

Het nadoen van voorbeeldgedrag is een basale vorm van leren bij mens en dier. Maar waarom eigenlijk? Wat zijn de cognitieve en neurale achtergronden? En hoe kunnen sporters, trainers en coaches hun voordeel doen met wetenschappelijke inzichten op dit gebied?

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: het belang van observeren en nadoen (deel 8)

Peter J. Beek

Veel gedrag wordt geleerd door het nadoen of imiteren van soortgenoten. Pasgeboren adelaars leren vliegen door hun ouders na te bootsen, een komisch tafereel dat gepaard gaat met nogal wat gefladder en spectaculaire noodlandingen. Een leeuwintert leert haar prooi succesvol te besluipen, te bespringen en te doden door haar moeder na te doen (ook bij leeuwen laten de mannen de vrouwen het vuile werk opknappen). Er zijn zelfs gevallen bekend van dieren die een geheel nieuw gedrag imiteren dat niet tot hun standaardrepertoire behoort. Zo bleek een groepje in het wild levende tuimelaars het 'staartlopen' te hebben afgekeken van een soortgenoot die deze truc in een dolfinarium had geleerd en na enkele jaren van trouwe dienst weer in het wild was teruggezet.¹ Ook heeft men Japanse apen aardappels zien wassen nadat ze mensen dat hadden zien doen.

Imitatie

Hoewel er nog altijd discussie is over de vraag in hoeverre dieren werkelijk in staat zijn tot imitatie, waarbij imitatie in de regel wordt gedefinieerd als het kopiëren van een nieuwe handeling waartoe geen instinctieve

neiging bestaat, lijken de beide laatste voorbeelden erop te duiden dat imitatie, aldus gedefinieerd, niet strikt is voorbehouden aan mensen. Door het nadoen van soortgenoten kunnen subtiele verschillen in gedrag tussen sociale groepen ontstaan, zoals recent beschreven variaties in de techniek van het notenkraken tussen verschillende chimpanseekolonies in Ivoorkust.² Ook mensen zijn notoire na-apers. Denk bijvoorbeeld aan gedragingen als taal, zang en dans, maar ook aan tafelmanieren en omgangsvormen. Net als bij apen kunnen ook bij mensen door overlevering van verworven gedrag aanmerkelijke verschillen in de gehanteerde bewegingstechniek ontstaan. Een fraai voorbeeld hiervan is het gegeven dat op het eiland Tonga alle meisjes (al weer niet de jongens) bij voorkeur in een cirkelvormig patroon (de zogenoemde 'shower') jongleren in plaats van in een gekruist patroon (de cascade) waar de rest van de mensheid de voorkeur aan geeft omdat het gemakkelijker (aan te leren) is.³ Uit deze beknopte collage blijkt hoe fundamenteel het leren door nadoen is voor mens en dier, zowel voor de ontwikkeling van individueel gedrag als voor groepsvorming. Het vermo-



Figuur 1. Onderzoeker Meltzoff trekt gekke bekken die geïmiteerd worden door een pasgeboren baby. (Overgenomen uit: Meltzoff & Moore⁴)

gen te imiteren is bij de mens dan ook al op zeer jeugdige leeftijd aanwezig. Dit bleek uit een spraakmakend experiment, waarin Meltzoff en Moore⁴ in 1977 aantoonde dat tussen de 12 en 21 dagen oude baby's al gezichtsuitdrukkingen (zie figuur 1) en handbewegingen kunnen imiteren. Deze bevinding impliceert dat zij hun eigen gevoelde, maar niet visueel waargenomen gedragingen (hun eigen gezichtsuitdrukkingen) kunnen relateren aan gedrag dat zij anderen (hebben) zien uitvoeren.

Bandura's sociale leertheorie

Eveneens in 1977 presenteerde de Canadese psycholoog Bandura zijn sociale leertheorie.⁵ Deze heeft betrekking op het leren door observeren en nadoen van modelgedrag. Volgens Bandura leren mensen vooral nieuwe gedragingen door te kijken hoe anderen iets doen en dit vervolgens na te doen, een vorm van leren die hij observationeel leren noemde.

