

# Tast zin

Chris Dijkerman

*20 maart 2013*



Mijnheer de Rector Magnificus, zeer gewaardeerde toehoorders,

Graag zou ik willen beginnen met een paar opdrachten voor U. Specifiek zou ik U willen vragen om een aantal zaken in te beelden. Probeer U zich allereerst eens in te beelden dat U niets ziet. Misschien niet al te moeilijk, we hoeven er maar aan te denken om onze ogen te sluiten. Nu wil ik U vragen hoe het is om stilte te ervaren, niets te horen. Ook dit is niet al te moeilijk voor te stellen en sterker nog, stilte wordt door sommigen zeer op prijs gesteld. Hetzelfde kan ik U vragen voor proeven en ruiken. Ook hiervan is het niet al te ingewikkeld om U voor te stellen dat U niets waarneemt.

Nu wil ik U vervolgens vragen om U in te beelden dat U niets voelt, niet de rugleuning of zitting van uw stoel, niet de positie van Uw benen, voeten, handen, vingers, armen en lichaam.

Ik weet niet hoe dit U vergaat, maar voor mij is het onvoorstelbaar om geen tast waar te nemen. Op ieder moment van ons wakend bestaan ervaren we ons lichaam en dit is ook wezenlijk voor onze identiteit (Blanke, 2012). Dit is ook terug te zien in de betekenissen van tast in onze taal. Ik heb even synoniemen en antoniemen voor het woord “tastbaar” opgezocht. Synoniemen voor tastbaar zijn woorden als “concreet” en “voorstelbaar”. Een antoniem die ik tegenkwam is “onvoorstelbaar”.

Afwijkingen in de tastwaarneming en lichaamservaring hebben dan ook een duidelijk effect op ons dagelijks functioneren. Ondanks het belang van tast, wordt er in het neuropsychologisch en neurowetenschappelijk onderzoek minder aandacht aan besteed dan aan andere zintuigen zoals het zien en het horen.

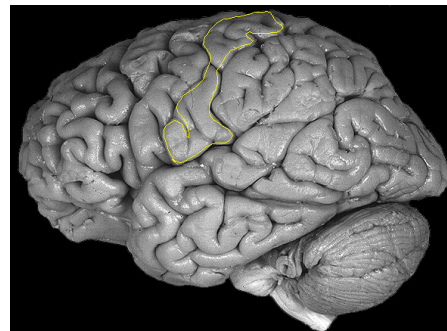
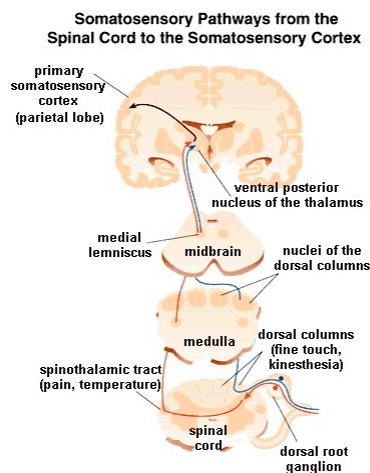
De komende drie kwartier wil ik daarom graag aandacht vragen voor de tastzin en met name bespreken wat de functie, de zin, van tast is. Dit zal geïllustreerd worden aan de hand van stoornissen in de tastwaarneming, waarmee ik ook hoop duidelijk te maken dat taststoornissen van belang, en zelfs essentieel zijn, binnen de neuropsychologische praktijk.

## **1. Het somatosensorisch systeem**

Alhoewel ik het gemakshalve over de tastzin heb, wordt hier eigenlijk het somatosensorisch systeem mee bedoeld. Dit systeem kan onderverdeeld worden in

verschillende deelsystemen. Allereerst de tast zelf, dat is, informatie vanuit de huid die aangeeft waar de aanraking is, hoe hard deze is, et cetera. Andere receptoren geven informatie over hoe koud of warm een stimulus is of zijn belangrijk voor pijnwaarneming. Daarnaast zijn er de receptoren in de spieren, gewrichten en pezen die informatie doorgeven over waar de ledematen zich bevinden. U kunt bijvoorbeeld waarnemen of uw linkerhand hoger of lager is dan uw rechterhand. Dit wordt ook wel proprioceptie genoemd.

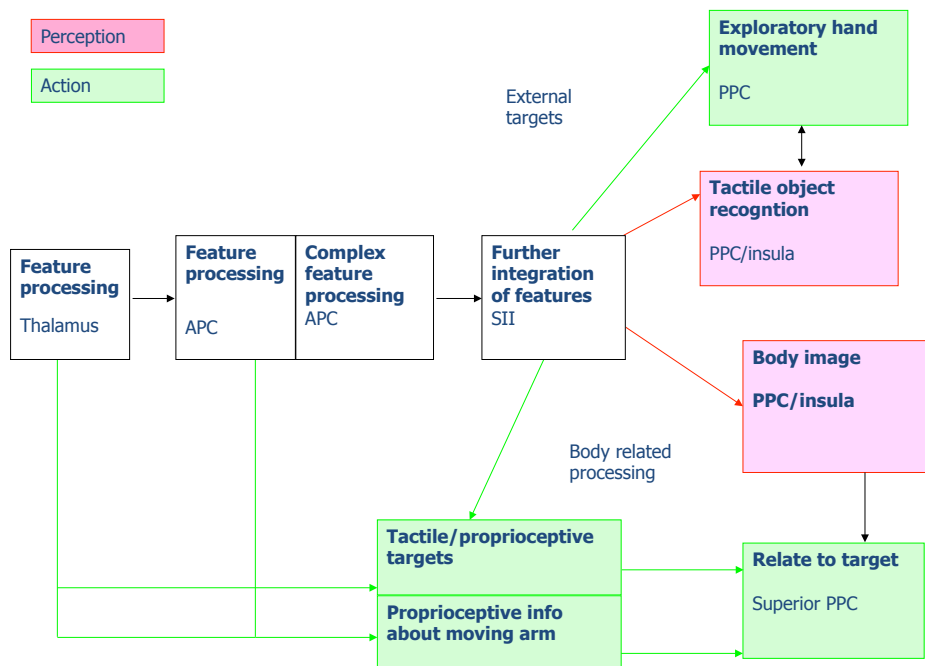
Deze informatie wordt via zenuwbanen doorgestuurd naar het ruggenmerg vanwaar het via de hersenstam naar de thalamus gaat, de hersenstructuur die fungeert als “gateway” voor alle sensorische informatie (zie afbeelding 1 links). Van daar wordt de meeste informatie doorgegeven aan de primaire somatosensorische hersenschors, die zich bevindt in het voorste deel van de parietaal kwab (zie afbeelding 1 rechts).



*Afbeelding 1: De somatosensorische zenuwbanen van het ruggenmerg tot de primaire somatosensorische hersenschors (links). De primaire somatosensorische hersenschors (rechts).*

Daar stopt de verwerking van somatosensorische informatie niet. Ik wil dit graag illustreren aan de hand van een model dat Edward de Haan en ik enige jaren geleden ontwikkeld hebben (zie afbeelding 2).

Allereerst ziet U hier de informatieverwerking tot aan de anterieure parietaal cortex. Schade aan dit corticaal gebied leidt tot tast en proprioceptieve uitval in de lichaamshelft aan de tegenovergestelde zijde. Mensen nemen niet langer een aanraking waar en weten ook niet meer waar hun lichaamsdelen zich bevinden. In het tweede somatosensorische gebied is de verwerking complexer en wordt informatie van beide lichaamshelften samengevoegd.



