

8.4 Taal

Peter Hagoort

Inleiding
 Het menselijk taalsysteem
 De neurale basis van taal
 – Wernicke-Lichtheim-Geschwind-model
 – Memory-unification-control-model
 Hersennetwerken
 Tot slot
 Literatuur

Inleiding

Geen andere soort dan *Homo sapiens* heeft in de loop van zijn evolutionaire geschiedenis een communicatiesysteem ontwikkeld waarin een eindig aantal symbolen samen met een reeks van regels voor het combineren daarvan een oneindig aantal uitdrukkingen mogelijk maakt. Dit natuurlijke taalsysteem stelt leden van onze soort in staat gedachten een uiterlijke vorm te geven en uit te wisselen met soortgenoten en, door de uitvinding van schriftsystemen, met de gehele samenleving. Spraak en taal zijn effectieve middelen voor het behoud van sociale cohesie in samenlevingen waarvan de groeps grootte en de complexe sociale organisatie van dien aard is dat andere manieren daarvoor ontoereikend zijn. Onze genetische burenen, de primaten van de oude wereld, bevorderen sociale cohesie door elkaar te vlooiën. Dat is niet langer mogelijk bij een groeps grootte boven honderdvijftig leden als je ook nog tijd wilt overhouden voor het verkrijgen van voedsel en nakroost (Dunbar, 1966; Levelt, 1999).

Het menselijk taalsysteem

De generatieve kracht van het menselijk taalsysteem berust op zijn driedelige architectuur (Jackendoff, 2002), waarin taalrelevante informatie gecodeerd wordt in ten minste drie afzonderlijke representaties: een voor betekenis, een voor syntaxis (zinsbouw), en een voor de klankstructuren van woorden en uitingen. Door deze representatiestructuren met elkaar in verband te brengen kan de inhoud van de boodschap van de spreker uitgedrukt worden als een lineaire reeks spraakklanken. Anderzijds wordt tijdens het luisteren naar spraak de boodschap via een aantal stappen uit het spraaksignaal gedestilleerd. Deze stappen bestaan onder andere uit het segmenteren van het continue spraaksignaal in afzonderlijke woorden en klanken, het ophalen van met die woorden verbonden informatie uit het geheugen, zoals de betekenis en de grammaticale eigenschappen, en ten slotte het combineren van afzonderlijke woordinformatie tot een coherente interpretatie van de gehele uiting. Dit alles voltrekt zich in een razend tempo. Wij spreken en verstaan zonder enig probleem twee tot vijf woorden per seconde. Wie zich realiseert dat de gemiddelde

spreker kennis over meer dan vijftigduizend woorden in zijn geheugen heeft opgeslagen, zal moeten toegeven dat snelheid en complexiteit twee centrale aspecten van het menselijk taalvermogen zijn. Bovendien laat de klinische praktijk zien dat hersenbeschadiging tot zeer diverse taaluitvalsverschijnselen kan leiden, afhankelijk van welk aspect van dit complexe vermogen is aangedaan.

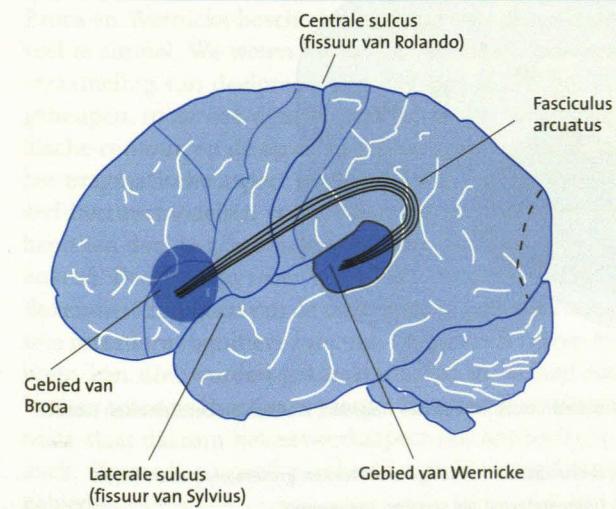
Taal komt dus tot stand door het samenspel van meerdere hersengebieden. Wat weten we inmiddels over de talige menselijke hersenen?

