

Damasio's error? De *somatic marker* hypothese onder vuur

Eric-Jan Wagenmakers en Sander Nieuwenhuis

[intro]

Emotie speelt een belangrijke rol in het sturen van ons gedrag. Een populaire hypothese van Antonio Damasio stelt dat mensen in het maken van complexe keuzes ten dele worden gestuurd door onbewuste emotionele signalen van het autonome zenuwstelsel. Dergelijke "somatic markers" zijn volgens Damasio vaak afwezig bij patiënten met een beschadigde ventromediale prefrontale cortex. Damasio's provocatieve hypothese verklaart waarom dergelijke patiënten gekenmerkt worden door een veranderd gevoelsleven en waarom ze problemen hebben met het maken van rationele, voordelige keuzes. Recent onderzoek met de "Iowa goktaak" heeft de fundamenteiten van de somatic marker hypothese echter behoorlijk aangetast. Nieuwe evidentiële is nodig om de hypothese in leven te houden.

Iedere neurowetenschapper kent het verhaal van Phineas Gage, de spoorwegarbeider die in 1848 een dramatisch ongeluk meemaakte: bij een ontploffing verwoestte een grote ijzeren staaf een aanzienlijk deel van Gage's frontale cortex.¹ Gage overleefde het ongeluk, maar de ontstane hersenschade bleef niet zonder gevolgen. Een van de meest markante gevolgen was een verandering in persoonlijkheid. Voorheen was Gage een capabele en betrouwbare voorman, terwijl hij na het ongeluk werd omschreven als ongeduldig, koppig, impulsief en respectloos. Gage was tevens niet langer in staat om plannen voor de toekomst tot voltooiing te brengen. Volgens zijn vrienden was Gage zichzelf niet meer.

De symptomen van Phineas Gage zijn typerend voor patiënten met schade in de ventromediale prefrontale cortex (vmPFC). Deze patiënten hebben niet alleen problemen op emotioneel gebied, maar ze hebben vaak ook problemen met complexe beslisprocessen: in het dagelijks leven nemen deze patiënten telkens onverantwoorde beslissingen, en leren ze niet van hun eerdere vergissingen. Deze problemen worden niet veroorzaakt door een lage intelligentie want vmPFC-patiënten presteren vaak normaal op standaard intelligentietests. Is er een relatie tussen een verstoord gevoelsleven en problemen met het nemen van verantwoorde beslissingen? De traditionele cognitieve psychologie moet op deze vraag het antwoord schuldig blijven — probleem-oplossen wordt binnen de traditionele cognitieve psychologie bestudeerd middels de computermetafoor, waarin de mens wordt gezien als een rationeel, informatieverwerkend systeem (Newell & Simon, 1972). In een dergelijke benadering van menselijk probleem-oplossen is geen plaats voor emotie.

Dit artikel gaat over een specifieke hypothese die poogt te verklaren waarom vmPFC-patiënten zowel problemen hebben met emoties als met complexe beslisprocessen. Deze hypothese heet de "*somatic marker hypothesis*", en is vooral bekend geworden door het populaire boek "Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain" van Antonio Damasio. De somatic marker hypothese is geïnspireerd door het gedachtegoed van William James (1884)², die argumenteerde dat emoties de perceptuele consequenties zijn van lichamelijke sensaties:

"Common sense says, we lose our fortune, are sorry, and weep; we meet a bear, are frightened, and run; we are insulted by a rival, are angry, and strike. The hypothesis here to be defended says that (...) we feel sorry because we cry, angry because we strike, afraid because we tremble (...). Without the bodily states following on the perception, the latter would be purely cognitive in form, pale, colourless, destitute of emotional warmth."

Damasio's somatic marker hypothese stelt dat emotie-gerelateerde signalen van het autonome zenuwstelsel (zweten, hartslagversnelling, etc.) in staat zijn om op onbewuste wijze complexe

beslisprocessen te beïnvloeden. Net als in James' visie geven deze "somatic markers" emotionele informatie door aan de hersenen. De aannname is dat deze markers bij vmPFC-patiënten geheel of gedeeltelijk afwezig zijn. Somatic markers, zo argumenteert Damasio, zijn van groot belang voor het adequaat oplossen van allerhande complexe beslisproblemen. Op deze manier verklaart de somatic marker hypothese zowel de emotionele veranderingen als het gereeld maken van onverstandige beslissingen bij vmPFC-patiënten.

