**De caudate nucleus is betrokken bij non-spatiële navigatie en de hippocampus is betrokken bij spatiële navigatie.**

**Aantal woorden: 1706**

**De caudate nucleus is betrokken bij non-spatiële navigatie en de hippocampus is betrokken bij spatiële navigatie.**

**Inleiding**Navigeren kan op verschillende manieren: non-spatieel en spatieel. Bij de spatiële navigatietechniek wordt een “cognitive map”, een kaart uit het geheugen, gebruikt om te navigeren. Bij non-spatieel navigeren wordt er genavigeerd door te kijken vanuit de eigen bewegingen. In het dagelijks leven worden deze navigatietechnieken constant gebruikt om van een plaats naar een andere plaats te komen. Om zo effectief mogelijk te navigeren en zo snel mogelijk op de gewenste plek aan te komen is het belangrijk om een goede navigatietechniek toe te passen. Welke hersendelen betrokken zijn bij de verschillende navigatietechnieken is nog niet bekend. Uit eerder onderzoek bleek dat bij ratten de hippocampus en het striatum (caudate nucleus en putamen) een belangrijke rol spelen (O’Keefe & Nadel, 1978, McDonald & White, 1994, 1995, Packard & McGaugh, 1996, White & McDonald, 2002, allen aangehaald in Iaria *et al*., 2003). Bij ratten is het striatum betrokken bij het langzame leerproces (Packard & McGaugh, 1996, aangehaald in Iaria *et al*., 2003) waarbij wordt uitgegaan van navigatie vanuit een startpositie door lichaamsbewegingen te analyseren (Eichenbaum *et al*., 1994, aangehaald in Iaria *et al*., 2003). Studies naar temporaalkwab resectie bij mensen (Goldstein *et al*., 1989; Feigenbaum *et al*., 1996; Maguire *et al*., 1996; Morris *et al*., 1996; Abrahams *et al*., 1997, allen aangehaald in Iaria *et al*., 2003) en beschadiging aan de hippocampus en de parahippocampale cortex bij mensen (Bohbot *et al.*, 1998, Holdstock *et al.*, 2000, beide aangehaald in Iaria *et al*., 2003) suggereren dat de hippocampus een belangrijke rol speelt bij het spatiële geheugen. Het bestaan van verschillende navigatietechnieken, namelijk een “cognitive map”(Tolman, 1948, O’Keefe & Nadel, 1978, beide aangehaald in Hartley *et al.*, 2003) en het leren van een route door herhaling (Jueptner *et al.*, 1997a, 1997b, aangehaald in Hartley *et al.*, 2003) is al wel aangetoond. Het is nog niet bekend welke hersendelen bij mensen een rol spelen bij de verschillende navigatietechnieken. In dit onderzoek wordt onderzocht welke hersendelen bij mensen een rol spelen bij de verschillende navigatietechnieken.
Om deze vraag te kunnen beantwoorden zal worden ingegaan op de verschillende navigatietechnieken. Eerst zal worden ingegaan op de spatiële navigatietechniek. Daarna zal er worden ingegaan op de non-spatiële navigatietechniek.

**De hippocampus is betrokken bij spatiële navigatie en zorgt voor accurate navigatie bij spatieel navigeren.**In deze paragraaf wordt de spatiële navigatietechniek behandeld. Iaria *et al*. (2003) lieten zien dat er bij de groep die de spatiële navigatietechniek toepaste een significant groter BOLD signaal was in de rechter hippocampus vergeleken met de controle groep. Dit onderzochten ze door de deelnemers van het onderzoek in een virtuele omgeving de opdracht te geven om objecten te pakken. Het onderzoek bestond uit 2 onderdelen. Bij het eerste onderdeel waren er op 4 van de 8 armen van het virtuele landschap objecten en moesten de deelnemers onthouden op welke armen objecten stonden. Bij het tweede onderdeel kregen de deelnemers dezelfde opdracht maar was het landschap niet meer zichtbaar, waardoor de deelnemers geen herkenningspunten uit de omgeving konden gebruiken om te navigeren. Uit de fMRI scans bleek dat er een positieve correlatie was tussen het aantal fouten (het betreden van een arm zonder object) en een hoger BOLD signaal in de rechter hippocampus. Er was een negatieve correlatie tussen activiteit in de caudate nucleus en het aantal fouten.
Bohbot *et al*. (2007) gebruikten in hun onderzoek dezelfde virtuele omgeving als in het onderzoek van Iaria *et al*. (2003) waarin de deelnemers verschillende trials moesten uitvoeren waarbij bepaalde armen waren geblokkeerd. In de derde trial was het landschap niet meer zichtbaar. Er werd met voxel-based morphometry gekeken naar de relatie tussen het aantal fouten tijdens het navigeren en de dichtheid van de grijze stof in de caudate nucleus en de hippocampus. Hieruit kwam dat deelnemers die de spatiële navigatietechniek gebruikten meer fouten maakten toen de herkenningspunten in het landschap weggehaald waren en dat zij een grotere dichtheid hadden van grijze stof in de hippocampus. Hoe meer de deelnemers spatieel navigeerden, hoe minder hoog de dichtheid van de grijze stof in de caudate nucleus. Uit dit onderzoek kwam ook dat hoe hoger de dichtheid van de grijze stof in de hippocampus was, hoe groter de kans was dat deze deelnemers de spatiële navigatietechniek zouden toepassen.