De neurale basis van taal

Wernicke-Lichtheim-Geschwind-model

In tegenstelling tot andere centrale functies zoals waarneming en geheugen beschikken we voor taal niet over een volledig diermodel dat ons richting geeft bij het zoeken naar de neurale basis van deze functie. In de laatste decennia hebben we echter de beschikking gekregen over een aantal hersenscanningstechnieken die enorm geholpen hebben bij het verder ontrafelen daarvan. Tot dan toe waren we aangewezen op experimenten van de natuur in de vorm van afasiepatiënten met een hersenbeschadiging. De geschiedenis van patiëntenonderzoek naar taal gaat ten minste terug tot de tweede helft van de negentiende eeuw, toen de neurologen Broca en Wernicke hun belangrijke ontdekkingen deden. Met de bijdrage van Norman Geschwind in de jaren zestig van de twintigste eeuw ontstond het klassieke model van de neurale basis van taal. Dit model, ook wel het Wernicke-Lichtheim-Geschwind-model genoemd, geeft de volgende schets: taal is bij

Figuur 8.4.1 Het klassieke model van taal in het brein



Het gebied van Broca en het gebied van Wernicke in de linker hersenhelft spelen een centrale rol. Ze worden verbonden door een vezelbaan: de fasciculus arcuatus.

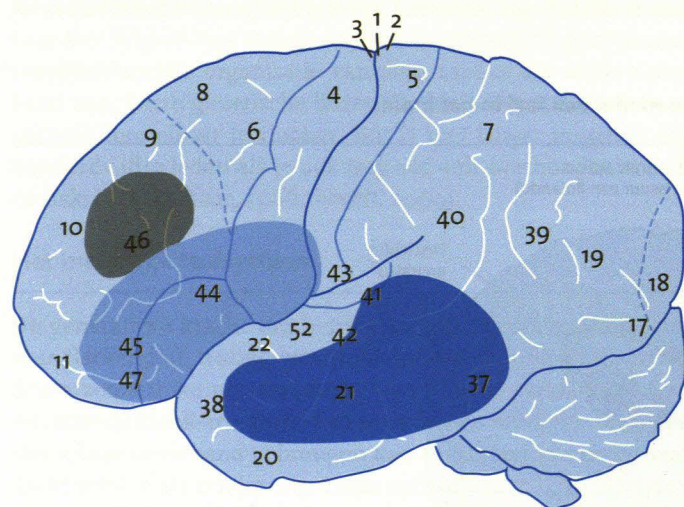
de overgrote meerderheid van ons gelokaliseerd in de perisylvische cortex van de linker hersenhelft. Daarbinnen is het gebied van Broca, gelegen in de frontale cortex, verantwoordelijk voor het produceren van taal. Het gebied van Wernicke in de temporale cortex, zorgt ervoor dat we gesproken taal begrijpen. De communicatie tussen deze twee cruciale gebieden wordt verzorgd door de fasciculus arcuatus (figuur 8.4.1).

Memory-unification-control-model

Het hierboven beschreven klassieke model is onjuist gebleken, maar nog steeds van invloed in neurologische kringen, waar laesies in het gebied van Broca geassocieerd worden met problemen in het produceren van taal en een laesie in het gebied van Wernicke met een gestoord taalbegrip. Inmiddels is deze opvatting echter verlaten voor adequatere modellen van de taakverdeling tussen de bij taal betrokken gebieden. Een daarvan is het *memory-unification-control-model* (figuur 8.4.2) (Hagoort, 2005; 2014; Hagoort & Indefrey, 2014).

Volgens het *memory-unification-control-model* zijn de temporale cortex en delen van de pariëtale cortex cruciaal voor het ophalen van de informatie die gedurende de taalontwikkeling in ons geheugen is opgeslagen (*memory*). Dit betreft onder andere de klankaspecten van woorden (superieure temporale gyrus), de betekenis van woorden (inferieure

Figuur 8.4.2 De kerngebieden van het menselijk taalvermogen



Donkerblauw: gebieden voor taalgeheugen waaruit onze kennis van woorden, klanken en betekenissen worden opgehaald.

Lichtblauw: dit gebied in de frontale cortex is cruciaal om uit talige brokstukken grotere eenheden (zoals zinnen) te bouwen, zowel tijdens luisteren (interpreteren) als spreken (genereren).