De somatic marker hypothese heeft een zekere intuïtieve aantrekkingskracht: iedereen heeft tenslotte wel eens op basis van een "gut feeling" een goede beslissing genomen. De hypothese is ook een belangrijke inspiratiebron geweest voor veel interessant neuropsychologisch onderzoek (zie Crone, 2004). Toch is vrijwel geen enkele toetsbare aanname van de somatic marker hypothese in de praktijk overtuigend bevestigd. Sterker nog, een aantal recente experimenten met gezonde proefpersonen en verschillende patiëntgroepen heeft de voorspellingen van de somatic marker hypothese ronduit weerlegd. Het doel van dit artikel is om de evidentie tegen de somatic marker hypothese puntsgewijs samen te vatten. Maar voordat we dit doen bespreken we eerst de belangrijkste bevindingen die als steun voor de somatic marker hypothese zijn aangedragen.

De Iowa goktaak: bevindingen en interpretaties

De somatic marker hypothese is vrijwel uitsluitend onderzocht met behulp van de "Iowa goktaak" (Bechara et al., 1997, 1999). Daarom is het van belang om de kernaspecten van deze taak uit te leggen.

De Iowa goktaak is ontwikkeld om de observatie dat vmPFC patiënten "niet leren van hun fouten" en "telkens beslissingen nemen die ongunstig voor hen uitpakken" wetenschappelijk bestudeerbaar te maken. De proefpersoon neemt plaats achter een computerscherm en begint de taak met een startkapitaal van \$2000 in speelgoedgeld. De proefpersoon moet vervolgens in elke trial naar eigen keuze een kaart selecteren van één van vier (virtuele) stapels (A, B, C, en D; zie de figuur). Iedere kaart is geassocieerd met een beloning: De kaarten uit stapels A en B leveren de proefpersoon een beloning op van \$100; de kaarten uit stapels C en D leveren een beloning op van \$50.

Een cruciaal aspect van de Iowa goktaak is dat sommige kaarten behalve een beloning ook een verlies opleveren. Van stapel A leveren vijf van iedere tien kaarten een verlies op, variërend van \$150 tot \$350 en met een totaal van \$1250. Van stapel B levert maar een van iedere tien kaarten een verlies op, maar dat is dan ook meteen een verlies van \$1250. Wanneer de proefpersoon alleen kaarten van stapels A en B zou trekken, zou hij dus per tien kaarten \$1000 verdienen, maar \$1250 verliezen. In het vervolg noemen we stapels A en B de "ongunstige stapels": Hoewel de beloningen in deze stapels hoog zijn, levert de keuze voor deze stapels op de langere termijn een netto verlies op.

Voor stapels C en D gelden minder zware verliezen. Van stapel C leveren vijf van iedere tien kaarten een verlies op, variërend van \$25 tot \$75 en met een totaal van \$250. Van stapel D levert maar een van iedere tien kaarten een verlies op: \$250. Een consequente keuze voor stapels C en D zou dus een winst van \$500 per tien kaarten opleveren, terwijl het verlies beperkt blijft tot \$250 per tien kaarten. Stapels C en D zijn daarom "gunstige stapels": Hoewel de beloningen in deze stapels relatief laag zijn, gaan de stapels op de langere termijn gepaard met een netto winst. De taak stopt nadat de proefpersoon 100 kaarten heeft getrokken. De opdracht aan de proefpersoon is om zoveel mogelijk geld te verdienen.

In sommige onderzoeken met de Iowa goktaak wordt behalve het patroon van keuzes ook de huidgeleidingsreactie gemeten. Dit is een fysiologische maat die samenhangt met de activiteit van zweetklertjes in de huid en die een goede indicatie geeft van activiteit van het sympathische autonome zenuwstelsel. Daarnaast worden in sommige onderzoeken op regelmatige momenten gedurende de taak vragen gesteld aan de proefpersoon. Dit zijn vaak vragen in algemene bewoordingen met als doel om uit te vinden in hoeverre de proefpersoon zich bewust is van de

beloningsstructuur van de vier stapels kaarten (bijvoorbeeld, “Tell me all you know about what is going on in this game” en “Tell me how you feel about this game”).

