

Op 2 en 3 november 2010 vond op Papendal een Nationaal Coach Platform over motorisch leren plaats. In een reeks van vier artikelen zal ik de inhoud van mijn algemene inleiding op dit NCP aan het papier toevertrouwen. Hierbij het eerste deel, waarin enkele algemene uitgangspunten en overwegingen met betrekking tot het thema motorisch leren worden gepresenteerd.

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: uitgangspunten en overwegingen (deel I)

Peter J. Beek

In de delen twee, drie en vier zal ik vervolgens ingaan op de rol van aandacht, kennis en variatie. Daarna volgt nog een cyclus over mijn tweede bijdrage aan het Nationaal Coach Platform met 'capita selecta'. Doel van de beide cycli is het op een zodanig wijze samenvatten van de huidige inzichten met betrekking tot motorische leerprocessen, dat deze tot leven komen voor de sportpraktijk en nieuwe praktische toepassingen in beeld komen.

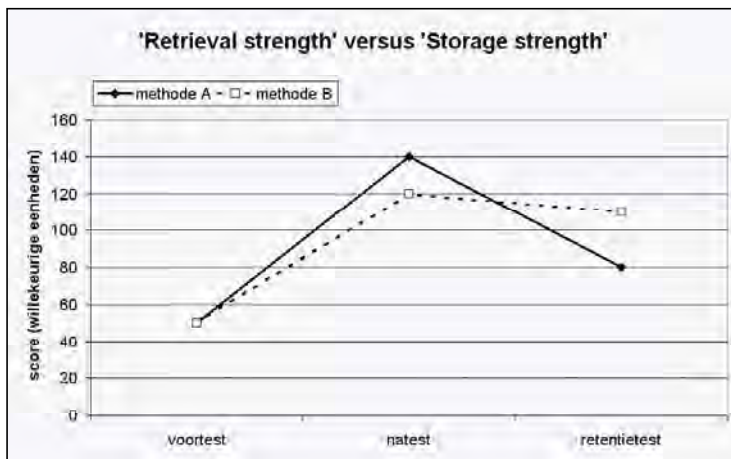
Motorisch leren: een definitie met implicaties

Bij het onderwerp motorisch leren is het van belang eerst stil te staan bij de vraag wat leren precies inhoudt. Dit is nog niet zo eenvoudig aan te geven, zoals blijkt uit het brede scala aan definities van motorisch leren dat in de wetenschappelijke literatuur te vinden is. Een bruikbare en wat mij betreft ook correcte omschrijving is die van Richard Schmidt, die leren in zijn gezaghebbende handboek 'Motor control and learning' (Schmidt & Lee⁵) definieert als 'een proces dat leidt tot

relatief duurzame veranderingen in het *gedragspotentieel* als gevolg van *specifieke ervaringen* met de omgeving'. Motorisch leren heeft dan betrekking op veranderingen in het vermogen om motorische taken of activiteiten uit te voeren die het gevolg zijn van oefening en training.

De cursief geschreven termen in bovenstaande definitie zijn essentieel voor (motorisch) leren, maar bemoeilijken de beoordeling ervan. Ten eerste geldt dat er alleen sprake is van leren als de veranderingen in het gedragspotentieel na oefening een zekere tijd blijven voortbestaan. Oefening die leidt tot prestatieverbetering tijdens de training, maar niet over trainingen heen, heeft geen leereffect. Bij leren gaat het niet om het onmiddellijke effect van de oefening op de prestatie, maar om de gevolgen op langere termijn. Wil er sprake zijn van leren, dan moet het geoefende beklijven. Om die reden is het van belang om leren niet eenvoudig gelijk te stellen aan prestatieverbetering. Immers, leren heeft betrekking op een verandering in het *gedragspotentieel*, het tweede





Figuur 1. Een vergelijking tussen de effectiviteit van twee trainingsmethoden. Na een voortest, waarop een groep proefpersonen een gemiddelde score van 50 behaalt, wordt deze groep gesplitst in twee subgroepen. De scores in de subgroep die traint volgens methode A nemen snel toe. Aan het einde van de trainingsperiode (natest) bedraagt de gemiddelde score 140. De groep die traint volgens methode B gaat minder snel vooruit en scoort 120 eenheden op de natest. Conclusie: de 'retrieval strength' van methode A is groter. Echter, als na enkele dagen/ weken - zonder verdere training - een retentietest wordt afgenomen, blijkt groep A te zijn teruggevallen naar een score van 80 en scoort groep B nog altijd 110. Conclusie: de 'storage strength' van methode B is duidelijk groter; het geleerde is beter in het geheugen opgeslagen. Methode B is dus effectiever.

element in de definitie. Een verandering daarin is alleen indirect meetbaar via het gedrag of de prestatie zelf. Om vast te stellen of er daadwerkelijk geleerd is, wordt in de wetenschap (maar in de sportpraktijk zou dat ook goed zijn!) gebruik gemaakt van een zogenoemde *retentietest*, waarmee na enige tijd (meestal enkele dagen of weken) zonder verdere oefening aan de hand van de testprestatie bepaald wordt of er daadwerkelijk een verandering in het gedragspotentieel is opgetreden. Het is mogelijk (zie figuur 1) dat een leermethode tijdens de training maar een beperkt effect lijkt te hebben omdat de prestatie maar weinig verbetert (bijvoorbeeld omdat de sporter van alles uitprobeert en veel fouten maakt, of omdat er veel variatie in de oefenvormen zit), maar op termijn toch een aanmerkelijk leereffect blijkt te hebben. Omgekeerd is het mogelijk dat een leermethode tijdens de training leidt tot een duidelijke verbetering van de prestatie (bijvoorbeeld door gerichte instructies van de coach, continue bekrachtiging of tijdelijke ondersteuning door aanvullende feedback), maar op termijn niet of nauwelijks een blijvend effect sorteert. Met andere woorden, wat een sporter 'leert' in een trainingssessie en tijdens die sessie aan prestatieverbetering laat zien, heeft geen betekenis voor de vraag of er iets geleerd is dat gereproduceerd kan worden in de toekomst. In de litera-

tuur over leren¹ wordt daarom wel onderscheid gemaakt tussen 'retrieval strength' (het vermogen van een methode om een bepaald gedrag op te wekken, oftewel de actuele mate van toegankelijkheid) en 'storage strength' (het vermogen om daadwerkelijk een leereffect teweeg te brengen). Uit het oogpunt van relatief permanente prestatieverbetering verdienen leermethoden met de grootste 'storage strength' per definitie de voorkeur. Ten derde geldt dat het bij leren gaat om specifieke ervaringen met de omgeving en niet om bijvoorbeeld veranderingen in gedrag die berusten op rijpingsprocessen. Zo vertonen kinderen tot en met hun dertiende à veertiende levensjaar een verbetering van het gezichtsvermogen, maar deze is te danken aan het feit dat de ontwikkeling van het netvlies pas op die leeftijd tot voltooiing komt en niet aan het oefenen van taken waarbij de visuele waarneming een rol speelt. Gevoeliger worden voor de specifieke visuele informatie die vereist is voor succesvolle beoefening van een bepaalde sport (bijvoorbeeld tennis, honkbal, hockey of voetbal) is het gevolg van leren, maar de verbetering van het gezichtsvermogen als zodanig is dat niet. Het feit dat motorisch leren het gevolg is van specifieke ervaringen met de omgeving houdt in dat het geleerde afhankelijk is van de omstandigheden waaronder werd geoefend. Voor veel

sporten geldt dat de omstandigheden tijdens de training (oefensituaties op het veld of in de zaal, aanwezigheid van trainers en coaches, gebruik van hulpmiddelen) anders zijn dan de omstandigheden waaronder uiteindelijk de prestatie moet worden geleverd (competitie, publiek, media). Om vast te stellen in hoeverre datgene dat in de ene situatie werd geleerd ook op een andere situatie van toepassing is, wordt gebruik gemaakt van een zogenoemde *transfertest*. Ook voor deze test geldt dat er meer gebruik van gemaakt zou moeten worden in de sportpraktijk, omdat de verwerving van vaardigheden een sterk situatiegebonden karakter blijkt te hebben.

'Deliberate practice': hoe veel en hoe lang?

Motorisch leren in de vorm van techniek- en coördinatie training speelt in de sport een belangrijke rol. Zeker in de prestatiesport gaat het hierbij om vele jaren van toegewijde oefening. De van oorsprong Zweedse psycholoog Anders Ericsson, expert in het ontstaan van expertise, spreekt in dit verband van 'deliberate practice', dat wil zeggen oefening die erop gericht is een vaardigheid of techniek onder de knie te krijgen die men nog niet beheerst². Met andere woorden, bij 'deliberate practice' gaat het om oefening die gericht is op het realiseren van specifieke, grensverleggende doelen, zoals een

turner die een dubbele salto al kan uitvoeren, maar deze nu met een schroef wil combineren, of een basketballer die het 'hook shot' aan zijn repertoire wil toevoegen. 'Deliberate practice' is daarmee per definitie gericht op vernieuwing en niet zomaar een vorm van drillen of het inslijpen van een bewegingstechniek door deze eindeloos te herhalen.

Een ander belangrijk aspect is dat 'deliberate practice' gepaard gaat met een sterke focus van de aandacht, waarbij continue feedback over

zowel de gehanteerde techniek als de uitkomst essentieel is. De sporter is maximaal geconcentreerd op het bereiken van het gestelde doel en probeert alle informatie die hem hiertoe kan brengen te benutten. Een dergelijke hoge concentratie houdt in dat

er, gezien het beperkte aandachtsvermogen van mensen, gedoseerd geoefend moet worden; alleen dan heeft het oefenen optimaal rendement. Tegenover het uitgangspunt dat je vooral goed wordt in een sport door *zo veel mogelijk* te trainen, benadrukt Ericsson veeleer de *gerichtheid* en de *kwaliteit* van het oefenen. Uit onderzoek aan de hand van dagboeken en trainingsschema's bleek dat experts in uiteenlopende vaardigheden als schaken, pianospelen, hardlopen, turnen en kunstrijden circa 4 uur 'deliberate practice' per dag over een periode van circa 10 jaar achter de rug hadden toen ze tot de wereldtop gingen behoren! Natuurlijk speelt talent daarbij ook een rol, maar volgens Ericsson is talent in belangrijke mate 'maakbaar' door 'deliberate practice'; omgekeerd is in ieder geval aantoonbaar dat 'getalenteerd zijn' niet inhoudt dat men het met minder toegewijde oefening kan stellen. Erfelijk bepaalde fysieke factoren als lengte (basketbal) of de grootte

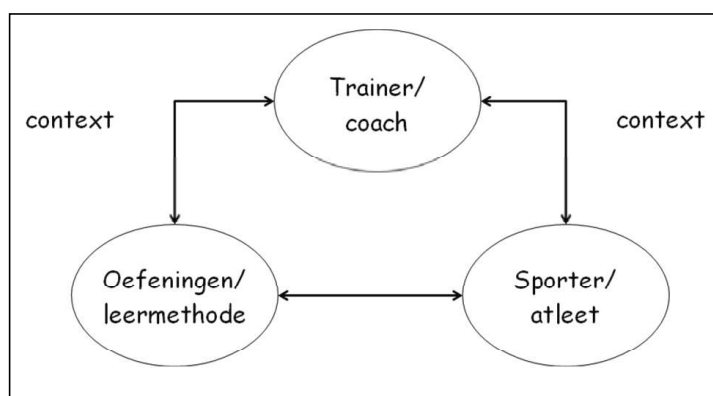
van de handen (zwemmen) kunnen soms bijdragen of zelfs noodzakelijk zijn om de wereldtop te halen, maar voor het overige geldt volgens Ericsson dat vooral de maximale aanpassing aan taakeisen als gevolg van 'deliberate practice' voorwaarde is voor het ontstaan van expertise. Uiteraard is over deze stelling de nodige discussie mogelijk, maar dat je ver kunt komen door toegewijde oefening staat buiten kijf.

Om de wereldtop te halen is het nodig

maken uit een groot aantal leermethoden, zoals operante conditioneringstechnieken, imitatie- en observatielernen, mentale verbeelding, extrinsieke toegevoegde feedback (waaronder video), leren met een externe versus interne focus van aandacht, expliciet leren versus impliciet leren (inclusief analogieleren en foutloos leren), variabel oefenen, traditioneel leren versus differentieel leren enzovoorts. Welke leermethode uit dit rijke arsenaal heeft in een bepaalde situatie de voorkeur?

Helaas bestaat er op deze belangrijke vraag geen eenduidig antwoord, omdat het succes van de gebruikte leermethode afhankelijk is van een groot aantal factoren, zoals schematisch is weergegeven in figuur 2. De effectiviteit van een bepaalde oefen- of leermethode bij een specifieke motorische

taak hangt af van individuele kenmerken van de sporter, zoals motivatie, aandacht, cognitieve en perceptuele oriëntatie en leerstijl, maar ook van de manier waardoor deze wordt ingezet door de trainer of coach en wat deze daarbij zegt of doet. Waar de ene leermethode prima geschikt is voor de ene sporter sluit een andere leermethode weer beter aan bij een andere sporter. Waar de ene trainer of coach met een bepaalde leermethode bij een gegeven atleet veel succes boekt, kan dat voor dezelfde atleet bij een andere trainer of coach anders uitpakken. Bovendien is de context (de omstandigheden waaronder de taak geoefend wordt) van invloed op het leerresultaat. Kortom, er zijn nogal wat factoren die een rol spelen bij motorische leerprocessen, factoren die elkaar bovendien ook nog eens wederzijds beïnvloeden. De 'beste' leermethode bestaat dus niet; die is afhankelijk van het individu, de trainer en de context. Het is een uitda-



Figuur 2. Schematische weergave van de factoren die een rol spelen bij motorische leerprocessen.

om al op vroege leeftijd te beginnen met 'deliberate practice', maar ook het leervermogen van ouderen mag niet onderschat worden. Zo wist Tom Amberry op 71-jarige leeftijd nog een wereldrecord te vestigen met een aaneengesloten serie van 2750 (!) rake vrije worpen, nadat hij pas op zijn 40e begonnen was met basketballen en het nemen van vrije worpen. Deze opmerkelijke prestatie is opgenomen in het Guinness Book of Records.

De keuze van oefenvormen

Langdurige gerichte oefening baart dus kunst, maar welke leermethoden kan men het beste inzetten bij de techniek- en coördinatie-training? Ericsson zegt daar niet veel over, alleen dat de oefening gericht moet zijn op het realiseren van specifieke doelen. Toch is het een zeer belangrijke vraag, omdat trainers en coaches een keuze kunnen

ging voor de trainer of coach precies die leermethode te selecteren, die het meest geschikt is voor een bepaalde atleet. Men zal zich daarbij veelal moeten baseren op ervaringskennis en trial-and-error, omdat onvoldoende gegevens over relevante factoren voorhanden zijn om een meer objectieve keuze te maken. Daarnaast kan men zich, bij gebrek aan meer specifieke informatie, baseren op de uitkomsten van onderzoek naar motorische leer-methoden. Bij zulk onderzoek wordt het resultaat van de ene leermethode vergeleken met dat van één of meer andere leermethoden, door verschillende groepen proefpersonen onder gecontroleerde omstandigheden aan die verschillende methoden te onderwerpen. Gemiddeld over de groepen kan dan de ene methode een beter leer-effect blijken te hebben dan een andere methode. Dat is ook voor de trainer of coach nuttig om te weten. Zeker in situaties waarin kennis over specifieke individuele kenmerken en de invloed daarvan op motorische leerprocessen ontbreekt, lijkt het raadzaam om gebruik te maken van leermethoden die, gemiddeld over groepen, het beste leerresultaat opleveren.

In de huidige sportpraktijk wordt dat echter nog maar weinig gedaan. Vaak wordt gebruik gemaakt van de binnen een specifiek sportdomein gevestigde leer- en trainingsmethoden, die van trainersgeneratie op trainersgeneratie zijn overgedragen. Desondanks ontstaat er vanuit de sportpraktijk steeds meer belangstelling voor wetenschappelijke resultaten en inzichten op het gebied van motorisch leren en de benutting hiervan bij het inrichten van de training. Dit zal niet alleen leiden tot een verbetering van de sportpraktijk, maar ook tot een sterkere samenwerking met de wetenschap en een verhoogde praktijkrelevantie van het onderzoek.

Voorbij de drie stadia van Fitts en Posner

Als trainers en coaches kennis hebben van de literatuur over motorisch leren, dan betreft dit dikwijls het drie-fasen-model van Fitts en Posner³ (1967) en de schematheorie van Schmidt⁴ (1975). Het model van Fitts en Posner stelt dat het leren van complexe bewegingen langs drie stadia verloopt, die zich kenmerken door een gaandeweg onafhankelijk worden van mentale processen en een steeds sterkere automatisering van de bewegingsuitvoering. In de eerste, *cognitieve fase* staat het doorgronden van de beweging of handeling voorop. Hiertoe worden expliciete stap-voor-stap uitvoeringsregels verschaft die de leerling in staat te stellen 'de eerste steken op de pen te krijgen'. Vervolgens begint de *associatieve fase* waarin oorzaak-gevolg relaties worden ontdekt, perceptie en actie met elkaar verbonden raken en de verschillende onderdelen van de beweging versmelten tot een totaal, eventueel mede op geleide van extrinsiek toegevoegde feedback (kennis van de uitvoering). In de laatste, *autonome fase* verloopt de uitvoering van de beweging vanzelf, zonder bewuste aandacht of sturing. De expliciete stap-voor-stap uitvoeringsregels zijn nu niet meer nodig en de aandacht kan uitgaan naar andere zaken, zoals de te volgen wedstrijdstrategie. Toevoeging van feedback die de aandacht op de nu autonoom geworden bewegingsuitvoering richt, leidt tot verstoring van de beweging en dient daarom vermeden te worden. Het drie-fasen-model van Fitts en Posner is gebaseerd op drie aannames, die elk op de proef gesteld worden door recent onderzoek naar motorische leerprocessen. Ten eerste gaat het model ervan uit dat het nuttig is om aan het begin van het leerproces de aandacht op de uitvoering te richten (interne focus van aandacht) en daarna op het resultaat (externe focus van aandacht). Ten tweede stelt het model

dat het nuttig is om aan het begin van het leerproces expliciete kennis aan te brengen in de vorm van stap-voor-stap uitvoeringsregels en op het eind niet meer. Ten derde leidde het model tot de zienswijze dat de autonome fase bereikt zou worden door het intensief herhalen van de beweging, zodat deze raakt ingeslepen. In de volgende drie bijdragen in deze cyclus zal – met als steekwoorden aandacht, kennis en variatie – de houdbaarheid van elk van deze drie aannames kritisch worden beschouwd in het licht van recent onderzoek. Dit heeft, zo zal blijken, de nodige implicaties voor de sportpraktijk. Verder zal bij de bespreking van de rol van herhaling en variatie in het leerproces blijken, dat ook de schematheorie van Schmidt⁴, met zijn nadruk op variabel oefenen, voor herziening in aanmerking komt.

Referenties

1. Bjork RA & Bjork EL (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. In A Healy, S Kosslyn & R Shiffrin (Eds.), From learning processes to cognitive processes: Essays in honor of William K. Estes (Vol. 2, pp. 35-67). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
2. Ericsson KA, Krampe RTh & Tesch-Römer C (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100 (3), 363-406.
3. Fitts PM & Posner MI (1967). Learning and skilled performance in human performance. Belmont, CA: Brooks Cole.
4. Schmidt RA (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
5. Schmidt RA & Lee TD (2005). Motor control and learning. A behavioral emphasis (4th edition). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

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.

Waarop moeten sporters hun aandacht richten tijdens het uitvoeren en leren van motorische taken? Moeten ze letten op de uitvoering van hun bewegingen of op de effecten daarvan in de omgeving? Of hangt dit af van de taak en het individu? Recent onderzoek naar deze vragen heeft nieuwe inzichten opgeleverd met belangwekkende implicaties voor de praktijk.

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining

Motorisch leren: het belang van een externe focus van aandacht (deel 2)

Peter J. Beek



Iedereen beseft wel dat aandacht een belangrijke rol speelt in leerprocessen. Kinderen die niet bij de les zijn leren minder goed dan kinderen die aandachtig opletten. Ouderen die lang hun aandacht bij een taak kunnen houden leren en revalideren beter dan ouderen die daar moeite mee hebben. Elke leraar, coach of trainer is zich dan ook bewust van de belangrijke rol die aandacht speelt en bedient zich – impliciet of expliciet – van technieken die erop gericht zijn de aandacht van de leerling te bepalen bij het zo goed mogelijk uitvoeren van de doeltaak.

Interne en externe focus van aandacht

Een belangrijke vraag in de context van motorisch leren is waar de pupil of atleet de aandacht het beste op kan richten om een optimaal leerresultaat te bereiken. Hierbij staan in principe twee mogelijkheden tegenover elkaar, door Wulf, Hoß en Prinz¹ in 1998 aangeduid met de termen interne en externe focus van aandacht.

Er is sprake van een interne focus wanneer de aandacht gericht is op de uit-

voering van de bewegingen of op de mechanische en neurale processen die daaraan ten grondslag liggen (zoals spierspanning of de verdeling van het lichaamsgewicht over beide voeten). Bij een externe focus daarentegen is de aandacht gericht op het effect van de bewegingen op de omgeving (zoals het zwaaien van de racket, stick of club, de landingspositie van bal, speer of pijl of de locatie waarop vinger, hand of voet terecht moeten komen).

Sinds de introductie van dit onderscheid in 1998 is een groot aantal studies uitgevoerd, de meeste van de hand van dr. Gabriele Wulf en medewerkers. Deze studies leverden een heldere en eenduidige uitkomst op bij een breed scala aan motorische taken, namelijk: een *externe focus is effectiever* dan een interne focus, zowel wat betreft het uitvoeren als het leren van bewegingen. Dit is een interessante bevinding omdat veel instructeurs, coaches en atleten – uiteraard met het doel de uitvoering van bewegingen te verbeteren - gebruik maken van verbale instructies en feedback die de aandacht juist *intern* richten. De on-

derzoeksresultaten impliceren echter, ironisch genoeg, dat zij aanmerkelijk betere prestaties en leerresultaten hadden kunnen bereiken als zij zich zouden hebben bediend van instructies en feedback die juist een externe focus van aandacht bevorderen. De resultaten van strikt gecontroleerde experimenten tonen zelfs aan dat proefpersonen die geen verbale instructies of feedback ontvangen net zo goed of zelfs beter leren en presteren dan proefpersonen bij wie de aandacht is gericht op de bewegingen zelf. Het beeld van een mismatch tussen theorie en praktijk wordt (avant-la-lettre) bevestigd door een vragenlijststudie van Künzell en Schipke² naar de denkbeelden over techniektraining van 152 Duitse topcoaches. Uit dit onderzoek bleek dat de coaches veel belang hechtten aan de focus van aandacht van de door hen begeleide sporters. Maar liefst 88% van de coaches meende dat tijdens techniektraining de aandacht gericht diende te zijn op 'essentiële aspecten van de beweging', dat wil zeggen kenmerken van de beweging die noodzakelijk worden geacht voor het adequaat en efficiënt realiseren van het doel van de beweging. 41% van de coaches meende echter dat tijdens wedstrijden de aandacht niet langer op de uitvoering van de beweging gericht dient te zijn, terwijl 36% volhield dat ook dan de aandacht op kernaspecten van de beweging geconcentreerd moet blijven. De overige coaches pleitten voor een individuele benadering. Ook meer recente studies laten een dergelijk beeld zien. Hoewel onder de term 'essentiële aspecten van de beweging' ook zaken verstaan kunnen worden die meer met een externe dan met een interne focus van aandacht samenhangen (zoals het richten van de elleboog in de richting van de squashbal bij het slaan van een backhand, of het kanten van de ski's in de sneeuw), is het duidelijk dat de coaches meer belang hechtten aan het

bewust richten van de aandacht op aspecten van de bewegingstechniek dan wenselijk is en onvoldoende recht deden aan de positieve uitwerking van een externe focus op het aanleren en uitvoeren van motorische taken.

Beknopt overzicht van het onderzoek

Het onderzoek naar de rol van de focus van aandacht bij het uitvoeren en leren van motorische taken is omvangrijk en heeft, zoals gesteld, betrekking op een breed scala aan taken. In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van verschillende onderzoeksdesigns (zowel binnen als tussen proefpersonen), verschillende manieren om de focus van aandacht te manipuleren (hetzij door instructie, hetzij door feedback) en verschillende methoden om leereffecten vast te stellen (retentie- en transfertests). Uiteraard zijn bij diverse studies de nodige methodologische kanttekeningen te plaatsen, maar het voert te ver om hier in deze rubriek op in te gaan. Dat is ook niet nodig omdat ondanks de verschillen in experimentele taak, onderzoeksdesign en gehanteerde methoden de studies vrijwel zonder uitzondering laten zien, dat zowel de uitvoering als het leren van motorische taken gebaat zijn bij instructies en feedback die ervoor zorgen dat de aandacht gericht is op het effect van de bewegingen en niet op de bewegingen zelf. Om de voordelen van het extern richten van de aandacht te illustreren is het nuttig om voor relevante taakdomeinen een beknopt overzicht te geven van het onderzoek en de gevonden resultaten.³ Het eerste taakdomein is dat van de **balanshandhaving**, waartoe taken behoren als het staan met open of gesloten ogen, het staan op een stabilometer (een platform dat naar rechts of links kan kantelen), het staan op een beweegbare ondergrond, het skiën op een skisimulator en het rijden op de pedalo (een soort rolschaatskarretje met

een trapmechanisme als bij een fiets). In het onderzoek naar het staan op de stabilometer werd gebruikt gemaakt van markeringen op het platform om de aandacht extern te richten. Proefpersonen werden ofwel geïnstrueerd om zich te concentreren op het horizontaal houden van de voeten (interne focus) of op het horizontaal houden van de markeringen op het platform (externe focus). Hoewel het verschil tussen deze beide instructies klein lijkt, voerden de proefpersonen met een externe focus de balanstak in alle studies beter uit en leerden zij de taak sneller en beter dan de proefpersonen met een interne focus^{4, 5}.