Bandura baseerde zijn theorie op zijn spraakmakende 'Bobo doll'-experimenten uit het begin van de jaren

'60, die erop gericht waren de achtergronden van agressief gedrag op te helderen. In deze experimenten kregen groepen kinderen een filmpje te zien van een volwassen man of vrouw die een opblaaspop (de 'Bobo doll', zie figuur 2) herhaaldelijk sloeg en schopte, waarna deze dankzij zijn verzwaarde bodem weer overeind veerde. Verschillende groepen kinderen kregen verschillende versies van het filmpje te zien. In één versie van het filmpje ontving de man of de vrouw een beloning voor zijn of haar agressieve gedrag, in een andere versie een vermaning en in een derde versie geen van beide. Vervolgens kregen de kinderen zelf de gelegenheid om met de pop te spelen, te midden van ander speelgoed.

Figuur 2. 'Bobo doll' zoals gebruikt in de experimenten van Bandura.



Daarbij werd geregistreerd hoe vaak zij agressief gedrag vertoonden ten opzichte van de pop. Op basis hiervan concludeerde Bandura dat de mate waarin het lerende individu geneigd is het modelgedrag na te doen vooral bepaald wordt door drie factoren, te weten:

1. de mate waarin de waarnemer en het model op elkaar lijken;
2. de opbrengsten of het gevolg van het modelgedrag;
3. de frequentie waarmee het modelgedrag voorkomt.

Deelprocessen

Bandura opperde dat het proces van observationeel leren uit vier deelprocessen bestaat: aandacht, retentie, productie en motivatie. *Aandacht* is een eerste vereiste om het leerproces op gang te brengen en essentiële kenmerken van het modelgedrag te onderkennen. Hierbij zijn zowel aspecten van de demonstratie als van de waarnemer van belang. Relevante aspecten van de demonstratie zijn snelheid, complexiteit en functionele betekenis, en relevante aspecten van de waarnemer zijn diens mate van opwinding, cognitieve vaardigheden en eerdere ervaringen.

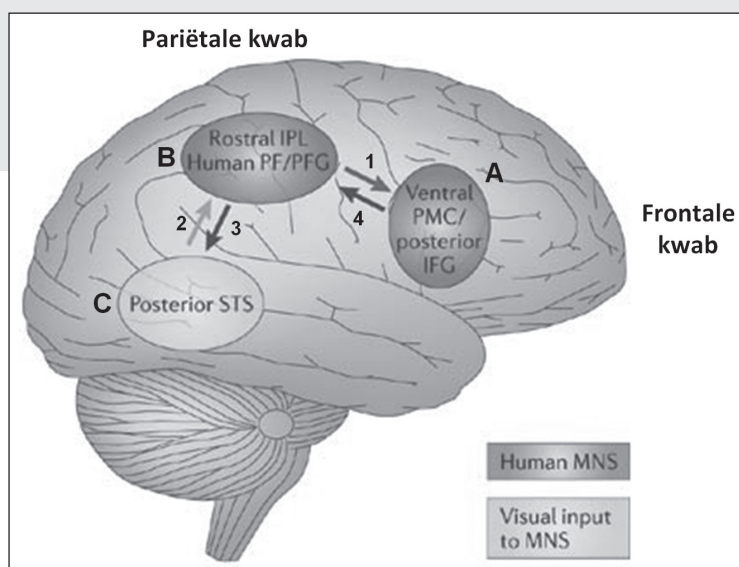
Bandura veronderstelde dat waarnemers vooral hun aandacht richten en gericht houden op gedrag van personen die over een hoge status, een hoog vaardigheidsniveau en hetzelfde geslacht beschikken als zij zelf.