De figuur ongeveer hier

Er is veel onderzoek gedaan met de Iowa goktaak, maar hier beperken we ons tot de belangrijkste resultaten. Een belangrijke bevinding bij gezonde proefpersonen is dat ze al een voorkeur ontwikkelden voor de gunstige stapels voordat ze explicet aan konden geven wat de gunstige stapels waren (Bechara et al., 1997). Ook vertoonden gezonde proefpersonen in dit vroege stadium van de taak al een duidelijke huidgeleidingsreactie voorafgaand aan het trekken van een kaart uit de ongunstige stapels. De interpretatie van Damasio en collega’s is dat de hersenen somatische waarschuwingsignalen ontvangen en deze gebruiken voor het leren maken van de juiste beslissingen, nog voordat de proefpersoon bewuste kennis over de taak heeft. Ander onderzoek liet zien dat een groep vmPFC-patiënten relatief veel kaarten uit de ongunstige stapels bleef kiezen, alsof deze patiënten ongevoelig waren voor het risico van een groot verlies (Bechara et al., 1994). Verder waren de voor gezonde proefpersonen typische anticipatoire huidgeleidingsreacties afwezig in deze patiëntengroep. Volgens Damasio en collega’s leidt het ontbreken van zulke somatische markers bij vmPFC-patiënten tot “bijzindheid” voor de toekomst: “..., we find that prefrontal patients, unlike controls, are oblivious to the future consequences of their actions, and seem to be guided by immediate prospects only.” (Bechara et al., 1994, p. 7)

Recente kritiek

De somatic marker hypothese ligt de laatste jaren zwaar onder vuur. Hieronder bespreken we in brede lijnen wat de kernproblemen zijn.

Problemen van algemene aard. De functie van somatic markers zoals gemeten met de Iowa goktaak is niet geheel duidelijk. Indien somatic markers de keuze voor de gunstige stapels vergemakkelijken, waarom zijn zulke markers dan aanwezig voorafgaand aan een keuze voor de *ongunstige* stapels? Kennelijk is het lichamelijke waarschuwingssignaal niet sterk genoeg om het gedrag positief te sturen. Wanneer, zoals Damasio en collega’s suggereren, de afwezigheid van een somatic marker de oorzaak is van de relatief slechte taakprestaties van vmPFC-patiënten, dan valt te verwachten dat voor goed presterende gezonde proefpersonen de somatic marker vooral aanwezig is wanneer de gunstige stapel wordt geselecteerd. Dit is niet het geval.

Een ander probleem geldt de interpretatie dat vmPFC-patiënten relatief ongevoelig zijn voor de langetermijngevolgen van hun keuzes. Maia en McClelland (2004) wijzen er op dat langetermijngevolgen geen rol spelen in de uitvoering van de Iowa goktaak: Zowel de beloning als een eventueel verlies wordt immers direct na iedere keuze kenbaar gemaakt aan de proefpersoon. Met andere woorden: Een keuze voor een bepaalde kaart heeft alleen directe gevolgen. Dit betekent dat vmPFC-patiënten prima zouden moeten kunnen presteren in de Iowa goktaak indien ze slechts gemotiveerd worden door de verwachte opbrengst van de huidige trial.

Van meer fundamentele aard is de vraag of het niet inefficiënt zou zijn als beslisprocessen inderdaad afhankelijk zijn van somatic markers. Zulke markers worden gegenereerd door de hersenen en gaan dan door het lichaam om vervolgens de hersenen weer te beïnvloeden. Dit lijkt een tijdrovend proces, en de informatie in de somatic markers kan onderweg aan betrouwbaarheid verliezen. Het lijkt onwaarschijnlijk dat het menselijke zenuwstelsel zich in de loop van de evolutie op deze manier ontwikkeld heeft (Rolls, 1999).