De rol van de hippocampus bij spatiële navigatie is ook door Hartley *et al*. (2003) onderzocht. In dit onderzoek werden er fMRI scans gemaakt terwijl deelnemers een wayfinding taak moesten uitvoeren en dus spatieel moesten navigeren. Hiervoor mochten de deelnemers eerst een virtuele omgeving verkennen en moesten ze daarna zo effectief mogelijk naar een bepaald punt navigeren. Hieruit kwam dat bij een accurate navigatie de activiteit in de hippocampus hoog was. Hoe actiever de hippocampus was, hoe minder fouten (extra gelopen meters) er werden gemaakt tijdens het navigeren. Bij een hogere activiteit in de caudate nucleus werden er juist meer fouten gemaakt bij een wayfinding taak.
Uit deze onderzoeken blijkt dat de hippocampus betrokken in bij spatiële navigatie. Bij het uitvoeren van een spatiële navigatietaak zorgt activatie van de hippocampus voor een accuratere navigatie. Het toepassen van de spatiële navigatietechniek bij een non-spatiële taak en dus de activatie van de hippocampus zorgt voor meer fouten en een minder accurate navigatie.

**De caudate nucleus is betrokken bij non-spatiële navigatie en zorgt voor accurate navigatie bij non-spatieel navigeren.**De tweede navigatietechniek, de non-spatiële navigatietechniek, wordt in deze paragraaf behandeld. Uit de fMRI scans van het eerder genoemde onderzoek van Iaria *et al*. (2003) kwam dat er bij de deelnemers die een non-spatiële navigatietechniek toepasten een significant hogere activiteit was in de caudate nucleus vergeleken met de groep die een spatiële techniek toepaste. In de non-spatiële navigatiegroep was er geen significante activiteit in de hippocampus. Tussen het aantal fouten en het BOLD signaal in de caudate nucleus was een negatieve correlatie. Activatie van de caudate nucleus bij een non-spatiële navigatietaak zorgde dus voor een accurater resultaat. Bij de route-following taak in het onderzoek van Hartley *et al*. (2003) was de navigatie accurater bij een hogere activiteit in de caudate nucleus, wat overeen komt met de resultaten van Iaria *et al*. (2003). Bij deze taak moesten de deelnemers een geleerde route volgen. Een hogere activiteit in de hippocampus zorgde voor een slechtere navigatie bij route following ten opzichte van de wayfinding taak. Uit het eerder genoemde onderzoek van Bohbot *et al*. (2007) kwam dat deelnemers die een non-spatiële strategie toepasten een hogere dichtheid van grijze stof in de caudate nucleus hadden en accurater navigeerden bij een non-spatiële navigatietaak. Hoe hoger de dichtheid van de grijze stof in de caudate nucleus, hoe groter de kans dat deze deelnemers een non-spatiële navigatietechniek zouden toepassen.
Uit deze resultaten kan dus worden geconcludeerd dat activatie van de caudate nucleus bij een non-spatiële navigatietaak zorgt voor een accurater resultaat. Activatie van de hippocampus resulteert bij non-spatiële navigatietaak in een minder accurate navigatie.

**Discussie**Uit de verschillende onderzoeken blijkt dat de caudate nucleus een rol speelt bij non-spatieel navigeren. Een grotere dichtheid van grijze stof en meer activatie van de caudate nucleus zorgen bij een taak waarbij non-spatieel genavigeerd moet worden voor een accurater resultaat. Daarnaast blijkt uit de onderzoek dat de hippocampus betrokken is bij spatieel navigeren. Een grotere dichtheid van grijze stof en meer activatie van de hippocampus zorgt bij een taak waarbij spatieel genavigeerd moet worden voor een accurater resultaat.