Herhaling van het modelgedrag is een kritische voorwaarde voor *retentie*. Bandura benadrukte hierbij vooral het belang van mentale herhaling van het modelgedrag en niet zozeer de fysieke uitvoering ervan. Aandacht en retentie vormen samen de respons-

Volgens een overzichtartikel in een gezaghebbend tijdschrift¹¹ bestaat het spiegelneuronensysteem bij de mens (zie figuur 3) uit een gebied (A) aan de voorkant van het brein, gelegen in de frontale kwab en een gebied (B) dat meer naar achteren is gelegen in de zogenoemde pariëtale kwab. In het pariëtale gebied (met daarbinnen de structuren PF en PFG) wordt vooral informatie over de *motoriek* van de handeling verwerkt. Deze informatie wordt doorgegeven (pijl 1) aan het frontale gebied (bestaande uit de ventrale premotorische cortex [PMC] en de posterior inferior frontale gyrus [IFG]). De hersenactiviteit in dit gebied heeft vooral betrekking op het *doel* van de handeling.

De belangrijkste input naar het spiegelneuronensysteem (pijl 2) is afkomstig uit de superior temporele sulcus (STS), een gebied dat betrokken is bij de visuele waarneming van biologische beweging. De pijlen 3 en 4 in de figuur representeren kopieën van motorische imitatiecommando's die verstuurd worden naar de STS. Daardoor kunnen de voorspelde sensorische gevolgen worden vergeleken met het daadwerkelijke visuele beeld van de waargenomen handeling. Op grond daarvan kunnen de imitatiecommando's eventueel worden bijgesteld.

Figuur 3. Het spiegelneuronensysteem in het menselijke brein (Human MNS: Mirror Neuron System). Ontleend aan Iacoboni & Dapretto¹¹, 1996.



acquisitiefase, waarin een mentale representatie van het te imiteren gedrag wordt opgebouwd, terwijl productie en motivatie de responsproductiefase vormen, waarin het waargenomen modelgedrag wordt nagedaan.

Het deelproces *productie* heeft betrekking op de vertaling van de opgebouwde cognitieve representatie van het gedrag in de daadwerkelijke uitvoering daarvan. Hierbij spelen, naast 'conceptuele matching' en 'zelf-observatie', feedbackmechanismen een rol die eventuele afwijkingen tussen het modelgedrag en de fysieke uitvoering daarvan detecteren en indicaties geven voor het corrigeren van fouten.

Motivatie, ten slotte, is afhankelijk van interne en externe prikkels die aanzetten tot het nadoen van het modelgedrag en het controleren van de belangrijkste cues in de demonstratie.

Onderzoek naar motorisch leren vanuit de sociale leertheorie richtte zich onder meer op de voorspellingen van Bandura dat waarnemers meer aandacht schenken aan modellen die een hogere status hebben, over een hoger vaardigheidsniveau beschikken en hetzelfde geslacht hebben als de waarnemers. Voor alle drie de voorspellingen is enige evidentie gevonden.

Van belang voor de (sport)praktijk zijn verder de bevindingen van studies die aantonen dat een groter aantal herhalingen van het modelgedrag leidt tot een sterkere cognitieve representatie daarvan⁶, dat het loont om al tijdens de uitvoering van het modelgedrag feedback te verstrekken⁷ en dat het helpt om het modelgedrag te tonen onder wisselende omstandigheden, conform de eerder in deze reeks besproken noties van variabel oefenen en contextuele interferentie.⁸

Spiegelneuronen

De aandacht voor het belang van observatie en imitatie als leer methode kreeg in het midden van de jaren '90 een enorme impuls door de ontdekking van zogenoemde spiegelneuronen door de onderzoeksgroep van