Een tweede taakdomein waarbinnen veel onderzoek is gedaan naar de relatie tussen focus van aandacht en motoriek is dat van de **miktaken**, zoals het slaan van een golfbal, het nemen van een vrije worp in basketbal, het werpen van een dart en het trappen van een (reguliere of Amerikaanse) voetbal. Ook bij deze taken werd steevast gevonden dat het oefenen van de taak met een externe focus tot superieure prestaties en leerresultaten leidt. Zo deden Zachry et al⁶ onderzoek naar het nemen van de vrije worp in basketbal bij proefpersonen met enige basketbalervaring. In dit onderzoek werden alle proefpersonen geïnstrueerd zich ofwel te concentreren op de polsbeweging (interne focus), ofwel op de ring van de basket (externe focus). Onder beide condities werd de schotnauwkeurigheid en de EMG-activiteit in bij de taak betrokken armspieren (m. flexor carpi radialis, m. biceps brachii, m. triceps brachii en m. deltoideus) bepaald. Het bleek dat de proefpersonen significant trefzekender waren wanneer de aandacht op de ring van de basket was gericht dan wanneer de aandacht op de polsbeweging was gericht, terwijl bovendien de EMG-activiteit in de biceps en triceps significant lager was. Deze bevinding wijst erop dat een externe focus van aandacht de

“economie” van de beweging bevordert en de “motorische ruis” reduceert. Wulf en Su⁷ bestudeerden het leren slaan van een golfbal naar een 15 m verder op het grasveld gelegen cirkelvormig doel. Omdat de proefpersonen in dit onderzoek geen ervaring hadden met het slaan van golfballen, ontvingen ze eerst enkele basisinstructies over de grip en de houding tijdens het slaan, alsmede een demonstratie van de slagbeweging. Vervolgens werden de proefpersonen opgedeeld in drie groepen: een groep die zich diende te concentreren op het zwaaien van de arm (interne focus), een groep die zich diende te concentreren op de swing van de club (externe focus) en een controlegroep zonder specifieke instructies. De externe focus groep vertoonde een significant betere schotnauwkeurigheid dan de beide andere groepen en ook een significant betere score op een retentietest. Een soortgelijk effect werd gevonden bij een groep van experts.

Het **springen** is een derde, wezenlijk andere klasse van taken waarbij het belang van een externe focus van aandacht is aangetoond. In tegenstelling tot de miktaken behoort het springen tot het vaste bewegingsrepertoire van volwassenen. Desondanks toonden Wulf et al⁸ aan dat ook hier een externe focus van aandacht helpt de prestatie te verbeteren. In deze studie maakten zij gebruik van een speciaal meetinstrument met een serie van verdraaibare sporten of uitsteeksels waarvan men de hoogst mogelijke met de vingers diende te raken (zie foto). De proefpersonen voerden deze taak onder drie condities uit: een conditie waarin zij werden geïnstrueerd de aandacht te concentreren op de sporten van het apparaat (externe focus), een conditie waarin zij werden geïnstrueerd de aandacht te concentreren op hun vingertoppen (interne focus) en een controlegroep zonder specifieke aandachtsinstructies. Andermaal bleek

de prestatie het best in de conditie met de externe focus van aandacht; gemeten ten opzichte van de individuele reikhoogte in staande positie, bereikten de proefpersonen in deze conditie een hoogte van 24,5 cm versus 23,2 cm in de conditie met een interne focus en 23,7 cm in de controlegroep. Bovendien liet het lichaamszwaartepunt in de eerst genoemde conditie een grotere verplaatsing zien, wat erop wijst dat de proefpersonen in de conditie met de externe focus ook daadwerkelijk hoger sprongen.

Recent onderzoek heeft aangetoond dat de voordelen van het extern richten van de aandacht niet beperkt zijn tot de drie genoemde klassen van taken, maar ook opgaan voor isometrische krachttaken, weerstandsoefeningen als het maken van een biceps curl en zelfs cyclische activiteiten als sprinten en zwemmen ('duw het water weg' is een effectievere instructie dan 'sla je armen achteruit!').

Uit het feit dat een externe focus binnen een dergelijk breed palet van taken superieur blijkt te zijn aan een interne focus kan geconcludeerd worden, dat het hier een algemeen principe betreft dat vermoedelijk veel zelf zegt over de neurale organisatie van de motoriek en de manier waarop deze tijdens motorische leerprocessen wordt geoptimaliseerd. Het is dan ook niet verwonderlijk dat bovenvermelde bevindingen aanleiding hebben gegeven tot diverse theoretische beschouwingen en verklaringen.

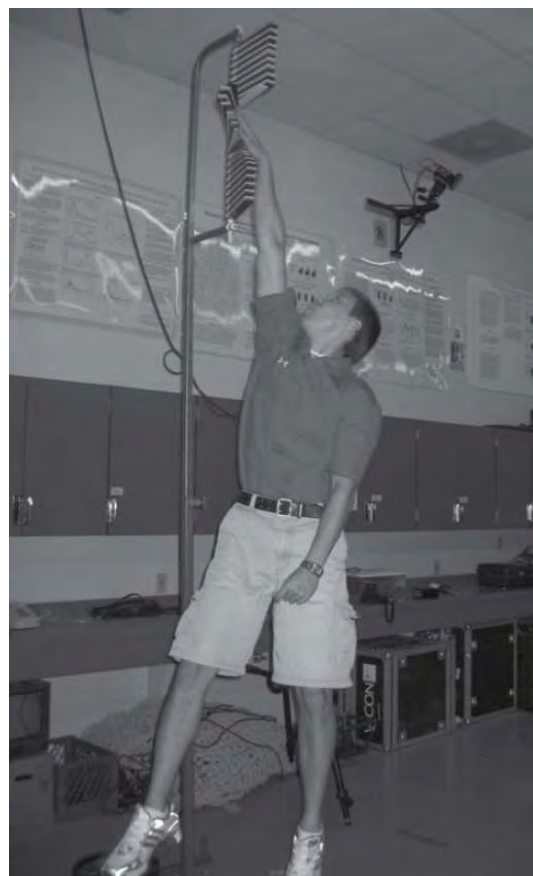
Theoretische verklaringen

Waarom zou een externe focus van aandacht tot

Apparaat om de spronghoogte mee te meten en te trainen (Wulf et al, 2007).

betere taakprestaties en betere leerresultaten leiden dan een interne focus van aandacht? Hiervoor zijn in de loop der tijd diverse verklaringen gegeven. Oorspronkelijk beriep Wulf zich op de 'common coding theory' van haar leermeester Prinz⁹, volgens welke perceptie en actie gecodeerd worden in dezelfde distale gebeurtenissen (omgevingseffecten, van het lichaam vandaan). Via dit gemeenschappelijke referentiekader zouden perceptie en actie op elkaar betrokken worden, ondanks de verschillen in informatie(verwerking) tussen beide systemen. Hoewel consistent met het belang van het richten van de aandacht op de effecten van de beweging, is deze verklaring nogal abstract en weinig specifiek.

Hij werd daarom ingeruild voor een concretere en specifiekere verklaring, de 'constrained action hypothesis'. Volgens deze hypothese bevordert een externe focus van aandacht het automatische karakter van de bewe-



gingssturing: onbewuste, reflexmatige en daarmee snelle sturingsprocessen kunnen ongehinderd hun beslag krijgen, waardoor het gewenste resultaat van de beweging nagenoeg als vanzelf wordt gerealiseerd. Omgekeerd geldt dat een interne focus van aandacht de automatische sturing van de bewegingen verstoort die normaliter leidt tot het realiseren van een gewenst doel. Als gevolg hiervan worden de bewegingen trager, minder vloeiend en minder effectief.

In de literatuur over de rol van aandacht tijdens motorische leerprocessen zijn diverse vormen van steun voor de 'constrained action hypothesis' te vinden. Wulf³ noemt er drie. Ten eerste is gebleken dat proefpersonen die een balanstak uitvoerden met een externe focus van aandacht een tweede, reactietijdtaak sneller en beter uitvoerden dan proefpersonen die de balanstak uitvoerden met een interne focus van aandacht. Kennelijk vereist de balanstak in het tweede geval meer aandacht dan de eerste. Ten tweede is gebleken dat balanshandhaving met een externe focus van aandacht gepaard gaat met aanpassingen met hogere frequenties dan balanshandhaving met een interne focus van aandacht. Dit suggereert dat met een externe focus van aandacht meer en snellere reflexlussen worden gebruikt dan met een interne focus van aandacht. Ten slotte is gebleken dat bij de verticale sprong, de bicepscurl en de vrije worp in basketbal een externe focus van aandacht niet alleen gepaard gaat met een betere taakprestatie, maar ook met grotere nettomomenten en snellere gewrichtsrotaties in combinatie met gereduceerde spieractiviteit. Kortom, een externe focus verhoogt zowel de effectiviteit als de efficiëntie van de beweging. Met een externe focus wordt de beweging optimaal ingericht ('constrained') in relatie tot het gewenste doel.

Afsluitende overwegingen

De evidentie voor de meerwaarde van een externe focus van aandacht in motorische leerprocessen ten opzichte van een interne focus van aandacht is overweldigend, zowel in de sport als daarbuiten³. Zo overweldigend, dat leraren, coaches en atleten de bevingen vanuit de wetenschap niet met goed fatsoen links kunnen laten liggen. In sommige gevallen zullen zij er weliswaar niet aan ontkomen om instructies en feedback te verschaffen die de aandacht op de bewegingen zelf vestigen, maar in algemene zin kan gesteld worden dat zij er verstandig aan doen dergelijke instructies en feedback tot een minimum te beperken en zo veel mogelijk te zoeken naar instructies en feedback die een externe focus van aandacht bevorderen. De soms geuite tegenwerping dat de keuze van focus afhankelijk dient te zijn van de taak en het individu klinkt plausibel, maar wordt niet gestaafd door de uitkomsten van het wetenschappelijk onderzoek. Immers, de gevonden effecten in het voordeel van een extern gerichte aandacht lijken in belangrijke mate onafhankelijk te zijn van de onderzochte taak en het vaardigheidsniveau van de proefpersonen. Hierbij moet echter wel opgemerkt worden dat ten aanzien van gesloten vaardigheden als bijvoorbeeld turnen en kunstrijden op de schaats, waarbij het doel van de beweging een perfecte uitvoering van die beweging zelf is, nog onvoldoende bekend is over de relatieve voor- en nadelen van leren met een externe dan wel een interne focus van aandacht. Het zou goed zijn als dit onderzocht zou worden, niet alleen voor de praktijk, maar ook als ultieme test van de theorie. Ook moet worden onderkend dat, hoewel er het nodige onderzoek is gedaan naar de effecten van de focus van aandacht bij het uitvoeren en verfijnen van motorische taken bij experts, er nog weinig bekend is over eventuele individuele verschillen in de manier waarop hun

aandacht het beste extern (of misschien wel intern) kan worden gestuurd. Zo blijft er nog heel wat onderzoek te doen naar een interessant onderwerp.

Referenties

1. Wulf G, Hoß M & Prinz W (1998). Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus of attention. *Journal of Motor Behavior*, 30, 169-179.
2. Künzell S, & Schipke, D (1996). Ergebnisdarstellung: Generelle Aspekte. In K. Roth (Ed.), *Techniktraining im Spitzensport* (pp 107-132). Köln, Sport end Buch Strauß
3. Wulf G (2007). Attentional focus and motor learning: A review of 10 years research. In E-J Hossner & N Wenderoth (Eds.), *Gabriele Wulf on attentional focus and motor learning*. *E-Journal Bewegung und Training*, 1, 4-14.
4. Wulf G & McNeven NH (2003). Simply distracting learners is not enough: More evidence for the learning benefits of an external focus of attention. *European Journal of Sport Science*, 3, 1-13.
5. Wulf G, McNeven NH, & Shea CH (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 1143-1154.
6. Zachry T, Wulf G, Mercer J & Bezodis N (2005). Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 67, 304-309.
7. Wulf G & Su J (2007). An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78, 384-389.
8. Wulf G, Zachry T, Granados C & Dufek JS (2007). Increases in jump-and-reach height through an external focus of attention. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2, 275-284.
9. Wulf G & Prinz W (2001). Directing attention to movement enhances learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 648-660.

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.

Wat voor instructies moeten coaches en trainers aan hun sporters geven? Moeten ze expliciete aanwijzingen geven over de wijze waarop bewegingen dienen te worden uitgevoerd? Of verdienen meer impliciete vormen van leren en instructie de voorkeur? Recent onderzoek naar deze urgente vragen heeft in wetenschap en sportpraktijk geleid tot twijfel over het primaat van expliciet leren en een groeiende interesse voor impliciet leren.

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: het belang van impliciete kennisopbouw (deel 3)

Peter J. Beek

Leren – inclusief motorisch leren – kan gezien worden als het opdoen van kennis. De opgedane kennis is verschillend van aard: het kennen van de Europese hoofdsteden is iets anders dan het kunnen spreken van een taal of het kunnen uitvoeren van een dubbele Rietberger. Leraren, coaches en trainers hebben tot taak leerprocessen zodanig in te richten dat het verwerven van de beoogde kennis wordt bevorderd. Cruciale vragen in dat verband betreffen de aard van de te vergaren kennis en, in samenhang daarmee, van de te verschaffen instructies en feedback.

Expliciet versus impliciet leren

In de literatuur over leren is het algemeen aanvaard dat er twee soorten van kennis zijn, namelijk expliciete en impliciete kennis.^{1,2} Expliciete kennis heeft betrekking op feiten en regels waar we ons bewust van zijn en die we desgevraagd kunnen benoemen (verbaliseren), terwijl impliciete kennis zaken betreft die we kennen zonder het

te beseffen en daardoor ook niet kunnen verwoorden ('tacit knowledge', oftewel 'stille kennis'). Expliciet leren leidt tot de opbouw van expliciete kennis en impliciet leren tot de opbouw van impliciete kennis.

Hoewel expliciet leren nauw samenhangt met expliciete instructie kan expliciet leren ook plaatsvinden zonder expliciete instructie: het is mogelijk dat iemand expliciete kennis opdoet zonder dat deze van buitenaf wordt aangereikt. Zo kan een analytisch ingestelde atleet zelf zijn bewegingsuitvoering analyseren en bewust uitvoeringsregels opstellen, die hij of zij desgevraagd ook kan benoemen.

Omgekeerd kan een meer impulsieve, associatieve sporter zich weinig gelegen laten liggen aan de expliciete instructies van zijn coach of trainer en een beweging onder de knie krijgen door 'op te gaan in het moment', zonder de aangeboden expliciete kennis te gebruiken en te verwerken.

Hoewel docenten, therapeuten en trainers vaak geneigd zijn leerprocessen

expliciet in te richten, stoelt expertise in veel vaardigheden voor een belangrijk deel op impliciete kennis. Zo kan een ervaren schaker of Go-speler een zet als sterk of zwak herkennen, zonder goed aan te kunnen geven waarom. Van professionele effectenhandelaren is bekend dat zij vaak 'op hun gevoel' reageren op koersontwikkelingen op de beurs, zonder dat zij de onderliggende beslissingsregels kunnen beschrijven. Op analoge wijze kan een sporter op basis van zijn of haar ervaring en/of intuïtie een ingewikkelde beweging uitvoeren (soms zelfs zonder precedent of navolging; denk aan de onwaarschijnlijke hakomhaal van Van der Vaart tegen Feijenoord, of de onnavolgbare passeerbeweging – bal linksom, speler rechtsom – van Bergkamp tegen Newcastle United). Tegen de achtergrond van zulke voorbeelden rijst dan ook de vraag hoe expliciete en impliciete leerprocessen zich tot elkaar verhouden, welk type kennis de voorkeur heeft en welke instructies – *if any* – gegeven moeten worden om een expert te worden. In de context van motorische leerprocessen is deze thematiek zowel theoretisch als praktisch interessant, omdat enerzijds het leren van complexe bewegingen, zoals autorijden en piano-spelen, niet goed mogelijk lijkt zonder expliciete instructie, terwijl anderzijds geldt dat we slechts bijzonder weinig expliciet weten over de wijze waarop we dergelijke bewegingen uitvoeren. In het drie-fasen-model van Fitts en Posner (zie deel 1 van deze reeks artikelen³) wordt het duale karakter van motorische kennis geadresseerd door te stellen dat in de eerste (cognitieve) fase van het leerproces de beweging bewust gestuurd wordt op basis van expliciete stap-voor-stap-uitvoeringsregels, terwijl in de laatste (autonome) fase van het leerproces, wanneer de bewegingsuitvoering is geautomatiseerd, de kennis van de beweging verregaand impliciet is geworden.

Om die reden zijn, aldus het model, expliciete instructies uiterst waardevol, zo niet onmisbaar, aan het begin van motorische leerprocessen, terwijl ze later in het leerproces zo veel mogelijk vermeden dienen te worden. Alleen als het echt niet anders kan, bijvoorbeeld als de geautomatiseerde beweging onvolkomenheden kent die een verdere ontwikkeling in de weg staan, mogen expliciete instructies in de autonome fase worden aangewend. Het is echter de vraag of expliciete instructie wel altijd leidend moet zijn bij het leren van een complexe beweging of het bijschaven van een al verworven motorische vaardigheid. Dat blijkt uit onderzoek waarin de effecten van expliciete en impliciete leermethoden op verschillende dimensies worden vergeleken, zoals de snelheid van het leerproces en de kwaliteit van het leerresultaat, geoperationaliseerd in termen van het bereikte prestatieniveau en de mate waarin het geleerde bestand is tegen de effecten van prestatiedruk.

Impliciet leren voorkomt 'choking under pressure'

Aan het laatstgenoemde aspect, het op een kritiek moment onder mentale druk falen van een expert, is in de sportpsychologische literatuur de nodige aandacht besteed onder de noemer 'choking under pressure'. Dat is begrijpelijk, want 'choking' is een veel voorkomend verschijnsel met doorgaans desastreuze gevolgen. Denk bijvoorbeeld aan de verloren Wimbledon-finale van Jana Novotna tegen Steffi Graf in 1993 of de penaltyseries van het Nederlands elftal op diverse grote voetbaltoernooien. Voor 'choking' zijn verschillende theoretische verklaringen en interventies voorgesteld, die zich meestal richten op het vermogen van de sporter om zijn of haar angst te reduceren, bijvoorbeeld door relaxatietechnieken. De van origine Britse psycholoog Masters (nu in Hong Kong) kwam echter

met een wezenlijk andere benadering van 'choking' en de preventie daarvan.⁴ In navolging van diverse andere auteurs beschouwde hij het falen onder druk als een uiting van het bewust aansturen van een normaliter geautomatiseerde beweging, op basis van expliciete kennis waarover de sporter dankzij zijn of haar leergeschiedenis nog beschikt. Masters spreekt in dit verband van het 'herinvesteren' van kennis: de expliciete, maar disfunctioneel geworden kennis wordt onder druk opnieuw in de bewegingssturing betrokken. Doorredenerend langs deze lijn opperde Masters dat het optreden van falen onder druk ondervangen kan worden door de verwerving van expliciete kennis aan het begin van het leerproces te minimaliseren. Immers, hoe minder expliciete regels de sporter ter beschikking heeft, des te minder hij of zij in staat is om deze regels in tijden van stress te herinvesteren in de sturing van de beweging. Om zijn hypothese te toetsen onderzocht Masters⁴ het leren putten van een golfbal bij proefpersonen zonder noemenswaardige golfervaring, die ingedeeld werden in een impliciet-leren-groep en een expliciet-leren-groep (en nog drie controlegroepen). Om het ontwikkelen van expliciete kennis in het werkgeheugen te voorkomen, liet hij de impliciet-leren-groep de golfstaak zonder nadere instructies uitvoeren onder gelijktijdige uitvoering van een tweede (zogenoemde secundaire) cognitieve taak, namelijk het random genereren van letters. De expliciet-leren-groep ontving juist zeer uitgebreide en specifieke instructies over de techniek van het putten, ontleend aan twee standaardboeken voor golfcoaches. In de loop van de 400 oefentrials (bestaande uit 4 oefenblokken van 100 trials elk) verbeterde de (gemiddelde) prestatie van beide groepen zich op vergelijkbare wijze, hoewel de prestatie van de impliciet-leren-groep *overall* wat achter neigde te blijven

ten opzichte van die van de explicietleren-groep, waarschijnlijk ten gevolge van de secundaire taak. Anders dan de explicietleren-groep bleek de implicietleren-groep echter niet of nauwelijks in staat te beschrijven hoe zij de taak uitvoerden. Daarnaast bleek er sprake te zijn van een cruciaal verschil in de wijze waarop de prestatie van beide groepen proefpersonen werd beïnvloed wanneer zij direct na de oefenfase onder druk werden gezet. Dit werd bewerkstelligd door het putten te laten evalueren door een professionele golfspeler en hier financiële gevolgen voor de proefpersoon aan te verbinden. Een angsttest wees uit dat

king had op beginners, werpt het een kritisch licht op de wijdverspreide praktijk van het voor de wereldtop klaarstomen van talenten door het continu blijven verschaffen van expliciete instructies over de correct geachte bewegingsuitvoering. Wellicht dat Novotna er beter aan had gedaan het tennissen van jongs af aan impliciet te trainen...

Analogieleren is een vorm van impliciet leren

Echter, hoe kan impliciet leren het beste worden geïmplementeerd in de sportpraktijk? Het simultaan uitvoeren van een secundaire cognitieve taak tij-

dens het trainen is niet erg praktisch en kan rekenen op de nodige scepsis en hilariteit onder de sporters. Bovendien kan dit gepaard gaan met een tendens tot vermindering van de prestatie op de

doeltaak. Ook andere methoden van impliciet leren die in wetenschappelijk onderzoek worden gebruikt, zoals het verschaffen van onbewuste (zogenoemde subliminale) feedback, zijn niet goed toepasbaar in de praktijk. Om deze praktische problemen het hoofd te bieden, opperde Masters⁵ om gebruik te maken van een analogie of beeldspraak. Hij veronderstelde dat dit zou leiden tot een vorm van impliciet leren, omdat een analogie is op te vatten als een omvattende enkelvoudige instructie over de uit te voeren beweging waarin een groot aantal taakrelevante regels besloten ligt, zonder dat deze expliciet benoemd worden of expliciet in het bewustzijn verschijnen. Geeft men bij het aanleren van de topspinbackhand in het tafeltennis

bijvoorbeeld de instructie 'sla de bal alsof je een frisbee wegwerpt', dan impliceert dit een snelle beweging vanuit de onderarm (pronatie) en de pols (dorsaalflexie) van een lager naar een hoger gelegen punt. Of als een basketbalcoach bij het trainen van het basketbalschot (via de zogenoemde hoge techniek) het beeld oproept van een zwanenhals (zie figuur 1), dan houdt dit het een en ander in over de baan die de bal moet volgen en de manier waarop de handbeweging na het werpen van de bal wordt afgerond, zoals treffend gedemonstreerd door president Obama *himself* (figuur 1). Liao en Masters⁶ onderzochten in twee experimenten naar het leren van de topspinforehand in tafeltennis. Masters' hypothese dat analogieleren neerkomt op een vorm van impliciet leren. In het eerste experiment werden 30 beginners ingedeeld in drie groepen. Eén groep, de explicietleren-groep, oefende de topspinforehand aan de hand van 12 expliciete instructies over de uitvoering van de slag, ontleend aan twee standaardwerken voor tafeltenniscoaches. De tweede groep, de implicietleren-groep, ontving geen enkele extra instructie over het slaan van de topspinforehand, maar diende tijdens het oefenen random letters te genereren. De derde groep, de analogieleren-groep, werd geïnstrueerd om met het batje een denkbeeldige rechthoekige driehoek te tekenen en topspin aan de bal te geven door deze te raken tijdens het omhoog bewegen van het bat langs de schuine

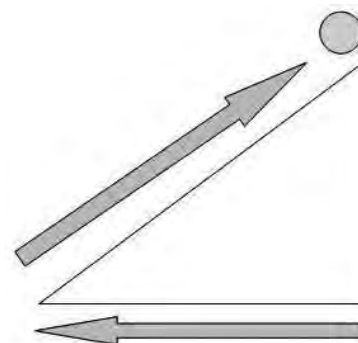


Figuur 1. Zwanenhalsanalogie voor het leren van het basketbalschot (hoge techniek).

dit bij alle proefpersonen leidde tot een hogere angstscore, maar het effect daarvan op de prestatie was duidelijk verschillend: terwijl de prestatie van de implicietleren-groep verder verbeterde ten opzichte van het oefenblok daarvoor, liet de explicietleren-groep een (overigens niet-significante) verslechtering zien.

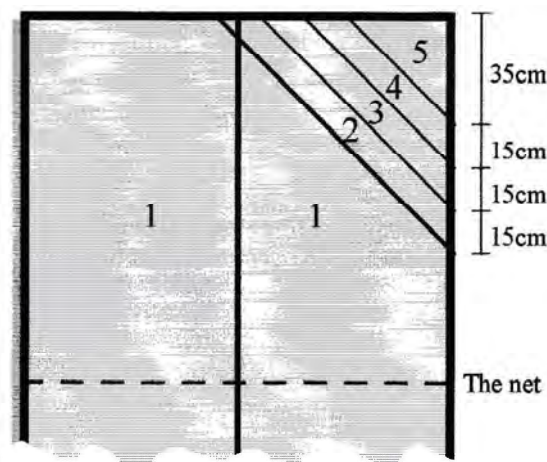
Masters vatte deze bevinding, die in enkele latere studies werd bevestigd, op als bewijs voor zijn hypothese dat actoren met weinig expliciete kennis minder kans hebben te falen onder druk dan actoren met veel expliciete kennis. Zoals verwacht doet de leer-geschiedenis er kennelijk toe: om de kans op falen onder druk te verkleinen, moet impliciet geleerd worden! Hoewel Masters' experiment betrek-

Figuur 2. De hypotenusa-analogie voor het leren van de topspinforehand in tafeltennis.



zijde (hypotenusa) van de driehoek (zie figuur 2).