Bevindingen bij gezonde proefpersonen. De somatic marker hypothese stelt dat het autonome zenuwstelsel al informatieve signalen kan afgeven voordat er sprake is van bewuste kennis met betrekking tot mogelijke keuzes. Deze signalen kunnen proefpersonen sturen in hun beslissingen en

helpen bij het leren kiezen van de gunstige stapels in de Iowa goktaak. Beide beweringen zijn omstreden. In de eerste plaats hebben Maia en McClelland (2004, 2005) laten zien dat proefpersonen meer bewuste kennis hebben over de goktaak dan eerder werd gerapporteerd in de studies van Bechara. Deze kennis kon boven water worden gehaald door proefpersonen meer gedetailleerde vragen over de goktaak te stellen dan in eerder onderzoek was gedaan. Uit het experiment van Maia en McClelland (2004) bleek dat proefpersonen zich *eerst* bewust worden van welke stapels gunstig en ongunstig zijn, en pas daarna hun keuzes aanpassen. Deze bevinding suggereert dat proefpersonen in de Iowa goktaak hun keuzes maken op basis van bewuste kennis, en dat het niet nodig is om een belangrijke rol toe te kennen aan onbewuste somatic markers.

De tweede omstreden bewering betreft de aard van de somatic marker. In de experimenten van Damasio en collega's werd een huidgeleidingsreactie gevonden voorafgaand aan een keuze voor de ongunstige, risicovolle stapels. Deze reactie kan als een waarschuwingssignaal worden beschouwd, maar een alternatieve verklaring is dat de huidgeleidingsreactie de extra spanning weergeeft die gepaard gaat met de beloningsstructuur van de stapels. In de standaardversie van de Iowa goktaak zijn de ongunstige stapels namelijk geassocieerd met relatief grote winsten en relatief zware verliezen (d.w.z., een hoge variantie in uitkomsten). In een experiment van Tomb et al. (2002) werd de beloningsstructuur van de Iowa goktaak zodanig aangepast dat het verschil tussen winst en verlies het grootst was voor de *gunstige* stapels. Als gevolg van deze verandering van beloningsstructuur vonden de sterkste huidgeleidingsreacties plaats voorafgaand aan het kiezen van de gunstige stapels. Dit resultaat suggereert dat de huidgeleidingsreactie in de Iowa goktaak niet samenhangt met de verwachte correctheid van de keuze, maar vooral iets zegt over de hoeveelheid geld die er op het spel staat (d.w.z., het verschil tussen winst en verlies).

Bevindingen bij patiënten met hersenschade. VmPFC-patiënten presteren slechter op de Iowa goktaak dan gezonde proefpersonen. Volgens de somatic marker hypothese komt dit omdat vmPFC-patiënten geen of onvoldoende somatic markers genereren. Een alternatieve verklaring is dat de vmPFC-patiënten het slechter doen omdat ze in eerste instantie op het verkeerde been gezet worden. In de standaard Iowa goktaak is er namelijk een vaste kaartvolgorde voor iedere stapel. Dit betekent bijvoorbeeld dat de eerste *negen* kaarten van stapel B elk een netto winst van \$100 opleveren, terwijl pas op de tiende kaart een groot verlies van \$1250 geïncasseerd wordt. De stapels die op langere termijn ongunstig blijken te zijn, lijken dus in eerste instantie zeer profitabel. Om uiteindelijk goed te presteren in de Iowa goktaak moet de proefpersoon zijn initiële voorkeur voor de ongunstige stapels overwinnen. Wellicht presteren vmPFC-patiënten in de Iowa goktaak onder de maat omdat ze problemen hebben om gedrag af te leren dat in het verleden goed uitpakte (dit wordt ook wel "reversal learning" genoemd). Volgens deze alternatieve verklaring zullen vmPFC-patiënten normaal presteren wanneer de kaarten in iedere stapel voorafgaand aan het experiment eerst goed worden geschud – hierdoor is het onwaarschijnlijk dat proefpersonen een sterke initiële voorkeur ontwikkelen voor de ongunstige stapels. Een aantal recente experimenten heeft deze hypothese inderdaad overtuigend ondersteund (Fellows & Farah, 2003, 2005).

