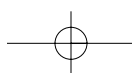


Hersenen op de noodrem: de snelheid van stoppen

Je wil oversteken en net op dat moment komt er een brandweerauto met loeiende sirenes de hoek om. Je verstart in je houding en de auto passeert je rakelings. Op tijd stoppen is vaak belangrijker om te overleven dan snel starten. Onze hersenen trekken dan ook aan de noodrem als dat nodig is.



Een slagman bij een honkbalwedstrijd staat klaar om een home run te slaan. Hij houdt zijn ogen strak op de bal die met grote snelheid op hem afkomt. Zijn armen zetten de krachtige zwaaibeweging al in ... maar op het allerlaatste moment stopt hij zijn beweging abrupt; de effectbal duikt namelijk plotseling weg van de slagplaat. De bal is wijd.

We hebben het vermogen om gedrag flexibel aan te passen en rigoureuus af te breken als het nodig is. Niet alleen het waarnemen van de veranderingen uit de omgeving (de bal gaat wijd) maar ook de snelheid van de reactie is doorslaggevend. Evolutionair gezien is het belangrijk om in een fractie van een seconde te kunnen stoppen als de omgeving daarom vraagt. Een kikker die snel stopt met kwaken als er een reiger in de buurt is, overleeft zijn broertje die later reageert. Maar wat gebeurt er nu in het brein voorafgaand aan het stoppen? En hoe snel kun je eigenlijk stoppen?

Vrije wilsbeschikking

Cognitiefpsychologen bestuderen mentale verrichtingen in het brein, zoals denken, herinneren, de aandacht richten, plannen en stoppen. Een van de manieren om meer te weten te komen over deze hersenprocessen is het meten van de reactietijden. Deze methode van onderzoek passen psychologen al meer dan een eeuw met succes toe.

De Nederlandse fysioloog Franciscus Donders kwam rond 1868 op het idee om de tijd te meten die hersenen nodig hebben om binnenkomende informatie (de stimulus) te verwerken en om te zetten in actie (de respons). Een revolutionaire gedachte in een tijd waarin men dacht dat mentale processen zich onmeetbaar snel voltrokken.

Donders mat met voor die tijd zeer geavanceerde meetinstrumenten tot op de milliseconde (= eenduizendste se-

conde) nauwkeurig de tijd om te reageren (het indrukken van een knop na het oplichten van een lampje of een andere prikkel).

Zo'n simpele respons duurt circa 200 milliseconden. Het kost meer tijd als de proefpersoon moet kiezen met welke hand hij moet reageren. Dat vergt 284 milliseconden. Het verschil is volgens Donders 'de tijd die nodig is voor de vrije wilsbeschikking'. Tegenwoordig zouden we dat verschil in reactietijd toeschrijven aan de tijd die nodig is voor het mentale proces van 'stimulus-responsvertaling'.

Een probleem bij het onderzoek naar de snelheid van stopgedrag (inhibitieve controle) is dat het niet direct te zien is; als alles goed gaat, wordt het gedrag immers gestopt en valt er dus niets te meten. Daarom is de zogenaamde stoptaak ontwikkeld. Terwijl proefpersonen bezig zijn met een eenvoudig taakje op de computer horen ze onverwacht een toon waarna ze proberen om te stoppen, zoals de slagman zijn slag op de plots afwijkende bal probeert te weerhouden.

De tijd die de hersenen nodig hebben om de beweging af te breken, kunnen we berekenen uit de normale reactietijd en het aantal keren dat het lukt om op tijd te stoppen (zie kader). Gezonde mensen van een jaar of twintig blijken dan in staat binnen 200 milliseconden hun gedrag af te breken. Stoppen gaat binnen een bepaalde stoptaak altijd sneller dan de gemiddelde normale reactietijd.

Actieve gebieden

Er zijn technieken ontwikkeld waarmee we in de hersenen kunnen kijken. Het bekende EEG (elektro-encefalogram) toont de elektrische activiteit van het brein gemeten via sensoren (elektroden) op het hoofd. De timing van de activiteit, dus op welk moment er iets ge-

Wery van den Wildenberg Richard Ridderinkhof

Afdeling Psychologie, Universiteit van Amsterdam

Drs Wery van den Wildenberg (1973)

volgde na zijn studie klinische neuropsychologie een internship neuropsychologie bij het VA-Medical Center in Boston, Massachusetts, vs. April 2003 hoopt hij te promoveren op een proefschrift over de mentale en fysiologische processen die een rol spelen bij stopgedrag.