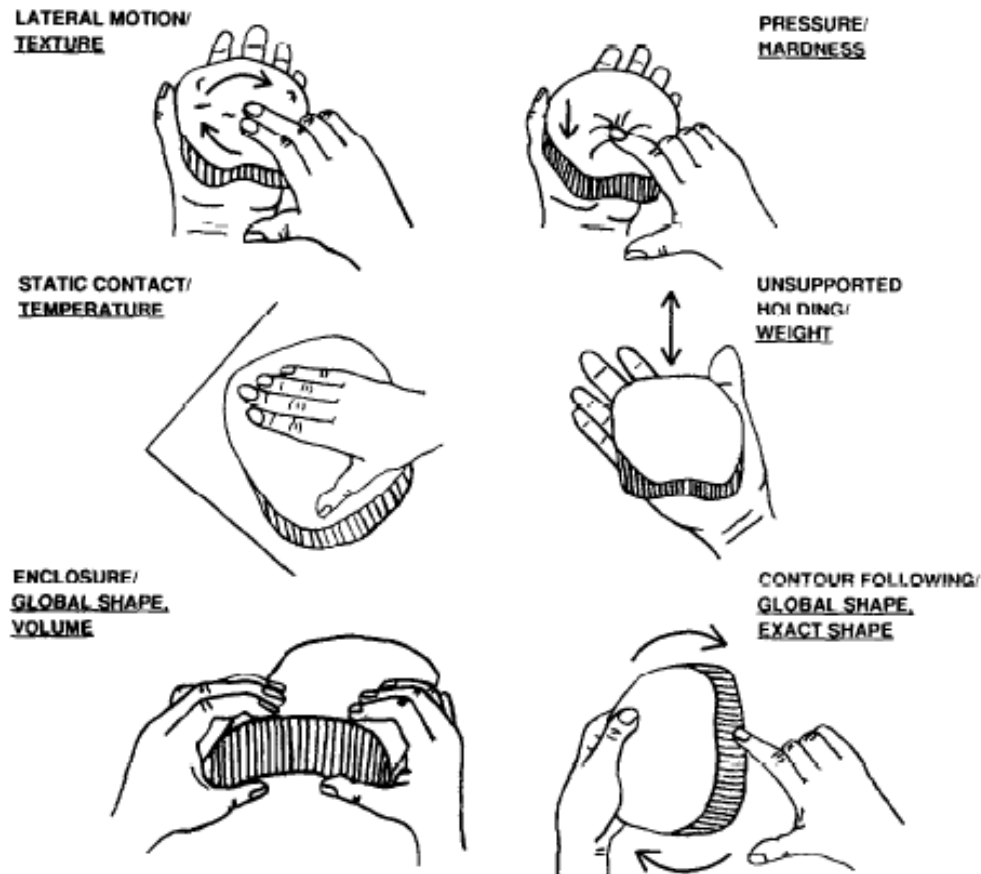
Afbeelding 2: Model van corticale somatosensorische informatie verwerking (uit Dijkerman & de Haan, 2007)

Echter ook hier houdt de informatieverwerking niet op. Andere gebieden in het achterste deel van de parietaal kwab, en in de insula blijken ook betrokken te zijn bij somatosensorische informatieverwerking. Hierbij heeft het somatosensorische systeem twee belangrijke functies: Het informeert ons over *de omgeving* door haptische exploratie van bijvoorbeeld voorwerpen en het vertelt ons over *het eigen lichaam*. Ik zal kort iets over het eerste vertellen, maar wil het vooral hebben over de lichaamswaarneming.

## 2. Haptische exploratie van voorwerpen

Alhoewel visuele waarneming dominant is voor het herkennen en verkennen van voorwerpen, gebruiken we in het dagelijks leven ook vaak de tastzin. Denkt U maar eens aan het herkennen van uw telefoon in uw tas of broekzak waar ook uw sleutels in zitten. Het waarnemen van voorwerpen op de tast is vooral een actief proces, dat wil zeggen, we gebruiken specifieke hand- en vingerbewegingen om informatie over het voorwerp te verkrijgen. Onderzoek van Lederman en Klatsky (1987) heeft laten zien dat het type beweging afhangt van welke informatie we willen verkrijgen (zie afbeelding 3). Dus wanneer we willen weten hoe zwaar een voorwerp is dan bewegen we de hand op en

neer. Willen we weten hoe ruw een voorwerp is, dan wrijven we met onze vingers er over heen. Zo zijn er zes verschillende “exploratory procedures”, ieder gericht op een bepaald aspect van het voorwerp.

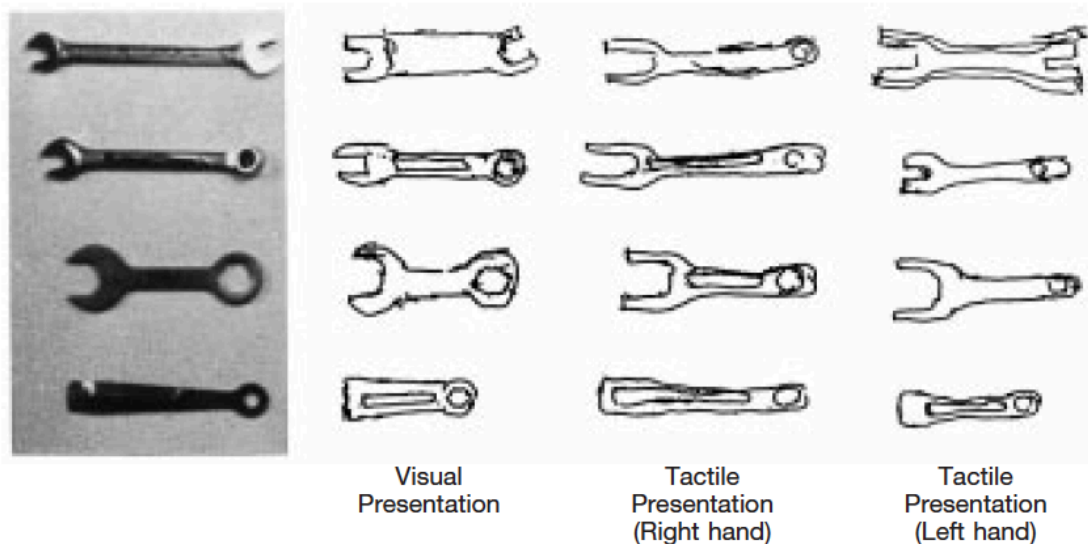


*Afbeelding 3: Exploratoire hand en vinger bewegingen voor tijdens haptische verkenning van voorwerpen (uit Lederman & Klatzky, 1993).*

Een stoornis in het herkennen van voorwerpen op de tast, terwijl primaire tast functies zoals het kunnen waarnemen van een aanraking nog wel intact zijn, wordt een tactiele agnosie genoemd. Dit komt meestal voor na letsel aan de posterieure parietaal gebieden en mogelijk de insula. Tactiele agnosie is in bepaalde opzichten vergelijkbaar met een visuele herkenningstoornis, of wel een visuele agnosie.

Net als in het visuele domein zijn er verschillende vormen. Bij een apperceptieve tactiele agnosie heeft een patiënt problemen met het vormen van een perceptuele representatie van het voorwerp op basis van haptische informatie (Reed, Caselli, & Farah, 1996). De patiënten kunnen bijvoorbeeld een voorwerp dat ze betast hebben, niet natekenen. Andere patiënten, zoals beschreven door Nakamura, Endo, Sumida, & Hasegawa (1998)

kunnen wel een perceptuele representatie van het voorwerp maken, en het dan ook natekenen (zie afbeelding 4), maar herkennen het desalniettemin niet. Bij deze patiënten is juist het associëren van de gemaakte haptische representatie met (semantische) kennis over een voorwerp gestoord. Dit wordt, net als in het visuele domein ook wel een associatieve agnosie genoemd.