Rizzolatti aan de Universiteit van Parma.^{9,10} Tijdens hun onderzoek naar de neurale aansturing van pak- en grijpacties bij een bepaald soort apen (makaken), waarin de activiteit van individuele neuronen in de ventrale premotorische hersenschors werd geregistreerd, bleek dat deze neuronen niet alleen vuren wanneer deze apen zelf pak- en grijpacties uitvoeren, maar ook wanneer zij dezelfde handelingen door een ander zien uitvoeren, of die ander nu een andere aap is of een menselijke onderzoeker! Deze ontdekking werd in de wetenschappelijke wereld aanvankelijk met de nodige scepsis begroet. Maar de bevindingen bleken robuust te zijn en men moest wel aanvaarden dat bepaalde neuronen in premotorische schorsgebieden kenmerkend een rol spelen bij het herkennen

van motorische handelingen. Na de baanbrekende studies van de groep van Rizzolatti is het bestaan van spiegelneuronen in een groot aantal studies bevestigd. Niet alleen bij apen maar ook bij mensen, al moet men bij mensen om ethische redenen volstaan met het gebruik van niet-invasieve technieken, zoals fMRI-scans en elektro- en magneto-encefalografie (EEG en MEG). Sindsdien is er een heuse stortvloed aan onderzoek op gang gekomen om de architectuur en de werking van het spiegelneuronensysteem te achterhalen (zie kader op pag. 8). Het spiegelneuronensysteem zoals weergegeven in figuur 3 is nog maar een eerste schematische ordening, waarover het laatste woord nog niet is gezegd. Dat blijkt bijvoorbeeld uit een ander recent overzichtartikel¹² waarin, naast de reeds genoemde structuren, ook andere hersengebieden betrokken zijn bij het spiegelneuronensysteem, zoals de visuele schors, het cerebellum en de basale kernen.

Resonantie

Het spiegelneuronensysteem kan opgevat worden als een resonantienetwerk voor acties: het reageert als een ander een betekenisvolle handeling uitvoert, of dat nu het pakken van een bitterbal is, het opgooien van een tennisbal bij het serveren, of het uitvoeren van een hoogtesprong. Delen van het spiegelneuronensysteem zijn ook actief als men deze acties zelf uitvoert. Registraties van de activiteit van individuele neuronenvan bij apen hebben een rijk geschakeerd palet van neuronenvan met, zo lijkt het, uiteenlopende functies onthuld. Globaal worden twee typen neuronenvan onderscheiden¹³: canonische neuronenvan en spiegelneuronenvan. Canonische neuronenvan zijn betrokken bij de uitvoering van specifieke motorische handelingen en de daarmee geassocieerde voorwerpen (bijvoorbeeld een (bitter)bal). Ze reageren ook als die voorwerpen in isolement worden

waargenomen, zonder de bijbehorende handelingen. Deze neuronenvan zijn niet actief als een handeling wordt waargenomen die door een ander wordt uitgevoerd. Spiegelneuronenvan daarentegen zijn zowel actief wanneer het dier zelf een bepaalde handeling uitvoert als wanneer deze een (bijna) soortgenoot de handeling ziet uitvoeren. Een interessant gegeven is dat spiegelneuronenvan niet actief zijn tijdens de presentatie van een voorwerp zonder de bijbehorende actie of wanneer het voorwerp gemanipuleerd wordt met een instrument. Sommige spiegelneuronenvan lijken specifiek het *doel* van de handeling te coderen in die zin dat zij reageren op informatie uit de omgeving waaruit kan worden afgeleid dat buiten het eigen gezichtsveld een handeling heeft plaatsgevonden. Het vuurgedrag van spiegelneuronenvan bij apen wijst duidelijk op het bestaan van een hiërarchische representatie van acties in het brein, maar het is nog onduidelijk hoe deze hiërarchie is gestructureerd en wat de rol van de verschillende neuronenvan daarbij is.

