gebied en de reactietijd (*zie tabel 10 van de bijlage*).

Omdat deze sterke correlaties allen in het laterale gebied van het brein zijn gevonden, is het mogelijk dat het hier om betekenisvolle correlaties gaat. Een hoge inter-hemisferische connectiviteit bij vrouwen in het laterale gebied van het brein is dus mogelijk gerelateerd aan een korte reactietijd tijdens de rotatietaken.

5.3.2. Correlatie tussen de prestatie en de intra-hemisferische connectiviteit

De verwachting dat bij mannen de intra-hemisferische connectiviteit correleert aan de prestatie wordt niet door de resultaten ondersteund. Er is onder de mannelijke proefpersonen maar één significante correlatie tussen de intra-hemisferische connectiviteit en de prestatie gevonden. Dit is een negatieve correlatie tussen de intra-hemisferische connectiviteit in het linker frontale gebied tijdens de lettertaak en het aantal fouten op de lettertaak. Onder de vrouwelijke proefpersonen zijn er echter elf significante correlaties tussen de intra-hemisferische connectiviteit en de prestatie gevonden (*zie figuur 4.5*). Hiervan waren drie correlaties met de reactietijd en acht met het aantal fouten. Omdat er naar een heel groot aantal correlaties gekeken is, is het aantal gevonden significante correlaties relatief laag. Hierdoor kan kanskapitalisatie een rol spelen waardoor er niet geconcludeerd kan worden dat de intra-hemisferische connectiviteit van mannen gecorreleerd is aan de prestatie op de rotatietaken.

Gur et al. (2000) vonden in hun fMRI-onderzoek tijdens een mentale rotatietask bij de mannelijke proefpersonen meer locale activaties dan bij de vrouwelijke proefpersonen. Hieruit concludeerden zij dat mannen beter dan vrouwen in staat zijn om alleen die gebieden te activeren die bij de taak betrokken zijn. Een mogelijke verklaring voor het niet vinden van een correlatie tussen intra-hemisferische connectiviteit bij de mannelijke proefpersonen en de prestatie is dat de locale activatie van mannen, die volgens Gur et al. (2000) gerelateerd is aan een betere prestatie, zo lokaal is dat deze activiteit in een gebied zelfs niet gerelateerd is aan de activiteit in andere gebieden binnen dezelfde hemisfeer.

Bij mannen zijn twee van de gevonden significante correlaties van de intra-hemisferische connectiviteit in de frontale gebieden en twee in de laterale gebieden. Er zijn bij mannen geen significante correlaties gevonden in de occipitale gebieden. Bij vrouwen zijn er in het frontale, laterale en occipitale gebieden respectievelijk vijf, zes en twee significante correlaties

gevonden. Er zijn dus minder correlaties gevonden tussen de intra-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied dan in de frontale en laterale gebieden. Echter, doordat dit verschil niet groot is en kanskapitalisatie mogelijk een rol speelt, kan op basis van de gevonden correlaties niet geconcludeerd worden dat de intra-hemisferische connectiviteit in het occipitale gebied minder dan in de frontale en laterale gebied aan de prestatie gerelateerd is.

6. Conclusie

Er zijn bij de mentale rotatietaak zowel in de prestatie als in de connectiviteit geen verschillen tussen mannelijke en vrouwelijke proefpersonen gevonden. De aanwezigheid van een context lijkt de reactietijd van zowel mannelijke als vrouwelijke proefpersonen te verkorten. Daarnaast is er tijdens de mentale rotatietaak bij zowel de mannelijke als vrouwelijke proefpersonen een hogere intra-hemisferische connectiviteit in de rechter dan in de linker hemisfeer gevonden. De gevonden correlaties tussen de connectiviteit en de prestatie verschillen echter wel in aantal en soort. Echter, vanwege de mogelijke rol van kanskapitalisatie moeten deze correlaties zeer voorzichtig geïnterpreteerd worden. De resultaten uit dit onderzoek wijzen dus niet op verschillen tussen mannen en vrouwen in de prestatie en hemisferische connectiviteit tijdens de mentale rotatie.

7. Referentielijst

- Alivisatos, B., & Petrides, M., (1997). Functional activation of the human brain during mental rotation. *Neuropsychologia*, 35, 111–118.
- Boles, D. B., (2005). A large-sample study of sex differences in functional cerebral lateralization. *J Clin Exp Neuropsychol.*, 27, 759-768.
- Christman, S. D., & Weiner, R. H., (1997). Hemispheric processing of form versus texture at the local level of hierarchical patterns. *Acta Psychologica*, 96, 193-206
- Collins, D. W., & Kimura, D., (1997). A large sex difference on a two-dimensional mental rotation task. *Behavioral Neuroscience*. 111(4) , 845–849.
- Cook, N. D., Früch, H., Mehr, A., Redard, M., & Landis, T., (1994). Hemispheric cooperation in visuospatial rotations: evidence for a manipulation role for the left hemisphere and a reference roke for the right hemisphere. *Brain and Cognition*, 25, 240-249.
- Corballis, M. C., & Sergent, J., (1989). Hemispheric specialization for mental rotation. *Cortex*, 25, 15–25.
- Ernest, C. H., (1998). Spatial ability and lateralization in the haptic modality. *Brain and Cognition*, 36, 1-20.
- Fischer, S. C., & Pellegrino, J. W., (1988). Hemisphere differences for components of mental rotation. *Brain Cognition*. 7, 1–15.
- Gootjes, L., (2004). *Hemispheric connectivity and laterality in language processing*.
Ongepubliceerd proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam

- Gur., R. C., Alsop, D. A., Petty, R., Swanson, C.L., Maldjian, J. A., Turetsky, B. I., Detre, J. A., Gee, J. & Gur, R., (2000). An fMRI study of sex differences in regional activation to verbal and a spatial task.
- Halari, R., Sharma, T., Hines, C. A., Simmons, A., & Kumari, V., (2005). Comparable fMRI activity with differential behavioral performance on mental rotation and overt verbal fluency task in healthy men and women. *Exp Brain Res*.
- Hausman, M., Güntürkün, O., Slabbekoorn, D., Van Goozen, S. H. M., & Cohen-Kettenis, P. T., (2000). Sex hormones affect spatial abilities during the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, 114, 1245-1250.
- Hughdahl, K., Thomson, T., & Ersland, L., (2006). Sex differences in visuo-spatial processing: a fMRI study of mental rotation. *Neuropsychologica*, in press.
- Jones, B., & Anunza, T., (1982). Effect of sex, handedness, stimulus and visual fields on “mental rotation”. *Cortex*, 18, 501-514.
- Jordan, K., Heinze, H.J., Lutz, K., Kanowski, M., & Jäncke, L. (2000). Cortical activation during the mental rotation of different visual objects, *NeuroImage*, 13, 143-152.
- Jordan, K., Wustenberg, T., Heinze, H.J., Peters, M., Jancke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologica*, 40, 2397–2408.
- McGlone, J., & Davidson, W., (1973). The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference. *Neuropsychologia*, 11, 105–113.
- Peters, M., (2004). Sex differences on the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotations problems. *Brain and Cognition*, 57, 176-184.
- Pezaris, E., & Casey, B. (1991). Girls who use “masculine” problem-solving strategies on a spatial task: Proposed genetic and environmental factors. *Brain and Cognition*, 17, 1-22.

- Rescher, B., Rappelsberger, P., (1997). Gender dependent EEG-changes during a mental rotation task. *International Journal of Psychology*, 33, 209-222.
- Rilea, S. L., Roskos-Ewoldsen, B., & Boles, D., (2004). Sex differences in spatial ability: A lateralization of function approach. *Brain and Cognition*, 56, 332-343.
- Roalf, D., Loweru, N., Turetsky, B., (2005). Behavioral and physiological findings of gender differences in global-local visual processing. *Brain and Cognition*, 60, 32-42.
- Roberts, J. E., & Bell, M. A., (2001). The effects of age and sex on mental rotation performance, verbal performance, and Brain electrical Activity. *Dev PsychoBiol*, 40, 391-407.
- Stam, C. J., & van Dijk, B. W., (2002). Synchronization likelihood: an unbiased measure of generalized synchronization in multivariate data sets. *Physica D*, 163, 236-251.
- Uecker, A., & Obrzut, J.E., 1993. Hemisphere and Gender Differences in Mental Rotation. *Brain and cognition*, 22, 42-50.
- Van Strien, J.W.(1992). Classificatie van links- en rechtshandige proefpersonen. *Ned Tijdschr Psychol*, 47, 88-92.
- Van Strien, J.W., & Bouma, A., (1990). Mental rotation of laterally presented random shapes in males and females. *Brain and Cognition*, 12, 297-303.
- Voyer, D., & Bryden, M. P., (1990). Gender level of spatial ability, and lateralization of mental rotation. *Brain and Cognition*, 13, 18-29.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P., (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychol. Bull.*, 117, 250–270.

Wegesin, D. J., (1998). Event-related potentials in homosexual and heterosexual men and women: Sex dimorphic patterns in verbal asymmetries and mental rotation. *Brain and Cognition*, 36, 73-92.

Wiess, E., Siedentopf, C.M., Hofer, A., Deisenhammer, E.A., Hoptman, M.J., Kremser, C., Golaszewski, S., Felber, S., Fleischhacker, W.W., & Delazer, M., (2003). Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience Letters*, 344, 169-172.

8. Bijlage

Tabel 1: mannen, lettertaak, lage thètaband (4_6 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	.649*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 2: vrouwen, lettertaak, lage thètaband (4_6 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	.630*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	.630*	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 3: mannen, flankertaak, lage thètaband (4_6 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 4: vrouwen, flankertaak, lage thètaband (4_6 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	-.625*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	.597*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	.619*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 5: mannen, lettertaak, hoge thètaband (8_10 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 6: vrouwen, lettertaak, hoge thètaband (8_10 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	-.589*	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	-.600*	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 7: mannen, flankertaak, hoge thètaband (8_10 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	0.686*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 8: vrouwen, flankertaak, hoge thètaband (8_10 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0.591*
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	-0.600*	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 9: mannen, lettertaak, lage alphaband (10_12 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	0.590*	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 10: vrouwen, lettertaak, lage alphaband (8_10 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	-0.634*	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	-0.602*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	-0.695*	-0.663*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 11: mannen, flankertaak, lage alphaband (8_10 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 12: vrouwen, flankertaak, lage alphaband (8_10 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	-.619*	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-.605*
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-.655*
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 13: mannen, lettertaak, hoge alphaband (10_12 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	.595*	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 14: vrouwen, lettertaak, hoge alphaband (10_12 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	-.598*	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	-.636*	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	-.767**	-.862**	-.718**	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 15: mannen, flankertaak, hoge alphaband (10_12 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	.654*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01

Tabel 16: vrouwen, flankertaak, hoge alphaband (10_12 Hz)

Hierin worden de correlaties tussen de prestatie en de connectiviteit bij vrouwen tijdens de flankertaak in de hoge alphaband.

	RT letter	RT con	RT incon	Fouten letter	Fouten con	Fouten incon
Intra-hemisferisch						
<i>Links</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	-.679*	n.s.	-.587*
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Rechts</i>						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Inter-hemisferisch						
Frontaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-.651*
Lateraal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Occipitaal	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = niet significant, *= p< 0.5, **= p<.01