*Afbeelding 4: Deze patiënt met tactiele agnosie kan een voorwerp dat tactiele verkend is, wel natekenen maar niet herkennen (uit Nakamura e.a., 1998)*

Daarnaast zijn er ook andere redenen waarom patiënten voorwerpen haptische niet meer kunnen herkennen. Allereerst kunnen de exploratieve vinger bewegingen selectief gestoord zijn. Deze tactiele apraxie (Binkofski, Kunesch, Classen, Seitz, & Freund, 2001) kan er toe leiden dat een voorwerp niet op de juiste manier haptisch verkend wordt, waardoor het ook niet herkend kan worden (Valenza et al., 2001).

Een andere reden waarom voorwerpherkenning aangedaan kan zijn, is dat temporospatiele integratie van informatie gestoord is. In tegenstelling tot visuele waarneming, waarbij een voorwerp in een oogopslag herkend kan worden, moet tastinformatie vaak sequentieel, dus in stapjes, verzameld worden. Deze opeenvolgende haptische informatie moet vervolgens geïntegreerd worden. Wanneer de processen die zorgen voor integratie over tijd en ruimte gestoord zijn als gevolg van hersenletsel, dan kan dit ook leiden tot haptische herkenningproblemen (Saetti, De Renzi, & Comper, 1999).

Samenvattend, de eerste zin (functie) van de tast is het waarnemen van en interacteren met voorwerpen in onze omgeving. Deze vaardigheid is gebaseerd op diverse cognitieve en sensormotorische processen en kan als gevolg van hersenletsel gestoord zijn.

### **3. Lichaamsrepresentaties**

#### *Taakafhankelijke verwerking*

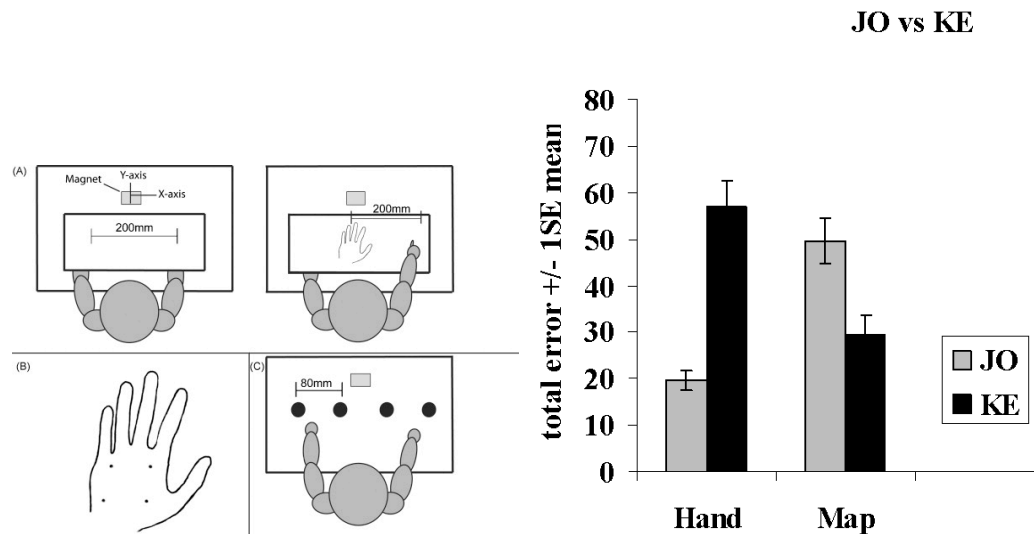
Een wellicht belangrijker functie van het somatosensorische systeem is dat het ons informeert over het eigen lichaam. Tast en proprioceptie vormen de basis voor een bewuste ervaring van de positie en structuur van ons lichaam en voor lichamelijk gerelateerde emoties. Ze zijn ook cruciaal voor de aansturing van bewegingen.

Alhoewel we ons lichaam als een eenheid ervaren, is er al ruim een eeuw bewijs voor verschillende representaties in ons brein die onafhankelijk van elkaar kunnen opereren. In een nog steeds invloedrijk artikel getiteld “Sensory disturbances from cerebral lesions” uit 1911 beschreven Head & Holmes (1911) op de basis van patiënten onderzoek drie verschillende representaties. Twee aparte “schemas” een voor de positie van lichaamsdelen ten opzichte van elkaar en een voor het lokaliseren van een aanraking op de huid (p. 187). Deze zijn niet toegankelijk voor bewuste gewaarwording, maar zijn vooral belangrijk bij het aansturen van bewegingen. Daarnaast zijn er in de sensorische hersenschors lichamelijke herinneringen opgeslagen. Deze werken volgens Head en Holmes samen met de inkomende sensorische informatie waarbij ze uiteindelijk leiden tot een bewuste beeld van de aanraking of de positie van het ledemaat.

Helaas heeft men in de jaren daarna dit onderscheid tussen het onbewuste lichaamsschema en het bewuste lichaamsbeeld enigszins uit het oog verloren en werden de termen ”lichaamsschema” en ”lichaamsbeeld” door elkaar gebruikt. Eind jaren negentig is hier pas een einde aan gekomen toen filosoof Shaun Gallagher en neuropsycholoog Jacques Paillard, wederom op basis van patiënten onderzoek het onderscheid tussen het onbewuste lichaamsschema voor het aansturen van bewegingen en het lichaamsbeeld voor bewuste waarneming weer onder de aandacht brachten (Gallagher, 2005; Paillard, 1999).

Mede geïnspireerd door dit onderscheid en door het “two visual streams” model van David Milner en Mel Goodale (1995), hebben Edward de Haan en ik enkele jaren geleden gesuggereerd dat corticale verwerking van tastinformatie afhankelijk is van het doel van de verwerking (Dijkerman & De Haan, 2007). Dus wanneer het doel is om een

vlieg op je arm dood te slaan, dan wordt de tactiele informatie over de locatie van de vlieg anders verwerkt dan wanneer het doel is om een perceptuele schatting van de locatie van de vlieg te maken (de vlieg zit 5 cm onder mijn pols aan de bovenkant van mijn onderarm). Bewijs voor dit onderscheid komt van studies die promovendi Marjolein Kammers en Helen Anema enige jaren geleden gedaan hebben. Helen testte patiënten met tastuitval na een beroerte en vond een dubbele dissociatie. Zij testte twee patiënten op twee verschillende tactiele lokalisatietaken (zie afbeelding 5). Bij beide taken was de tactiele informatie hetzelfde, een aanraking op de hand, maar verschilde het doel. In de motorische taak werd de patiënt gevraagd om direct naar de aanraking op de hand te wijzen (met de andere hand). In de perceptuele taak werd de patiënt gevraagd om op een afbeelding van de hand aan te geven waar hij werd aangeraakt. Helen vond bij een patiënt uitval op de motorische taak, met normale prestaties op de perceptuele taak, en het omgekeerde patroon bij de andere patiënt (Anema et al., 2009). Dit laat zien dat, alhoewel de tactiele aanraking hetzelfde is, het type response bepaalde of een patiënt stoornissen had. Zo'n dubbele dissociatie geeft in de neuropsychologie aan dat er parallelle processen zijn die onafhankelijk verstoord kunnen raken.