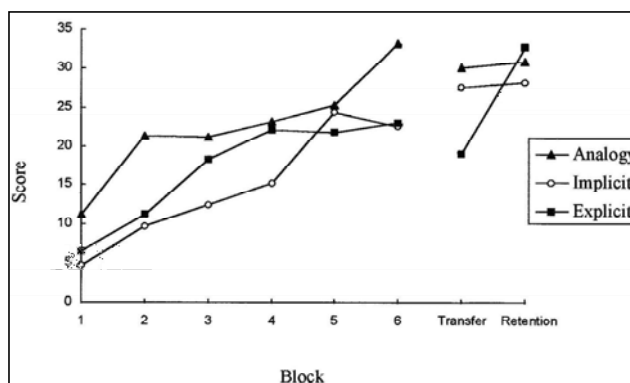
De leerfase van het experiment bestond uit 6 blokken van elk 50 pogingen, waarin de proefpersonen de bal zo diep mogelijk in de rechterhoek van de tafel aan de overkant van het net dienden te slaan. Daarbij konden volgens een bepaald scoringsstelsel (zie figuur 3) per slag 1, 2, 3, 4 of 5 punten verkregen worden, afhankelijk van waar de bal op de tafel belandde (missers leverden geen punten op). Na de leerfase werd bij alle proefpersonen een schriftelijke vragenlijst afgenomen om na te gaan hoeveel expliciete kennis zij tijdens het oefenen hadden opgedaan, gevolgd door een transfertest en een retentietest. De transfertest bestond uit een blok van 50 slagen waarbij alle proefpersonen hardop in eenheden van 3 terug moesten tellen vanaf 1100, terwijl de retentietest bestond uit een blok van andermaal 50 slagen zonder secundaire taak. De resultaten van het experiment (zie figuur 4) leverden overtuigend bewijs voor de hypothese van Masters. Uit de retentietest bleek dat alle groepen de topspinforehand even goed hadden geleerd, maar de prestatie van de expliciet-leren-groep werd sterk nadelig beïnvloed door de introductie van de secundaire taak tijdens de transfertest, terwijl dit effect achterwege bleef voor de impliciet-leren-groep en de analogie-leren-groep, die geen significante teruggang in prestatie lieten zien en ook geen significant verschil in prestatie tussen beide groepen. Bovendien bleek de expliciet-leren-groep significant meer expliciete regels over de slag te hebben opgedaan dan de beide andere groepen, die ook in dit opzicht niet significant van elkaar verschilden. Beide resultaten bevestigen dat analogieleren opgevat kan



Figuur 3. Het doel en de scoringsgebieden op de tafeltennistafel (ontleend aan Liao en Masters⁶).

worden als een vorm van impliciet leren en suggereren dat het leren aan de hand van een analogie ook als zodanig benut kan worden in de sportpraktijk. Deze conclusie werd verder bekrachtigd door een tweede experiment, waarin Liao en Masters aantoonde dat analogieleren leidt tot leerresultaten die beter bestand zijn tegen de negatieve effecten van (mentale) druk dan de met expliciet leren behaalde leerresultaten. Ook in dit experiment oefenden beginners de topspinforehand aan de hand van ofwel de driehoekanalogie, ofwel een veelheid aan expliciete regels over de uit te voeren slag. Na de leerfase werd de proefpersonen verteld dat hun prestatie extreem pover was en veel slechter dan die van de andere proefpersonen. Hoewel deze 'ego-bedreigende interventie' bij alle proefpersonen

Figuur 4. Gemiddelde nauwkeurigheidsscore als een functie van leren (blok 1 t/m 6), transfer en retentie (ontleend aan Liao en Masters⁶).



sonen leidde tot een (objectief vastgestelde) verhoogde druk en angstscore, vertoonde de expliciet-leren-groep een significante teruggang in prestatie in het direct daarop volgende blok van 50 slagen, terwijl de prestatie van de analogieleren-groep juist significant verbeterde. Waar de opgebouwde expliciete kennis in de expliciet-leren-groep onder druk kan leiden tot een vorm van bewuste sturing van de beweging op basis van stap-voor-stap-

uitvoeringsregels, die een automatische uitvoering in de weg staat, blijkt analogieleren bestand tegen de potentieel nadelige effecten van stress en druk door het ontbreken van voldoende expliciete kennis om de beweging bewust aan te sturen. Meer bewijs voor deze conclusie werd gevonden bij andere taken, waaronder het basketbalschot.⁷ Deze bevindingen en conclusies duiden erop dat analogieleren een effectieve vorm van impliciet leren is met alle voordelen van dien voor het leerresultaat.

Andere methoden van impliciete leren

Zijn er nog andere methoden en principes van impliciet leren die praktisch bruikbaar zijn? Ja, die zijn er, maar er is nog veel onderzoek nodig om het empirische bewijs hiervoor te leveren of te verstevigen. Een leermethode waar al wel enig bewijs voor is, maar die hier wegens ruimtebeperkingen niet nader wordt behandeld, is het zo veel moge-

lijk reduceren van het maken van fouten aan het begin van het leerproces, het zogeheten foutloos leren.⁸ De gedachte hierbij is dat het maken van fouten kan uitnodigen tot analyse en het opstellen van expliciete hypothesen over de bewegingsuitvoering in het werkgeheugen. Dat wordt met foutloos leren voorkomen.

Twee andere methoden die waarschijnlijk de opbouw van impliciete kennis bevorderen en de opbouw van expliciete kennis verhinderen zijn:

- het leren met een externe focus van aandacht (zie deel 2 van deze reeks artikelen⁹), al is het mogelijk dat iemand die zijn aandacht bij de uitvoering op het doel houdt toch gebruik maakt van expliciete kennis of deze ontwikkelt door het analyseren van fouten;
- het dusdanig sterk variëren van uitvoerings- en oefenvormen dat expliciete stap-voor-stap-uitvoeringsregels onbruikbaar worden, het zogenoemde differentieel leren dat in het volgende deel aan bod zal komen.

Afsluitende overwegingen

De evidentie voor de voordelen van impliciet leren is nog minder sterk dan de evidentie voor de voordelen van een externe focus van aandacht, mogelijk omdat er ook minder onderzoek naar is gedaan. Naast studies bij een breder scala aan sporten en sporters van verschillende vaardigheidsniveaus, is er vooral behoefte aan longitudinale (en dus kostbare en logistiek lastige) studies naar de gevolgen van expliciet en impliciet leren op de langere termijn, tijdens de ontwikkeling van talent naar expert. De enige wat langer lopende studie op dit vlak suggereerde dat de voordelen van analogieleren op termijn zouden verdwijnen.¹⁰

Ondanks de beperkte evidentie bevat het onderzoek naar impliciet leren veel belangwekkende inzichten en conclusies, waar coaches, trainers en atleten hun voordeel mee kunnen doen. Zoals de kaarten nu liggen kan in elk geval geconcludeerd worden dat impliciet leren niet tot slechtere leerresultaten leidt dan expliciet leren en bovendien als voordeel lijkt te hebben dat het de prestatie onder druk kan stabiliseren. Gebleken is dat analogieleren een vorm van impliciet leren is. Dit komt

goed van pas, omdat analogieën simpel en efficiënt in de praktijk kunnen worden toegepast. Voor trainers en coaches is het dan uiteraard wel zaak om geschikte metaforen te vinden voor de vaardigheden die zij willen aanleren of verbeteren!

Referenties

1. Reber AS (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 5, 855-863.
2. Berry DC & Broadbent DE (1986). The combination of explicit and implicit learning processes in task control. *Psychological Research*, 49, 7-15.
3. Beek PJ (2011). Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining. *Motorische leren: uitgangspunten en overwegingen* (deel 1). *Sportgericht*, 65 (1), 8-11.
4. Masters RSW (1992). Knowledge, nerves and know-how. The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83, 343-358.
5. Masters RSW (2000). Theoretical aspects of implicit learning in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 31, 530-541.

6. Liao CM & Masters RSW (2001). Analogy learning: A means to implicit motor learning. *Journal of Sports Sciences*, 19, 307-319.
7. Lam WK, Maxwell JP & Masters RSW (2009). Analogy learning and the performance of motor skills under pressure. *Journal of Sports and Exercise Psychology*, 31, 337-357.
8. Koedijker JM, Oudejans RRD & Beek PJ (2007). Explicit rules and direction of attention in learning and performing the table tennis forehand. *International Journal of Sport Psychology*, 38, 227-244.
9. Beek PJ (2011). Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining. *Motorische leren: het belang van een externe focus van aandacht* (deel 2). *Sportgericht*, 65 (2), 2-5.
10. Maxwell JP, Masters RSW, Kerr E & Weedon E (2001). The implicit benefit of learning without errors. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 1049-1068.

Over de auteur

Prof. dr. Peter J. Beek is hoogleraar Coördinatie-dynamica aan de Faculteit der 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

Hoe belangrijk is variatie tijdens het oefenen voor het aanleren van motorische vaardigheden? Kunnen bewegingstechnieken het beste continu herhaald worden, zodat zij goed geautomatiseerd en ‘ingeslepen’ raken? Of is het effectiever om tijdens het oefenen juist veel variatie aan te brengen, zodat de sporter steeds te maken krijgt met nieuwe situaties en elke beweging ‘opnieuw’ moet plannen en uitvoeren? Hoeveel variatie is dan optimaal? En is de optimale variatie afhankelijk van het vaardigheidsniveau van de sporter?

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: het belang van contextuele interferentie (deel 4)

Peter J. Beek

‘Practice makes perfect, repetition makes permanent’, zo luidt een Amerikaans gezegde. Maar is dat wel zo? Perfectie is voor de Goden en kan alleen maar benaderd worden, en of het onder de knie krijgen van een motorische vaardigheid het meest gebaat is bij continue herhaling staat op voorhand zeker niet vast. Zoals alle coaches, trainers en leraren zullen onderkennen, vergen trainingen en lessen een zekere mate van variatie in oefenstof, anders gaan ze aan monotonie ten onder. De uitdaging is om precies die mate van variatie aan te brengen, die leidt tot het beste leerresultaat in termen van retentie en transfer van de geoefende bewegingstechniek.

Variabel oefenen

Zoals in de eerdere delen van deze serie is gebleken, kan de effectiviteit van leermethoden beoordeeld worden aan de hand van uiteenlopende criteria. Een criterium dat in de dagelijkse

praktijk dikwijls wordt gehanteerd, is de mate waarin de prestatie toeneemt tijdens de training. Prestatieverbetering tijdens de training is echter noch een voldoende, noch een noodzakelijke voorwaarde voor leren; het maken van vorderingen tijdens de training geeft immers geen garantie dat de vorderingen ook ‘worden meegenomen’ naar de volgende training. Omgekeerd geldt dat een training tijdens welke weinig of geen prestatieverbetering valt waar te nemen, toch bij kan dragen aan een verbetering van de prestatie op langere termijn (zie deel 1). Retentietests moeten uitwijzen of er daadwerkelijk iets is geleerd. Bovendien geldt dat de training in de regel als doel heeft de wedstrijdprestatie te verbeteren; om dit te bepalen zijn transfertests vereist, of in elk geval objectieve gegevens over de wedstrijdprestatie. Ten slotte geldt nog dat het geleerde bestand moet zijn tegen de effecten van mentale en sociale druk (zie deel 3).

Veel factoren zijn van invloed op de uitkomsten van leerprocessen, zoals de gehanteerde leer methode, de gegeven instructies en feedback, het vaardigheidsniveau en de leerstijl van de pupil of sporter en de wisselwerking met diens coach of trainer. Ook de variatie in oefenvormen is een belangrijke factor gebleken bij het aanleren van motorische vaardigheden en is dan ook een kernthema in de literatuur over motorisch leren. De term variabel oefenen heeft enerzijds betrekking op de handelingen en bewegingen van het lerende individu en anderzijds op de omgeving en context waarin deze worden uitgevoerd.

De meeste theoretici benadrukken het belang van variabiliteit van oefenen, maar vanuit zeer uiteenlopende aannames en overwegingen. Volgens Richard Schmidt en diens schematheorie¹ wordt het succes van bewegingsprestaties in de toekomst in belangrijke mate bepaald door de mate van variabiliteit die het lerende individu ervaart tijdens het oefenen. Hoe gevarieerder de bewegingsuitvoering, des te sterker de interne representatie (het schema) voor de betreffende vaardigheid (of klasse van bewegingen) zich ontwikkelt. Schmidt refereert hierbij vooral aan variaties in bewegingsparameters binnen een bepaalde vaardigheid of bewegingstechniek, bijvoorbeeld een forehand in tennis die lang of kort geslagen wordt, cross of parallel, met of zonder effect, met een

zwaar racket of een licht racket, met een zachte spanning of een harde, enzovoort. Over dit aspect van variabel oefenen, het aanbrenge van variatie binnen de uitvoering van een bepaalde taak of vaardigheid, en de diverse theoretische perspectieven hierop, handelt het

volgende deel van deze serie.

Dit deel gaat in op de principes en inzichten die een trainer, coach of leraar kan hanteren om het opdoen van variabele ervaringen binnen een oefensessie zo te organiseren dat een optimaal leereffect wordt bewerkstelligd. Dit organisatieprobleem laat zich het beste illustreren aan de hand van een voorbeeld (vrij naar Magill²). Stel een volleybaltrainer wil aan het begin van het nieuwe seizoen bij de spelers van zijn team vier verschillende vaardigheden op een hoger plan brengen: de service, de set-up, de smash en het blok. Het team traint vier weken lang twee keer per week een uur. Hoe kunnen de oefeningen het beste verdeeld worden over en binnen de acht trainingssessies? Eén optie (zie figuur 1) is om eerst twee trainingen te wijden aan de service, dan twee aan de set-up, vervolgens twee aan de smash en ten slotte twee aan het blok. Dit staat bekend als geblokt oefenen. Een tweede mogelijkheid is om elke training alle vier de volleybalvaardigheden geblokt te oefenen, dus een kwartier voor elk van de te verbeteren vaardigheden. Dit is een vorm van serieel, ofwel lokaal-geblokt, oefenen. Een derde optie is om nog kortere episodes (bijvoorbeeld van 5 minuten) aan de bewegingstechnieken te besteden en deze wil-

Figuur 1. Drie oefenschema's (geblokt, serieel en random) om variabel oefenen te organiseren.

Week	1		2		3		4	
Sessie	1	2	3	4	5	6	7	8
Geblokt	Service	Service	Set-up	Set-up	Smash	Smash	Blok	Blok
Serieel								
Random	24 x 5 min. oefenen in willekeurige volgorde; alle vaardigheden zes keer		24 x 5 min. oefenen in willekeurige volgorde; alle vaardigheden zes keer		24 x 5 min. oefenen in willekeurige volgorde; alle vaardigheden zes keer		24 x 5 min. oefenen in willekeurige volgorde; alle vaardigheden zes keer	

leukeurig af te wisselen met als enige beperking dat per training (of per twee trainingen, zoals in figuur 1) even veel tijd besteed wordt aan elke techniek. Dit heet random oefenen.

Het contextuele-interferentie-effect

Welke van deze oefenschema's leidt tot het beste leerresultaat in termen van retentie en transfer? Die vraag is niet te beantwoorden zonder nadere theoretische overwegingen of - beter nog - empirische gegevens. Veel trainers en coaches zullen waarschijnlijk opteren voor een oefenschema met meer of minder sterk geblokte herhalingen. Ze zullen geneigd zijn te denken dat sporters op die manier het meeste kunnen leren van hun fouten, omdat ze onmiddellijk bij de volgende poging de kans hebben een eventuele fout in de uitvoering te corrigeren, of dat de continue herhaling ertoe leidt dat de bewegingstechniek beter wordt 'ingeslepen'. Het is echter ook voorstelbaar dat het aanleren van de vier volleybaltechnieken gebaat is bij meer afwisseling in de volgorde, zoals bij het random oefenen. Immers, in dit geval moeten de volleyballers het motorische probleem waarmee ze worden geconfronteerd steeds opnieuw oplossen, zonder dat zij zich kunnen laten leiden door de wijze waarop ze dat vlak daarvoor deden. De vier te oefenen volleybaltechnieken staan nu op gespannen voet met elkaar en zorgen als het

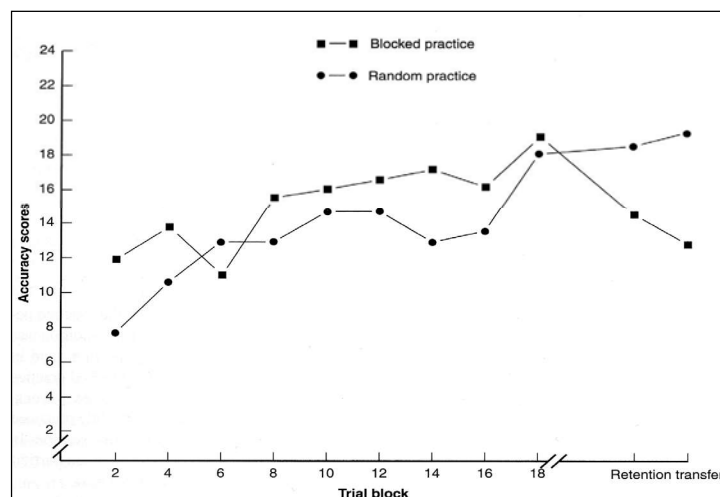
ware voor interferentie (verstoringen) op de korte termijn. Deze interferentie kan ertoe leiden dat ze tijdens het oefenen minder goed worden uitgevoerd dan tijdens geblokt oefenen. Daar staat echter tegenover dat de hersenen meer 'uitgedaagd' worden om actief oplossingen

te genereren, waardoor het leerresultaat beter behouden blijft (retentie) en beter overdraagbaar is naar andere situaties dan de oefensituatie (transfer). Een dergelijk effect werd als eerste aangetoond door Battig³ in zijn onderzoek naar het leren van woordenlijsten en verbale associaties. Het staat bekend als het contextuele-interferentie-effect (CI-effect), naar de term contextuele interferentie die hij introduceerde voor de interferentie die ontstaat door taken of vaardigheden binnen een oefensessie sterk af te wisselen. Het CI-effect is in verschillende leerdomeinen robuust gebleken, waaronder het leren van relatief eenvoudige bewegingstaken, zoals het door een serie houten barrières bewegen met de hand.⁴ Vervolgens is het CI-effect ook onderzocht bij het leren van complexere bewegingen, zoals in de sport (zie hieronder), het bewegingsonderwijs en de revalidatie. Het CI-effect bewijst dat interferentie niet noodzakelijk nadelig is voor leerprocessen, zoals men aanvankelijk aannam, maar deze zelfs kan bevorderen, waarbij het voordeel zich pas openbaart in de retentiefase. Het verschaft daarmee een principe voor het organiseren van variabel oefenen in lessen en trainingen. Immers, de genoemde oefenscenario's kunnen geordend worden op een continuüm dat loopt van lage contextuele interferentie (geblokt oefenen), via middelmatige contextuele interferentie (serieel oefenen) naar hoge contextuele interferentie (random oefenen).

Verklaring

De precieze oorzaak van het CI-effect is nog onbekend. Eén verklaring is dat een grotere diversiteit aan taken leerlingen in staat stelt de meest relevante informatie voor een bepaalde taak te destilleren, omdat de irrele-

vante informatie bij een hoge contextuele interferentie sterker varieert dan bij een lage contextuele interferentie. Verder kan random oefenen sterker aanzetten tot het bewerken van geheugenrepresentaties dan geblokt oefenen, omdat voortdurend meerdere variaties in taken en vaardigheden in het werkgeheugen zijn geactiveerd. Deze uitleg staat bekend als de bewerkingshypothese. Daartegenover staat de actie-plan-hypothese⁵, die oppert dat het leervoordeel van random leren veeleer is gelegen in het feit dat het lerende individu bij elke poging een nieuw actieplan moet opstellen, omdat eerdere actieplannen voor soortgelijke pogingen geheel of gedeeltelijk verloren zijn gegaan door de contextuele interferentie. Deze hypothese is consistent met de bevindingen van een recente studie naar de neurale achtergronden van variabel en constant oefenen, waaruit bleek dat variabel oefenen vooral betrekking had op de prefrontale cortex (waar bewegingen gepland worden) en constant oefenen vooral op de motorische cortex (waar bewegingen worden uitgevoerd).⁶ Ten slotte kan het random leren van complexe bewegingen worden opgevat als een



Figuur 2. De effecten van geblokte en random oefenschema's voor het leren van drie badmintonservices op acquisitie, retentie en transfer (figuur ontleend aan: Goode & Magill⁷).

vorm van impliciet leren, waarbij de opgedane kennis stevig verankerd wordt in het brein.

Het CI-effect in de sport

Eén van de eerste demonstraties van het CI-effect in de sport betrof een studie⁷ naar het leren van korte, lange en drive badmintonservices door studentes zonder enige badmintonervaring.

De drie services werden, uitsluitend vanaf de rechterkant van het servicevlak, gedurende drie weken geoefend (drie sessies per week, 36 pogingen per sessie, dus in totaal $3 \times 3 \times 36 = 324$ pogingen). De services werden door één groep in een geblokte volgorde geoefend (één type service per training, alle drie servicetypen in één week; lage contextuele interferentie) en door een andere groep in een random volgorde (de drie servicetypen willekeurig door elkaar heen gemengd tijdens elke training; hoge contextuele interferentie). De experimentele resultaten (zie figuur 2) lieten een duidelijk CI-effect zien: hoewel de serveerprestatie van beide groepen zich grofweg op dezelfde wijze ontwikkelde over de trainingssessies, presteerde de groep die de services random had geoefend significant beter op zowel de retentietest als de transfertest (serveren vanaf de linkerkant van het servicevlak) dan de groep die het geblokte oefenregime had doorlopen. In essentie dezelfde resultaten werden gevonden in een studie⁸ met een nog hogere 'ecologische validiteit' naar het leren van de drie services als vast onderdeel van de reguliere gymnastiekles. Ook voor het aanleren van vaardigheden uit andere sporten, zoals volleybalservices, basketbalworpen en ground strokes in tennis, werd in soortgelijke studies bij beginners het CI-effect gevonden.

Toch zijn er in de literatuur ook diverse studies met afwijkende resultaten te vinden, waaronder studies naar het leren van volleybalvaardigheden en van forehand- en backhandtechnieken in tennis en frisbee. In de meeste van deze studies verschilden de scores op de retentietest voor de verschillende experimentele groepen (niveaus van contextuele interferentie) niet significant van elkaar. In deze gevallen leidde een hoge mate van contextuele interferentie dus niet tot een beter leerresultaat, maar ook niet tot een slechter. In enkele studies leidde geblokt oefenen zelfs tot een beter resultaat op de retentietest dan random oefenen. Resultaten als deze noopten Brady⁹ tot de conclusie dat het CI-effect in toegepaste situaties minder robuust is dan in het laboratorium en daarom mogelijk ook van beperkte waarde voor de praktijk. Die laatste conclusie doet echter onvoldoende recht aan de vele studies waarin wel duidelijke effecten werden gevonden. Het is daarom productiever om te zoeken naar de factoren die ten grondslag liggen aan de verschillen in de resultaten en daar rekening mee te houden bij het vormgeven van variabel oefenen in de praktijk.

Invloed van vaardigheidsniveau

Afgezien van de mogelijkheid dat vaardigheden in de sport vaak complexer zijn dan laboratoriumtaken en daarom langer geoefend moeten worden om überhaupt een CI-effect te kunnen detecteren, kan de sterkte van het effect afhankelijk zijn van het vaardigheidsniveau van het individu. Deze mogelijkheid is consistent met Brady's conclusie dat het CI-effect minder sterk is bij beginners en dat oefenschema's met een lage contextuele interferentie bij kinderen betere leerresultaten neigen te geven. Overwegingen als deze hebben geleid tot de hypothese dat het aanleren van bewegingstechnieken het meest gebaat is bij een geleidelijke ontwikkeling van oefenschema's met

een lage contextuele interferentie naar oefenschema's met een hoge contextuele interferentie.

In het licht van deze mogelijkheden is het van belang om na te gaan hoe sterk het CI-effect is bij ervaren, vaardige proefpersonen. Helaas is het aantal studies naar deze vraag beperkt. Een uitzondering is een studie¹⁰ naar het effect van de mate van contextuele interferentie op het leren slaan van op verschillende wijzen toegeworpen honkballen. De honkballers ontvingen zes weken lang twee keer per week een extra slagtraining, bestaande uit slagacties op 45 ballen (15 fastballs, 15 curveballs en 15 change-up pitches), die ofwel geblokt ofwel random werden toegeworpen.

De random-groep presteerde beter dan de geblokte-groep op zowel de random als de geblokte transfertest die aan het einde van de trainingsperiode werd afgenomen. Ten opzichte van de pretest was de prestatie van de random groep met 56.7% toegenomen tegen 24.8% in de geblokte groep en 6.2% in de controlegroep, die geen extra training had ontvangen. Deze resultaten tonen aan dat het CI-effect robuust is en tot voordeel strekt bij ervaren sporters.

De hypothese dat de optimale mate van contextuele interferentie als het ware toeneemt met het vaardigheidsniveau van het individu werd recent onderzocht door Porter en Magill.¹¹ Zij vergeleken de effecten van een oefenschema waarin de mate van contextuele interferentie toenam met het bereikte vaardigheidsniveau met die van geblokt en random oefenen op het aanleren van bewegingstechnieken uit twee verschillende sporten, te weten het putten van een golfbal en drie verschillende basketbalpasses (borst,

over het hoofd, enkele arm). Uit de retentietest bleek dat de bewegingstechnieken in kwestie het beste behouden blijven indien werd geoefend met het nieuwe oefenschema met toenemende contextuele interferentie. Bovendien bleek dit oefenschema in het geval van de basketbalpasses ook tot een betere transfer te leiden.

Afsluitende overwegingen

Op basis van de huidige evidentie lijkt het gerechtvaardigd te concluderen

dat oefenen met een hoge contextuele interferentie in veel situaties een geschikt middel is om de effectiviteit (d.w.z. retentie en transfer) van motorische leerprocessen te bevorderen.

Deze conclusie

lijkt vooral van toepassing op ervaren sporters, hoewel ook bij beginnende sporters dikwijls positieve effecten zijn gevonden. De resultaten van het onderzoek suggereren dat sporters veel baat kunnen hebben bij de introductie van sterk variabele oefenschema's en de daarbij behorende intrinsieke feedback, daar waar in veel praktijksituaties nog dikwijls gebruik gemaakt wordt van conventionele (geblokte) oefenschema's en sterk voorschrijvende vormen van instructie. Terecht kan men tegenwerpen dat het onderzoek nog niet dusdanig ver gevorderd is dat hieruit expliciete richtlijnen voor het inrichten van trainings- en oefenschema's kunnen worden afgeleid. Hetzelfde argument is echter ook van toepassing op meer conventionele oefenschema's. Het is een goede zaak dat er in de literatuur nieuwe, meer geavanceerde oefenschema's opkomen, die zowel het onderzoek als de praktijk verder kunnen brengen. Vooral de hypothese dat de optimale mate van contextuele interferentie een functie is



van het vaardigheidsniveau lijkt een beloftevolle insteek te geven voor vervolgonderzoek en voor het inrichten van oefen- en trainingssessies. Net als voor de eerder in deze reeks besproken onderwerpen geldt dat er veel behoefte is aan nader longitudinaal onderzoek bij specifieke sporten, waarin ook de cognitieve leerstijlen van de sporters worden verdisconteerd. De resultaten van dat onderzoek hoeven echter niet te worden afgewacht om alvast te gaan experimenteren met het toepassen van de hier besproken inzichten om zo te komen tot effectievere oefenschema's dan de nu gangbare.


Referenties

1. Schmidt RA (1975). A schema theory of discrete motor skill learning theory. *Psychological Review*, 82, 225-260.
2. Magill RA (2004). *Motor learning and control. Concepts and applications* (7th edition). New York: McGraw-Hill.
3. Battig WF (1979). The flexibility of human memory. In LS Cermak & FIM Craik (Eds.), *Levels of processing in human memory* (pp. 23-44). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
4. Shea JB & Morgan RL (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187.
5. Lee TD & Magill RA (1985). Can forgetting facilitate skill acquisition? In D Goodman, RB Wilberg & IM Franks (Eds.), *Differing perspectives in motor learning, memory and control* (pp. 3-22). Amsterdam: North-Holland.
6. Katak SS, Sullivan KJ, Fisher BE, Knowlton BJ & Winstein CJ (2010). Neural substrates of motor memory consolidation depend on practice and structure. *Nature Neuroscience*, 13, 923-925.
7. Goode SL & Magill RA (1986). The contextual interference effect in learning three badminton serves. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 308-314.
8. Wrisberg CA & Liu Z (1991). The effect of contextual variety on the practice, retention, and transfer of an applied motor skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62, 406-412.
9. Brady F (2008). The contextual interference effect and sport skills. *Perceptual and Motor Skills*, 106, 461-472.
10. Hall KG, Domingues DA & Cavazos R (1994). Contextual interference effects with skilled baseball players. *Perceptual and Motor Skills*, 78, 835-841.
11. Porter JM & Magill RA (2010). Systematically increasing contextual interference is beneficial for learning sport skills. *Journal of Sports Sciences*, 28, 1277-1285.