Prof dr Richard Ridderinkhof (1964) promoveerde in 1993 als psychofysioloog op onderzoek naar aandacht en impulsiviteit bij kinderen. Hij verricht aan de Universiteit van Amsterdam onderzoek naar de relaties tussen het brein en cognitieve controlefuncties. Sinds kort is hij ook bijzonder hoogleeraar cognitieve veroudering aan de Universiteit Leiden.

beurt, kan hiermee zeer nauwkeurig worden gemeten. EEG is minder specifiek over de oorsprong en de locatie van de activiteit in de hersenen.

Een nieuwere techniek is fMRI (*functional magnetic resonance imagery*). Deze is gevoeliger voor lokale toenames van de bloedtoevoer in de hersenen. Een hersengebied met actievere hersencellen krijgt verhoudingsgewijs meer zuurstofrijk bloed aanvoerd dan een minder actief gebied. De meettechniek registreert de daarmee samenhangende lokale veranderingen in magnetische eigenschappen van nabijgelegen hersenweefsel. Een fMRI-scan heeft als voordeel dat het de anatomische structuur van het brein en de actieve delen tegelijkertijd laat zien. Het meten van de tijd is bij fMRI wel een stuk minder nauwkeurig dan bij EEG.

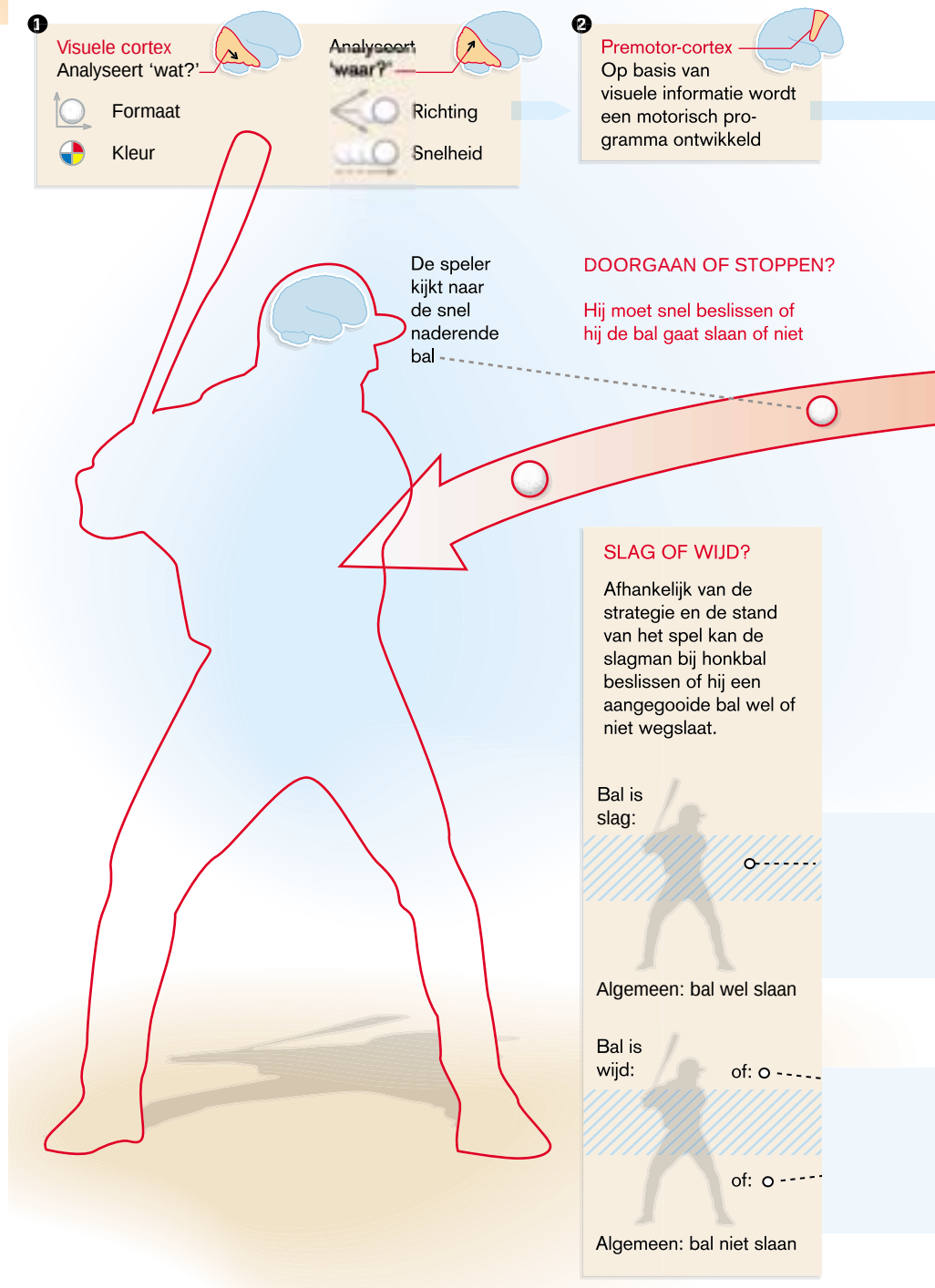
Het brein van de honkballer