Er kan dus geconcludeerd worden dat de caudate nucleus betrokken is bij non-spatieel navigeren en zorgt voor een accuratere navigatie bij een non-spatiële navigatietechniek. De hippocampus is betrokken bij spatieel navigeren en zorgt voor een accuratere navigatie bij het toepassen van een spatiële navigatietechniek.

Uit het onderzoek van Hartley *et al*. (2003) blijkt dat het toepassen van een andere of verkeerde navigatietechniek en dus het gebruiken van andere hersendelen bij bepaalde navigatietaken zorgt voor een minder accurate navigatie. De dichtheid van grijze stof in de caudate nucleus en de hippocampus heeft invloed op de keuze van navigatietechniek (Hartley *et al.*, 2003) en beïnvloedt dus ook erg hoe iemand presteert bij een navigatietaak. Hiermee zou rekening gehouden kunnen worden bij het doen van onderzoek naar navigatietechnieken en het aantal fouten daarbij. “Goede” navigators (navigators die weinig fouten of extra meters maken) hebben bij non-spatiële navigatie meer activiteit in hun caudate nucleus en bij spatiële navigatie meer activiteit in hun hippocampus . Deze navigators hebben een relatief grote dichtheid van grijze stof in zowel hun hippocampus als in hun caudate nucleus (Hartley *et al*., 2003) en passen dus op het goede moment de goede navigatietechniek toe, waardoor zij bij onderzoek naar navigatie beter scoren dan slechte navigators. Dit zou de resultaten van de onderzoeken kunnen beinvloeden. De resultaten van de onderzoeken kwamen echter wel overeen en leidden tot een duidelijke conclusie, namelijk de betrokkenheid van de caudate nucleus bij non-spatiële navigatie en de hippocampus bij spatiële navigatie.

Uit eerder onderzoek bleek dat er verschillende navigatietactieken zijn, namelijk het leren van een route door herhaling (Jueptner *et al.*, 1997a, 1997b, aangehaald in Hartley *et al.*, 2003) en het gebruiken van een “cognitive map” (Tolman, 1948, O’Keefe & Nadel, 1978, beide aangehaald in Hartley *et al.*, 2003) en dat de hippocampus (Bohbot *et al.*, 1998, Holdstock *et al.*, 2000, beide aangehaald in Iaria *et al*., 2003) en de caudate nucleus (Goldstein *et al*., 1989; Feigenbaum *et al*., 1996; Maguire *et al*., 1996; Morris *et al*., 1996; Abrahams *et al*., 1997, allen aangehaald in Iaria *et al*., 2003) betrokken zijn bij navigatie. Dit komt overeen met de resultaten uit de bovenstaande onderzoeken.

Door de goede navigatietechniek toe te passen tijdens een navigatietaak wordt de navigatie accurater en zullen er minder fouten gemaakt worden tijdens het navigeren, waardoor er effectiever genavigeerd kan worden. Dit zorgt ook voor betere navigatie in het dagelijks leven waardoor er sneller van plaats naar plaats genavigeerd kan worden.
Er kan vervolgonderzoek worden gedaan naar hoe de spontane keuze van navigatietechniek kan worden beïnvloedt, waardoor de juiste navigatietechniek zal worden gekozen en er beter genavigeerd kan worden.
Wat uit dit verslag geconcludeerd kan worden is dat er verschillende hersendelen betrokken zijn bij verschillende navigatietechnieken. De caudate nucleus is betrokken bij non-spatieel navigeren en de hippocampus is betrokken bij spatieel navigeren. Het toepassen van de juiste navigatietechniek zorgt voor de accuraatste navigatie.

**Literatuurlijst**

Bohbot, V.D., Lerch, J., Thorndycraft, B., Iaria, G. & Zijdenbos, A.P. (2007). Gray matter differences correlate with spontaneous strategies in a human virtual navigation task. *The Journal of Neuroscience*, 27, 10078-10083.
Hartley, T., Maguire, E.A., Spiers, H.J. & Burgess, N. (2003). The well-worn route and the path less traveled: Distinct neural bases of route following and wayfinding in humans. *Neuron*, 37, 877-888.

Iaria, G., Petrides, M., Dagher, A., Pike, B. & Bohbot, V.D. (2003). Cognitive strategies dependent on the hippocampus and caudate nucleus in human navigation: Variability and change with practice. *The Journal of Neuroscience*, 23, 5945-5952.