Over de auteur

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

(Advertentie)



INTERNATIONAL INSTITUTE FOR TRAINING

I.I.T.VOF OUDE BAAN 19 5854 PJ NIEUW BERGEN (L) NEDERLAND TEL 0031-(0)485 34 34 26
E-MAIL info@toinevandegoolberg.nl HOMEPAGE www.toinevandegoolberg.nl

ALLROUND CONDITIE / HERSTELTRAINER

- Erkend door het NGS (35 studiepunten) en Korps Mariniers, Atletiekunie (8 studiepunten)
- 12 avonden van 19.30 – 22.30 uur, ca. 50% praktijk
- Hoofdt thema's zowel voor individuele sport als teamsport:
 - Revalidatie, conditieopbouw, kracht-, snelheid- en uithoudingsvermogen volgens De Rehaboom® en trainingsprogramma's schrijven
- Cursus start woensdag 16 november 2011
- Cursus start maandag 30 januari 2012
- Cursus start dinsdag 6 maart 2012
- Locatie NSC Papendal te Arnhem
- Cursusprijs € 875,00

CURSUS FYSIEKE TRAINER VOETBAL

- Erkende methode Betaald Voetbal
 - NEC Nijmegen 1ste team
 - Feyenoord-Rotterdam 1ste team
- 4 dagdelen:
 - Dag 1 14.00 – 21.00 uur
 - Dag 2 09.00 – 16.00 uur
- Hoofdt thema's:
 - Opbouw loopvermogen
 - Opbouw kracht
 - Transfer naar voetbal
- Cursusdata of/of:
 - Cursus A 01 + 02 juni 2012
 - Cursus B 08 + 09 juni 2012
 - Cursus C 10 + 11 augustus 2012
- Locatie NSC Papendal Arnhem
- Cursusprijs € 375,00



WORKSHOPS


- Duur: 3 uur op locatie
- Deelnemers: maximaal 12
- Datum, tijdstip en groepsgrootte in overleg

Keuze uit de thema's (accreditatie KNGF in aanvraag):

- Rug Revalidatie Systeem (RRS)
- Kracht Revalidatie Systeem (KRS)
- Aeroob Revalidatie Systeem (ARS)
- Heart Rate System (HRS) / Polar Team2 System
- Free-Weight System (FWS) / FitroDyne

Groeps prijs per workshop € 600,00



DOCENT

TOINE VAN DE GOOLBERG, IIT

- Fysieke trainer 1ste team Feyenoord Rotterdam seizoen 2009-2012
- Kerndocent Masteropleiding Sportfysiotherapie Avans+ te Breda / NPi

U kunt voor aanvullende informatie ook contact opnemen:

Telefoon	0485-34 34 26	www.toinevandegoolberg.nl
Fax	0485-53 09 54	E-mail
Mobiel	06 53 33 2678	info@toinevandegoolberg.nl

Moeten sporters altijd proberen de 'juiste', extern voorgeschreven bewegingstechniek zo dicht mogelijk te benaderen, zodat dit 'bewegingsideaal' steeds beter 'ingeslepen' raakt? Of doen ze er juist goed aan de uitvoeringswijze aanzienlijk te variëren, zodat het brein kan leren van de verschillen en de optimale bewegingstechniek zelf kan ontdekken? Recente inzichten in het onderzoek naar motorisch leren suggereren het laatste, met potentieel verstrekkende implicaties voor de sportpraktijk.

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: het belang van random variaties in de uitvoering (deel 5)

Peter J. Beek

De vraag naar de betekenis en plaats van variabiliteit in het aanleren van bewegingen is zowel theoretisch als praktisch van groot belang. De reden hiervoor is gelegen in het feit dat bewegingen intrinsiek variabel zijn: het zijn nooit exacte kopieën van elkaar, ook al leiden ze tot nagenoeg hetzelfde resultaat in de omgeving. In tegenstelling tot robots zijn mensen in staat een gewenst resultaat accuraat te realiseren ondanks, of – zoals sommige auteurs betogen – juist dankzij, een aanmerkelijke variabiliteit in de uitvoering. Voor motorisch leren en techniektraining met het oog op prestatieverbetering levert dit gegeven een dilemma op: moet de intrinsieke variabiliteit in de uitvoering worden teruggedrongen om een zo stabiel en betrouwbaar mogelijk bewegingsresultaat te verkrijgen, of moet deze juist gerespecteerd of zelfs uitvergroot worden? De positie die men kiest in dit spanningsveld is bepalend voor de inrichting van motorische leerprocessen in de sportpraktijk.

Traditioneel leren

Door sporters en coaches, maar ook door wetenschappers, wordt vaak aangenomen dat voor elke vaardigheid een optimale bewegingstechniek bestaat, die in principe geldt voor alle individuen. Deze ideale bewegingstechniek, zo luidt de veronderstelling, wordt bepaald door de biomechanische kenmerken van de taak in kwestie. Weliswaar vertonen individuele sporters verschillen in de manier waarop een gegeven bewegingstechniek wordt uitgevoerd, maar deze verschillen worden ofwel gezien als onvolkomenheden in de uitvoering, ofwel als niet-wezenlijke variaties in het uitvoeren van de juiste bewegingstechniek, bijvoorbeeld als gevolg van ruis. Vanzelfsprekend heeft deze manier van denken verstrekkende implicaties voor de techniektraining en de inrichting van motorische leerprocessen. Immers, afwijkingen van het bewegingsideaal worden gezien als fouten die uitgebannen moeten worden. Trainers

en coaches geven instructies en aanwijzingen die erop gericht zijn die fouten te corrigeren en hun pupillen maken vele trainingsuren om de extern voorgeschreven bewegingstechniek door eindeloze herhaling onder de knie te krijgen. Verondersteld wordt dat op deze wijze de juiste techniek effectief wordt 'ingeslepen'. Deze ziens- en handelwijze kent een lange traditie in de sportpraktijk en staat daarom in de literatuur over motorisch leren bekend als traditioneel leren. Hoewel traditioneel leren (al dan niet in afgezwakte vorm) tot op heden de trainingspraktijk van de meeste sporten beheerst, is recent door dr. Wolfgang Schöllhorn een radicaal andere theorie naar voren gebracht, die breekt met alle uitgangspunten van traditioneel leren, te weten differentieel leren.¹⁻³

Differentieel leren

Wat is differentieel leren? Anders dan traditioneel leren gaat differentieel leren ervan uit dat verschillen in bewegingstechniek tussen individuele sporters onvermijdelijk en wezenlijk zijn. Kijk maar naar de beste tennisers, de beste marathonlopers en de beste schaatsers in de wereld. Zij laten allemaal een ander bewegingspatroon zien, met unieke individuele kenmerken. Computers met algoritmen voor patroonherkenning (artificiële neurale netwerken) kunnen aan de hand van deze kenmerken snel en feilloos bepalen van welke sporter een geregistreerd bewegingspatroon afkomstig is, zelfs als de beweging maar 200 ms duurt zoals bij het speerwerpen.⁴ Het zijn de individuele verschillen die in het oog springen, niet de overeenkomsten. Van een ideale bewegingstechniek die op alle sporters van toepassing zou zijn, is geen sprake. Het is daarom onjuist om de techniektraining in te richten naar een ideaal en om afwijkingen van dat ideaal aan te merken als fouten die geëlimineerd moeten worden. Integendeel, de va-

riaties in uitvoering zijn geen fouten, maar verschillen ('Differenzen') tussen opeenvolgende pogingen die het mogelijk maken om effectief te leren. De reden hiervan is dat deze verschillen essentiële informatie verschaffen over de wijze waarop de beweging het beste kan worden georganiseerd en daarmee het brein aanzetten tot het vinden van een optimale oplossing. Het brein wordt geprikkeld door nieuwe informatie, niet door al bekende informatie te herkauwen. Volgens differentieel leren is het aanleren van een nieuw bewegingspatroon dus een proces dat sterk gebaat is bij variatie. Hoe groter de variatie, des te meer het brein wordt uitgedaagd tot het vinden van een optimale oplossing en hoe sterker het daardoor opgeroepen leerproces. Schöllhorns prikkelende advies luidt dan ook: 'Nie das Richtige trainieren, um richtig zu spielen'.⁵

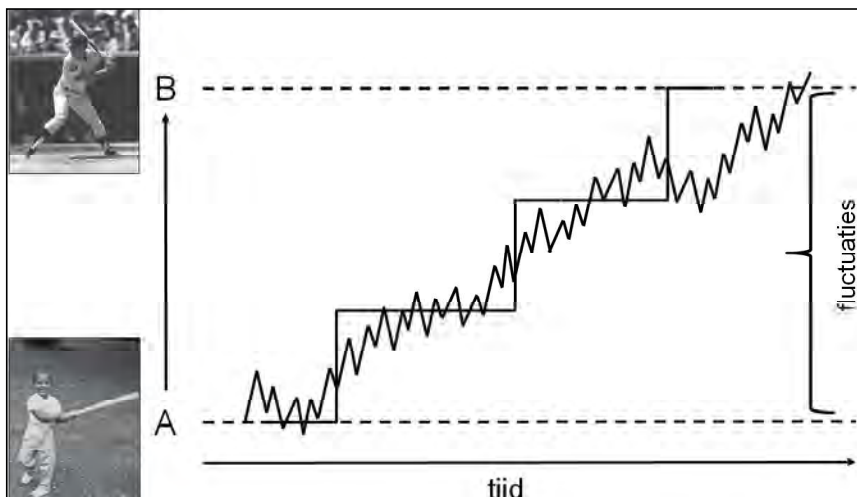
Onderbouwing

De onderbouwing van differentieel leren is in diverse publicaties verder uitgewerkt in termen van de niet-lineaire dynamica.^{6,7} Dit is niet de plaats om hier diep op in te gaan, maar de centrale noties wil ik de lezer niet onthouden. De eerste is dat het ontstaan van nieuwe bewegingspatronen wordt opgevat als een proces van *neurale zelforganisatie*: de optimale uitvoeringswijze wordt niet van buitenaf opgelegd, maar ontwikkelt zich autonoom op een voor het individu kenmerkende wijze. De tweede notie is dat de overgang van het ene patroon is op te vatten als een zogenoemde *niet-lineaire fase transitie*, dat wil zeggen een overgang die gepaard gaat met, en wordt gefaciliteerd door, aanzienlijke fluctuaties in uitvoering. Deze fluctuaties zijn toevallig van aard en verschaffen de informatie die nodig is om tot een nieuw bewegingspatroon te komen. Schöllhorn en medewerkers spreken in dit verband, en dat is de derde theoretische notie, van *stochasti-*

sche resonantie, een begrip uit de theoretische natuurkunde dat betrekking heeft op het detecteerbaar worden van signalen door de toevoeging van ruis. De toegevoegde ruis is in dit verband de variatie van uitvoering tot uitvoering, waarmee de beschikbare informatie over de optimale uitvoeringswijze wordt versterkt en daardoor beter detecteerbaar is.

Praktische toepassing

Differentieel leren kan op verschillende manieren worden toegepast in de praktijk. In principe zijn er drie aangrijpingspunten voor het aanbrengen van variatie, namelijk de taak, de omgeving en het individu. Op internet zijn enkele voorbeelden te vinden van differentieel leren, die de lezer een eerste indruk geven van deze vorm van leren. In de video van de kogelstoter Peter Valentiner⁸ is het vooral de taak zelf die wordt gevarieerd. In de ene poging stoot de kogelstoter de kogel steil omhoog, dan weer recht vooruit en in een derde poging wordt hij schuin naar beneden tegen de grond gesmeten. Nog weer andere pogingen gaan gepaard met enkele malle hupjes of een overbodige pirouette, een sterk overdreven strekking van de romp en de armen of een plotseling afgebroken actie die alsnog wordt omgebogen tot een worp. Ook zijn er enkele pogingen waarin de uitvoering wordt veranderd door de omgeving te veranderen, bijvoorbeeld door te stoten vanaf een hinkelbaan of een opstapbankje. Veranderingen in de kogelstoter zelf, bijvoorbeeld ten gevolge van vermoeidheid, zouden ook mogelijk zijn geweest, maar worden in het filmpje niet getoond. De kogelstoter lijkt dronken of (zoals één van de commentatoren stelt) aan de drugs; toch wordt de suggestie gewekt dat de kogelstoter in kwestie dankzij differentieel leren in 2007 de zilveren medaille won op het Duitse kampioenschap voor veteranen. Vanwege het ontbreken van de



Figuur 1. Ontwikkeling van bewegingspatroon A (beginner) naar bewegingspatroon B (topsporter) volgens traditioneel leren (stapsgewijze benadering) en differentieel leren (fluctuerende benadering). Vrij naar een lezing van Hendrik Beckmann.⁹

daartoe noodzakelijke controlecondities en -metingen is het onzeker of dat terecht is. Toch zijn er wel degelijk experimentele resultaten beschikbaar die aantonen dat differentieel leren tot betere leerresultaten leidt dan traditioneel leren. Alvorens deze resultaten te bespreken is het nuttig om de verschillen tussen traditioneel leren en differentieel leren nog wat verder uit te diepen, omdat hieruit verschillende voorspellingen volgen voor de effecten van beide vormen van leren.

Verschillen

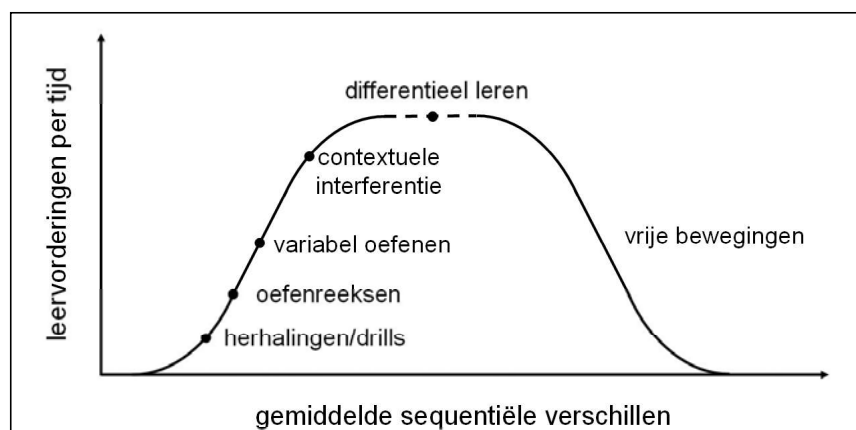
Zoals we gezien hebben verschillen traditioneel en differentieel leren in de rol en betekenis die wordt toegekend aan variaties in de uitvoering en tijdens het oefenen. Volgens de eerste theorie bestaat leren uit het terugdringen van afwijkingen van een extern gedefinieerd bewegingsideaal, terwijl volgens de tweede theorie motorisch leren bevordert wordt door het aanbrengen en uitvergrooten van de verschillen tussen opeenvolgende pogingen. Dit verschil in theoretische uitgangspunten uit zich in een andere

kijk op het leerproces. Waar traditioneel leren de al dan niet stapsgewijze benadering van het bewegingsideaal voorop stelt, benadrukt differentieel leren de fluctuaties die gepaard gaan met het ontstaan van nieuwe bewegingspatronen (zie figuur 1). Schöhlhorn en medewerkers beweren dat het uitvergroten van deze intrinsieke fluctuaties tot betere leerresultaten leidt dan toepassing van oefenreeksen, variabel oefenen (in de zin van Schmidt) en contextuele interferentie en veel beter werkt dan herhalingen en drills, die het zwakste leereffect sorteren (zie figuur 2). Het stippellijntje in deze figuur geeft aan dat het maximale prestatieniveau dat met differentieel leren kan worden bereikt niet een singulier optimum representeert, maar

afhankelijk is van diverse factoren, zoals de mate van vermoeidheid van de atleet, zijn of haar gemoedstoestand en zelfs het type muziek dat tijdens het oefenen te horen is. Strikt genomen bestaat de optimale techniek dus ook op individueel niveau alleen in theorie! Ten slotte leidt differentieel leren volgens haar voorstanders in vergelijking tot traditioneel leren niet alleen tot een sterkere prestatieverbetering tijdens het oefenen, maar ook tot een beter behoud van het geleerde in de retentiefase. Sterker nog, omdat differentieel leren het brein aanzet tot het actief zoeken van oplossingen kan het leren zich in de retentiefase nog enige tijd voortzetten, terwijl bij traditioneel leren het geleerde direct na het oefenen weer een beetje verloren gaat (zie figuur 3). Differentieel leren kan er dus toe leiden dat de prestatie op een retentietest beter uitpakt dan op de post-test aan het einde van een oefenperiode!

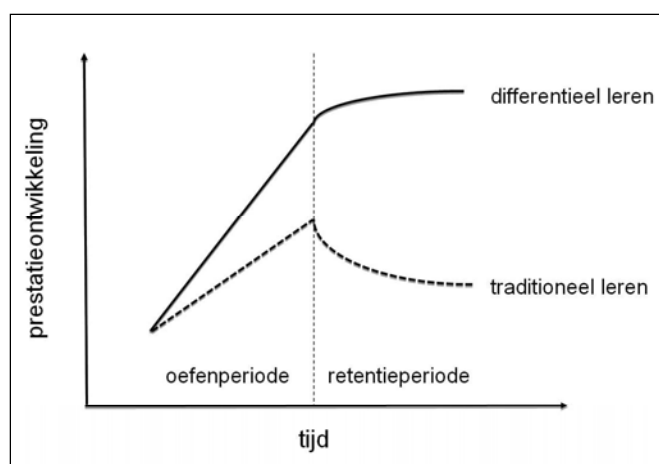
Beknopt overzicht van het onderzoek

In hoeverre worden de voorspelde verschillen tussen traditioneel en differentieel leren door empirisch onderzoek ondersteund? Om die vraag te beantwoorden moet men het nodige speurwerk in de literatuur doen en ook bereid zijn kennis te nemen van diverse Duitse artikelen, veelal gepubliceerd in minder courante bladen zonder peer-review (voor een compleet overzicht



Figuur 2. Verschillen in prestatieverbetering per hoeveelheid oefentijd als functie van de gehanteerde leermethode.⁷

van de relevante literatuur zie¹⁰). De eerste empirische studies, nagenoeg allemaal in het Duits, stammen uit 2003 en betreffen het leren van kogelstoten, hordelopen, voetbal en volleybal. In jaren daarna komen hier nog leerstudies bij naar onder andere staan, tennis, tafeltennis, atletiek en krachttraining. Het voert te ver om in dit bestek al deze studies te bespreken. In plaats daarvan volstaan we met enkele voorbeelden om een indruk te geven van het onderzoek, gevolgd door een samenvatting van de huidige evidentie voor differentieel leren.



Figuur 3. Voorspelde verschillen in prestatieontwikkeling tijdens de oefenperiode en de retentieperiode tussen traditioneel leren en differentieel leren. Ontleend aan/vrij naar een lezing van Hendrik Beckmann.⁹

Voorbeeld 1: kogelstoten

Het eerste voorbeeld betreft het leren kogelstoten, want dat is, zoals we al gezien hebben, exemplarisch voor de benadering. De eerste empirische studie hiernaar betrof een pre-test post-test design met een trainingsinterventie van vier weken (twee trainingen per week), gevolgd door een retentietest na twee weken en een tweede retentietest na nog eens twee weken.¹¹ Er namen 24 sportstudenten (12 mannen, 12 vrouwen) met beperkte ervaring in het kogelstoten deel aan de studie. Ze werden verdeeld in twee groepen met elk zes mannen en zes vrouwen: één groep (de T-groep) onderging een traditionele training bestaande uit

oefenreeksen gericht op de uitvoering van de doelbeweging, terwijl de tweede groep (de D-groep) differentieële training ontving bestaande uit 250 verschillende bewegingen, die allemaal in zeker opzicht afwijken van de doelbeweging. Op de pre-test was de gemiddelde prestatie van beide groepen nagenoeg hetzelfde, namelijk 6,52 en 6,51 m. Op de post-test liet de D-groep echter een significant betere prestatie zien dan de T-groep: 7,07 m versus 6,70 m. Opmerkelijk genoeg, maar geheel in lijn met de theoretische voorspellingen, scoorde de D-groep

nog hoger op de eerste retentietest (7,16 m) en nog weer hoger op de tweede retentietest (7,23 m): in deze groep zette het leren zich dus door na de oefenperiode! De T-groep daarentegen liet op beide retentietests nagenoeg dezelfde score zien als op de pre-test (beide

6,51 m) en had dus feitelijk niets geleerd. Uit deze op het oog goed uitgevoerde studie blijkt dus duidelijk dat bij beginnende kogelstoters differentieel leren tot betere resultaten leidt dan traditioneel leren.

Voorbeeld 2: hordelopen

Het tweede voorbeeld betreft het leren hordelopen. Aan een studie met een pre-test post-test design namen tien jonge hordeloopsters deel, onderverdeeld in een T-groep en een D-groep.¹² Twee maanden lang voerde de T-groep twee keer per week traditionele hordeloefeningen uit, terwijl de D-groep training ontving volgens het concept van differentieel leren. De pre-test en

de post-test bestonden uit sprints over drie horden en sprints van 30 meter zonder horden. Tijdens de tests werden video-opnamen gemaakt van de manier waarop de horden werden genomen; aan deze opnamen werd een 'horde-index' ontleend voor de kwaliteit van het hordelopen, waarbij een lagere waarde overeen kwam met het sneller nemen van de horden. De gemiddelde horde-index nam in de T-groep af van 0,66 op de pre-test naar 0,64 op de post-test. In de D-groep was er een afname van 0,78 naar 0,58. De auteurs concludeerden op basis van de grotere afname in de D-groep dat differentieel leren bij het hordelopen effectiever is dan traditioneel leren. Hier valt echter wel wat op af te dingen, omdat het beginniveau in de D-groep significant lager was dan in de T-groep, waardoor er meer ruimte tot verbetering was. Bovendien ontbreekt in deze studie een retentietest, waardoor het onmogelijk is conclusies over leereffecten te trekken. Ten slotte is het aantal proefpersonen in deze studie wel erg klein en wordt uit het summiere artikel niet duidelijk wat er precies gedaan is.

Onlangs is een wat betere studie verschenen naar het leren hordelopen, met 28 jonge proefpersonen opgesplitst in een T-groep en een D-groep.¹³ Beide groepen namen deel aan 24 oefensessies, evenredig verspreid over een periode van 6 weken. De sessies duurden in deze studie 90 minuten, waarbinnen 30 minuten specifiek gewijd waren aan hordelooptraining volgens een traditioneel of een differentieel protocol. Op de pre-test liep de T-groep de 60 meter horden in 11,76 sec en de D-groep in 11,70 seconden. Na de interventie liet de T-groep een verbetering zien van 0,33 sec en de D-groep een significant grotere verbetering van 0,64 sec. Hoewel deze studie een sterker bewijs levert voor de superioriteit van differentieel leren dan de oorspronkelijke studie, ontbreekt ook hier helaas een retentietest, waardoor uitspraken over

het behoud van de prestatieverbetering op termijn onmogelijk zijn.

Voorbeeld 3: volleybal

Het derde voorbeeld heeft betrekking op het leren van twee volleybaltechnieken, te weten de set-up en het onderarms spelen van de bal. Aan deze studie namen 51 scholieren mee zonder enige ervaring in het volleybal.¹⁴ Ze werden ingedeeld in een T-groep ($n = 24$) en een D-groep ($n = 27$) en ontvingen zes weken lang wekelijks een uur volleybaltraining die gericht was op verbetering van beide technieken met de aanspeelnauwkeurigheid als criterium. In deze studie werd een pre-test post-test design gevolgd door zowel retentietests als transfertests. Alle tests behelsden het plaatsen van de bal naar een horizontaal doel dat bestond uit concentrische cirkels en op een verhoging lag. Hiermee vielen punten te verdienen volgens een bepaald scoringssysteem. In de transfertests waren de proefpersonen anders georiënteerd ten opzichte van het doel dan in de overige tests.

De D-groep liet op de set-up een significante verbetering zien van de pre-test naar zowel de post-test als de retentietest, waarbij de score op de retentietest net als bij het kogelstoten hoger uitviel dan op de post-test. De T-groep liet ook een stijging zien van pre-test naar post-test en retentietest, maar deze stijgingen waren niet significant. Op de transfertest vielen beide groepen terug naar het niveau van de pre-test.

Voor wat betreft het onderarms spelen van de bal werd in de D-groep een grote significante toename van de prestatie waargenomen van pre-test naar post-test, gevolgd door een kleine, niet-significante terugval op de retentietest. De T-groep liet geen noemenswaardige prestatieverbetering zien, noch op de post-test, noch op de retentietest. De D-groep ging op de transfertest slechts een beetje achteruit ten opzichte van de post-test en de retentietest, terwijl de

prestatie van de T-groep ook hier op het niveau van de pre-test bleef.

Ook voor deze studie geldt dus dat differentieel leren tot betere resultaten leidde dan traditioneel leren, niet alleen tijdens de oefenfase, maar ook tijdens retentie en transfer, althans voor wat betreft de set-up. Waarom de resultaten anders uitpakten voor het onderarms spelen van de bal is niet duidelijk.

Voorbeeld 4: schaatsen

Het vierde en laatste voorbeeld betreft de start bij het hardrijden op de schaats. In een recente studie werd nagegaan of deze met behulp van differentieel leren kon worden verbeterd.¹⁵ Aan de studie namen 43 recreatieschaatsers deel, die binnen één week drie sessies van een uur oefenden. De pre-test bestond uit vijf starts waarbij de tijd werd gemeten na een afstand van 49 m. Op basis van die tijd werden de proefpersonen ingedeeld in drie groepen: een D-groep, een groep die verbale instructies ontving en een controlegroep. De resultaten lieten een significant verbetering zien voor de D-groep in vergelijking met de controlegroep. Op basis hiervan concludeerden de auteurs dat differentieel leren een effectieve methode is voor het leren van de start bij het schaatsenrijden. Ook bij dit resultaat kunnen echter enkele kanttekeningen geplaatst worden. Ten eerste geldt dat het significante effect gevonden werd na 49 m; we weten dus niet of de start zelf het verschil maakte. Verder was de prestatie van de D-groep op de post-test niet significant beter dan de groep die verbale instructie ontving. Ten slotte ontbreekt ook in deze studie een retentietest, waardoor geen conclusies over leren getrokken kunnen worden.