Diverse soorten

Uit fMRI-onderzoek bij mensen is voorts gebleken dat er afzonderlijke spiegelneuronenvan voor mond-, handen- en voetacties zijn. Evidentie hiervoor werd gevonden in een studie waarin zulke acties met en zonder object werden getoond aan menselijke proefpersonen.¹⁴ Hierdoor ontstond, afhankelijk van de gebruikte effector, activiteit in verschillende delen van de premotorische schors, net zoals dat het geval zou zijn indien de proefpersonen de getoonde acties zelf zouden uitvoeren. Tijdens het observeren van object-gerelateerde handelingen werd tevens activiteit gevonden in de posterior pariëtale kwab, alsof de proefpersonen inderdaad het betreffende object gebruikten. Naast visuele spiegelneuronenvan zijn er ook auditieve spiegelneuronenvan gevon-

den, zowel bij apen als bij mensen.¹⁵ Deze neuronenvan reageren wanneer men zelf een handeling verricht die een bepaald geluid voortbrengt, maar ook wanneer men dit geluid hoort als een ander de betreffende handeling uitvoert. Essentieel voor het ontstaan van activiteit in auditieve spiegelneuronenvan is dat het geluid gerelateerd kan worden aan een specifieke handeling. Auditieve spiegelneuronenvan zijn onder meer van belang bij het leren spreken door middel van voor- en nazeggen. Hun ontdekking ondersteunt vele jaren na dato de motorische theorie van spraakperceptie van Liberman c.s.¹⁶, die stelt dat mensen gesproken woorden waarnemen door de spraakbewegingen te herkennen waarop deze berusten. Met andere woorden, volgens deze theorie dient het neurale apparaat voor de spraakmotoriek, geheel in de geest van de spiegelneuronentheorie, niet alleen voor het voortbrengen van spraakarticulaties maar ook voor het waarnemen daarvan.

Activiteit afhankelijk van expertise

Ter afsluiting van dit beknopte overzicht ten behoeve van techniektraining in de sport mag niet onvermeld blijven dat de mate waarin het spiegelneuronensysteem reageert op het waarnemen van een handeling van een ander afhankelijk is van de eigen mate van expertise in de betreffende handeling of activiteit. Dit bleek uit onderzoek¹⁷ waarin experts in klassiek ballet, experts in capoeira (een Braziliaanse dans- en vechtkunst) en controleproefpersonen zonder speciale expertise naar ballet- en capoeiravideo's keken, terwijl hun hersenactiviteit werd geregistreerd. Het bleek dat het spiegelneuronensysteem het meest actief was als de proefpersonen keken naar bewegingen waarin zij zichzelf hadden bekwaamd. Kennelijk integreert het systeem de waargenomen handelingen van anderen met het eigen actiereper-

toire. Tegelijkertijd is het zo dat tijdens het leren van een nieuwe handeling door het observeren van een expert het spiegelneuronensysteem continu actief is, vooral als het modelgedrag actief wordt nagedaan. Dat bleek althans uit een studie naar het leren spelen van gitaarakkoorden door nadoen.¹⁸

Praktische toepassingen en implicaties

Professionals in de praktijkvelden van het bewegen, zoals de lichamelijke opvoeding, de sport, de uitvoerende kunsten en de revalidatie beseffen, naar men mag veronderstellen, het belang van leren door nadoen. In elk van deze praktijkvelden speelt oefenen en leren door nadoen een essentiële, niet weg te denken rol. De ontdekking van spiegelneuronen verklaart waarom dit zo is, en waarom kinderen zo snel nieuwe vaardigheden oppikken. Het Amerikaanse gezegde 'monkey see, monkey do' is in dit verband extra treffend. Als een plaatje duizend woorden bevat, dan moet een goede 3D live-demonstratie wel heel veel meer informatie bevatten dan een verzameling instructies. Het voordoen van complexe bewegingen, zoals het maken van een vogelnestje door een gymnastiekleraar, of het – al dan niet in slow-motion – demonstreren van een hoogtesprong, krijgt door de ontdekking van de spiegelneuronen opnieuw lading en waardering.

De besproken inzichten kunnen het leren door nadoen in de sportpraktijk helpen bevorderen. Zo impliceren de inzichten van Bandura dat frequent getoond modelgedrag met positieve gevolgen, uitgevoerd door een kundig persoon met status, maar die anderszins lijkt op de pupil of sporter in kwestie, het sterkste leereffect zal sorteren. Dit kan verklaren waarom bijvoorbeeld jonge sporters veel vooruitgang boeken als ze enige tijd samen trainen of spelen met iets (maar niet veel) oudere spelers met veel talent.