Terwijl de slagman klaar staat voor zijn slag, werken zijn hersenen op volle toeren. Bij het uitvoeren en voorbereiden van (motorische) handelingen beïnvloeden de diverse delen van de hersenen elkaar.

Deze technieken geven ons ook inzicht in de hersenen van de honkballer uit ons voorbeeld. Terwijl hij klaar staat om te slaan, komt de informatie over de bal die op hem afstuist, via zijn ogen terecht in de visuele gebieden, aan de achterzijde van zijn brein. De gegevens worden gesplitst in twee delen. De identificatie van de bal, zoals de grootte en de vorm, wordt verwerkt door de temporale route (de 'wat-route'). De locatie en bewegingen van de bal komen volgt de pariëtale route (de 'waar-route'). Gebieden diep in de hersenen, zoals de amygdala en de hypothalamus, spelen een belangrijke rol bij de motivatie van de honkbalspeler en regelen zijn hartslag en ademhaling.

Ondertussen wordt de zwaaibeweging al voorgeprogrammeerd door de premotorische en supplementair motorische hersengebieden. Het cerebellum (de kleine hersenen) en de basale ganglia zijn bezig met het afstemmen van de beweging. De primaire motorische hersenschors stuurt uiteindelijk via het ruggenmerg prikkels naar de spieren van de arm.