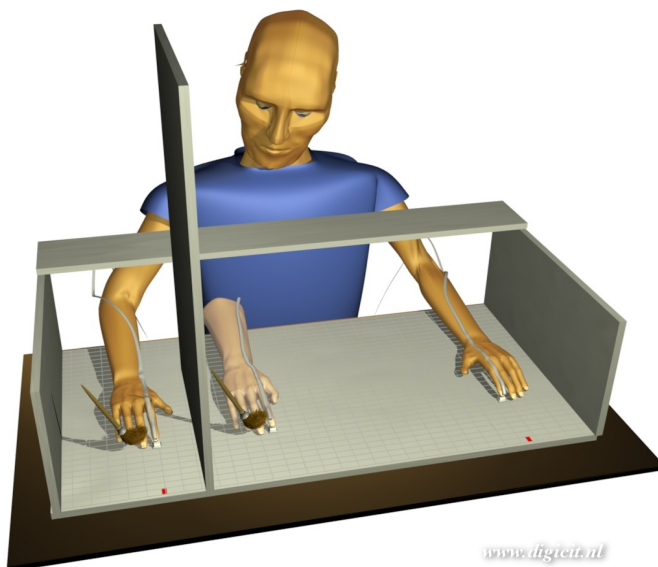


*Afbeelding 5: Een dubbele dissociatie tussen het lokaliseren van een aanraking door middel van een perceptuele response (aanwijzen op een afbeelding (map) van de hand) en een motorische response (direct wijzen naar de aanraking op de hand). Patiënt KE is gestoord op de motorische response en presteert normaal op de perceptuele lokalisatie. Patiënt JO laat het tegenovergestelde patroon zien (Uit Anema e.a., 2009).*



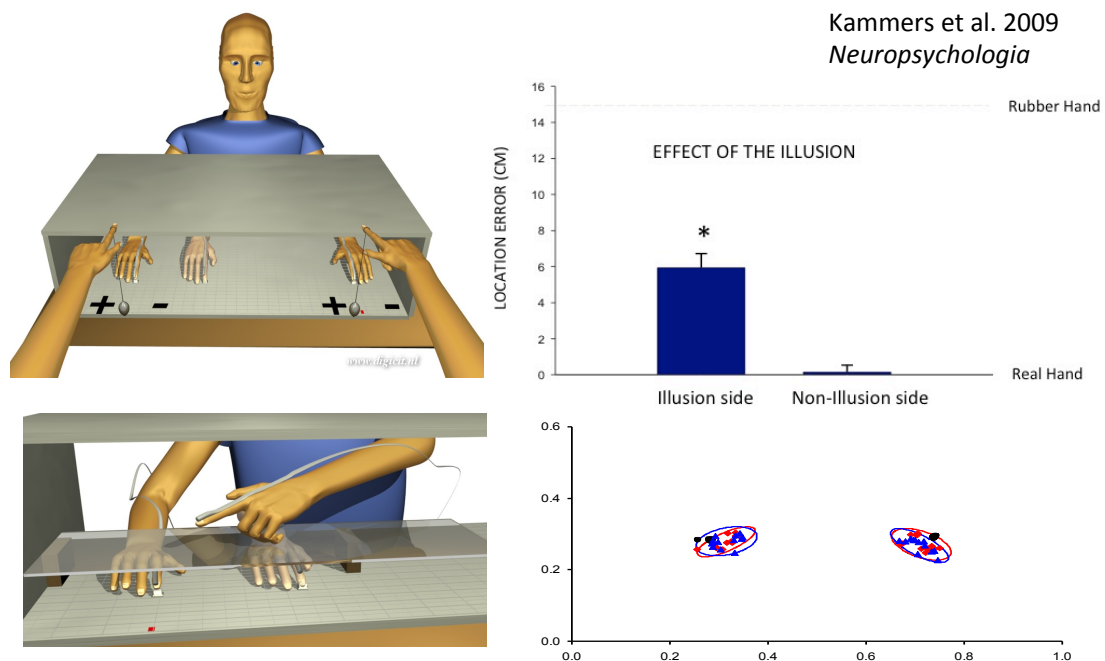
Marjolein daarentegen ging met lichaam gerelateerde illusies aan de slag. Alhoewel wij het idee hebben dat we ons lichaam waarnemen zoals het werkelijk is, weten we van diverse illusies dat wij hiermee gemakkelijk voor de gek gehouden kunnen worden. Wij kunnen bijvoorbeeld het idee hebben dat onze arm zich op een andere plek bevindt dan in werkelijkheid, door middel van het vibrotactiele stimulatie van pezen. Dit kan zelfs leiden dat het gevoel dat onze neus langer is (Pinocchio illusie) (Lackner, 1988). Zoals collega Frans Verstraten in zijn oratie ruim een decennium geleden al aangaf, dit soort illusies geven ons gereedschap om van buitenaf naar de werking van het brein te kijken.

Marjolein gebruikte de inmiddels zeer populaire rubberen hand illusie (Botvinick & Cohen, 1998) (zie afbeelding 6). Bij deze illusie wordt er tegelijkertijd over een rubberen hand, die voor de proefpersoon ligt, en de eigen hand, die niet zichtbaar is, gewreven. Aangezien de gevoelde aanraking op de hand synchroon plaatsvindt met de geziene aanraking op de rubberen hand, interpreteert het brein dit als dat ze door eenzelfde aanraking veroorzaakt worden. Visuele informatie is hierbij meestal dominant, waardoor de geziene aanraking op de rubberen hand als bron van de gevoelde aanraking wordt waargenomen. Dit heeft daarnaast ook bij veel proefpersonen tot gevolg dat de rubberen hand als eigen hand wordt beschouwd. Een van de reacties waaruit dit kan worden afgeleid, is dat de waargenomen positie van de wijsvinger verschoven is richting de rubberen hand.



*Afbeelding 6: De rubberen hand illusie (uit Kammers e.a., 2009)*

Marjolein testte dit door haar vingers over het tafelblad waaronder de handen lagen naar het midden te bewegen (Kammers, De Vignemont, Verhagen, & Dijkerman, 2009, zie afbeelding 7). De proefpersoon moest dan aangeven wanneer Marjolein's wijsvingers op dezelfde plek waren als de eigen wijsvingers. Zoals U hier kunt zien was er een duidelijke verschuiving richting rubberen hand in vergelijking met de controle conditie. Vervolgens werd de proefpersoon gevraagd om met de ene hand naar de andere hand te wijzen (zowel met de illusie hand naar de controle hand als andersom), dus een motorische in plaats van perceptuele lokalisatierespons. En deze bewegingen bleken niet beïnvloed te zijn door de illusie. De locaties van de wijsresponsen in de illusieconditie (blauw) overlappen helemaal met die in de controle conditie (rood). Dus ook hier leek het verwerken van lichaamsgerelateerde informatie afhankelijk van het type respons.



Afbeelding 7: Effect van de rubberen hand illusie op een perceptuele lokalisatie respons (boven), maar niet op een motorische lokalisatie respons (onder) (uit Kammers e.a., 2009).

Alhoewel informatieverwerking over de locatie van je hand duidelijk afhankelijk is van de respons, heeft deze output gerelateerde denkwijze zeker zijn beperkingen. Bijvoorbeeld, Marjolein, samen met Frederique de Vignemont, vroegen zich af waar je de grens legt (Kammers, Mulder, De Vignemont, & Dijkerman, 2010). Er zijn verschillen tussen twee responses die consistent zijn met het idee van twee aparte lichaamsrepresentaties, maar er zijn natuurlijk meer dan twee verschillende responses te bedenken. Betekent dit dat er voor ieder type respons een andere representatie bestaat? Waar leg je de grens en waar

baseer je dit op?

Wellicht is het verstandiger om gedetailleerder te kijken naar de onderliggende processen. Bijvoorbeeld, bij het bewust ervaren van ons lichaam is kennis over de structuur van ons lichaam van belang, maar speelt ook affectieve informatie een rol. Bij ieder zijn aparte processen betrokken.