Het lijkt in elk geval raadzaam om met de genoemde factoren rekening te houden bij het selecteren en vormgeven van modelgedrag. Verder strekt het tot aanbeveling het modelgedrag zo frequent mogelijk aan te bieden, liefst tijdens of vlak voor de uitvoering en onder natuurlijke omstandigheden, inclusief de daardoor vereiste variatie in de uitvoering.

Ook de recent verworven inzichten in de neurale achtergronden van leren door imiteren hebben diverse waardevolle praktische implicaties. Een essentieel inzicht dat het onderzoek naar spiegelneuronen heeft opgeleverd, is dat het motorische systeem niet zozeer gericht is op het realiseren van *bewegingen* als zodanig, maar op het *realiseren van handelingsdoelen*. Wat een patiënt of pupil primair waarneemt in het getoonde modelgedrag, is welk doel hiermee gerealiseerd wordt. Bewegingen worden geprogrammeerd en uitgevoerd in de context van handelingen. Dit inzicht impliceert dat in het getoonde modelgedrag het nagestreefde doel ook duidelijk als zodanig herkenbaar moet zijn. Door de koppeling van waarneming en beweging voorziet het spiegelneuronensysteem in een mapping van de externe omgeving op onze eigen interne representatie van handelingen. Voor de praktijk van motorische leerprocessen is het zaak deze mapping te bevorderen door handelingsdoelen te benadrukken. Dit kan zowel op het niveau van de handeling als geheel (bijvoorbeeld over een lat heen springen) als op het niveau van deelhandelingen (bijvoorbeeld bij de laatste stap op de juiste voetpositie en in de juiste lichaamshouding uitkomen).

Een andere belangrijke praktische implicatie van de inzichten in het spiegelneuronensysteem is dat motorisch leren mogelijk is zonder daadwerkelijk te bewegen. Immers, door het gedrag van een ander waar te nemen worden motorische gebieden in het

brein geactiveerd die betrokken zijn bij het vormen van representaties van motorische handelingen. Dit kan een uitkomst bieden in situaties waarin het daadwerkelijk uitvoeren van bewegingen niet mogelijk is door lichamelijke beperkingen, bijvoorbeeld ten gevolge van een neurologische aandoening of een blessure. Ook wanneer het modelgedrag niet of niet meer beschikbaar is, kunnen motorische handelingen worden geoefend door deze in te beelden. Ook dan blijken verschillende hersengebieden geactiveerd te worden die eveneens betrokken zijn bij het daadwerkelijk uitvoeren van deze motorische handelingen of het waarnemen daarvan bij een ander.

Bij het toepassen van observatie en mentale oefening als methoden van motorisch leren is het van groot belang dat de gekozen handelingen zo nauw mogelijk aansluiten bij het gedragsrepertoire en de belevingswereld van de betrokkene en bij de context waarin het gedrag daadwerkelijk uitgevoerd moet worden. Als het even kan moet men echter ook fysiek blijven trainen, want onderzoek laat zien dat de combinatie van fysieke en mentale training altijd effectiever is dan mentale training alleen.

Afsluitende overwegingen

Het is duidelijk dat het leren door nadoen diep in de motorische, perceptuele, cognitieve en affectieve machinerie van het brein is geworteld en dat die processen niet goed los van elkaar te zien zijn. Zo is het klassieke onderscheid tussen motorische en sensorische gebieden in het brein door de ontdekking van de spiegelneuronen ter discussie komen te staan en zijn nieuwe concepten noodzakelijk om te begrijpen hoe het brein werkt. Hier is nog heel veel werk te doen, dat neurowetenschappers nog tot in lengte van dagen van de straat en in het lab zal houden. In het lab, want daar staat de apparatuur die nodig is om hersenac-