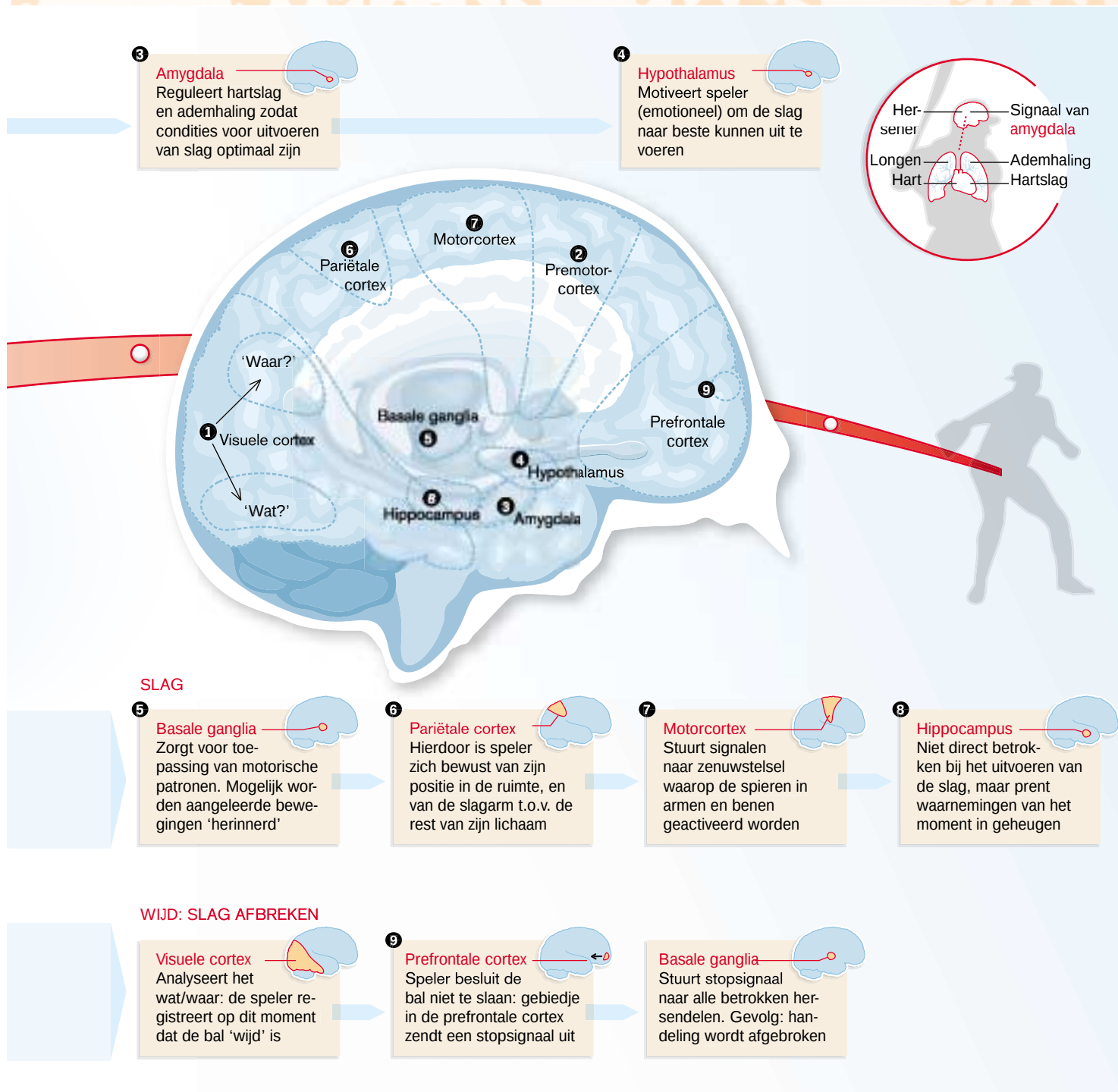
Maar de bal verandert van richting en gaat wijd. Op het moment dat de slagman dat ziet, vuurt een klein gebiedje in de prefrontale cortex (de hersenschors vooraan in het brein) een signaal om in interactie met de basale ganglia de motorische hersengebieden op te dragen de beweging te stoppen.



Het hersengebiedje in het voorhoofd dat het stopgedrag stuurt, speelt ook een belangrijke rol bij het onderdrukken van irrelevante informatie. Om goed te kunnen reageren op de stortvloed van prikkels uit de omgeving moet je juist die gegevens oppikken die relevant zijn voor waar je mee bezig bent. Tegelijkertijd is het handig dat je de aandacht niet

laat afleiden door zaken die op dat moment niet zo belangrijk zijn. In het verkeer let je immers niet op elke stoepteg (irrelevante informatie), maar hopelijk wel op het verkeerslicht (relevante informatie).

Individuele verschillen in stopsnelheid zijn gedeeltelijk hierop terug te voeren. Zo blijken mensen die hoog



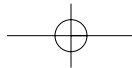
scoren op impulsiviteit en extraversie – zij die bevestigend antwoorden op vragen als 'Ga je graag naar wilde feestjes?' – over het algemeen genomen een tragere stoptijd vertonen, terwijl de gewone reactiesnelheid op signalen niet blijkt te verschillen van controlegroepen. Het gaat dus niet om een algemeen verschil in snelheid maar om een specifiek ver-

schil in de mentale processen die nodig zijn om een actie af te breken.

Als we de lijn van impulsiviteit en extraversie doortrekken komen we op het terrein van de psychopathologie. Met hulp van specifieke patiëntengroepen kunnen we veel ophelderen over de basis van stopcontrole. Met name in de laatste jaren is veel onderzoek gedaan

bij kinderen met *Attention Deficit / Hyperactivity Disorder*, de zogenoemde ADHD-kinderen. Zij hebben een ontwikkelingsstoornis die zich kenmerkt door slechte concentratie en hyperactiviteit.