### 3.1. Structurele representaties

Structurele kennis bestaat bijvoorbeeld uit dat we weten hoe ons lichaam is opgebouwd, dat de hand aan de pols zit en de pols weer aan de onderarm. Dat er twee lichaamshelften zijn en vijf vingers, die we van elkaar kunnen onderscheiden. Letsel aan de linker posterieure parietaal cortex leidt tot stoornissen in deze structurele lichaamsrepresentaties. Patiënten kunnen niet langer specifieke lichaamsdelen aanwijzen (autotopagnosie), verwisselen de linker en rechterzijde van hun lichaam (links-rechts desoriëntatie) en herkennen de individuele vingers niet meer (vinger agnosie). Dat laatste is een van de meest voorkomende stoornissen in lichaamswaarneming na een beroerte.

Een vraag bij vinger agnosie is welke onderliggende processen, betrokken bij het vormen

Vertical Posture



Woven Posture



Afbeelding 8: Vinger en hand lokalisatie met verweven vingers (uit Haggard e.a., 2006)

van een representatie van de vingers, eventueel gestoord zijn. Hiervoor is van belang dat er aanwijzingen zijn dat vingers anders gerepresenteerd zijn dan overige lichaamsdelen. Een eerste indicatie is uiteraard dat vingerherkenning selectief gestoord kan zijn, terwijl herkenning van andere lichaamsdelen zoals de elleboog of voet wel intact zijn. Studies met gezonde proefpersonen geven verdere aanwijzingen voor een aparte vingerrepresentatie. Haggard, Kitadono, Press, & Taylor-Clarke (2006) lieten zien dat wanneer vingers van beide handen met elkaar verweven zijn (zie afbeelding 8) en vervolgens een van de vingers wordt aangeraakt, het moeilijker is om aan te geven welke hand is aangeraakt dan wanneer de vingers niet met elkaar verweven zijn. Voor het aangeven van welke vinger

er is aangeraakt maakt het echter niet uit. Hij suggereerde dat dit zo is omdat vingers

somatotopisch gerepresenteerd zijn (dus volgens de structuur van het lichaam, het soma), terwijl de positie van de hand meer beïnvloed is door *externe* spatiele representaties.

Een ander voorbeeld van dit laatste is onderzoek van Yamamoto & Kitazawa (2001). Zij gaven proefpersonen twee kort opeenvolgende aanrakingen, een op iedere hand. Proefpersonen moesten vervolgens aangeven welke hand er het eerst aangeraakt werd. De handen konden hierbij wel of niet gekruist worden. Cruciaal hierbij is dat ruimtelijke (spatiele) en lichamelijke (somatotopische) representaties uit elkaar getrokken worden. Met andere woorden, wanneer de handen niet gekruist zijn dan ligt de linkerhand aan de linkerkant van de ruimte en de rechterhand aan de rechterkant. De spatiele en somatotopische representaties zijn dan met elkaar in overeenstemming. Echter, worden de handen gekruist, dan bevindt de rechterhand zich aan de linkerkant en andersom. Hierdoor zijn lichamelijke en ruimtelijke representaties niet meer met elkaar in overeenstemming. Dit had enige gevolgen voor de prestaties van de proefpersonen. Wanneer de aanrakingen op de handen kort na elkaar gebeurden (minder dan 300 ms) dan had een minderheid van de proefpersonen de neiging om te reageren alsof de handen niet gekruist waren, en reageerden ze volgens een lichamelijke representatie. Blijkbaar worden aanrakingen op de hand eerst somatotopisch verwerkt en heeft het tijd nodig om deze om te zetten in een ruimtelijke referentiekader, maar lukt dit uiteindelijk wel. Wanneer er een langere tijd tussen de twee aanrakingen zat, maakten de proefpersonen deze fout niet.

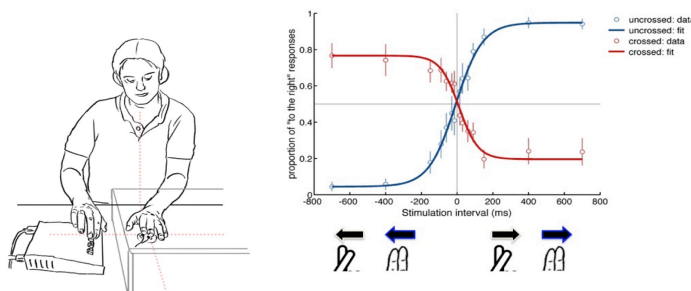
Hoe zit het dan met vingers? Als deze alleen somatotopisch gerepresenteerd zijn, verwacht je dat de vingers netjes in de representatie op een rij liggen van duim tot pink. Het kruisen van de vingers zou er voor zorgen dat de spatiele representatie van de aanrakingen niet meer overeenkomt met de lichamelijke representatie. Enig bewijs voor dat het brein niet gewend is om tastinformatie van gekruiste vingers te krijgen komt van een oude illusie van Aristoteles. Wanneer je met gekruiste vingers (zie afbeelding 9) een voorwerp zoals een pen of neus aanraakt dan voelt het alsof er twee verschillende voorwerpen aangeraakt worden. Aangezien je vrijwel nooit iets met gekruiste vingers aanraakt, interpreteert het brein de inkomende tastinformatie alsof dit van twee verschillende voorwerpen komt. Wellicht kunt U dit zelf ook eens proberen.



*Afbeelding 9: Gekruiste vingers*

Een studie van Alyanne de Haan in ons lab bevestigde dit (de Haan, Anema, & Dijkerman, 2012). Zij paste het protocol van Yamamoto en Kitazawa toe op gekruiste vingers. Proefpersonen kregen twee opeenvolgende tikjes, op de wijsvinger of middelvinger van de rechterhand (zie afbeelding 10). Deze vingers konden wel of niet gekruist zijn. De proefpersonen werd gevraagd om aan te geven in welke richting de aanrakingen gingen, naar rechts of naar links. Het juiste antwoord was uiteraard tegenovergesteld in de gekruiste en niet gekruiste condities. Dat is: wijsvinger-middel vinger is naar rechts in de niet gekruiste conditie en naar links in de gekruiste conditie. De proefpersonen, echter negeerden over het algemeen dat de vingers gekruist waren en gaven antwoord alsof de vingers niet gekruist waren, dus in een lichamenlijk referentie kader. Dit suggereert dat deze lichamenlijke (somatotopische) representatie leidend is bij het waarnemen van tastinformatie vanuit de vingers.

Dit onderzoek laat zien hoe opgeslagen representaties wat betreft de structuur van een deel van het lichaam, hier de vingers, de waarneming van aanrakingen beïnvloedt.

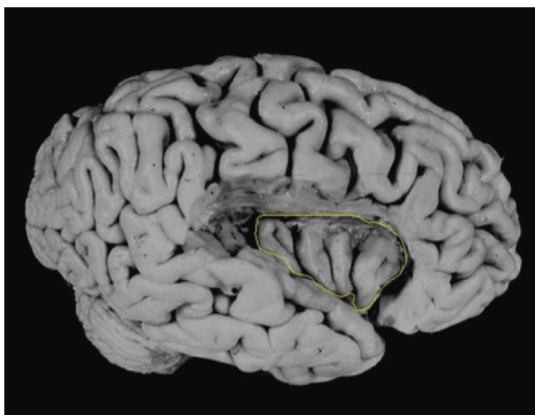


*Afbeelding 10: Tegenover gestelde patronen voor het aangeven van de richting van twee opeenvolgende aanrakingen voor gekruiste en niet gekruiste vingers (uit de Haan e.a., 2012).*

### *3.2. Het gevoel van eigendom over verschillende lichaamsdelen*

Een ander aspect dat bij de bewuste ervaring van ons lichaam hoort, is dat wij het idee hebben dat ons lichaam, onze armen en benen van onszelf zijn. Dit lijkt triviaal en vanzelfsprekend, maar de al eerder genoemde rubberen hand illusie laat zien dit niet altijd zo is. Wanneer we ervaren dat de aanraking op de rubberen hand plaatsvindt en dus de rubberen hand bij ons lichaam hoort, gaat tegelijkertijd de temperatuur van de eigen hand iets omlaag, alsof deze hand er niet meer bij hoort (Moseley, Gallace, & Spence, 2009). Vanuit de neurologie is bekend dat letsel in met name de rechter hersenhelft kan leiden dat het gevoel dat de arm aan de tegenoverstelde kant niet meer bij het lichaam hoort. Sommigen gaan zelfs zover dat ze deze toewijzen aan iemand anders, de dokter of een familielid. Ik wil hiervan graag een korte videoclip laten zien, met dank aan Edward de Haan van wie ik deze video gekregen heb.