Conclusie

Samenvattend kan gesteld worden dat de evidentie voor differentieel leren nog beperkt is en dat diverse van de gepubliceerde artikelen gekenmerkt worden door methodische onvolkomenheden.

Het is jammer dat er nog maar zo weinig goed doortimmerde studies verschenen zijn in gevestigde Engelstalige tijdschriften met peer-review. Gezien het radicale karakter van de theorie en de verstrekkende gevolgen die deze kan hebben voor de sportpraktijk is er een duidelijke behoefte aan gedegen, goed toegankelijke en repliceerbare studies op dit terrein, bij voorkeur uitgevoerd door verschillende onafhankelijke onderzoeksgroepen. Hierbij is het ook van belang studies te verrichten naar de effecten van differentieel leren bij sporters op het hoogste niveau. De meeste beschikbare studies hebben betrekking op beginners of gevorderden, maar slechts in enkele gevallen op experts, terwijl de theorie claimt ook voor toppers relevant te zijn.

Afsluitende overwegingen

Het concept van differentieel leren is gebaseerd op interessante theoretische denkbeelden, die een radicale breuk vormen met de gangbare trainingstheorie en sportpraktijk. De denkbeelden in kwestie zijn goed onderbouwd, hoewel in sommige gevallen, zoals bij het begrip stochastische resonantie, meer metaforisch dan operationeel gedefinieerd. De evidentie voor differentieel leren is nog beperkt, zowel in termen van het aantal relevante studies als de kwaliteit daarvan. Toch zijn de eerste resultaten bemoedigend en groeit de empirische grondslag voor de benadering gestaag. Coaches en sporters die er iets in zien en het aandurven te experimenteren, kunnen proberen er hun voordeel mee te doen, zeker als met meer traditionele vormen van leren weinig of geen vooruitgang meer wordt geboekt. Daarbij zal het de kunst zijn om het principe van differentieel leren in de sportpraktijk te implementeren; voor de meeste sporten zijn nog geen differentiële oefenvormen ontwikkeld. Voor zover dat wel het geval is, ligt de nadruk op variaties in de taakuitvoering en niet op variaties met het individu of de om-

geving als aangrijpingspunt. Hier doen zich veel kansen voor, die de moeite van het verkennen waard zijn. Daarbij kan worden opgemerkt dat uitleg van de uitgangspunten van differentieel leren sporters kan helpen ongebruikelijke oefenvormen te aanvaarden. In alle gevallen is het noodzakelijk de individuele ontwikkeling van de sporter goed te monitoren, zodat de effecten van de gehanteerde leermethoden op de korte en middellange termijn kunnen worden geëvalueerd. Het zou mooi zijn als dergelijke trajecten gepaard gaan met gedegen longitudinaal onderzoek naar de effecten van differentieel leren bij verschillende typen sporten. Hier valt nog veel spannend onderzoek te doen met mogelijk baanbrekende resultaten voor zowel de wetenschap als de sportpraktijk.

Referenties

1. Schöllhorn W (1999). Individualität – ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 29, 5-12.
2. Schöllhorn W (2000). Applications of systems dynamic principles to technique and strength training. In Eesti Olümpiakomitee (Eds.), *Acta Academiae Olympicae Estoniae* (pp. 67-85). Tartu.
3. Schöllhorn W, Beckmann H, Michelbrink M, Sechelmann M, Trockel M & Davids K (2006). Does noise provide a basis for the unification of motor learning theories? *International Journal of Sport Psychology*, 37, 186-206.
4. Schöllhorn W & Bauer HU (1998). Identifying individual movement styles in high performance sports by means of self organizing Kohonen maps. In H Riehle & M Vieten (Eds.), *XVI International symposium on biomechanics in sports*. Proceedings. Konstanz: Universitätsverlag.
5. Schöllhorn W, Sechelmann M, Trockel M & Westers R (2004). Nie das Richtige trainieren, um richtig zu spielen. *Leistungssport*, 5, 13-17.
6. Frank TD, Michelbrink M, Beckmann H & Schöllhorn W (2008). A quantitative dynamical systems approach to differential learning: self-organization principle and order parameter techniques. *Biological Cybernetics*, 98, 19-31.
7. Schöllhorn W, Mayer-Kress G, Newell KM & Michelbrink M (2009). Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations. *Human Movement Science*, 28, 319-333.
8. <http://www.youtube.com/watch?v=U2AMfyyUt5c>
9. <http://www.youtube.com/watch?v=3RbJ7dtoVTw&feature=related>
10. <http://www.sport.uni-mainz.de/401.php>
11. Beckmann H & Schöllhorn W (2006). Differenzielles Lernen im Kugelstoßen. *Leistungssport*, 36, 44-50.
12. Jaintner T, Kretschmar D & Hellstern W (2003). Changes of movement pattern and hurdle performance following traditional and differential hurdle training. In E Müller, H Schwameder, G Zallinger & V Fastenabuer (Eds.), *Proceedings of the 8th annual congress of the European College of Sport Science* (p. 224). Salzburg, Austria.
13. Schöllhorn W, Beckmann H, Janssen D & Drepper J (2010). Stochastic perturbations in athletics field events enhance skill acquisition. In I Renshaw, K Davids & GJP Savelsbergh (Eds.), *Motor learning in practice. A constraints-led approach* (pp. 69-82). London: Routledge.
14. Schöllhorn W, Paschke M & Beckmann H (2006). Differenzielles Training im Volleyball beim Erlernen von zwei Techniken. In K Langolf & R Roth (Hrsg.), *Volleyball 2005 – Beach – Wim* (S. 97-105). Czwalina: Hamburg.
15. Savelsbergh GJP, Kamper WJ, Rabijs J, de Koning JJ & Schöllhorn W (2010). A new method to learn to start in speed skating. *International Journal of Sport Psychology*, 41, 415-427.

Over de auteur

Prof. dr. Peter J. Beek is hoogleraar Coördinatiedynamica aan de Faculteit der 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



www.han.nl/seneca

Een sporter heeft na vele jaren training een incorrecte bewegingstechniek ontwikkeld die de prestatie beperkt. Hoe kan deze incorrecte techniek worden vervangen door een nieuwe, betere techniek, zonder dat de oude techniek zo nu en dan weer de kop opsteekt? Dit is een vaak voorkomend en hardnekkig probleem, omdat een eenmaal geautomatiseerde techniek niet vanzelf verdwijnt door het trainen van een nieuwe techniek. Er is dus een specifieke aanpak nodig.

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining

Motorisch leren: snelle techniekcorrectie met Old Way New Way (deel 6)

Peter J. Beek

‘Practice makes perfect’ is, zoals al eerder in deze serie werd opgemerkt, een bekend gezegde. De waarheid is echter dat er geen enkele garantie is dat een ingeslepen techniek ook perfect is. Integendeel, de

uitvoeringswijzen die sporters na jaren van training hebben ontwikkeld vertonen regelmatig onvolkomenheden die de prestatie beperken of aanleiding geven tot blessures. Denk bijvoorbeeld aan de zwabbervoet van Gerard Kemkers (foto) of de slepende knieblesure van vijfvoudig Tour de France winnaar Bernard Hinault, die te wijten zou zijn aan zijn voorkeur voor fietsen met (te) zwaar verzet. Zulke gedragingen zijn op te vatten als ‘bad habits’: slechte gewoontes waar men maar moeilijk van afkomt. Dus: ‘Practice makes permanent, not perfect.’



Gerard Kemkers

Old Way New Way

Hoe sterker een bewegingstechniek is geautomatiseerd, des te lastiger het is om deze ‘af te leren’ en te vervangen door een nieuwe, betere techniek.

De sporter is

gewend om het zó te doen, en zal vaak in de geleerde uitvoeringswijze volharden, ook als hij of zij vast van plan is het anders te gaan doen. Ondanks intensieve pogingen de nieuwe bewegingstechniek in het systeem van de sporter te drillen kan de oude techniek daar plotseling weer doorheen breken, bijvoorbeeld onder mentale druk. Dit kan leiden tot aanmerkelijke frustraties bij zowel sporter als coach en roept de vraag op hoe een bestaande, geautomatiseerde bewegingstechniek het beste kan worden ‘afgeleerd’ en ingeruild voor een nieuwe, betere techniek.

Een antwoord op deze vraag is afkomstig van de Australische onderwijskundige en sportpsycholoog Harry Lyndon, die in de jaren '80 een 'metacognitieve interventietechniek' ontwikkelde onder de naam Old Way New Way.^{1,2} In tegenstelling tot conventionele, op drillen gebaseerde technieken om een 'bad habit' in te wisselen voor een 'good habit', zou met behulp van de Old Way New Way-methode een 'bad habit' snel en blijvend gecorrigeerd kunnen worden. In het licht van deze claim is het begrijpelijk dat de techniek in een groot aantal praktijkvelden, waaronder het taal- en rekenonderwijs, de ergonomie en de sport, wordt toegepast en warm wordt aanbevolen op websites, in advertenties voor techniektraining en tijdens workshops voor specifieke sporten. Het lijkt daarom de moeite waard de Old Way New Way-methode en de empirische evidentie daarvoor op sportgebied in deze reeks te bespreken.

Het concept: proactieve inhibitie

De Old Way New Way-methode is gestoeld op het principe van proactieve inhibitie. Dit begrip is oorspronkelijk afkomstig uit de traditionele leerpsychologie.^{3,4} Het heeft betrekking op de onwillekeurige neiging nieuwe kennis of informatie te onderdrukken als die afwijkt van de kennis of informatie waarover een individu al beschikt. Proactieve inhibitie kan opgevat kan worden als een conserverend mechanisme dat eenmaal verworven kennis en informatie beschermt tegen nieuwe kennis en informatie, ongeacht de vraag welke correct is en welke incorrect. Het enige dat telt, is welke kennis en informatie als eerste werd verworven. Denk in dit verband bijvoorbeeld aan een jaarlijks terugkerende familiebijeenkomst waar ieder jaar dezelfde politieke discussies worden gevoerd zonder dat er ooit iemand van standpunt verandert, hoe goed de tegenargumenten ook zijn. Of denk aan

kinderen (of volwassenen!) die telkens weer dezelfde fout maken bij het lezen of spellen van woorden, of bij het maken van rekensommen, hoe frequent ze daar ook op gewezen worden. Ook zulke fouten representeren kennis, niet de afwezigheid daarvan. Proactieve inhibitie leidt ertoe dat indien een individu zich een bepaalde manier van doen (Old Way) heeft eigen gemaakt, en deze wil inruilen voor een nieuwe manier van doen (New Way), daar niet goed in slaagt, omdat de nieuwe manier van doen weer snel wordt vergeten en niet goed generaliseerbaar is naar andere situaties (beperkte transfer). Anders gezegd, als gevolg van proactieve inhibitie heeft een eenmaal verworven manier van doen een krachtiger status dan een nieuwe manier van doen. Het probleem is dan ook niet zozeer dat iets nieuws geleerd moet worden, maar dat de oude manier van doen niet vergeten of 'ontleerd' wordt! Leraren, trainers en coaches doen vaak geen recht aan dit gegeven door hun instructies en feedback volledig te richten op de nieuwe manier van doen. De oude gedragswijze blijft daardoor de kop op steken, met alle frustraties van dien voor leerling en leraar, patiënt en therapeut, sporter en coach.

Het inzicht dat het onwillekeurige mechanisme van proactieve inhibitie verantwoordelijk is voor het beperkte succes van conventionele trainingsvormen, zoals drillen, bij het afleren van 'bad habits', vormt de basis van de Old Way New Way-methode. De kern van deze revolutionaire interventietechniek is gelegen in het gelijktijdig oefenen, en het daarmee actief contrasteren, van de oude en de nieuwe manier van doen.

De methode: drie fasen

De Old Way New Way-methode kent globaal drie fasen: de preparatiefase, de mediatiefase en de toepassingsfase.^{1,2,5}

Fase 1: preparatie

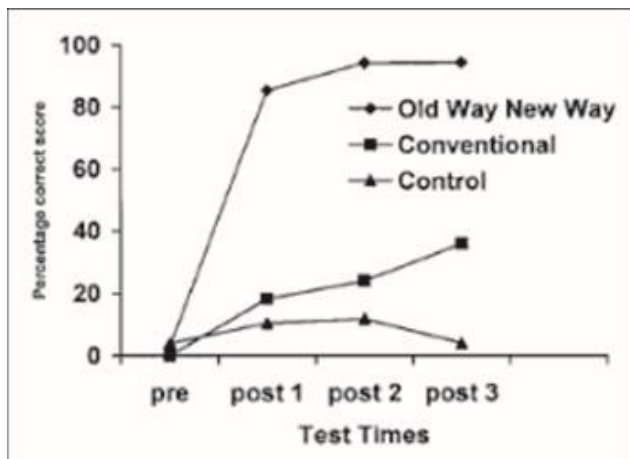
In de preparatiefase worden eerst de oude manier van doen en vervolgens de nieuwe manier van doen geïdentificeerd. Een goede relatie tussen leerling en leraar, sporter en coach is hierbij, net als bij andere leermethoden, een voorwaarde voor succes. De leerling of sporter wordt gevraagd de oude manier van doen te demonstreren en deze expliciet als zodanig te betitelen. De oude manier van doen wordt vervolgens ontleed en de essentiële kenmerken ervan worden benoemd. Daarna wordt hetzelfde gedaan voor de nieuwe manier van doen, waarbij de leraar of coach deze voor kan doen en aandacht kan vragen voor verschillen en overeenkomsten met de oude manier van doen. Dit kan korter of langer duren, afhankelijk van de vaardigheid in kwestie.

Fase 2: mediatie

Tijdens de mediatiefase wordt de leerling of sporter uitgenodigd zowel de oude als de nieuwe manier van doen (opnieuw) te realiseren. Daarna wordt hem of haar gevraagd actief na te denken over de verschillen en, indien relevant, de overeenkomsten tussen beide manieren van doen en deze expliciet te benoemen. Deze mediatie is de kern van de Old Way New Way-methode: het actief contrasteren van de oude en de nieuwe manier van doen.⁵ De mediatie moet volgens Lyndon vijf keer herhaald worden zodat het lerende individu zelf in staat is de beide manieren van doen van elkaar te onderscheiden en dit onderscheid in de praktijk toe te passen.

Fase 3: toepassing

De derde en laatste fase van de Old Way New Way-methode is de toepassingsfase. Tijdens deze fase oefent de leerling of sporter de nieuwe manier van doen door deze herhaaldelijk uit te voeren, net zoals dat bij meer conventionele leermethoden aan de orde is.



Figuur 1. Gemiddelde percentages correcte scores tijdens drie post-tests na drie verschillende interventies: Old Way New Way, conventioneel leren en controlegroep¹.

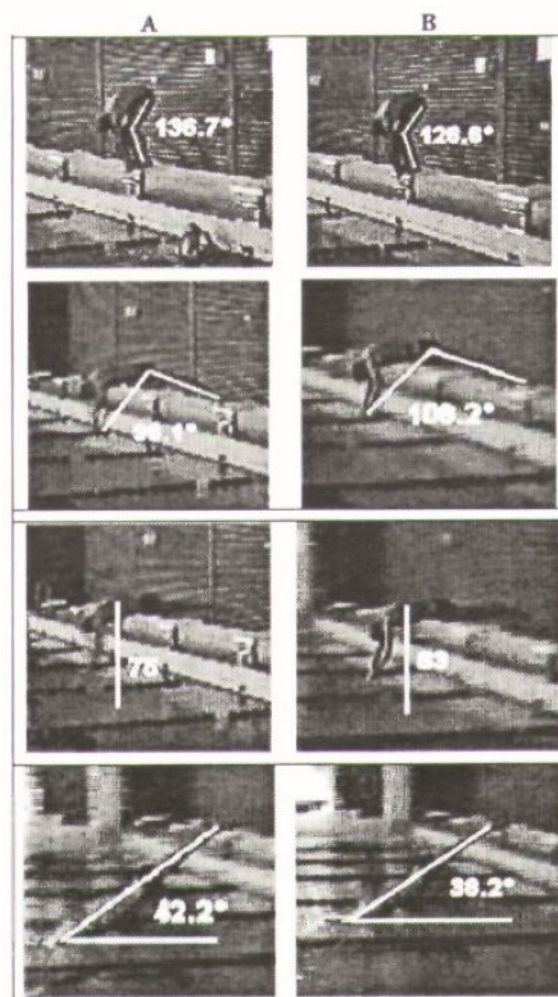
Het verschil is echter dat het lerende individu, dankzij de mediatie, in staat is de oude manier van doen direct te herkennen als die zijn weerbarstige kop weer eens opsteekt, wat de transfer van de nieuwe manier van doen naar andere situaties vergemakkelijkt in plaats van verhindert.⁵ Waar conventionele leermethoden de nieuwe manier van doen van buitenaf proberen in te drillen, vermeldt de Old Way New Way-methode via mediatie het lerende individu in staat zijn of haar eigen coach te zijn en daarmee meester van het eigen veranderproces.

De evidentie

Volgens Lyndon¹ leidt de Old Way New Way-methode direct tot resultaat. Zonder nadere bronvermelding en specificatie van de taak of activiteit in kwestie stelt hij dat empirisch is vastgesteld dat een individu na een enkele oefensessie een kans heeft van 80% op het realiseren van de nieuwe manier van doen en een kans van 20% op het realiseren van de oude manier. Bovendien bestaat in het laatste geval een kans van 90% dat het individu zichzelf corrigeert. Na een conventionele interventie stijgt de kans op het realiseren van de nieuwe manier slechts tot circa 40%, terwijl bij een controle-interventie nauwelijks van enige stijging sprake is (zie figuur 1). Volgens Lyndon is, zeker

helaas niet goed verifieerbare resultaten. Indien waar, ondersteunen ze de claim dat met de Old Way New Way-methode inderdaad snelle en permanente correcties van 'bad habits' kunnen worden gerealiseerd. Soortgelijke resultaten zijn gerapporteerd voor een breed scala van toepassingen waarin stabiele veranderingen in gewoontes en vaardigheden worden vereist.⁶⁻⁹ Maar ook hiervan laat de verifieerbaarheid te wensen over. Waar voor onderwijskundige toepassingen nog wel enige empirische evidentie te vinden is voor de effectiviteit van de Old Way New Way-methode, is de evidentie voor succesvolle toepassingen in de sport voornamelijk anekdotisch en gebaseerd op subjectieve

Figuur 2. Startpositie, duikrichting en entreehoek in het water van een zwemmer tijdens de discriminatiefase. (A) Foute start (Old Way); (B) Correcte start (New Way). Ontleend aan Hanin et al. (2004).¹¹



bij kinderen, een enkele oefensessie in de regel voldoende om de oude manier van doen af te leren, en blijft het vermogen de oude en de nieuwe manier van doen van elkaar te onderscheiden tot geruime tijd na de interventie behouden.

Dit zijn indrukwekkende, maar

observaties. Zo vermelden Baker en Tan⁵ van het South Australian Sports Institute van The University of Southern Queensland dat de Old Way New Way-methode is toegepast bij diverse sporters, waaronder honkballers, basketballers, schoonspringers, roeiers, voetballers en volleyballers, gevolgd door positieve citaten van een aantal van hen, maar zonder enige objectieve onderbouwing.

Naast deze anekdotische evidentie heeft de Russische sportpsycholoog Yuri Hanin met zijn medewerkers twee studies gepubliceerd, waarin de effectiviteit van de methode bij drie Olympische atleten op meer objectieve wijze werd gedocumenteerd. Het ging hier om een speerwerper, een sprinter en een zwemmer, die allen kampten met een hardnekkige, tot dan onbehandelbare tekortkoming in de techniek.^{10,11}

In deze case studies werd gebruik

gemaakt van op de individuele sporter toegesneden Old Way New Way-interventies, die in teamverband (atleet, coach en sportpsycholoog, i.c. Hanin) werden ontworpen en uitgevoerd. De interventies bestonden onder meer uit een met video ondersteunde foutenanalyse, stapsgewijze verbetering van het bewegingsgevoel, het opnieuw in herinnering roepen van fouten, en discriminatie en generalisatie van de correcte bewegingstechniek. De door de interventie bewerkstelligde veranderingen in techniek werden geobjectiveerd aan de hand van verslagen door de sporters zelf, scores door de coach en video-opnamen. In alle gevallen bleek een oefensessie van circa 2 uur voldoende te zijn om een onmiddellijke en permanente verbetering van de techniek te bewerkstelligen (80-100% correcte uitvoeringen), inclusief een permanente verbetering van de sportprestatie en een complete transfer van de geleerde techniek naar de wedstrijdssituatie, zonder de noodzaak van een gebruikelijke adaptatieperiode. Deze resultaten komen overeen met de door Lyndon vermelde empirische evidentie, hetgeen betekent dat de Old Way New Way-methode inderdaad de heilzame effecten zou kunnen sorteren die eraan worden toegedicht.

Afsluitende overwegingen

Samenvattend kan gesteld worden dat de Old Way New Way-methode gebaseerd is op een aannemelijk theoretisch principe, namelijk dat eerdere leerprocessen leiden tot leerresultaten (kennis en informatie) die kunnen interfereren met latere leerprocessen. Deze proactieve inhibitie kan bestreden worden door daar een proces van retroactieve inhibitie tegenover te stellen, dat wil zeggen een proces dat specifiek gericht is op het inhijeren ('ontleren') van het eerder geleerde. Hiermee kent de Old Way New Way-methode een wezenlijk ander uitgangspunt dan leermethoden die de oude manier van doen probe-

ren af te leren door louter de nieuwe manier van doen te benadrukken. Het wetenschappelijke bewijs voor de effectiviteit van de methode is verregaand beperkt tot het domein van de onderwijskunde en gaat mank aan een matige verifieerbaarheid. In het domein van de sport bestaat, zo blijkt uit websites, advertenties en workshops, de nodige belangstelling voor de methode, maar de evidentie voor de effectiviteit ervan is vooral anekdotisch van aard, enkele case studies uitgezonderd. Niettemin suggereren deze bevindingen dat met de Old Way New Way-methode een incorrecte bewegingstechniek snel en permanent kan worden gecorrigeerd. Zolang het tegendeel niet is bewezen vormt de methode daarmee een interessante optie voor sporters die structureel geplaagd worden door een onvolkomen techniek, waarbij het verstandig lijkt om de hulp van een (ter zake kundige) sportpsycholoog als 'facilitator' in te roepen. Of dit terecht is, kan alleen worden uitgemaakt in beter opgezette studies dan tot dusver uitgevoerd.

Contrapunt

In de ruimere context van de serie over motorisch leren verschaft deze beschouwing over het herleren van bewegingen een interessant contrapunt ten opzichte van eerder besproken leermethoden (i.e., leren met een externe focus van aandacht, impliciet leren en differentieel leren), waarin het belang van cognitieve reflectie, aandacht voor de beweging zelf en expliciete kennis bij het leren van *nieuwe* motorische vaardigheden in twijfel werd getrokken. Bij het herzien van een *bestaande* bewegingstechniek zouden deze unieke kwaliteiten wel eens zeer effectief kunnen zijn en dus waardevolle aanknopingspunten kunnen bieden tot verbetering van de techniek. Voor een definitieve uitspraak daarover is het echter nog te vroeg.

Referenties

1. Lyndon EH (1989). I did it my way! An introduction to Old Way/New Way. *Australasian Journal of Special Education*, 13, 32-37.
2. Lyndon EH (2000). Conceptual mediation: A new theory and new method of conceptual change. Unpublished doctoral dissertation, University of Adelaide, Australia.
3. Underwood BJ (1957). Interference and forgetting. *Psychological Review*, 64, 49-60.
4. Underwood BJ (1966). *Experimental psychology* (2nd ed). New York: Appleton-Century-Crofts.
5. Baker K & Tan G (2008). Mediation learning (Old Way / New Way) for accelerated skill correction: A new paradigm and technique for elite sport. <http://fulltext.ausport.gov.au/fulltext/2001/acsms/papers/BAKEI.pdf>
6. Baxter P & Dole S (1990). Working with the brain, not against it: Correction of systematic errors in subtraction. *British Journal of Special Education*, 17 (1 Research Supplement), 19-22.
7. Baxter P, Lyndon H, Dole S, Cooper T, Battistutta D & Blakeley J (1997). Skill correction and accelerated learning in the work place. An experimental field trial of the Conceptual Mediation Program and Old Way/New Way. Curriculum research and Development, TAFE Queensland. Australian National Training Authority Research Advisory council Grant no: 95026.
8. Dole S (1991). Error patterns and subtraction knowledge development: a comparison of methods. Queensland University of Technology.
9. Rowell JA, Dawson CJ & Lyndon EH (1990). Changing misconceptions: a challenge to science education. *International Journal of Science Education*, 12, 167-175.
10. Hanin Y, Korjus T, Joste P & Baxter P (2002). Rapid technique correction using Old Way New Way: Two case studies with Olympic athletes. *The Sport Psychologist*, 16, 79-99.
11. Hanin Y, Malvela M & Hanina M (2004). Rapid correction of start technique in an Olympic-level swimmer: A case study using Old Way/New Way. *Journal of Swimming Research*, 16, 11-17.

Over de auteur

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

Een goede nachtrust is van belang voor het leveren van prestaties. Maar wat is de relatie tussen motorisch leren en slaap? Kan slaap motorische leerprocessen bevorderen, en daarmee de prestaties van sporters helpen verbeteren? En zo ja, hoe dan?

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: oefening in combinatie met slapen baart kunst (deel 7)

Peter J. Beek

Hoe en in hoeverre draagt slapen bij aan motorisch leren? Hoe kunnen slapen en oefenen het beste in de tijd worden geordend om een zo goed mogelijk leerresultaat te verkrijgen? Moet men direct na het oefenen gaan rusten of is een goede nachtrust voldoende? Op deze vragen beginnen wetenschappelijke antwoorden te komen waarmee de sportpraktijk zijn voordeel kan doen.

Meervoudige functie

Het belang van een goede nachtrust wordt alom onderkend. Dit geldt voor jonge kinderen die overdag allerhande nieuwe ervaringen opdoen die ze moeten verwerken, voor overbelaste werknemers die een 'burn-out' moeten zien te voorkomen en voor prestatiesporters die intensief trainen en dag in dag uit het uiterste van zichzelf vragen. De functie van slaap is echter omstreden en zeker niet enkelvoudig. Verondersteld wordt dat slapen een cruciale rol speelt bij het lichamelijke herstel van de inspanningen gedurende de dag. Tijdens de slaap komen groeihormonen vrij, die de aanmaak van spier- en botweefsel stimuleren. Een andere mogelijke functie van slaap is behoud van energie, zoals het geval is bij de winterslaap. Een derde functie is dat slaap

noodzakelijk is voor het verwerken, bewerken en opslaan van informatie in het brein, kortom voor leerprocessen. In dit artikel concentreren we ons op laatstgenoemde functie.