ADHD-kinderen hebben meer moeite met het onderdrukken van gedrag dan andere kinderen. Hun gewone reactietijden zijn niet anders, maar ze maken



wel meer fouten bij het stoppen. Dit uit zich bij een onderzoek met de stoptaak door langzamere stoptijden. Met fMRI is tijdens deze experimenten ook minder activiteit te zien in de hersenen van ADHD-kinderen dan bij andere kinderen. Het veelgebruikte medicijn ritaline (werkzame stof: methylfenidaat) lijkt hun vermogen op het laatste moment te stoppen enigszins te verbeteren.

In Amsterdam werken we ook met parkinsonpatiënten waarbij een elektrode is geïmplantéerd in de *nucleus subthalamicus*, een kern van de basale ganglia, een gebied diep in de hersenen dat in verband wordt gebracht met de motoriek. Deze operatie helpt tegen de belangrijkste symptomen van de ziekte van Parkinson. De patiënten beven minder en hun spieren zijn aanmerkelijk minder stijf

dankzij de hoogfrequente stroompjes die de elektrode uitzendt. De elektrode staat in verbinding met een schakelaar ter hoogte van de borst via een draadje onder de huid. De arts kan de elektrode daarmee op afstand uit en aan zetten.

We lieten de patiënten tweemaal de stoptaak uitvoeren; eenmaal met de elektrode aan en eenmaal terwijl deze is uitgeschakeld. Stoppen bleek aanzienlijk

Stoptaak

Proefpersonen voeren een keuze-reactietijd-taak uit op de computer. Als ze een X zien op een monitor reageren ze zo snel mogelijk door een knop in te drukken met de linkerhand. Als ze een O zien, drukken ze snel op een knop met de rechterhand. De ene keer reageren ze sneller dan de andere keer. De verdeling van de reactietijden is weergegeven in een frequentiediagram (rode lijn).

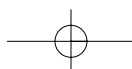
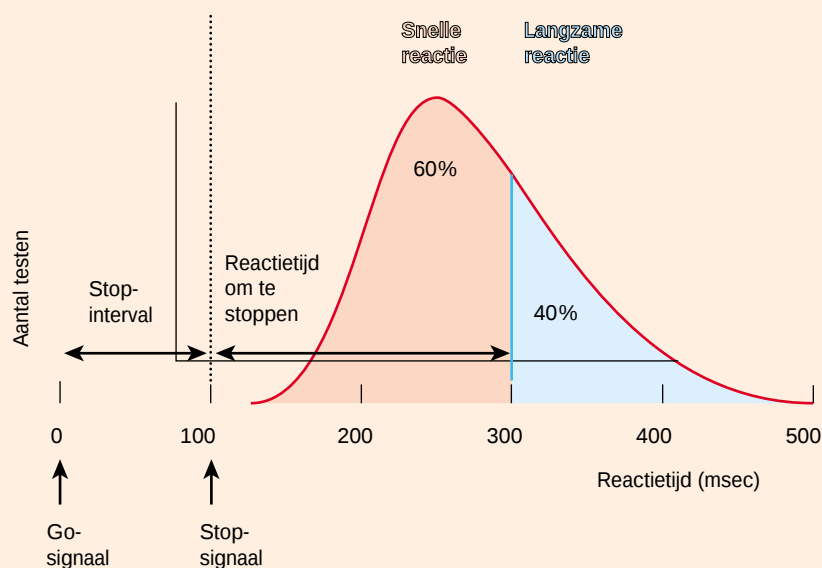
In circa 25% van de gevallen wordt het go-sigitaal (X of O) echter direct gevolgd door een pieptoon; het stopsignaal. De proefpersoon probeert dan zijn reactie te stoppen. De tijd tussen beide signalen varieert. Als het stopsignaal kort na het go-sigitaal klinkt, dan is dat betrekkelijk makkelijk. Hoe langer het stopsignaal op zich laat wachten, hoe moeilijker het zal zijn voor de proefpersoon om de reactie tegen te houden; de hersenen zijn dan al volop bezig met het voorbereiden en in gang zetten van de geselecteerde reactie.

Onze proefpersoon stopt in 40% van de gevallen op tijd. Dit percentage wordt gebruikt om de verdeling van reactietijden op het go-sigitaal op te delen in een snel en een langzaam deel (blauwe lijn).