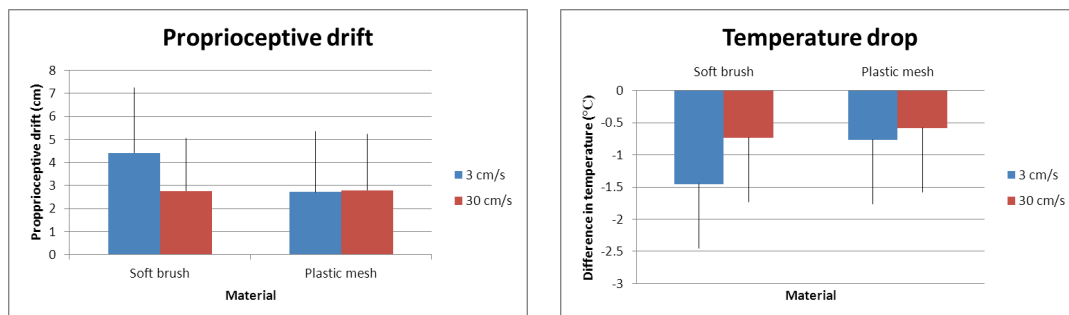
De afgelopen jaren heeft promovenda Haike van Stralen enkele van deze somatoparafrenie patiënten onderzocht. Een van deze patiënten leerde ons iets interessants. Het viel ons op dat de patiënte tijdens het testen op een affectieve manier over de hand wreef, waarvan ze eerder had gezegd dat deze niet meer bij haar (lichaam) hoorde. Toen we de patiënte hiernaar vroegen, gaf ze aan dat ze dit deed om extra lief voor de hand te zijn. De hand en haar waren al ruim zestig jaar samen en ze wou nu niet dat ze niet meer bij elkaar waren ... Daarom knuffelde ze hem extra. Deze manier van verpersonificeren van de hand is niet ongebruikelijk bij somatoparafrenie. Het affectief wrijven over de aangedane hand hielp haar om ervoor te zorgen dat de hand voor haar gevoel bij het lichaam bleef horen. Vroegen we haar om op dezelfde affectieve manier over een rubberen hand, of Haike's hand te wrijven, dan had ze het idee dat die hand van haar was (Van Stralen, Van Zandvoort, & Dijkerman, 2011).



*Afbeelding 11: De insula cortex*

Uit fysiologisch onderzoek weten we dat het langzaam en zacht strelen van de harige bovenkant van de onderarm specifieke zenuwbanen activeert, de zogenaamde c-afferent fibres. De informatie vanuit deze zenuwbanen gaat niet direct naar de primaire somatosensorische hersenschors, maar naar een ander hersengebied, de posterieure insula (afbeelding 11).

Van onderzoek door Otto Karnath weten we dat patiënten met problemen in het bewustzijn van hun eigen lichaam juist in dit gebied letsel hebben (Karnath, Baier, & Nagele, 2005). Daarnaast heeft neuro-imaging laten zien dat activiteit in dit gebied samenhangt met het gevoel van "ownership" over de rubberen hand in de rubberen hand illusie (Tsakiris, Hesse, Boy, Haggard & Fink, 2007). Het lag daarom voor de hand om te onderzoeken of de ervaring van de rubberen hand illusie veranderd kan worden door een zachte langzame streling die de c-afferent fibres activeert. Dit is precies wat studente Liddewij Visser, onder supervisie van Haike gedaan heeft. Conform de verwachtingen was bij een zachte langzame streling het effect op hand "ownership", spatiale lokalisatie en de temperatuurs-verandering in de eigen hand het grootst (afbeelding 12). Deze manier van aanraken beïnvloedt dus "body ownership" meer dan een gewone aanraking. Dit biedt wellicht mogelijkheden voor het ontwikkelen van methodes om problemen hiermee te verminderen binnen een revalidatiesetting.



Afbeelding 12: Het effect van langzame zachte streling op proprioceptieve verplaatsing en verandering in hand temperatuur tijdens de rubberen hand illusie

Samenvattend hebben we gezien dat tast ten eerste belangrijk is voor het herkennen van bijvoorbeeld voorwerpen en ten tweede ons informeert over ons eigen lichaam.

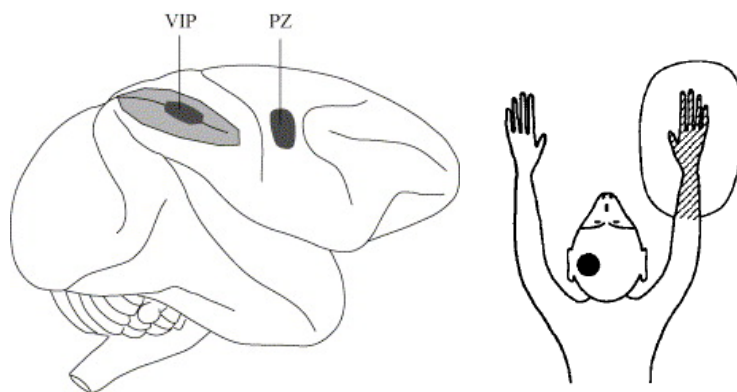
Ik wil nu graag een derde en laatste zin, dat is functie, van de tast bespreken.

#### 4. De peripersonlijke ruimte

In ons dagelijks leven komen we vaak letterlijk in aanraking met voorwerpen en andere mensen in onze omgeving. Dit heeft zeker voordelen, we verkrijgen extra informatie

over het voorwerp door middel van haptische exploratie, we kunnen getroost worden door een aanraking van een vriend en lachen als we gekieteld worden. Echter, het brengt ook risico's met zich mee, bijvoorbeeld wanneer voorwerpen scherp zijn, of wanneer mensen slechte bedoelingen hebben. Aangezien lichamelijke integriteit cruciaal is voor ons overleven, is het essentieel dat we een mechanisme hebben dat er voor zorgt dat we de consequenties van lichamelijk contact met voorwerpen en mensen kunnen voorspellen.

De afgelopen dertig jaar is duidelijk geworden dat we zo'n systeem bezitten. (afbeelding 13). Registratie van neuronen bij apen laat zien dat er in de parietaal en in de frontaal kwab cellen zijn die reageren als een aap op de hand wordt aangeraakt, maar ook als er hij een voorwerp vlakbij die hand ziet (Rizzolatti, Scandolara, Matelli, & Gentilucci, 1981). Deze neuronen coderen dus tegelijkertijd een aanraking op de hand en de visuele ruimte vlakbij de hand.



Afbeelding 13: Neuronen in corticale gebieden VIP en PZ reageren zowel op een aanraking op de hand als een visuele stimulus vlakbij de hand (uit Graziano e.a., 1997; Graziano & Cooke, 2006).

Cognitief onderzoek met gezonde proefpersonen laat zien dat een lichtflitsje vlak bij de hand er voor zorgt dat een proefpersoon sneller reageert op een aanraking op die hand die vlak daarna plaatsvindt, ook al is het lichtje irrelevant voor de taak (Driver & Spence, 1998). Dit wordt ook wel het “crossmodal congruency effect” genoemd (CCE). Er is dus zowel gedragsmatig als neurofysiologisch bewijs voor een visuotactiele representatie van de ruimte rondom ons lichaam, ook wel de peripersonlijke ruimte genoemd.