Grijs: dit gebied in de frontale cortex is van belang om controle uit te oefenen, de juiste taal in de juiste context te selecteren, et cetera. De nummers representeren de zogeheten gebieden van Brodmann.

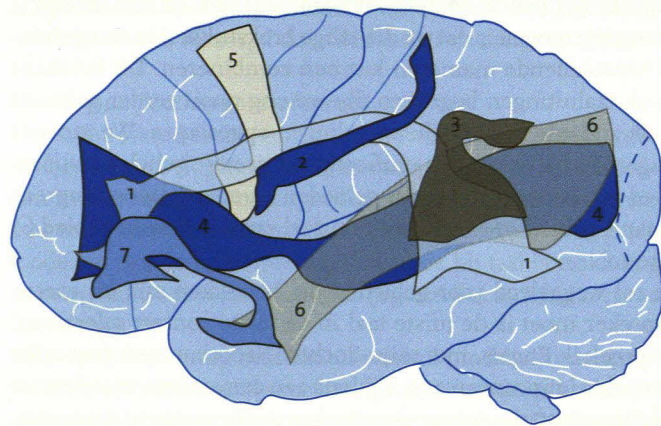
temporale cortex en delen van de pariëtale cortex) en de grammaticale eigenschappen van woorden (middelste deel van de temporale cortex). Grammaticale informatie betreft onder andere de woordsoort ('bed' is een zelfstandig naamwoord; 'slapen' een werkwoord) en het grammaticale geslacht ('bed' is onzijdig; vandaar 'het bed' en niet 'de bed'). Het unieke van het menselijk taalvermogen is dat we die talige brokstukken in ons geheugen op een eindeloos aantal verschillende manieren kunnen combineren. Dit betekent dat we met het grootste gemak taaluitingen begrijpen die we nog nooit eerder gehoord hebben en die dus ook niet als zodanig in het geheugen liggen opgeslagen. We moeten de brokstukken uit het geheugen derhalve kunnen unificeren tot grotere geheelen (*unification*). Daarbij spelen het gebied van Broca (Brodmann-gebieden 44 en 45) en de aangrenzende gebieden (zoals Brodmann-gebied 47 en het ventrale deel van Brodmann-gebied 6) een buitengewoon belangrijke rol.

Ten slotte is een belangrijke rol weggelegd voor gebieden die betrokken zijn bij executieve controle (*control*). Als spreker moet ik de juiste taal in de juiste context selecteren. Met internationale collega's spreek ik Engels, met mijn dochter Nederlands en met mijn werkgever Duits. Een ander voorbeeld is conversatie. Tijdens een conversatie wisselen we steeds van rol. Op een bepaald moment zijn we spreker, op een ander moment luisteraar. We moeten deze conversatie voortdurend monitoren om te zien wanneer we aan de beurt zijn als spreker en wanneer als luisteraar. Bij dit soort controleprocessen spelen de dorso-laterale prefrontale cortex en de anterieure cingulaire cortex een voorname rol.

Hersennetwerken

In het klassieke model is de fasciculus arcuatus de cruciale vezelbaan die de taalgebieden verbindt. Ook dat aspect behoeft aanpassing. Op basis van diffusiegewogen MRI is inmiddels duidelijk geworden dat er naast dorsale routes (waaronder de fasciculus arcuatus) ook ventrale vezelbanen zijn die de taalgebieden met elkaar verbinden (figuur 8.4.3). Broca en Wernicke beschouwden losse woorden als de kern van het taalsysteem. Dat is veel te simpel. We weten nu dat het menselijk taalvermogen is opgebouwd uit een hele verzameling van deelprocessen; dus niet alleen het ophalen van losse woorden uit het geheugen, maar ook deze te combineren tot welgevormde uitingen met de juiste prosodische contour, en de op de luisteraar toegesneden hoeveelheid informatie (dat laatste is het pragmatische aspect van taal). Deze deelprocessen zijn gespecificeerd in cognitieve architectuurmodellen van produceren en begrijpen van taal. De neurobiologie van taal heeft ten doel te achterhalen hoe deze verschillende componenten in het brein zijn verankerd. Daarbij zijn meer gebieden betrokken dan de gebieden van Broca en Wernicke. Bovendien zijn geen van de taalrelevante gebieden alleen maar bij taal betrokken. Zij dienen meerdere cognitieve functies. De precieze relatie tussen een cognitieve functie en het brein kan niet worden gekarakteriseerd in termen van 'één-hersengebied-één-functie'. Veeleer worden functies verzorgd door een heel netwerk van gebieden. In toenemende mate staat daarom het netwerkaspect van het brein op de agenda van het hersenonderzoek. Figuur 8.4.3 geeft een beeld van de netwerkorganisatie van de voor taal relevante gebieden.