Leren is meer dan oefenen alleen

In deze serie artikelen over motorisch leren is diverse malen benadrukt dat er een verschil is tussen oefenen en leren en dat een prestatieverbetering tijdens het oefenen niet hetzelfde is als een prestatieverbetering op de langere termijn, zoals gemeten met een retentietest. Prestatieveranderingen tijdens het oefenen kunnen namelijk sterk verschillen van het door de oefeningen bewerkstelligde leerresultaat. Dit verschil kan twee kanten opgaan: enerzijds kan tijdens het oefenen veel vooruitgang worden geboekt zonder dat er bij een retentietest iets geleerd blijkt te zijn, anderzijds is het mogelijk dat een retentietest een sterke verbetering van de prestatie laat zien terwijl tijdens het oefenen nauwelijks verbeteringen zichtbaar waren. Uit deze laatste mogelijkheid blijkt duidelijk dat het leerproces zich niet beperkt tot de oefenperiode als zodanig, maar zich daarna kan voortzetten. Anders

slaapfase	% slaapcyclus	kenmerken	spieractiviteit
1	4-5	lichte slaap	neemt af
2	45-55	ademhaling en hartslag dalen	neemt verder af
3	4-6	diepe slaap; deltagolven	beperkt
4	12-15	zeer diepe slaap; grote deltagolven	zeer beperkt
5: rapid eye movements	20-25	hersengolven versnellen; dromen	ademhaling snel en oppervlakkig

Tabel 1. De diverse fasen van het slapen.

gezegd, het leren speelt zich op een andere tijdschaal af dan het oefenen. Dat motorisch leren de nodige tijd vergt, volgt uit het gegeven dat het voor langere tijd verankeren van een motorische vaardigheid in het geheugen een proces is dat een viertal fasen kent¹:

- De eerste fase is de *encodings- of acquisitiefase*; tijdens deze fase wordt er in het brein een eerste geheugen-representatie van de taak gevormd. Deze representatie is echter vluchtig en labiel.
- Tijdens de tweede fase, die wordt aangeduid met de term *consolidatie*, wordt de nog vluchtige en labiele representatie meer permanent gemaakt (geconsolideerd). Volgens sommige auteurs² bestaat dit proces uit twee deelprocessen, *stabilisatie* en *verrijking* genoemd, waarbij *stabilisatie* betrekking heeft op 'off-line' behoud en onderhoud van de verworven vaardigheid en *verrijking* op de verdere 'off-line' verbetering van de verworven vaardigheid.
- De derde fase in de opbouw van het motorische geheugen wordt eenvoudigweg aangeduid met de term *opslag*; tijdens deze fase wordt de gestabiliseerde en bewerkte representatie in het lange-termijn-geheugen opgeslagen.
- In de vierde en laatste fase, de *op-roepfase*, kan de opgeslagen representatie naar believen uit het lange-termijn-geheugen worden opgehaald voor nader gebruik.

Uit wetenschappelijk onderzoek is de

laatste decennia gebleken dat slapen 'off-line' motorisch leerprocessen kan bevorderen, of anders gezegd, dat slapen kan leiden tot verbeteringen in een motorische vaardigheid zonder dat daartoe extra oefening vereist was. Alvorens de belangrijkste resultaten en inzichten in dit boeiende veld van onderzoek aan een nadere bespreking te onderwerpen is het zinvol om de belangrijkste kenmerken van slaap kort samen te vatten.

Kenmerken van slaap

Gedragmatig wordt slaap gekenmerkt door een verminderde motorische activiteit, een afgenomen ontvankelijkheid voor prikkeling, stereotiepe houdingen en – in tegenstelling tot bijvoorbeeld coma – relatief eenvoudige omkeerbaarheid.³ Tijdens de slaap worden verschillende fasen onderscheiden. De indeling is gebaseerd op metingen van hersengolven (elektro-encefalogram; EEG), spieractiviteit (elektromyogram; EMG) en oogspieractiviteit (elektro-oculogram; EOG). Grote, langzame uitslagen in het EEG treden op als grote groepen hersencellen tegelijkertijd vuren en duiden op rust en ontspanning; niet-synchrone activiteit treedt op wanneer men zich inspannt of concentreert. Kleine uitslagen in EMG en OCG duiden op ontspannen spieren, grote op actieve spieren en bewegingen.

Het meest algemene onderscheid is dat tussen de zogenoemde 'rapid eye movement'-slaap of REM-slaap en de niet-REM-slaap. Tijdens de REM-slaap bewegen de ogen snel heen en

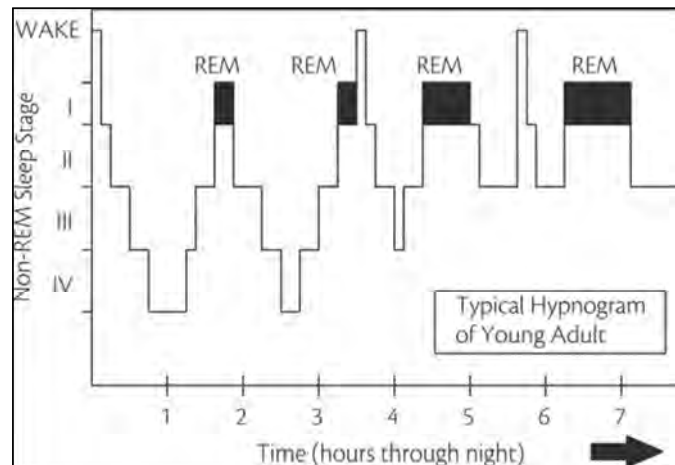
weer, waardoor het EOG veel activiteit vertoont. Het EEG laat tijdens deze fase veel niet-synchrone hersenactiviteit zien, vergelijkbaar met het EEG van een wakker en alert individu (REM-slaap wordt daarom ook wel 'paradoxe slaap' genoemd). Tijdens de niet-REM-slaap maken de ogen langzaam rollende bewegingen, met hier en daar een uitschieter en vertoont het EEG grote, langzame golven met frequenties van 3 tot 14 Hz. De spieren zijn tijdens de niet-REM-slaap ontspannen en vertonen weinig activiteit. Binnen de niet-REM-slaap worden op basis van het EEG vervolgens weer vier verschillende fasen onderscheiden, waarbij fase 1 gepaard gaat met de hoogste frequenties en fase 4 met de laagste frequenties. Tijdens fasen 1 en 2 valt men langzaam in slaap en wordt de slaap geleidelijk dieper; geluiden in de omgeving kunnen de slaap echter nog verstoren. Tijdens fasen 3 en 4 is de slaap het diepst; deze fasen worden aangeduid met de term 'slow wave sleep'. Tijdens alle fasen is er sprake van dromen, maar tijdens de REM-slaap zijn de dromen het levendigst; dit zijn de dromen die mensen zich herinneren als ze gewekt worden. De belangrijkste kenmerken van de vijf slaapfasen zijn samengevat in tabel 1, waarin ook het percentage van de slaapcyclus dat in de betreffende fase wordt doorgebracht is aangegeven. Tijdens de nachtrust wordt de slaapcyclus meerdere keren doorlopen. Dit blijkt uit het hypnogram, een grafiek waarin wordt weergegeven wanneer

men in welke fase van de slaap verkeert. Figuur 1 toont het hypnogram van een gezonde, jonge volwassene. Zoals uit de grafiek valt af te lezen wordt de slaapcyclus in dit geval vier keer doorlopen en telkens afgesloten met een periode van REM-slaap. Aan het begin van de nacht, tijdens de eerste slaapcyclus, is de slaap het diepst en houdt de diepe slaap ook het langst aan, terwijl later in de nacht de slaap oppervlakkiger is met relatief veel REM-slaap. Verder blijkt dat een gehele slaapcyclus bij de betreffende persoon circa anderhalf uur beslaat. Deze kenmerken zijn typerend voor het hypnogram van gezonde personen.

Beknopt overzicht van het initiële onderzoek

Uit diverse studies is gebleken dat jonge, gezonde proefpersonen beter scoren op een (retentie)test wanneer zij tussen het oefenen en de test een tijd hebben geslapen dan wanneer zij voor eenzelfde tijd wakker zijn gebleven. De studies in kwestie hebben betrekking op het leren van uiteenlopende perceptuele en motorische taken, waarbij het onderzoek zich in eerste instantie vooral richtte op de perceptuele taken.

Zo vonden Stickgold en collega's⁴ dat een visuele discriminatietask beter werd geleerd als de proefpersonen na het oefenen minstens 6 uur slapen alvorens getest te worden, waarbij de mate van verbetering groter was naarmate langer dan 6 uur werd geslapen. Voor proefpersonen die gemiddeld 8 uur slapen bleek de mate van prestatieverbetering afhankelijk te zijn van de mate van 'slow wave sleep' tijdens het eerste kwart van de nacht en de mate van REM-slaap tijdens het laatste kwart van de nacht.



Figuur 1. Typisch hypnogram van een gezonde jonge volwassene.

Met betrekking tot motorisch leren hadden Smith en MacNeill al in 1994⁵ aangetoond dat slaapdeprivatie de retentie van een motorische taak nadelig kan beïnvloeden, een effect dat zij specifiek toeschreven aan het gebrek aan niet-REM-slaap in fase 2 van de slaapcyclus. Pas in deze eeuw echter werd het effect van slaap op het leren van motorische taken voor het eerst systematisch onderzocht. In een baanbrekende studie toonden Walker en collega's⁷ aan dat een nacht slapen na het oefenen van een sequentiële motorische taak (het intikken van de cijfercombinatie 4-1-3-2-4 op een toetsenbord) leidde tot een 20% snellere uitvoering van de taak zonder verlies van nauwkeurigheid, terwijl proefper-



'Slapende atleet' door Max Beckmann (1946).

sonen die voor dezelfde tijdsduur wakker waren gebleven geen significante verbetering in de taakuitvoering lieten zien. In deze studie bleek de mate van verbetering samen te hangen met de mate van niet-REM-slaap tijdens fase 2, vooral later in de nacht. In een vervolgstudie onderzochten Walker en collega's⁶ het leren van een sequentiële tiktaak

over meerdere dagen. Uit deze studie bleek dat onmiddellijk na de eerste training kleine verbeteringen in de prestatie gerealiseerd konden worden door extra te oefenen, maar dit bleek niet langer het geval te zijn na de grote oefeningsonafhankelijke verbeteringen die optraden na een nacht slapen. Tevens bleek dat een twee keer zo lange eerste training geen beter leerresultaat opleverde dan een nacht slapen. De mate van slaaphafhankelijk leren bleek onafhankelijk te zijn van de mate van trainingsafhankelijk leren. Op basis hiervan meenden de auteurs dat er twee leerprocessen naast elkaar bestaan: één afhankelijk van slaap en de andere van oefenen. Ten slotte werd in deze studie gevonden dat, hoewel het grootste effect bleek op te treden tijdens de eerste nacht slaap na de training, extra nachten slaap tot verdere verbetering van de prestatie leidden. Een interessante en bemoedigende bevinding in dit verband is dat men niet eens een hele nacht hoeft te slapen om profijt te hebben van de heilzame werking van slaap op motorisch leren. Een dutje van 60 tot 90 minuten blijkt al voldoende om de 'off-line' verbeteringen in de uitvoering van motorische taken te bewerkstelligen.^{8,9} Tijdens welke fase van de slaap het grootste positieve effect op het leerproces wordt gesorteerd, is nog niet geheel duidelijk. Vermoedelijk is het effect echter het grootst tijdens de con-

solidatiefase, meer in het bijzonder de verrijksfase.² In het algemeen kan gesteld worden dat zowel REM-slaap als 'slow wave sleep' van belang lijken te zijn voor de consolidatie van geheugenrepresentaties, waarbij sommige geheugensporen meer 'slow wave sleep' lijken te vergen (declaratief geheugen) en andere meer REM-slaap (procedureel geheugen).¹⁰

Effect van leeftijd

Een andere relevante vraag is in hoeverre het effect van slaap op motorisch leren afhankelijk is van de leeftijd. De tot dusver geciteerde studies hadden alle betrekking op jonge, gezonde volwassenen. In recent onderzoek kon, opmerkelijk genoeg, het positieve effect van slaap op motorisch leren bij gezonde ouderen niet worden vastgesteld.¹¹ Een mogelijke verklaring hiervoor is dat ouderen minder lang slapen dan jongeren en zowel REM-slaap als 'slow wave sleep' verhoudingsgewijs minder lang duren. Interessant in dit verband is dat slaap wel het leren van een continue sequentietaak bleek te bevorderen bij ouderen die een beroerte hadden gehad (CVA) en daar chronisch hinder van ondervonden.¹¹ Deze groep brengt meer tijd door in 'slow wave sleep' dan gezonde ouderen, wat tot voordeel zou kunnen strekken.

Observeren in plaats van fysiek oefenen

Aanvullend bewijs voor de heilzame werking van slaap op motorische leerprocessen werd geleverd in onderzoek naar leren door middel van observatie. Van der Werf en collega's¹² lieten studenten naar een filmpje kijken waarin een hand werd getoond, waarvan de vingers enkele minuten lang een cijferpatroontje op het toetsenbord intikten, bijvoorbeeld 3-2-1-3. De helft van de studenten kreeg het filmpje om elf uur 's ochtends te zien en de andere helft om 11 uur 's avonds, direct voor het

slapen gaan. Om te voorkomen dat de studenten het patroontje tijdens het kijken actief gingen meetikken, moesten zij continu met één hand alternerend op de 'a'- en de 'alt'-toets drukken. Aan de hand van een retentietest, die ofwel 12 uur later ofwel 24 uur later plaatsvond, werd vervolgens bepaald hoe goed



Voetballer consolideert zijn techniektraining.

beide groepen de taak hadden geleerd (de groepen werden hiertoe opgedeeld in subgroepen). Uit de resultaten bleek dat de groep die het filmpje 's avonds voor het slapen had bekeken de taak gemiddeld beter uitvoerde dan de groep die het filmpje de vorige ochtend had gezien. Bij het leren door observatie loont het dus om vlak voor het slapen te gaan oefenen. Van der Werf en collega's hadden dit niet verwacht omdat eerder onderzoek bij het daadwerkelijk, fysiek oefenen van een motorisch taak had aangetoond dat het gunstige effect van slaap onafhankelijk was van de tijd die verlopen was na de oefenperiode: of men nu direct na het oefenen ging slapen of pas 10 uur later, het effect van slaap was hetzelfde. Volgens de auteurs spelen bij het leren door observatie de zogenoemde spiegelneuronen, die deel uitmaken van het neurale imitatie-systeem, een belangrijke rol. Door het actief zijn van dit systeem, zo opperden zij, wordt informatie waarschijnlijk op een andere manier in het geheugen

geconsolideerd dan bij fysieke oefening, waarbij het kennelijk loont om direct na het oefenen te gaan slapen. Dat komt dubbel goed uit: we hoeven ons niet in het zweet te werken en we hebben eenvoudig een argument om 's avonds laat nog op de TV naar de backhand van Federer of de dribbelacties van Messi te kijken!

Afsluitende overwegingen

De literatuur overziend is er al heel wat onderzoek gedaan waarvan de resultaten uitwijzen dat slaap een positief effect heeft op motorisch leren. Hierbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat de gevonden verschillen in leerresultaat mogelijk deels toegeschreven kunnen worden aan niet-specifieke, voor de prestatie op de retentietest nadelige effecten van slaapdeprivatie als zodanig, zoals concentratieverlies. Een robuust effect van slaap op leren is pas aangetoond als er door (meer of beter) slapen beter wordt gescoord op een retentietest op een moment dat de directe effecten op het prestatievermogen zijn verdwenen. Hiervan is in de meeste van de beschreven studies geen sprake. Daarmee blijft er behoefte aan studies met meerdere retentietests, die voldoende lang na het oefenen worden afgenomen.

Ondanks de vele interessante resultaten die met name het laatste decennium zijn verschenen, staat het onderzoek naar de relatie tussen slaap en motorisch leren nog in de kinderschoenen. Er zijn nog heel wat vragen onbeantwoord. Bijvoorbeeld over de aard van de geheugenrepresentaties die door de slaap worden geconsolideerd, over het effect van slaap op de overige fasen van geheugenformatie, over de slaapfasen die vooral van invloed zijn op het leerproces en over de biologische mechanismen die aan deze vorm van beïnvloeding ten grondslag liggen. Daar komt bij dat het meeste onderzoek betrekking heeft op relatief eenvoudige motorische taken. Het zou interessant

zijn om de invloed van slaap te bestuderen bij het leren van complexe bewegingen, bij voorkeur in wisselwerking met de gehanteerde leermethode (leren met een interne versus een externe focus van aandacht, impliciet versus expliciet leren, drillen versus differentieel leren). Het is al met al nog te vroeg om al te stellige uitspraken te doen over de relatie tussen slaap en motorisch leren en over de praktisch relevante vraag hoe oefenen en slapen het beste ten opzichte van elkaar geordend kunnen worden. Het lijkt in ieder geval zaak regelmatig en voldoende lang te slapen, waarbij een 'power nap' tussen de trainingen door zeker geen kwaad kan.

Referenties


1. Kandel ER, Kupfermann I & Iversen S (2000). In ER Kandel, JH Schwartz & TM Jessell (eds.), Principles of neural science, 4th Ed., 1227-1246. New York, NY: McGraw-Hill.
2. Walker MP, Brakefield T, Hobson JA & Stickgold R (2003). Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature*, 425 (6958), 616-620.
3. Rechtschaffen A & Siegel J. (2000). Sleep and dreaming. In ER Kandel, JH Schwartz & TM Jessell (eds.), Principles of neural science, 4th Ed., 936-947. New York, NY: McGraw-Hill.
4. Stickgold R, Whidbee D, Schirmer B, Patel V & Hobson JA (2000). Visual discrimination task improvement: A multi-step process occurring during sleep. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 246-254.
5. Smith C & MacNeill C (1994). Impaired motor memory for a pursuit rotor task following Stage 2 sleep loss in college students. *Journal of Sleep Research*, 3 (4), 206-213.
6. Walker MP, Brakefield T, Morgan A, Hobson JA & Stickgold R (2002). Practice with sleep makes perfect: Sleep-dependent motor skill learning. *Neuron*, 35, 205-211.
7. Walker MP, Brakefield T & Seidman J (2003). Sleep and the time course of motor skill learning. *Learning and Memory*, 10, 275-284.

8. Nishida M & Walker MP (2007). Daytime naps, motor memory consolidation and regionally specific sleep spindles. *PLoS One*, 2, e-341.
9. Backhaus J & Junghanns K (2006). Daytime naps improve procedural motor memory. *Sleep Medicine*, 7, 508-512.
10. Rauch R, Desgranges B & Foret J (2005). The relationships between memory systems and sleep stages. *Journal of Sleep Research*, 14, 123-140.
11. Siengsukon CF & Boyd LA (2009). Does sleep promote motor learning? Implications for physical rehabilitation. *Physical Therapy*, 89, 370-383.
12. van der Werf YD, van der Helm MM, Schoonheim MM, Ridderikhof A & van Someren EJW (2009). Learning by observation requires an early sleep window. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 18926-18930.

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)



INTERNATIONAL INSTITUTE FOR TRAINING

I.I.T.VOF OUDE BAAN 19 5854 PJ NIEUW BERGEN (L) NEDERLAND TEL 0031-(0)485 34 34 26
E-MAIL info@toinevandegoolberg.nl HOMEPAGE www.toinevandegoolberg.nl

ALLROUND CONDITIE / HERSTELTRAINER

- Erkend door het NGS (35 studiepunten) en Korps Mariniers, Atletiekunie (8 studiepunten)
- 12 avonden van 19.30 – 22.30 uur, ca. 50% praktijk
- Hoofdt thema's zowel voor individuele sport als teamsport:
 - Revalidatie, conditieopbouw, kracht-, snelheid- en uithoudingsvermogen volgens De Rehaboom® en trainingsprogramma's schrijven
- Cursus start maandag 17 september 2012
- Cursus start woensdag 14 november 2012
- Cursus start maandag 28 januari 2013
- Locatie NSC Papendal te Arnhem
- Cursusprijs € 875,00

CURSUS FYSIEKE TRAINER VOETBAL

- Erkende methode Betaald Voetbal
 - NEC-Nijmegen 1ste team
 - Feyenoord-Rotterdam 1ste team
- Erkend door Atletiekunie (2 studiepunten)
- 4 dagdelen:
 - Dag 1 14.00 – 21.00 uur
 - Dag 2 09.00 – 16.00 uur
- Hoofdt thema's:
 - Opbouw loopvermogen
 - Opbouw kracht
 - Transfer naar voetbal
- Cursusdata:
 - 10 + 11 augustus 2012
- Locatie NSC Papendal Arnhem
- Cursusprijs € 375,00

WORKSHOPS

• Duur: 3 uur op locatie
• Datum, tijdstip en groepsgrootte in overleg
• Accreditatie KNGF voor RRS/KRS/ARS/HRS/FWS/RB®

Keuze uit de thema's:

- Rug Revalidatie Systeem (RRS)
- Kracht Revalidatie Systeem (KRS)
- Aeroob Revalidatie Systeem (ARS)
- Heart Rate System (HRS) / Polar Team2 System
- Free-Weight System (FWS) / FitroDyne
- De Rehaboom®
- Onderwerp naar keuze




Groeps prijs per workshop op aanvraag

DOCENT

TOINE VAN DE GOOLBERG, IIT

- Fysieke trainer 1ste team Feyenoord Rotterdam seizoen 2009-2012
- Kerndocent Masteropleiding Sportfysiotherapie Avans+ te Breda / NPi

Alle genoemde activiteiten kunnen, bij voldoende deelname, in overleg ook op locatie worden aangeboden

U kunt voor aanvullende informatie ook contact opnemen:

Telefoon	0485-34 34 26	www.toinevandegoolberg.nl
Fax	0485-53 09 54	E-mail
Mobiel	06-53 33 2678	info@toinevandegoolberg.nl

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 leeuw 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 opwindings, cognitieve vaardigheden en eerdere ervaringen.

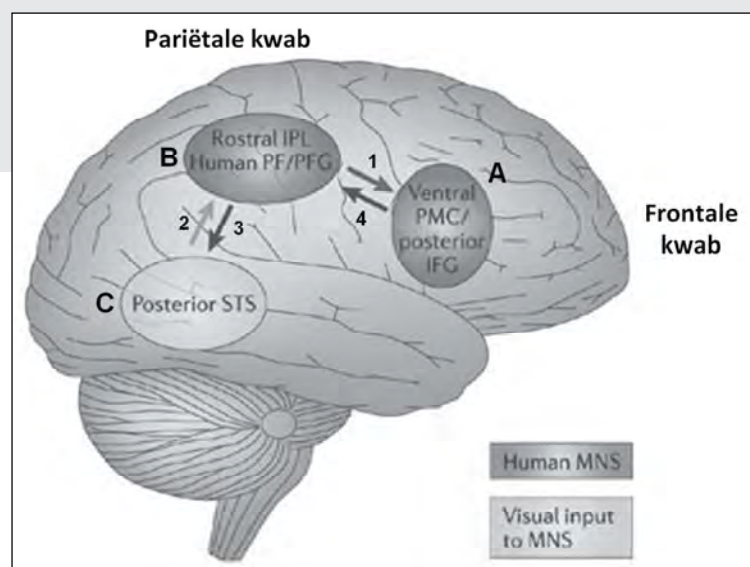
Bandura veronderstelde dat waarnemers vooral hun aandacht richten en gericht houden op gedrag van personen die over een hoge status, een hoog vaardigheidsniveau en hetzelfde geslacht beschikken als zij zelf.

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 overzichtsartikel 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 leermethode 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 kennelijk 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 overzichtsartikel¹² 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 neuronen bij apen hebben een rijk geschakeerd palet van neuronen met, zo lijkt het, uiteenlopende functies onthuld. Globaal worden twee typen neuronen onderscheiden¹³: canonische neuronen en spiegelneuronen. Canonische neuronen 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 neuronen zijn niet actief als een handeling wordt waargenomen die door een ander wordt uitgevoerd. Spiegelneuronen 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 spiegelneuronen niet actief zijn tijdens de presentatie van een voorwerp zonder de bijbehorende actie of wanneer het voorwerp gemanipuleerd wordt met een instrument. Sommige spiegelneuronen 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 spiegelneuronen 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 neuronen daarbij is.

Diverse soorten

Uit fMRI-onderzoek bij mensen is voorts gebleken dat er afzonderlijke spiegelneuronen 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 spiegelneuronen zijn er ook auditieve spiegelneuronen gevon-

den, zowel bij apen als bij mensen.¹⁵ Deze neuronen 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 spiegelneuronen is dat het geluid gerelateerd kan worden aan een specifieke handeling. Auditieve spiegelneuronen 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 beleavingswereld 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

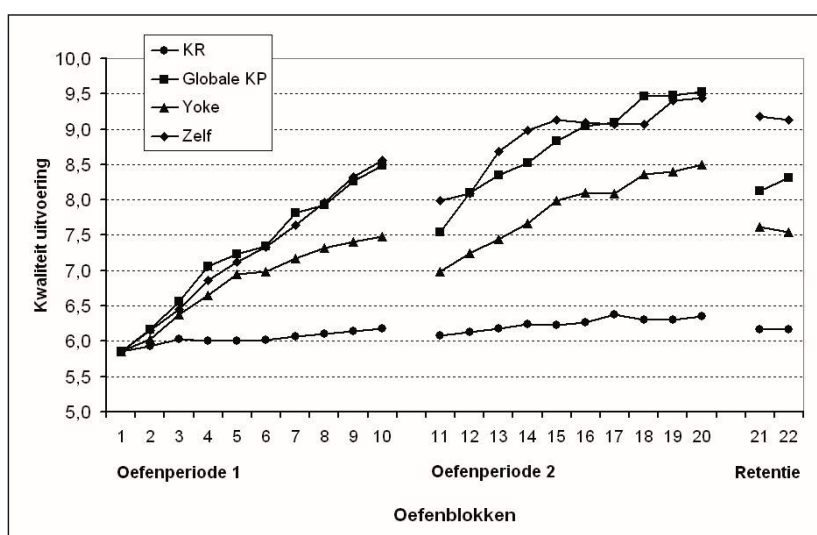
Motorische leerprocessen kunnen plaatsvinden op geleide van een trainer of coach, maar kunnen ook door de sporter zelf worden vormgegeven. Waar op dit continuüm moet men gaan zitten om tot het beste leerresultaat te komen? Welke aspecten van het leerproces zijn daarbij van belang? Hoe kunnen de (nog schaarse) onderzoeksresultaten op dit terrein verklaard worden? En welke lering valt hieruit te trekken voor de sportpraktijk?

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining

Motorisch leren: het belang van zelfsturing (deel 9)

Peter J. Beek

Vaak worden trainingsprogramma's voorgeschreven door een trainer of coach en overeenkomstig deze voorschriften uitgevoerd door de sporter.