Mijn stelling is dat deze visuotactiele representatie van de peripersonlijke ruimte zich vooral ontwikkeld heeft als een mechanisme op basis waarvan de lichamelijke consequenties van een aanraking voorspeld kan worden. Deze voorspelling gebruiken we om efficiënt en effectief op onze omgeving te kunnen reageren.



Dit voorspellend mechanisme wordt momenteel in het lab onderzocht. Hierbij zijn een aantal aspecten van belang. Allereerst, we gebruiken visuele informatie om het voorwerp te herkennen en op basis van opgeslagen informatie een inschatting te maken van de mogelijke lichamelijke consequenties van contact. Bijvoorbeeld we schatten in dat de lichamelijke consequenties van een aanraking met een cactus schadelijker is dan met een bolletje wol. Inderdaad, Poliakoff heeft laten zien dat het CCE groter is wanneer er een plaatje van een slang gebruikt wordt als "cue" in plaats van een bloem (Poliakoff, Miles, Li, & Blanchette, 2007). Binnen onze groep zal Alyanne de Haan dit verder gaan testen door te kijken naar het effect van afstand waarop de visuele afbeelding wordt aangeboden en hoe deze visuotactiele koppeling aangeleerd wordt.

Visuele informatie is ook van belang wanneer er sociale interacties met andere personen plaatsvinden. Bijvoorbeeld de kijkrichting, gebaren en gelaatsuitdrukking geven informatie over de mogelijke intenties van de ander en daardoor de te verwachten lichamelijke consequentie van contact met die persoon. Kort gezegd verwacht je een ander contact van je partner die vriendelijk lachend naar je toekomt dan van een boze onbekende. Bewijs voor het idee dat sociale "cues" tactiele informatieverwerking beïnvloedt komt van een studie van Soto-Faraco, Sinnett, Alsius, & Kingstone (2005). Hij liet zien dat een proefpersoon sneller reageert op een aanraking van de linkerhand wanneer hij een gezicht te zien krijgt waarvan de ogen naar links kijken. In ons lab heeft Maartje de Jong laten zien dat dit effect verder beïnvloed wordt door de gelaatsuitdrukking van het gezicht waar de proefpersoon naar kijkt. Ze vond een groter effect wanneer de gelaatsuitdrukking angstig werd terwijl het naar een kant keek. Daarnaast onderzoeken Manasa Kandula en Dennis Hofman of gebaren, zoals het wijzen naar een plek op het gezicht van de proefpersoon, reacties op een aanraking op die plek versnelt. Kortom, we verwachten dat visuele informatie over een nabij voorwerp of persoon de tactiele informatieverwerking beïnvloedt.

Naast informatie over de visuele stimulus hebben de lichamelijke consequenties ook een effect op de codering van de peripersoonlijke ruimte. Wanneer een pijnlijke aanraking verwacht wordt zal je proberen hier verder van af te blijven dan bij een neutrale of zelfs prettige stimulus. Bewijs voor dit idee komt van onderzoek van Van Damme en van Spence, welke laten zien dat ruimtelijke aandacht voor pijnlijke stimuli hoger is dan voor neutrale stimuli (Spence, Bentley, Phillips, McGlone, & Jones, 2002; Van Damme, Crombez, & Eccleston, 2004). Helen Anema zal op basis van deze bevindingen gaan onderzoeken of patiënten met chronische hand pijn een grotere veiligheidszone rondom

die hand aanhouden en dus eerder op een visuele stimulus dicht bij de pijnlijke hand reageren.

Kortom, een derde functie van de tast is dat het door middel van visuotactiele associaties het voorspellen van lichamelijke consequenties mogelijk maakt.

## **5. De neuropsychologie van de tastwaarneming**

Ik heb eerder diverse voorbeelden gegeven van veranderingen in tastwaarneming en lichaamservaring na hersenletsel. Deze stoornissen komen relatief vaak voor. Studies van Carey (1995) en Connell, Lincoln, & Radford, (2008) laten zien dat tot 60% van patiënten kort na een beroerte tast-waarnemingsstoornissen ervaart. Lopend onderzoek van Haïke van Stralen, in samenwerking met Martine van Zandvoort en Jaap Kappelle laat een vergelijkbaar percentage zien. Hogere orde lichaamsrepresentatie stoornissen na een beroerte hebben tot nu toe minder aandacht gekregen. Ook dit zal de studie van Haïke in kaart brengen.

Daarnaast is het voor de patiënt bijzonder relevant dat taststoornissen onderkend worden en dat waar mogelijk er binnen de revalidatie aandacht aan besteed wordt. Helaas blijkt er relatief weinig bekend te zijn over welke revalidatie methode effectief is. In samenwerking met de afdeling Revalidatie en Sportgeneeskunde, in het bijzonder met Anne Visser zijn wij momenteel bezig een overzicht te maken van de verschillende revalidatie methoden en te kijken wat de onderliggende processen zijn. Dit vormt hopelijk de basis voor het ontwikkelen van een effectieve interventie voor het verminderen van taststoornissen.

Ik hoop U in de afgelopen 40 minuten te hebben kunnen overtuigen dat tastwaarneming essentieel is voor wie we zijn en hoe we dagelijks functioneren. Hierbij moge het duidelijk zijn dat het niet alleen afhangt van informatie vanuit onze huid en spieren, maar ook van hogere orde cognitieve processen. Daarnaast komen taststoornissen na hersenletsel zoals bij een beroerte relatief vaak voor en is het gevolg dikwijls beperkingen in het dagelijks functioneren. Mijn pleidooi zou dan ook zijn om binnen de klinische neuropsychologische praktijk meer aandacht aan tast- en lichaamsrepresentatiestoornissen te besteden. Maak tastwaarneming een van de functies binnen de neuropsychologische diagnostiek die, net als visuele waarneming, hoort tot het domein van de neuropsycholoog.

## **Dankwoord**

Dan ben ik nu toe aan mijn dankwoord. Gedurende mijn academische leven hebben veel mensen mij kansen gegeven om mijzelf te ontwikkelen en ik wil hier graag mijn dank voor uitspreken. Ik realiseer mij dat ik waarschijnlijk niet volledig ben, maar ik ga toch een poging wagen.

Allereerst, direct gerelateerd aan mijn benoeming als hoogleraar, bedank ik graag het College van Bestuur van de Universiteit Utrecht en de huidige en vorige decaan van de faculteit Sociale wetenschappen, Werner Raub en Willem Koops voor het mogelijk maken van deze leerstoel.

Iets verder terug in mijn carrière wil ik graag mijn promotoren Faraneh Vargha-Khadem & Larry Weiskrantz bedanken voor de kansen die ze mij gegeven hebben in Londen en Oxford en voor mijn eerste introductie in de tastzin.

David Milner wil ik bijzonder bedanken voor de prettige en persoonlijke wijze van samenwerken en vooral voor het laten zien dat ingewikkelde zaken zoals het visuele systeem helder gestructureerd beschreven kunnen worden.

Edward de Haan wil ik bedanken voor de mogelijkheid om in Utrecht te komen werken en voor zijn altijd vooruitziende blik die geleid heeft tot mijn herontdekking van de tastzin.

Onze huidige afdelingsvoorzitter en leerstoelhouder neuropsychologie Albert Postma, ben ik zeer erkentelijk voor zijn steun tijdens de benoemingsprocedure en voor de prettige en goede samenwerking. De neurostaf wil ik graag hier noemen als een groep met fijne collegae waarin klinisch werk en neurocognitieve modellen goed samengaan en dat is bijzonder. De afdeling PF is al ruim 13 jaar mijn academische thuisbasis en ik wil graag de prettige samenwerking met mijn collegae, huidig en eerder, noemen op het gebied van onderwijs en onderzoek.