De linkerhelft van de verdeling bevat reactietijden die zo snel zijn dat ze niet kunnen worden gestopt. De rechterhelft van de verdeling bestaat uit langzamere reactietijden die worden ingehaald door het stopproces en met succes zullen worden gestopt.

In de grafiek volgt de stoptoon gemiddeld honderd milliseconden na het go-sigitaal.

We kunnen nu de tijd schatten die de proefpersoon nodig heeft om de reactie te stoppen. Deze stoptijd is de reactietijd op de grens van het snelle en het langzame deel (300 milliseconden) minus het moment van het stopsignaal (100 milliseconden) en bedraagt dus 200 milliseconden.

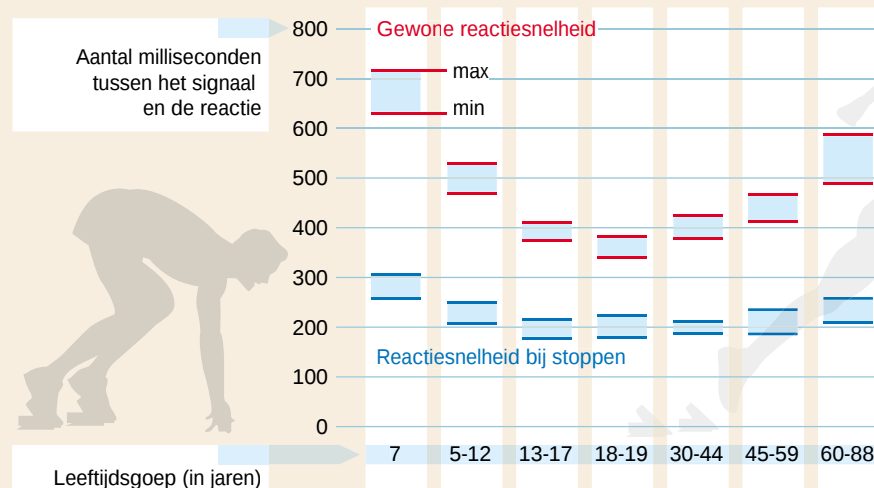


Leeftijd versus reactietijd

Reactietijden zijn leeftijd afhankelijk. In de grafiek de resultaten van een ingewikkelde taak. De tijd die het kost om te reageren met diverse handelingen op diverse signalen (rood) en de tijd die nodig is om deze handelingen te stoppen (blauw).

REACTIESNELHEID HERSENEN

De tijd die nodig is om een handeling te stoppen is korter dan de tijd om een handeling in gang te zetten



©Natuur & Techniek

beter te gaan als de hersenkern werd gestimuleerd. Dit gebied blijkt dus ook een belangrijke rol te vervullen bij het vermogen om gedrag te kunnen stoppen. Het speelt waarschijnlijk een rol bij het interpreteren en doorgeven van de informatie.

Tachtig jaar

Parkinson is een ouderdomsziekte. Leeftijd speelt ook een belangrijke rol bij reactiesnelheid. Toch is het niet zo dat we steeds langzamer worden tijdens ons leven. Tot pakweg achttien jaar is er juist een duidelijke toename in gemiddelde reactiesnelheid en nauwkeurigheid. Na ons dertigste neemt ons reactievermogen weer af. Voor stoppen geldt iets anders. Rond ons twaalfde jaar zijn de prefrontale gebieden die dit gedrag sturen volgroeid. De stopreflex blijft daarna redelijk constant. En al zijn de spieren wellicht niet meer zo snel, ook de hersenen van iemand van tachtig moeten op tijd op een aanstormende brandweerauto reageren en remmen.

Informatie

Er is een test te downloaden om zelf je reactietijd en het effect van afleidende informatie te testen.

users.fmg.uva.nl/wvandenwildenberg/reactiesnelheid.html

Advertentie

STOP DE ONTOEGENAFHEID

Studeer Duurzame Technologie
en kruip in de huid van de toekomst

RIJSWIJK Open dag
22\23
14.00 - 18.00 UUR 10.00 - 14.00 UUR
NOVEMBER 2002

LANGE KLEIWEG 80 RIJSWIJK WWW.THRIJSWIJK.NL

TECHNOLOGY & PERSONALITY