tiviteit te meten. Helaas is die apparatuur niet geschikt om de hersenactiviteit tijdens sportieve bewegingen in het vrije veld te meten. Dat ligt anders voor het waarnemen en voorstellen van sportieve bewegingen; die twee laten zich uitstekend onderzoeken onder de scan of in het MEG- of EEG-apparaat. Mede als gevolg van de ontdekking van de spiegelneuronen krijgt de organisatie van de motoriek en van motorische leerprocessen in het brein momenteel steeds meer belangstelling van neurowetenschappers, en dat geldt ook voor alledaagse, complexe bewegingen. Voor de techniektraining in de sportpraktijk heeft het onderzoek nu al enkele waardevolle inzichten opgeleverd, maar ook hier geldt dat er nog heel wat meer onderzoek nodig is voordat we werkelijk begrijpen hoe leren door observatie en nadoen in zijn werk gaat. Pas dan kan er een zeer gerichte en gedetailleerde vertaling van wetenschappelijke kennis naar de praktijk plaatsvinden.

Referenties

1. http://www.wdcs.org.au/story_details.php?select=20
2. http://www.huffingtonpost.com/2012/05/10/chimpanzee-culture-nut-cracking-technique_n_1507592.html
3. <http://www.juggling.org/~conway/cohen/>
4. Meltzoff AN & Moore MK (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, 198, 75-78.
5. Bandura A (1977). *Social learning theory*. New York: General Learning Press.
6. Feltz DL (1982). Effects of age and number of demonstrations on modeling of form and performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53, 291-296.
7. Carroll WR & Bandura A (1990). Representational guidance of action production in Observational Learning: a causal analysis. *Journal of Motor Behavior*, 22, 85-97.
8. Wright DL, Li Y & Coady W (1997). Cognitive processes related to conceptual interference and observational learning: a replication of Blandin, Proteau and Alain (1994). *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 106-109.

9. Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V & Fogassi L (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3, 131-141.
10. Gallese V, Fadiga L, Fogassi L & Rizzolatti G (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119, 593-609.
11. Iacoboni M & Dapretto M (2006). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 942-951.
12. Molenberghs P, Cunnington R & Mattingley JB (2012). Brain regions with mirror properties: A meta-analysis of 125 human fMRI studies. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, 36 (1), 341-349.
13. Aziz-Zadeh L & Ivry RB (2009). The human mirror neuron system and embodied representations. In D. Sternad (ed.), *Progress in motor control* (pp. 355-376). Berlin: Springer.
14. Buccino G et al. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, 13, 400-404.
15. Gazzola V, Aziz-Zadeh L & Keysers C (2006). Empathy and the somatotopic auditory

mirror system in humans. *Current Biology*, 16, 1824-1829.

16. Liberman AM, Cooper FS, Shankweiler DP & Studdert-Kennedy M (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461.

17. Calvo-Merino B, Glaser DE, Grezes J, Passingham RE & Haggard P (2005). Action observation and acquired motor skills: an fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, 15, 1243-1249.

18. Buccino G, Vogt S, Ritzl A, Fink GR, Zilles K, Freund HJ & Rizzolatti G (2004). Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event-related fMRI study. *Neuron*, 42, 323-334.

Over de auteur

Prof. dr. Peter J. Beek is hoogleraar Coördinatie-dynamica aan de Faculteit Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit in Amsterdam. Hij is tevens decaan van deze Faculteit.

Advertentie



Hogeschool  van Arnhem en Nijmegen

Heb jij passie voor sport?

HAN Sport en Bewegen biedt een inspirerend leer- en onderzoeksklimaat voor iedereen met passie voor sport.

Kies nu voor een kortdurende post hbo-opleiding bij Seneca, hét expertisecentrum voor Sport, Arbeid en Gezondheid.

Kijk voor alle informatie over onze opleidingen, in-company trainingen en maatwerktrajecten op onze site. Of bel Seneca: (024) 353 12 62

▶ HAN www.han.nl/seneca