Figuur 1. In het onderzoek van Janelle e.a. bleek tijdens de retentietest, dat zelfgestuurde feedback beter werkt bij het aanleren van een beweging dan diverse varianten van extern gestuurde feedback.

In dit klassieke model beslist de trainer of coach, op basis van zijn criteria, over de gehanteerde oefenvormen, over de duur van de oefeningen en over de aard en de momenten van extrinsieke feedback in de vorm van kennis van de

resultaten (knowledge of results, KR) en kennis van de uitvoering (knowledge of performance, KP). Het is de vraag of deze werkwijze tot het beste leerresultaat leidt. Recent onderzoek naar motorisch leren wijst erop dat dit niet het geval is. Het blijkt te lonen om sporters meer regie te geven over hun eigen leerproces en de inrichting daarvan. In dit verband spreekt men van zelfgestuurd leren (self-controlled learning). Zelfsturing tijdens het leerproces kan (evenals de externe instructies van een trainer of coach) betrekking hebben op uiteenlopende aspecten van het oefenprogramma, waaronder het gebruik van feedback en hulpmiddelen, oefenvormen en de hoeveelheid oefening. Bij deze vorm van leren is het de sporter zelf die zijn oefenproces vormgeeft en niet zozeer zijn trainer of coach, al blijft deze een belangrijke rol spelen als mediator en inspirator.

Zelfgestuurde feedback

In een interessante studie naar het belang van zelfsturing bij het leren van

complexe motorische taken onderzochten Janelle e.a.¹ in hoeverre zelfgestuurde feedback over de uitvoering (KP) leidt tot een beter leerresultaat in vergelijking met opgelegde feedbackschema's. De taak betrof het leren werpen van een bal met de linkerhand door rechtshandige proefpersonen, die werden ingedeeld in vier groepen. De proefpersonen in de zelfsturende groep mochten zelf de momenten bepalen waarop zij videofeedback over de worp kregen. Deze momenten werden vervolgens opgelegd aan een groep van controleproefpersonen, volgens het principe van 'yoked control' (zie kader). Verder was er een groep die na elke poging globale KP kreeg en een groep die na elke poging alleen KR kreeg. Tijdens het oefenen lieten de eerste drie groepen een sterkere verbetering zien dan de laatste groep. Op de retentietest waren zowel de uitvoering als de nauwkeurigheid van de worp significant beter in de zelfgestuurde groep dan in de overige groepen (zie figuur 1). Op basis van de verkregen resultaten concludeerden de auteurs dat personen die tijdens het leren van een motorische taak zelf mogen bepalen wanneer ze feedback krijgen, relatief minder feedback nodig hebben om de geleerde taak te doen beklijven dan personen die meer ongevraagde feedback krijgen.

Chiviacowsky en Wulf² veronderstelden dat zelfgestuurde feedback tot een beter leerresultaat leidt dan extern opgelegde feedback omdat deze beter is toegesneden op de behoeften van het lerende individu. Zij onderzochten dit met behulp van een taak waarbij op

elkaar volgende bewegingen moesten worden getimed. Eén groep proefpersonen kreeg feedback naar eigen behoefte, de andere groep kreeg deze opgelegd via het principe van 'yoked control'. Ook hier bleek uit de retentietests dat de zelfgestuurde groep de taak beter had geleerd dan de controlegroep. Na afloop van het experiment gaven de proefpersonen uit beide groepen aan dat ze vooral behoefte hadden aan feedback na pogingen die ze als succesvol ervoeren. Bij de zelfgestuurde groep bleek dat de pogingen waarover ze feedback hadden gevraagd inderdaad succesvoller waren dan de pogingen waarover ze geen feedback hadden gevraagd. Dit wijst erop dat het effect van feedback afhankelijk is van de behoefte daaraan, een behoefte die op haar beurt weer samenhangt met de mate van succes die op de desbetreffende poging werd geboekt.

Deze zienswijze werd door Chiviacowsky en Wulf³ verder onderzocht in een studie waarin gebruik gemaakt werd van dezelfde timingtaak, maar met een andere onderzoeksopzet. Eén groep van proefpersonen diende *voorafgaand* aan elke poging aan te geven of zij over de uitkomst van die poging al dan niet feedback wilde krijgen, terwijl de andere groep dit pas *na afloop* van elke poging diende aan te geven. Als de behoefte aan feedback wordt bepaald door de mate waarin een poging succesvol is, dan zou de laatste groep voor feedback moeten opteren na succesvolle pogingen en daardoor een leervoordeel moeten hebben van de zelfsturing. Dit bleek inderdaad het geval te zijn.

Tenslotte toonden Chiviacowsky en Wulf⁴ in een derde onderzoek aan dat ook feedback die niet op verzoek van de proefpersoon wordt verstrekt efficiënter is na succesvolle pogingen ten opzichte van niet-succesvolle pogingen. In het desbetreffende experiment moesten twee groepen proefpersonen met hun niet-dominante arm 'beanbags' ondershands op een doel gooien, waarbij hen tijdens en na de worp het zicht werd ontnomen. De groep die feedback kreeg over het resultaat na afloop van de meest succesvolle pogingen bleek de taak beter te leren dan de groep die feedback kreeg na de minst succesvolle pogingen.

In het algemeen kan gesteld worden, dat bovenstaande bevindingen wijzen op het grote *motivationale* belang van feedback. Immers, de hoeveelheid informatie van de feedback na succesvolle en niet-succesvolle pogingen hoeft niet te verschillen. Waar het om gaat is, dat het lerende individu bevestigd krijgt het juiste te doen en op de goede weg te zijn. Deze bevindingen zijn in overeenstemming met Skinners opvatting⁵ dat bekrachtiging van gewenst gedrag ('reinforcement') tot een beter leerresultaat leidt dan het bestraffen van ongewenst gedrag ('punishment'). Ook ondersteunen deze bevindingen het belang van Van Rossums notie van positief coachen.⁶

Zelfselectie van hulpmiddelen

Behalve op de keuze van feedback(momenten) kan zelfgestuurd leren ook betrekking hebben op diverse andere aspecten van het leerproces, zoals het gebruik van hulpmiddelen en

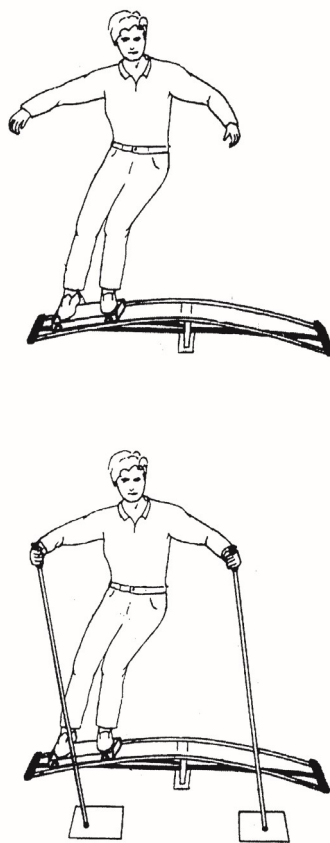
Yoked control

'Yoked control' is een methode van onderzoek waarbij iedere proefpersoon in de experimentele groep gepaard wordt aan een proefpersoon in de controlegroep. De gepaarde proefpersonen zijn als het ware via een 'juk' [yoke] aan elkaar gekoppeld. De koppeling zorgt ervoor dat het gezochte effect zuiver kan worden vastgesteld en niet vertroebeld wordt door andere verschillen tussen de groepen. Het hier besproken onderzoek is erop gericht vast te stellen wat het effect is van zelfsturing van de feedback en dit niet te laten vertroebelen door verschillen in het aantal malen dat, en de momenten waarop, de feedback wordt aangeboden. Om die reden wordt steeds eerst bij een proefpersoon in de experimentele groep gemeten, om vervolgens bij diens 'yoked control' op dezelfde momenten feedback te verstrekken.

de hoeveelheid oefening. Een voorbeeld van de meerwaarde van het zelf kunnen beschikken over hulpmiddelen voor het leerproces vinden we in een studie van Wulf & Toole⁷ naar het leren maken van (zo groot mogelijke) slalomachtige bewegingen op een skisimulator. Deze bestond uit een platform dat van links naar rechts kon bewegen over een paar gebogen stukken rails (zie figuur 2). De proefpersonen mochten hierbij gebruik maken van skistokken. Eén groep van proefpersonen stond het vrij om deze op zelfgekozen momenten te gebruiken, terwijl diezelfde momenten aan 'yoked controls' in de andere groep werden opgelegd. Hoewel beide groepen even goed presteerden tijdens de oefenfase, bleek de zelfgestuurde groep tijdens de retentietest significant grotere amplitudes op de skisimulator te maken dan de controlegroep. Een soortgelijk resultaat werd gevonden door Hartman⁸ in een studie naar balanshandhaving, waarbij de proefpersonen gebruik konden maken van een evenwichtsstok. Ook in deze studie werden de proefpersonen ingedeeld in een groep die zelf mocht bepalen wanneer de stok te gebruiken, terwijl deze momenten aan de 'yoked controls' in de andere groep werden opgelegd. In deze studie verrichtte de zelfgestuurde groep de taak zowel tijdens de oefenfase als de retentiefase beter dan de controlegroep. Uit vragenlijsten bleek dat beide groepen vooral behoefte hadden aan de stok als een nieuwe strategie werd uitgetest, een behoefte waarin slechts bij de zelfgestuurde groep werd voorzien. Dit duidt erop dat het leerproces bevordert wordt wanneer proefpersonen beslissingen kunnen nemen over het al dan niet gebruiken van hulpmiddelen op basis van gekozen uitvoeringsstrategieën.

Zelfselectie van hoeveelheid oefening

Ook ten aanzien van de hoeveelheid oefening is de mate van zelfsturing



Figuur 2. In een onderzoek van Wulf & Toole⁷ bleek, dat proefpersonen beter leerden bewegen op een skisimulator als ze zelfgestuurd gebruik mochten maken van skistokken.

mogelijk relevant voor het leerresultaat. Deze mogelijkheid werd recent onderzocht door Post c.s. in een studie naar het leren gooien van darts met de niet-dominante hand.⁹ De proefpersonen in de zelfsturinggroep mochten zelf bepalen wanneer ze voldoende oefenpogingen hadden gedaan, terwijl de 'yoked controls' in de andere groep hetzelfde aantal kregen opgelegd. Dit houdt in dat ongeveer de helft van de proefpersonen in de controlegroep korter had geoefend dan waar ze behoefte aan hadden, en de andere helft langer. De zelfgestuurde groep vertoonde een beter leerresultaat dan de controlegroep. Dit resultaat lijkt echter tot op zekere hoogte triviaal, omdat het voor de hand ligt dat proefpersonen die er subjectief zeker van zijn dat ze voldoende lang hebben geoefend, daarna beter zullen presteren dan proefpersonen die op een voorgeschre-

ven moment hun oefening moeten afbreken.

Relaties met eerder behandelde concepten en methoden

Voor een meer omvattend begrip van het belang van zelfsturing bij leerprocessen is het nuttig deze notie te relateren aan eerder in deze reeks behandelde concepten en methoden. Hierboven bleek dat de feedback in zelfgestuurde leerprocessen vooral zo wordt gekozen dat deze het gewenste gedrag bekrachtigt. Dit is ook aan de orde bij foutloos leren (zie deel 3¹⁰ van deze reeks), waarbij eventuele kennis van de resultaten per definitie positief bekrachtigend zal zijn. Immers, bij foutloos leren wordt het maken van fouten zo veel mogelijk voorkomen. In beide gevallen is daardoor sprake van een versterking van de motivatie, en dus in het verlengde daarvan van een goed leerresultaat. Deze overeenkomst houdt ook in dat het gunstige effect van foutloos leren waarschijnlijk niet alleen te danken is aan het impliciete karakter ervan, maar ook samenhangt met motivationele factoren. Beide leervormen zijn met elkaar verbonden wanneer het lerende individu tijdens het leerproces zijn 'toegestane' foutmarge zo instelt, dat zo lang mogelijk van een hoge succesratio sprake blijft. Denk bijvoorbeeld aan een hoogspringer die de lat, beginnend vanaf een relatief laag niveau, steeds een beetje hoger legt, naarmate zijn leerproces verder voortschrijdt. Een ander verband is dat tussen zelfgestuurd leren en differentieel leren (zie deel 5 van deze reeks¹¹). Immers, bij differentieel leren wordt het gewenste gedrag niet via drillen ingeslepen, maar is het zaak dat het lerende individu, al variërend, zijn eigen oplossing(en) vindt voor het 'bewegingsprobleem' waarvoor hij zich gesteld ziet. Uiteraard kan een trainer of coach door middel van instructies allerlei bewegingsvariëaties aanrei-

ken, maar de ontdekking van werkzame oplossingen wordt hier door het lerende individu gedaan en niet dwingend door een trainer of coach voorgeschreven. Het is voorstelbaar dat differentieel leren tot nog weer betere resultaten leidt indien ook de keuze van de variaties in de uitvoering aan het lerende individu worden overgelaten. Nader onderzoek naar differentieel leren is ook wat dit aspect betreft noodzakelijk.

Een interessante vraag is of de gunstige effecten van variabel oefenen, zoals differentieel leren, en zelfsturing van het leerproces bij elkaar optellen als beide oefenvormen worden samengevoegd. Op die manier zouden zeer krachtige leercocktails zijn te maken! Deze vraag stond centraal in een recente studie¹² naar de invloed van zelfgestuurde KR op de retentie en transfer van een timing-taak als een functie van random en geblokte oefenschema's (zie deel 4¹³ van deze reeks). De taak in kwestie bestond uit het anticiperen van het moment waarop een verspringend lichtje een bepaalde positie bereikte. Uit de resultaten bleek dat oefening met een random schema tot een significant consistentere prestatie leidde op de retentie- en transfertest dan oefening met een constant schema, terwijl zelfgestuurde feedback tot nauwkeurigere en consistentere resultaten op de transfertest leidde dan extern gestuurde feedback. Helaas voor de sportpraktijk leidde de combinatie van de verschillende leermethoden echter niet tot een verdere verbetering van het leerresultaat ten opzichte van hun afzonderlijke effecten. Met andere woorden, bij het oefenen kan worden volstaan met het toepassen van één van beide methoden.

Praktische toepassingen en implicaties

De bevinding dat motorische leerprocessen kennelijk het beste gedijen bij

een aanzienlijke mate van zelfsturing door het lerende individu heeft verstrekkende implicaties voor de sportpraktijk en voor de verhouding tussen sporter en trainer/coach. Die verhouding kent van oudsher een sterk directief karakter: de trainer of coach beoordeelt de kwaliteit van de uitvoering en geeft vervolgens feedback op basis van wat hem is opgevallen of wat hij belangrijk vindt. Dit leidt al snel tot overdosering van feedback en een accent op zaken die voor verbetering vatbaar worden geacht in plaats van een accent op zaken die goed gingen. Immers, er schort altijd ergens wel wat aan. Op basis van de hier beschreven resultaten en inzichten lijkt het raadzaam om het initiatief en de regie meer bij de sporter te leggen, waardoor een actiever leerproces ontstaat dat beter is toegesneden op hetgeen waarmee de sporter op dat moment bezig is. Zowel de uitkomst van de beweging als de psychologische processen die zich bij de sporter afspelen bepalen welke bronnen van informatie en vormen van terugkoppeling nuttig voor hem zijn. Tot deze processen heeft de sporter zelf uiteraard directer toegang dan de trainer of coach en het lijkt dan ook aanbevelenswaardig hem een belangrijke stem te geven met betrekking tot de aan hem te verstrekken (feedback)informatie. Soms raken trainers en coaches gefrustreerd als hun pupillen hun aanwijzingen niet opvolgen. Het is heel goed mogelijk dat betrokkenen niet goed met de aangeboden informatie uit de voeten kunnen, omdat deze onvoldoende is afgestemd op het leerproces dat zij doormaken. Het niet of onvoldoende opvolgen van goed bedoelde aanwijzingen zal vaker een kwestie zijn van niet kunnen dan van niet willen.

Zelfsturing bij het leren van complexe bewegingen kan op tal van manieren worden gerealiseerd. Zowel KR als KP kunnen op basis van zelfsturing door de sporter verkregen worden. De sporter kan bijvoorbeeld informatie krijgen

over de precieze afstand die de speer heeft overbrugd, over de exacte hoogte waarover is gesprongen, of over de exacte geklokte tijd. Bij KP kan gedacht worden aan het zelfgestuurde gebruik van videobeelden bij het leren van een complexe beweging, zoals bij turnen of schoonspringen, maar ook bij het slaan van een tennisservice. Die beelden kunnen direct na afloop van de poging automatisch getoond worden op een monitor als de sporter daar om vraagt (dit is inmiddels staande praktijk in het InnoSportLab Gymnastische sporten in Den Bosch). Daarnaast is het mogelijk de bewegingen vanuit verschillende richtingen op te nemen (bijvoorbeeld van opzij, van boven en van voren) en de sporter de mogelijkheid te geven zelf te kiezen vanuit welke invalshoek hij feedback wenst te krijgen. Deze keuzevrijheid kan soms wellicht lastig worden gevonden, maar vergroot de kans dat de sporter goed met de beschikbare informatie uit de voeten kan.

Ook ten aanzien van het gebruik van hulpmiddelen liggen de voorbeelden voor het oprapen. Naast het gebruik van (ski)stokken bij balanshandhaving kan gedacht worden aan het al dan niet gebruiken van toegevoegde gewichten (bijvoorbeeld bij de hardlooptraining), van ballen die lichter of zwaarder zijn dan het voorgeschreven gewicht (bijvoorbeeld bij handbal), of van een zwemplankje, zwemvliezen of monovin (bij het zwemmen). De trainer of coach kan deze mogelijkheden in de leeromgeving creëren en het vervolgens, het principe van zelfgestuurd leren indachtig, aan de sporter overlaten wanneer en hoe deze van de aangeboden hulpmiddelen gebruik maakt. Hetzelfde geldt voor de wijze waarop de te leren beweging wordt uitgevoerd en de variaties die hierin worden aangebracht tijdens het oefenen, de afwisseling van verschillende oefeningen tijdens de training en het moment waarop de training wordt

aangevangen, onderbroken en weer wordt hervat. Ook in dit opzicht kan de trainer of coach de context bieden of globaal het thema voor de training aangeven, zonder nog alle onderdelen daarvan te willen dicteren. Die werkwijze zal voor veel trainers en coaches een stijlbreuk betekenen, maar op grond van de onderzoeksresultaten tot dusver lijkt het in elk geval geen kwaad te kunnen de sporter wat meer de regie te geven in het oefenproces.

Afsluitende overwegingen

De literatuur over de rol van zelfsturing bij motorisch leren staat nog in de kinderschoenen. Hoewel de eerste resultaten er duidelijk op wijzen dat zelfsturing voordelen heeft ten opzichte van extern gecontroleerde instructies en feedback, is het aantal studies over het onderwerp nog beperkt. Het is nodig de bevindingen te repliceren, bij voorkeur door andere onderzoeksgroepen dan die welke zich tot dusver met het onderzoek hebben beziggehouden. Die noodzaak wordt onderstreept door studies waarin beduidend minder sterke effecten werden gevonden dan hierboven beschreven. Zo vonden Aiken e.a.¹⁴ op een retentietest geen significant verschil in leerresultaat tussen zelfgestuurde en niet-zelfgestuurde videofeedback bij het leren van het 'set shot' door basketballers. Alleen op de transfertest werd een significant verschil gevonden ten aanzien van de wijze van uitvoering van de worp, maar niet ten aanzien van het resultaat ervan. In deze studie was in de zelfgestuurde groep ook geen sprake van een tendens om vooral na goede trials om videofeedback te vragen, wat overigens zou kunnen verklaren waarom de effecten op het leerresultaat beperkt waren. Daar komt bij dat verklaringen in termen van motivatie nog voorlopig zijn, omdat motivatie in de meeste studies niet direct is gemeten.¹⁵ Toch lijken de resultaten van het onderzoek tot dusver zeker iets om rekening mee

te houden in de sportpraktijk, zoals hopelijk duidelijk is geworden. Samengevat is de hoofdboodschap van het hier besproken onderzoek voor de sportpraktijk dat het aanbevelingswaardig is de zelfsturing, en dus de autonomie, van de sporter te bevorderen. De zelfsturing waarvan in dit artikel sprake is, vertoont verwantschap met het begrip 'zelfregulatie', dat wil zeggen de mate waarin lerende individuen hun prestaties zelf actief plannen, monitoren en achteraf evalueren. Jonker e.a.¹⁶ toonden aan dat voetballers van 12 tot 16 jaar, die tot de beste 1% van hun leeftijdsgroep behoorden, in sterke mate over deze vaardigheden beschikten. Onze slotaanbeveling om zelfsturing tijdens het leerproces te bevorderen, lijkt in overeenstemming met de suggestie van Jonker e.a. dat de prestaties van sporters verbeterd kunnen worden door een beroep te doen op zelfregulerende vaardigheden. Eerder was daar al evidentie voor gevonden door van Ark e.a.¹⁷, die aan toonden dat autonomie-bevorderend gedrag, naast het aanpassen van de manier van coachen aan de ontwikkelingsfase van een talent, behoort tot de twee belangrijkste kenmerken waarmee een talentcoach kan bijdragen aan de ontwikkeling van talenten.

Referenties

1. Janelle CM, Barba DA, Frehlich SG, Tennant LK & Cauraugh JH (1997). Maximizing performance feedback effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 269-279.
2. Chiviacowsky S & Wulf G (2002). Self-controlled feedback: does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73, 408-415.
3. Chiviacowsky S & Wulf G (2005). Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76, 42-48.
4. Chiviacowsky S & Wulf G (2007). Feedback after good trials enhances learning. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 78, 40-47.
5. Skinner FB (1970). *Walden Two*. Macmillan, Toronto.

6. Zie bijv. het artikel over het gedachtegoed van Van Rossum, Trouw, 16/05/09: Bewezen is dat belonen werkt. Of de website <http://www.coachesdienootverliezen.nl/cbas1.asp>.
7. Wulf G & Toole T (1999). Physical assistance devices in complex motor skill learning: benefits of a self-controlled practice schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70, 265-272.
8. Hartman JM (2007). Self-controlled use of a perceived physical assistance device during a balancing task. *Perceptual and Motor Skills*, 104, 1005-1016.
9. Post PG, Fairbrother JT & Barros JAC (2011). Self-controlled amount of practice benefits learning of a motor skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82, 474-481.
10. Beek PJ (2011). Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining. *Motorisch leren: het belang van impliciete kennisopbouw* (deel 3). *Sportgericht*, 65 (4), 12-16.
11. Beek PJ (2011). Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining. *Motorisch leren: het belang van random variaties in de uitvoering* (deel 5). *Sportgericht*, 65 (6), 30-35.
12. Ali A, Fawver B, Kim J, Fairbrother J & Janelle CM (2012). Too much of a good thing: random practice scheduling and self-control of feedback lead to unique but not additive learning benefits. *Frontiers in Psychology*, 3, 503.
13. Beek PJ (2011). Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining. *Motorisch leren: het belang van contextuele interferentie* (deel 4). *Sportgericht*, 65 (5), 2-6.
14. Aiken CA, Fairbrother JT & Post PG (2012). The effects of self-controlled video feedback on the learning of the basketball set shot. *Frontiers in Psychology*, 3, 338.
15. Sanli EA, Patterson JT, Bray SR & Lee TD (2012). Understanding self-controlled motor learning protocols through the determination theory. *Frontiers in Psychology*, 3, 611.
16. Jonker L, Elferink-Gemser MT, Toering TT, Lyons J & Visscher C (2010). Academic performance and self-regulatory skills in elite youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 28, 1605-1614.
17. Van Ark M, Elferink-Gemser M, Roskam A & Visscher C (2009). Belangrijke kenmerken van succesvolle talentcoaches. *Sportgericht*, 63 (2), 30-33.

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.

Mensen bewegen verschillend, maar leren ze ook verschillend? Zo ja, wat zijn dan die verschillen en welke empirische evidentie bestaat daarvoor? Moeten trainers of coaches hun trainingsmethoden laten afhangen van de individuele sporter? Hoe kunnen zij daarbij te werk gaan? En welk onderzoek is nodig om deze vragen beter te kunnen beantwoorden?

Nieuwe, praktisch relevante inzichten in techniektraining Motorisch leren: individuele verschillen en leerstijlen (deel 10 – slot)

Peter J. Beek

Trainers en coaches hebben een sterke individuele band met de sporters die ze begeleiden. Zij hebben de schone maar ook lastige taak hen optimaal voor te bereiden op het leveren van topprestaties en hen daarbij te behoeden voor blessures en fysieke en mentale overbelasting. Trainers en coaches hebben daarmee een veelzijdig vak: zij moeten met heel veel variabelen rekening houden en daar dus ook inzicht in hebben: het slaap- en waakritme van de sporter, de afwisseling van rust en inspanning, voeding en eetpatroon, de sociale omgeving, school of opleiding en uiteraard de fysieke en mentale gesteldheid als basis van het prestatievermogen.

De ontwikkeling van dat prestatievermogen kan opgevat worden als een proces van individuele optimalisatie. Bevindingen en inzichten die ontleend zijn aan groepen van proefpersonen zijn hierbij van beperkte waarde: de gemiddelde sporter is een zinvolle statistische constructie, maar komt in de praktijk niet voor. Het gaat erom die trainingsaanpak te ontdekken en toe te passen die bij de individuele sporter(s) in kwestie het grootste effect sorteert.

Dit laatste deel van de reeks over motorisch leren vat samen wat er in de wetenschap bekend is over individuele verschillen in motorische leerprocessen en gaat nader in op de leerstijlbenadering die ook in Nederlandse topsportprogramma's wordt gevolgd. Daarbij komt zowel de wetenschappelijke grondslag van die benadering als de praktische bruikbaarheid ervan aan de orde. Die aspecten hebben met elkaar te maken, want – zoals Kurt Lewin¹ al stelde: 'Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie' ('Er is niets zo praktisch als een goede theorie'). Maar dan moet die theorie wel juist zijn en correct worden toegepast.