Tenslotte bespreken we een andere groep patiënten, die van cruciaal belang is voor de evaluatie van de somatic marker hypothese: patiënten met "pure autonomic failure" (PAF), een aandoening van het autonome zenuwstelsel. Het autonome zenuwstelsel van PAF-patiënten is niet in staat om feedback naar het centrale zenuwstelsel te sturen. Deze groep patiënten heeft dus geen somatic markers, en zou daarom relatief slecht moeten presteren op de Iowa goktaak. Geheel in tegenstelling tot deze voorspelling heeft een onderzoek van Heims en collega's laten zien dat PAF-patiënten normaal presteren op de Iowa goktaak (Heims et al., 2004).

Conclusies

Emoties oefenen onmiskenbaar een belangrijke invloed uit op ons gedrag. Ook is het onomstreden dat de hersenen signalen ontvangen van het autonome zenuwstelsel, en dat deze signalen informatie

kunnen bevatten over de reactie van het lichaam op de uitvoering van een taak (Berntson et al., 2003). De populaire somatic marker hypothese van Damasio gaat echter aanzienlijk verder en doet een aantal gedurfde aannames over de manier waarop emotionele signalen van het lichaam van invloed zijn op cognitieve processen. Recent onderzoek heeft de belangrijkste ondersteuning voor deze hypothese echter ontkracht. Bevindingen met patiënten zonder somatic markers druisen zelfs lijnrecht in tegen de somatic marker hypothese. Om Damasio's interessante hypothese in leven te houden zal er in de nabije toekomst nieuwe evidentie gevonden moeten worden.

Literatuur

- Bechara, A., Damasio, A.R., Damasio, H., & Anderson, S.W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50, 7-15.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 19, 5473-5481.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 275, 1293-1295.
- Berntson, G. G., Sarter, M., & Cacioppo, J. T. (2003). Ascending visceral regulation of cortical affective information processing. *European Journal of Neuroscience*, 18, 2103-2109.
- Crone, E. A. (2004). Het ontwikkelende brein: Consequenties voor zelf-regulatie. *Neuropraxis*, 8(5).
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: Putnam.
- Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2003). Ventromedial frontal cortex mediates affective shifting in humans: Evidence from a reversal learning paradigm. *Brain*, 126, 1830-1837.
- Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2005). Different underlying impairments in decision-making following ventromedial and dorsolateral frontal lobe damage in humans. *Cerebral Cortex*, 15, 58-63.
- Heims, H. C., Critchley, H. D., Dolan, R., Mathias, C. J., & Cipolotti, L. (2004). Social and motivational functioning is not critically dependent on feedback of autonomic responses: Neuropsychological evidence from patients with pure autonomic failure. *Neuropsychologia*, 42, 1979-1988.
- James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, 9, 188-205.
- Maia, T. V., & McClelland, J. L. (2004). A reexamination of the evidence for the somatic marker hypothesis: What participants really know in the Iowa gambling task. *PNAS*, 101, 16075-16080.
- Maia, T. V., & McClelland, J. L. (2005). The somatic marker hypothesis: Still many questions but no answers. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 162-164.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Rolls, E.T. (1999). *The Brain and Emotion*. Oxford University Press.
- Tomb, I., Hauser, M., Deldin, P., & Caramazza, A. (2002). Do somatic markers mediate decisions on the gambling task? *Nature Neuroscience*, 5, 1103-1104.

Voetnoten

1 Meer informatie over Phineas Gage is beschikbaar op het internet, zie bijvoorbeeld <http://www.deakin.edu.au/hbs/GAGEPAGE/>.

2 Dit klassieke werk is beschikbaar op het internet, zie bijvoorbeeld <http://psychclassics.yorku.ca/James/emotion.htm>.

Ongunstige stapels	Gunstige stapels
A	B
Winst per kaart \$100	\$100 \$50
Gemiddeld verlies per kaart	\$125 \$25
	\$50

Figuur. Een schematisch overzicht van de Iowa goktaak. Kaarten van stapels A en B leveren meer winst op dan kaarten van stapels C en D, maar ook meer verlies. De netto opbrengst is uiteindelijk het hoogst voor kaarten van stapels C en D.

We bedanken Hilde Geurts voor haar commentaar op een eerdere versie van dit artikel.