Collegae op het UMCU, Jaap Kappelle, Geert Jan Biessels Frans Leijten, Pierre Robe, Anne Visser en Bas Neggers, verdienen een speciale vermelding voor de constructieve samenwerking waardoor juist de combinatie van klinisch en neurocognitief onderzoek in Utrecht mogelijk is.

Uiteraard van bijzonder belang zijn de huidige en eerdere leden van het P&A lab in chronologische volgorde, Helen, Marjolein, Lennart, Alyanne, Haike, Anouk, Rudmer, Maartje, Dennis, Manasa en Miranda, zonder wie deze oratie een stuk korter zou zijn geweest.

Van de collegae buiten Utrecht wil ik met name Ivan Toni noemen. Many thanks for allowing me to keep up with what is happening in cognitive neuroscience and also for the quick pasta dishes when we, once again, arrived unannounced at your doorstep.

En dan de familie:

Mijn ouders, wil ik bedanken voor de kans die ze mij gegeven hebben om mijn eigen interesses te volgen, voor de belangstelling en steun door de jaren heen.

De Dijkerman en Chaudhry families in Nederland, Canada en India wil ik speciaal noemen voor de bijzondere basis die ze altijd voor mij vormen.

Tot slot het thuisfront, Shashi, Amit en Alisha, jullie zijn niet alleen degenen die mij ongetwijfeld de meeste ruimte gegeven hebben om mij ook academisch te ontwikkelen, maar er daarnaast voor zorgen dat ik de relativiteit van dit alles inzie. Het fijn het is om iedere dag weer naar jullie thuis te kunnen komen.

Ik heb gezegd.

## Referenties

- Anema, H. A., Van Zandvoort, M. J. E., De Haan, E. H. F., Kappelle, L. J., De Kort, P. L. M., Jansen, B. P. W., & Dijkerman, H. C. (2009). A double dissociation between somatosensory processing for perception and action. *Neuropsychologia*, *47*(6), 1615–20.
- Binkofski, F., Kunesch, E., Classen, J., Seitz, R. J., & Freund, H. J. (2001). Tactile apraxia: unimodal apractic disorder of tactile object exploration associated with parietal lobe lesions. *Brain*, *124*(1), 132–144.
- Blanke, O. (2012). Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. *Nature reviews. Neuroscience*, *13*(8), 556–71.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands “feel” touch that eyes see. *Nature*, *391*(6669), 756.
- Carey, L. M. (1995). Somatosensory loss after stroke. *Critical Reviews in Physical Rehabilitation Medicine*, *7*, 51–91.
- Connell, L. a, Lincoln, N. B., & Radford, K. a. (2008). Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery. *Clinical rehabilitation*, *22*(8), 758–67.
- Dijkerman, H. C., & De Haan, E. H. (2007). Somatosensory processes subserving perception and action. *Behav Brain Sci*, *30*(2), 139–189.
- Driver, J., & Spence, C. (1998). Attention and the crossmodal construction of space. *Trends in cognitive sciences*, *2*(7), 254–62.
- Gallagher, S. (2005). *How the body shapes the mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Graziano, M.S. & Cooke, D.F., 2006. Parieto-frontal interactions, personal space, and defensive behavior. *Neuropsychologia*, *44*(6), 845–859.
- Graziano, M. S., Hu, X. T., & Gross, C. G. (1997). Visuospatial properties of ventral premotor cortex. *J Neurophysiol*, *77*(5), 2268–2292.
- Haan, A. M. De, Anema, H. A., & Dijkerman, H. C. (2012). Fingers Crossed! An Investigation of Somatotopic Representations Using Spatial Directional Judgements. *PLoS one*, *7*(9), e45408.
- Haggard, P., Kitadono, K., Press, C., & Taylor-Clarke, M. (2006). The brain’s fingers and hands. *Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale*, *172*(1), 94–102.
- Head, H., & Holmes, G. (1911). Sensory disturbances from cerebral lesions. *Brain*, *34*(2-3), 102–254.
- Kammers, M. P., De Vignemont, F., Verhagen, L., & Dijkerman, H. C. (2009). The rubber hand illusion in action. *Neuropsychologia*, *47*(1), 204–211.

- Kammers, M. P. M., Mulder, J., De Vignemont, F., & Dijkerman, H. C. (2010). The weight of representing the body: addressing the potentially indefinite number of body representations in healthy individuals. *Experimental brain research*, 204(3), 333–42.
- Karnath, H. O., Baier, B., & Nagele, T. (2005). Awareness of the functioning of one's own limbs mediated by the insular cortex? *J Neurosci*, 25(31), 7134–7138.
- Lackner, J. R. (1988). Some proprioceptive influences on the perceptual representation of body shape and orientation. *Brain*, 111 (2), 281–297.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements: a window into haptic object recognition. *Cognit Psychol*, 19(3), 342–368.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1993). Extracting object properties through haptic exploration. *Acta Psychol (Amst)*, 84(1), 29–40.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Moseley, G. L., Gallace, A., & Spence, C. (2009). and its relationship to cooling of the affected limb. *Brain*.
- Nakamura, J., Endo, K., Sumida, T., & Hasegawa, T. (1998). Bilateral tactile agnosia: a case report. *Cortex*, 34(3), 375–388.
- Paillard, J. (1999). Body schema and body image - a double dissociation in deafferented patients. In G. N. Gantchev, S. Mori, & J. Massion (Eds.), *Motor control, today and tomorrow* (pp. 198–214).
- Poliakoff, E., Miles, E., Li, X., & Blanchette, I. (2007). The effect of visual threat on spatial attention to touch. *Cognition*, 102(3), 405–414.
- Reed, C. L., Caselli, R. J., & Farah, M. J. (1996). Tactile agnosia. Underlying impairment and implications for normal tactile object recognition. *Brain*, 119, 875–888.
- Rizzolatti, G., Scandolara, C., Matelli, M., & Gentilucci, M. (1981). Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses. *Behav Brain Res*, 2(2), 147–163.
- Saetti, M. C., De Renzi, E., & Comper, M. (1999). Tactile morphagnosia secondary to spatial deficits. *Neuropsychologia*, 37(9), 1087–100.
- Soto-Faraco, S., Sinnett, S., Alsius, A., & Kingstone, A. (2005). Spatial orienting of tactile attention induced by social cues. *Psychon Bull Rev*, 12(6), 1024–1031.
- Spence, C., Bentley, D. E., Phillips, N., McGlone, F. P., & Jones, A. K. P. (2002). Selective attention to pain: a psychophysical investigation. *Experimental brain research*, 145(3), 395–402.

- Tsakiris, M., Hesse, M. D., & Boy, C. Haggard, P., & Fink, G.R. (2007). Neural Signatures of Body Ownership : A Sensory Network for Bodily Self- Consciousness. *Cerebral Cortex*, 17(10), 2235–2244.
- Valenza, N., Ptak, R., Zimine, I., Badan, M., Lazeyras, F., & Schnider, A. (2001). Dissociated active and passive tactile shape recognition: a case study of pure tactile apraxia. *Brain*, 124(11), 2287–2298.
- Van Damme, S., Crombez, G., & Eccleston, C. (2004). The anticipation of pain modulates spatial attention: evidence for pain-specificity in high-pain catastrophizers. *Pain*, 111(3), 392–399.
- Van Stralen, H. E., Van Zandvoort, M. J. E., & Dijkerman, H. C. (2011). The role of self-touch in somatosensory and body representation disorders after stroke. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 366(1581), 3142–52.
- Yamamoto, S., & Kitazawa, S. (2001). Reversal of subjective temporal order due to arm crossing. *Nat Neurosci*, 4(7), 759–765.