Individuele verschillen

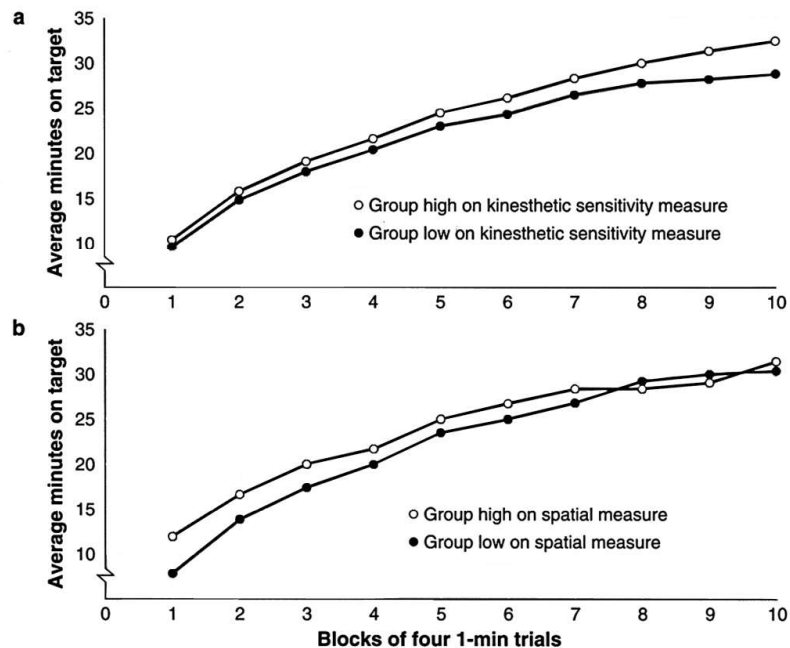
De menselijke motoriek kenmerkt zich door een hoge mate van individualiteit. Men herkent iemand aan zijn of haar karakteristieke tred, houding of lach. Zelfs bij topsporters bij wie de bewegingstechniek is gekneed naar een uniforme, optimaal geachte ideaalvorm, blijft sprake van een kenmerkende, individuele bewegingsstijl. Sven Kramer schaatst anders dan Jan Blokhuijsen, die weer een andere stijl

heeft dan Jorrit Bergsma. Ook de verschillen in het tennisspel van Roger Federer, Novak Djokovic en Rafael Nadal zijn voor een leek goed zichtbaar. Wetenschappelijke studies hebben aangetoond dat proefpersonen een eenmaal aangeleerde complexe ritmische taak vele jaren later nog steeds kunnen uitvoeren, ook als ze die taak ondertussen niet meer hebben geoefend. Daarbij blijft tevens de individuele 'stijl' van uitvoeren behouden.^{2,3} Kennelijk heeft ons motorisch geheugen niet alleen betrekking op generieke aspecten van motorische taken, maar ook op individuele, voor de taakuitvoering niet-essentiële kenmerken van de gemaakte bewegingen.

Talent

Uit deze bevindingen blijkt dat zowel de menselijke beweging als motorische leerprocessen sterk individueel bepaald zijn. Dat weten we ook uit eigen ervaring. Het ene individu pakt een nieuwe sport, zoals golf, basketbal of turnen, sneller op dan een ander individu. De snelheid van leren is bovendien sterk afhankelijk van de taak. Waar het ene individu snel vorderingen maakt op de ene taak, kan een ander individu beter uit de voeten met een andere taak. In dat verband spreekt men van aanleg of talent. De vraag is hoe dit talent theoretisch te duiden.

Zoals te doen gebruikelijk in de zogenoemde 'human performance' literatuur uit de jaren vijftig maakte Fleishman⁴ in dit verband onderscheid tussen de begrippen vermogen ('ability') en vaardigheid ('skill'). Vermogens – 'abilities' – worden hier opgevat als verregaand genetisch bepaalde en dus relatief permanente kwaliteiten die je in staat stellen een bepaalde taak uit te voeren, zoals reactiesnelheid, visuele scherpheid, kinesthetische gevoeligheid en vingervlugheid. In totaal onderscheidde Fleishman dertien 'motor abilities' en negen 'physical proficiency abilities'.



Figuur 1. Ontwikkeling van de prestatie op de bimanuele coördinatietaak van Fleishman en Rich (1963) als een functie van oefenpogingen (in blokken van vier). Veertig proefpersonen hadden tot taak een pointer op het doel van een bewegende schijf te houden door met elke hand een draaihandel te bedienen: één voor het sturen van de links-rechts-bewegingen en één voor het sturen van de voor- en achterwaartse bewegingen van de pointer. Het gemiddelde aantal minuten dat de pointer contact maakte met het doel werd gehanteerd als uitkomstmaat. Voorafgaand aan het experiment werden de visuele en kinesthetische 'abilities' van de proefpersonen gemeten met behulp van daartoe geëigende tests. Na het experiment werden de proefpersonen ingedeeld op basis van hun scores op deze 'ability tests', te weten:

- de twintig proefpersonen met de hoogste respectievelijk laagste score op de kinesthetische test
- de twintig proefpersonen met de hoogste respectievelijk laagste score op de visuele test.

De bovenste grafiek toont de verbetering in de uitkomst (groepsgemiddelden) als functie van oefensessie voor de eerste, kinesthetische indeling en de onderste grafiek voor de tweede, visuele indeling. Het is duidelijk zichtbaar dat aan het begin van het leerproces de uitkomst afhankelijk is van de score op de visuele test en later in het leerproces van de score op de kinesthetische test. (Figuur ontleend aan Fleishman & Rich⁶, p. 9).

In tegenstelling tot 'abilities' heeft de term vaardigheid – 'skill' – betrekking op de competentie in een specifieke taak, zoals het slaan van een golfbal, het werpen van een basketbal of het maken van salto's.

'Skills' zijn als het ware geassembleerd uit meerdere 'abilities' die ieder een bepaalde weging of lading hebben voor een bepaalde 'skill'. Zo moet een badmintonspeler razendsnel kunnen anticiperen op de acties van de tegenstander en beschikken over een goede coördinatie, zowel van het gehele lichaam als van arm en hand, terwijl een 100 meter sprinter moet beschikken over een goede reactietijd, explosieve kracht, het vermogen ledematen snel te bewegen en een goede coör-

dinatie van het gehele lichaam. Afhankelijk van de 'skill' in kwestie is dus steeds een andere verzameling 'abilities' van belang. Hoe goed men is toegerust een bepaalde 'skill' te verwerven, is afhankelijk van hoe sterk de 'abilities' waarover men beschikt laden op de betreffende 'skill'. Deze voorstelling van zaken levert zowel een theoretische verklaring als een operationele definitie van talent.

Daar komt nog bij dat de mate waarin 'abilities' bijdragen aan een 'skill' mede afhankelijk is van het vaardigheidsniveau dat zich in de loop van het leerproces ontwikkelt.⁵ Zo toonden Fleishman en Rich⁶ in een klassieke studie aan dat de prestatieverbetering bij het leren van een tweehandige

coördinatietaak aan het begin van het leerproces vooral werd bepaald door het vermogen om ruimtelijke relaties te zien, maar dat later in het leerproces vooral de kinesthetische gevoeligheid bepalend werd. Dit impliceert dat iemand die aanvankelijk snel vooruitgang maakt op een motorische taak niet degene hoeft te zijn die later in het leerproces als beste uit de bus komt, omdat er dan een beroep wordt gedaan op andere vermogens. Men moet dus voorzichtig zijn met het al te vroeg selecteren van (vermeende) talenten! De theoretische benadering van Fleishman, die meer onderzoek had verdiend dan er uiteindelijk naar is verricht, is een stille dood gestorven, mede omdat de aanname dat vermogens niet (of beperkt) beïnvloedbaar zijn door oefening niet goed houdbaar bleek en omdat de gedachte dat individuele verschillen in prestatieontwikkeling louter het gevolg zijn van verschillen in toerusting weinig recht doet aan – en inzicht geeft in – het leerproces als zodanig.

Leerstijlen

Een ander perspectief op individuele verschillen in leerprocessen betreft de wijze waarop mensen bewegingen leren. Ook dit aspect lijkt sterk individueel bepaald te zijn. Dit idee ligt ten grondslag aan het begrip leerstijl, dat in de jaren zeventig opkwam. Sindsdien heeft het een grote invloed gehad op het onderwijs en – na een zekere incubatietijd – ook op de sport, waar specifiek op sport en bewegen geënte indelingen hun intrede hebben gedaan.

Een leerstijl kan gedefinieerd worden als de wijze waarop een individu in leersituaties bij voorkeur informatie verwerft en verwerkt. Of – anders gezegd – als de wijze waarop een individu reageert (cognitief en gedragsmatig) tijdens het leren van een nieuwe taak.⁷ De belangrijkste praktische implicatie van het begrip leerstijl is dat

een leermethode of instructiewijze die bij deze leerstijl aansluit voor een gegeven individu het effectiefst zal zijn. Om te toetsen in hoeverre dit inderdaad het geval is, dienen vier stappen genomen te worden. Eerst zal er een indeling of taxonomie van leerstijlen moeten worden ontwikkeld. Dit kan, zoals hierna zal blijken, langs verschillende dimensies, bijvoorbeeld op basis van voorkeur voor een bepaald type zintuiglijke informatie (visueel, auditief of kinesthetisch) en het type cognitieve activiteit dat daarop volgt (actief proberend of analyserend). Vervolgens moet (met behulp van een betrouwbare en gevalideerde test) worden bepaald over welke leerstijl een gegeven individu beschikt. Dan moet er een trainings- of instructiemethode worden geselecteerd of ontwikkeld die aansluit bij de individueel vastgestelde leerstijl. Tenslotte moet worden nagegaan of de methode in kwestie bij de betreffende leerstijl inderdaad tot een beter leerresultaat leidt dan andere methoden.

Modellen

In de onderwijs- en sportpraktijk worden meerdere leerstijlmodellen gepropageerd en toegepast:

Kolb: *Experiential Learning*; McCarthy: *4-MAT System*

Een omvattend model dat van grote invloed is geweest op het onderwijs in de Verenigde Staten is dat van Kolb, die in zijn 'Experiential Learning Theory'⁸ onderscheid maakt tussen twee vormen van het opdoen van ervaring, te weten *Concrete Ervaring* en *Abstracte Conceptualisering*, en tussen twee vormen van het transformeren van ervaring, te weten *Reflectieve Observatie* en *Actief Experimenteren*. Volgens dit model doen leerprocessen, afhankelijk van de situatie en de taakeisen, in principe een beroep op al deze ervaringsvormen, maar vertonen individuen zowel bij het opdoen als

het transformeren van ervaringen een voorkeur voor een van beide vormen. Beide dimensies worden door Kolb als onafhankelijk beschouwd. Dit leidt tot vier leerstijlen, die door McCarthy in zijn *4-MAT Sytem*⁹ als volgt worden aangeduid:

- 'Dynamic learners' (combineren *Concrete Ervaring* met *Actief Experimenteren*) leren door middel van actieve exploratie, door variatie en trial-and-error. Zij zijn avontuurlijk, wars van autoriteit en goed in informatiesynthese;
- 'Innovative learners' (combineren *Concrete Ervaring* met *Reflectieve Observatie*) leren door middel van sociale interactie, discussie en persoonlijke betrokkenheid. Zij zijn innovatief, inspirerend, coöperatief en sociaal;
- 'Common sense learners' (combineren *Abstracte Conceptualisering* met *Actief Experimenteren*) leren door middel van doen en het opdoen van concrete ervaringen. Zij gaan behoedzaam te werk en houden van het oplossen van problemen en het vinden of maken van concrete toepassingen;
- 'Analytic learners' (combineren *Abstracte Conceptualisering* met *Reflectieve Observatie*) volgen een meer logische dan emotionele benadering en hebben een voorkeur voor traditionele leeromgevingen. Zij gaan systematisch en analytisch te werk en zijn controlegericht.

Op basis van deze indeling heeft Kolb een instrument ontwikkeld om de leerstijlen van individuen te bepalen, de Learning Style Inventory. Uitgaande van de scores op dit instrument kunnen docenten proberen een op het lerende individu afgestemde leeromgeving in te richten en optimaal bruikbare feedback te geven.

Fleming: VARK

Een andere indeling die veel invloed heeft gehad in het onderwijs in de

Verenigde Staten is die van Fleming. Deze indeling is gebaseerd op ideeën afkomstig uit de neurolinguïstische programmering, een methodiek voor training, coaching en communicatieverbetering die in de jaren zeventig werd ontwikkeld maar die – anders dan de naam wellicht doet vermoeden – geen wetenschappelijk fundament heeft. In zijn VARK-model¹¹ maakt Fleming onderscheid in 'Visual learners' (V), 'Auditory learners' (A), 'Reading-Writing Preference Learners' (R) en 'Kinesthetic or tactile learners' (K). Visueel ingestelde leerlingen hebben een voorkeur voor leren via beeldmateriaal, zoals video's, plaatjes, grafieken en diagrammen, auditief ingestelde leerlingen prefereren het luisteren naar lezingen, verbale instructies en discussies, terwijl kinesthetisch of tactiel in-

aan alternatieven – het meest gebruikte instrument is in de sport. Daarbij dient te worden aangetekend dat de items van deze test niet specifiek op motorische leerprocessen zijn betrokken, maar dat alleen de context ervan is vertaald van het klaslokaal naar de sport.

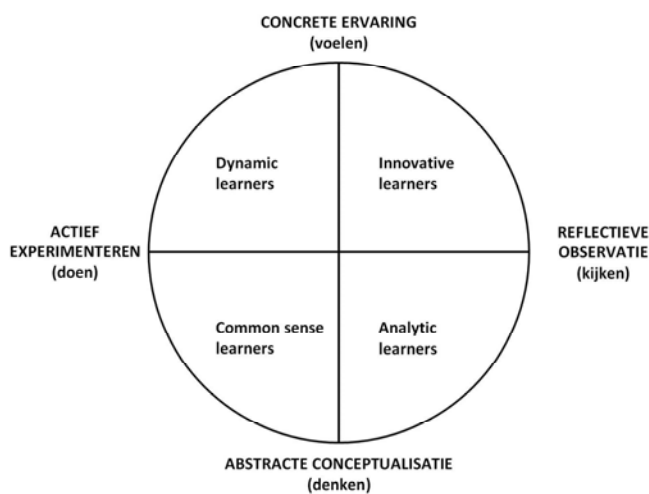
Pijning: foutenanalyse versus momentaanpak

Een vroeg Nederlands voorbeeld van leerstijlen in relatie tot motorisch leren is te vinden bij Pijning.¹³ In zijn studie naar het verwerven van grootmotorische vaardigheden, zoals de onderhandse volleybalservice, maakt hij onderscheid tussen een foutenanalyserende aanpak en een momentaanpak. Deze wijzen van aanpak vloeien voort uit een op structureren respectievelijk

ders in het algemeen beter en vlugger dan momentaanpakkers. In plaats van aan te sluiten bij de eigen leerstijl pleit Pijning er dan ook voor bij laatstgenoemde groep de foutenanalyserende aanpak waar mogelijk te bevorderen. Net als de theoretische benadering van Fleishman is ook deze benadering een stille dood gestorven. Hoewel het onderscheid tussen momentaanpakkers en foutenanalyseerders nog wel eens wordt gemaakt, heeft het werk van Pijning (bij mijn weten) nauwelijks navolging in het onderzoek gekregen. Gegeven het succes van impliciete leerprocessen (deel 3) met een externe focus van aandacht (deel 2) lijkt het echter incorrect om de momentaanpak als inferieur aan de foutenanalyserende aanpak te beschouwen.

Murphy e.a.: ActionType

Een indeling in stijlen van functioneren en communiceren die in de huidige prestatiesport veel wordt toegepast, is de ActionType Benadering (ATB) van Peter Murphy en anderen. Deze beoogt trainers en coaches in staat te stellen maatwerk aan hun sporters te leveren. Op basis van cognitieve, motorische en visuele dimensies worden zestien 'actiontype profielen' onderscheiden, die elk een eigen aanpak vergen in termen van begeleiding, instructie en samenwerking.¹⁴ Anders dan bij de eerder genoemde benadering komen bij de ATB alle relevante dimensies van het profiel aanbod bij het doorgronden van de preferente wijze van leren van een individuele sporter. Daarbij wordt tevens onderkend dat ook diepe persoonlijke drijfveren van invloed kunnen zijn op het leerproces. Als een eerste praktische insteek voor individuele cognitieve leerprocessen worden vier leerstijlen onderscheiden aan de hand waarvan trainers en coaches sporters gedifferentieerd kunnen instrueren en trainen.¹⁵ Deze vier leerstijlen zijn gebaseerd op twee bipolaire dimensies.



Figuur 2. De vier leerstijlen van McCarthy⁹, geordend aan de hand van de twee leerstijldimensies van Kolb.⁸ (Figuur ontleend aan Rose & Christina¹⁰, p.188).

gestelde leerlingen het liefst leren door fysieke ervaringen via doen, bewegen en aanraken. Daarnaast zijn er volgens het model nog leerlingen die een voorkeur hebben voor leren door middel van lezen en spreken. Ook voor het VARK-model is een instrument ontwikkeld om te bepalen welke van de vier gepostuleerde leerstijlen van toepassing zijn op individuele leerlingen.¹¹ Anders dan van de Learning Style Inventory is er van de VARK een versie voor de sport ontwikkeld, de VARK-atleet,¹² die – mede bij gebrek

globalisering gerichte cognitieve stijl. Een 'foutenanalyseerder' analyseert gemaakte fouten bij de uitvoering van een taak (mede op basis van een voorstelling van de beweging) om deze bij een volgende poging te kunnen vermijden, terwijl een 'momentaanpakker' louter geïnteresseerd is in het momentane resultaat en zich niet of nauwelijks bekommert om de vraag hoe afwijkingen van het beoogde resultaat samenhangen met gemaakte fouten in de wijze van uitvoering. Volgens Pijning leren foutenanalyseer-

Via de eerste dimensie wordt onderscheid gemaakt tussen sporters die op concrete, praktische details in het hier en nu zijn georiënteerd ('Sensing') en sporters die meer op de toekomst zijn gericht en het grote plaatje (dat waar het naar toe moet) voor ogen hebben ('iNtuïting'). Via de tweede dimensie wordt onderscheid gemaakt tussen sporters die successievelijk stap voor stap leren en het van herhaling moeten hebben ('Judging') en sporters die op het kompas van hun impulsen varen en veel variatie nodig hebben ('Perceiving'). De vier leerstijlen worden verkregen door beide dimensies te combineren. Ze worden door Murphy c.s. benoemd naar de letters die de voorkeuren van het betreffende profiel duiden en verder niet van een specifiek label voorzien.

Samenvattend kan gesteld worden dat de ATB gestoeld is op het inzicht dat sporters verschillend bewegen en leren en dat dit feit vraagt om op de sporter afgestemde aanwijzingen. Naast begrip van hoe het bij de sporter cognitief en emotioneel werkt, is inzicht vereist in de wijze waarop de individuele motoriek tot expressie komt. De ATB adresseert hoe inzichten in het voorkeursgebruik van spierketens en het visuele systeem sporter en trainer-coach kunnen ondersteunen bij het nastreven van hun doelen. De ATB stelt zich ten doel om te begrijpen hoe de sporter cognitief, emotioneel en motorisch functioneert om zo tot optimale leerresultaten, ontwikkeling en prestaties te komen.

Wetenschappelijke basis

De wetenschappelijke basis voor leerstijlindelingen is nog altijd beperkt, hun populariteit in de onderwijs- en sportpraktijk ten spijt. Leerstijlindelingen zoals die van Kolb/McCarthy en Fleming zijn door veel onderzoekers fel bekritiseerd. Zij hebben erop gewezen dat zowel een solide theoretische basis als overtuigende empirische evi-

dentie voor deze indelingen ontbreekt. Ook op de ontwikkelde instrumenten voor het bepalen van leerstijlen valt nogal wat af te dingen voor wat betreft betrouwbaarheid (de mate waarin de testscore onafhankelijk is van degene die de test afneemt en van het testmoment) en validiteit (de mate waarin de test inderdaad meet wat hij beoogt te meten). Zo lijkt de betrouwbaarheid van de Kolbs Learning Style Inventory weliswaar redelijk te zijn, maar is de validiteit ervan op z'n best matig te noemen en is de evidentie voor de twee bipolaire dimensies niet sterk.^{16,17} Ook voor de VARK, en dus waarschijnlijk ook voor de VARK-atleet, geldt dat de betrouwbaarheid acceptabel is, maar de validiteit twijfelachtig, mede vanwege de structuur van de vragenlijst.¹⁸

Tenslotte zijn er nauwelijks studies voorhanden die de hypothese bevestigen dat betere leerresultaten kunnen worden geboekt door lerende individuen in te delen naar leerstijlen en vervolgens gebruik te maken van op de desbetreffende leerstijlen geënte instructietechnieken en leermethoden. Een belangrijke kanttekening bij het begrip leerstijl is dat het hierbij, evenals bij andere persoonlijkheidskenmerken als de Big Five (mate van extraversie, mildheid, ordelijkheid, emotionele stabiliteit en autonomie), niet gaat om categorische verschillen als man-vrouw of platteland-stedeling, maar om dimensies met een continu verloop van de ene naar de andere pool, waardoor bij een individu allerlei mengvormen van leerstijlen voor kunnen komen. Dit is in overeenstemming met het feit dat tests voor het meten van de informatieverwerkende capaciteiten van mensen in de regel een continue mate van interindividuele variatie hebben en maar zeer zelden clusters van uiteenlopende responsies opleveren. Neurowetenschappelijke studies hebben bovendien aangetoond dat informatie afkomstig uit alle zintui-

gen geïntegreerd wordt bij kennisverwerving over de omgeving en bij het vinden van passende oplossingen voor motorische problemen.

Bovenstaande laat onverlet dat met name voor de ATB in de topsportpraktijk de nodige ervaringskennis is opgebouwd. In die zin kan men stellen dat er sprake is van 'practice based evidence'. Gedegen wetenschappelijke evidentie ontbreekt echter vooralsnog. Tot dusver is er (voor zover ik weet) slechts één studie¹⁹ naar de ATB gedaan, te weten door een Franse Master-student. Hoewel de studie niet is gepubliceerd in een gejureerd, internationaal tijdschrift, en dus een beperkte wetenschappelijke status heeft, concludeert de auteur dat de resultaten ervan consistent zijn met de ATB en aanleiding geven voor nader onderzoek naar de verbanden tussen individuele motorische stijlen, de bijbehorende fysieke kwaliteiten en daarop aansluitende trainingsvormen.

Goed onderzoek nodig

Overeenkomstig de eerder in dit artikel genoemde methodische stappen hebben Pashler e.a.²⁰ hiertoe een onderzoeksdesign voorgesteld dat zowel in het onderwijs als de sport kan worden toegepast.

Afsluitende overwegingen

Het is evident dat zowel de menselijke motoriek als motorische leerprocessen gekenmerkt worden door aanmerkelijke individuele verschillen en dat dit een belangrijk gegeven is om rekening mee te houden in de (top)sportpraktijk. Zo lijkt het raadzaam om bij het nastreven van een ideale (of ideaal geachte) bewegingstechniek ruimte te laten voor individuele invulling, zeker bij instrumentele sporten waarbij geen punten vallen te verdienen met de kwaliteit van de uitvoering. Voor motorische leertrajecten geldt iets dergelijks: sporters verschillen op tal van dimensies en het is dan ook niet

verwonderlijk dat leertrajecten een individuele signatuur hebben. Het is zaak als trainer of coach de sporter (enige) ruimte te laten bij het vinden van zijn of haar eigen traject en dat niet al te zeer te dicteren. Het menselijk brein kan dat zoekproces prima aan omdat het voortdurend in de weer is een accuraat beeld van de wereld (of een actie) te scheppen. Het is daarbij uiterst adaptief en flexibel: beelden die niet blijken te kloppen worden rap weer bijgesteld. Bij het speuren naar interventies die voor individuele sporters effectief zijn, doen trainers en coaches er verstandig aan nauwgezet te registreren hoe hun pupillen reageren op nieuwe interventies. Leerstijlen en leerstijltheorieën kunnen hierbij een nuttig instrument vormen om de problematiek van individuele verschillen mee te adresseren, maar vooralsnog ontbreken zowel de theoretische fundamenteën als de empirische onderbouwing om hier al te absoluut en categorisch mee om te springen.

Referenties

1. Lewin K (1951). Problems of research in social psychology. In D Cartwright (Ed.), *Field theory in social science. Selected theoretical papers* (p. 169). New York: Harper & Row.
2. Schmidt RC & Turvey MT (1992). Long-term consistencies in assembling coordinated rhythmic movements. *Human Movement Science*, 3, 349-376.
3. Park SW, Dijkstra TMH & Sternad D (2013). Learning to never forget – time scales and specificity of long-term memory of a motor skill. *Frontiers in Computational Neuroscience*, Volume 7, Article 111.
4. Fleishman EA (1957). A comparative study of aptitude patterns in unskilled and skilled psychomotor performances. *Journal of Applied Psychology*, 41, 263-272.
5. Fleishman EA & Hempel Jr WE (1954). Changes in factor structure of a complex psychomotor task as a function of practice. *Psychometrika*, 18, 239-252.
6. Fleishman EA & Rich S (1963). Role of kinaesthetic and spatial-visual abilities in perceptual-motor learning. *Journal of Experimental Psychology*, 66, 6-11.
7. Fuelscher IT, Ball K & MacMahon C (2012). Perspective on learning styles in motor and sport skills. *Frontiers in Psychology*, Volume 3, Article 69.
8. Kolb D (1984). *Experiential learning: Experiences as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
9. McCarthy B (1987). *The 4MAT system: Teaching to learning styles with right/left mode techniques*. Barrington, IL: Excel Corporation.
10. Rose DJ & Christina RW (2006). *A multilevel approach to the study of motor control and learning*. San Francisco: Benjamin Cummings.
11. Zie: <http://www.vark-learn.com/english/index.asp>
12. Bonwell CC & Fleming N (2001). *The VARK Questionnaire: Athletes Version*. Verkrijgbaar op www.vark.learn.com/documents/athletes.pdf
13. Pijning HF (1975). *Leren van een groot-motorische vaardigheid: een kwalitatief leerpsychologisch onderzoek van de onderhandse volleybalservice*. Proefschrift Utrecht: Drukkerij Elinkwijk.
14. Murphy P & Douwes B (2013). *De zestien actiontype profielen*. ActionType Academy.
15. Murphy P & Douwes B (2013). *Het verhogen van de coach- en trainbaarheid van sporter en team*. ActionType Academy.
16. Platsidou M & Metallidou P (2009). Validity and reliability issues of two learning style inventories in a Greek sample: Kolb's Learning Style Inventory and Felder & Soloman's Index of Learning Styles. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 20 (3), 324-335.
17. Manolis C, Burns DJ, Assudani R & Chinta R (2013). Assessing experiential learning styles: A methodological reconstruction and validation of the Kolb learning style inventory. *Learning and Individual Differences*, 23, 24-52.
18. Leite WL, Svinicki M & Shi Y (2010). Attempted validation of the scores of the VARK: learning styles inventory with multitrait-multimethod confirmatory factor analysis models. *Educational and Psychological Measurement*, 70 (2), 323-339.
19. Guillaum M (2012). *Profilage moteur et qualités physiques du footballeur*. Master Thesis. Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives. Université de Franche-Comté.
20. Pashler H, McDaniel M, Rohrer D & Bjork R (2008). Learning styles: concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9 (3), 105-119.

Over de auteur

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