Figuur 8.4.3 Vezelbanen die de taalgieden in de temporale, pariëtale en frontale hersenschors verbinden



- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 Fasciculus arcuatus longitudinalis | 5 Frontale schuine baan |
| 2 Fasciculus arcuatus anterior | 6 Fasciculus longitudinalis inferior |
| 3 Fasciculus arcuatus posterior | 7 Fasciculus uncinatus |
| 4 Fasciculus occipitofrontalis inferior | |

Tot slot

Veel van de huidige inzichten die in de laatste jaren verworven zijn, zijn te danken aan de ontwikkeling van beeldvormende technieken zoals MRI en MEG/EEG. Zelfs in afwezigheid van een adequaat diermodel kunnen we daardoor de sprekende hersenen onderzoeken. Patiënten met een taalstoornis, zoals afasie, laten een veelvoud aan diverse taaluitvalsverschijnselen zien afhankelijk van plaats en omvang van de hersenlaesie. Diagnostisch instrumentarium, zoals de Akense Afasie Test, is beschikbaar, maar een adequate behandeling is nog altijd niet in zicht, ondanks een hele variatie aan logopedische interventieprogramma's.

Box 8.4.1 Afwijkingen in de taalfuncties

Afwijkingen in de taalfuncties kunnen een gevolg zijn van neurologische of psychiatrische ziektebeelden.

Afasie is een beschadiging van bij taal betrokken gebieden, meestal in de temporofrontale gebieden van de linker hersenhelft. Afhankelijk van aard en locatie van de laesie kan een verscheidenheid aan uitvalsverschijnselen optreden. Deze zijn onder andere woordvindingsproblemen, jargon van niet-bestaande woorden, grammaticaal gereduceerde of incorrecte uitingen. Ook bij dementie kunnen taaluitvalsverschijnselen optreden. Bij semantische dementie neemt in de loop van het ziekteproces de beschikbaarheid van betekenisvolle inhoud af.

Patiënten met een autismespectrumstoornis (ASS) hebben veelal moeite de bedoeling van een uiting te begrijpen. Als een restaurantbezoeker tegen de ober zegt: 'Mijn soep is koud' is dat formeel een bewering, maar impliciet een verzoek om een nieuwe, warme kop soep te brengen. Dit impliciete verzoek zou door een autistische ober veelal niet opgepikt worden. Uit onderzoek is gebleken dat het achterhalen van de bedoeling van een talige uiting afhankelijk is van hersengebieden die bij Theory of Mind (ToM) betrokken zijn.

Literatuur

- Anwander, A., Tittgemeyer, M., von Cramon, D.Y., Friederici, A.D., & Knösche, T.R. (2007). Connectivity-based parcellation of Broca's area. *Cerebral Cortex* 17, 816-825.
- Dunbar, R.I.M. (1966). Determinants of group size in primates: a general model. Evolution of social behaviour patterns in primates and man. In: J. Maynard Smith, W.G. Runciman, & R.I.M. Dunbar (Eds.), *Evolution of social behaviour patterns in primates and man* (p. 33-57). Oxford: Oxford University Press.
- Hagoort, P. (2005). On Broca, brain, and binding: a new framework. *Trends Cogn Sci*, 9, 416-435.
- Hagoort, P. (2014). The language-ready human brain. *Curr Opin Neurobiol*, 28, 136-141.
- Hagoort, P., & Indefrey, P. (2014). The neurobiology of language beyond single words. *Annu Rev Neurosci*. 37, 347-362.
- Jackendoff, R. (2002). *Foundations of language*. Oxford: Oxford University Press.
- Levelt, W.J.M. (1999). A blueprint of the speaker. In: C. Brown & P. Hagoort (Eds.), *The neurocognition of language* (Ch. 4). Oxford: Oxford University Press.