

Tussen 2011 en 2014 publiceerde ik in *Sportgericht* een reeks van tien artikelen over motorisch leren. Het hoofddoel van die reeks was om actuele wetenschappelijke inzichten te ontsluiten voor de sportpraktijk. Hier bleek veel behoefte aan te zijn. Nu, tien jaar later, is het tijd voor een update.

Motorisch leren, een update

Deel 1: Drie aanleidingen en twee generieke beschouwingen

Peter J. Beek



Scan deze QR-code om direct toegang te krijgen tot de eerdere reeks van tien artikelen (2011-2014) over motorisch leren.



Peter Beek.

Waarom een update? Het basale antwoord op deze vraag is dat leren nooit eindigt en inherent is aan het leven. Je streeft er voortdurend naar de best mogelijke versie van jezelf te zijn, de wereld, je medemens en jezelf beter te begrijpen, en beter te worden in je beroep of hobby. Dit geldt voor iedereen, op elk niveau van functioneren, en zeker voor competitief ingestelde sporters en hun coaches.

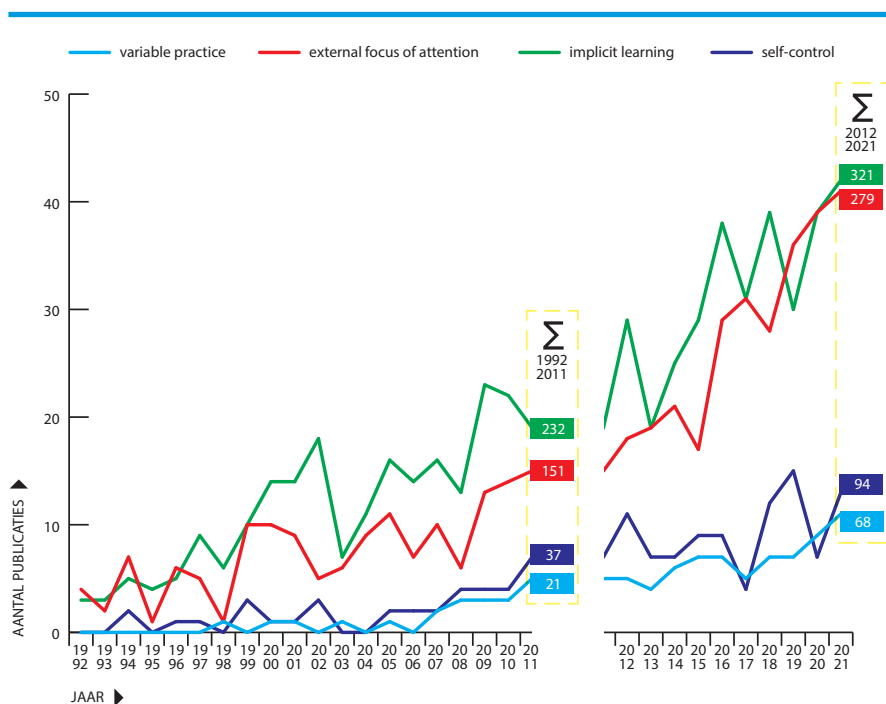
Kennis verrijkt

Direct na zijn aantreden als directeur van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), de grootste financier van onderzoek in Nederland, vergeleek Marcel Levi het bedrijven van wetenschappelijk onderzoek met topsport. Nu de nadruk de laatste jaren juist meer is komen te liggen op samenwerking en het terugdringen van psychische klachten onder wetenschappers, kwam hem dat op de nodige kritiek te staan. Toch is competitie kenmerkend voor zowel sport als wetenschap. Beide vergen forse investeringen in tijd, toewijding en creativiteit om succesvol te zijn. Voor de sporter en de coach bestaat succes uit het verbeteren van records en het winnen van medailles, voor de wetenschapper uit het doen van ontdekkingen en het verwerven van baanbrekende inzichten.

Beide werelden raken steeds meer op elkaar betrokken: het gezamenlijk formuleren van relevante onderzoeksvragen en het benutten van onderzoeksresultaten in de sportpraktijk zijn in toenemende mate aan de orde. Gedegen actuele kennis van de bestaande sportwetenschappelijke literatuur is daarbij voor alle betrokkenen zowel verrijkend als essentieel.

Validering

Dat brengt me bij mijn tweede aanleiding, die, in tegenstelling tot de eerste, antwoord geeft op de vraag: waarom *nu* een update? Het wetenschappelijk onderzoek naar motorisch leren heeft in de afgelopen tien jaar een enorme vlucht genomen. Dit blijkt uit een 'quick and dirty' onderzoek dat ik ter voorbereiding van dit artikel heb uitgevoerd in het Web of Science, een database van wetenschappelijke artikelen plus citatie-index waar veel wetenschappers gebruik van maken. Ik zocht met de term 'motor learning' hoeveel publicaties de database bevatte uit de periode 1992-2011, omdat de wetenschappelijke literatuur over de 'nieuwe' inzichten in motorisch leren die ik in mijn eerste reeks van artikelen behandelde terugging tot 1992 (het jaar waarin de studie van Masters¹ over impliciet leren verscheen). Dit leverde 14.661 resulta-



Figuur 1 | Aantallen publicaties in de periodes 1992-2011 en 2012-2021 over het verwerven van vaardigheden ('skill acquisition') met respectievelijk externe focus van aandacht, variabel oefenen, impliciet leren en zelfsturing als onderwerp.

ten op. Voor de periode 2012-2021, oftewel de laatste tien (compleet verstreken) jaren, leverde dezelfde zoekactie 19.671 resultaten op. In de laatste tien jaar zijn dus beduidend meer publicaties over motorisch leren verschenen dan in de twintig daaraan voorafgaande jaren. Door het woord 'sports' toe te voegen aan de zoekactie, kreeg ik een beeld van hoeveel van deze publicaties betrekking hadden op motorisch leren in de sport. Dit leverde 332 resultaten op voor de periode 1991-2012 en 891 resultaten voor de periode 2012-2021. Procentueel gezien bleek het aantal publicaties over motorisch leren in de context van de sport dus sterker gestegen te zijn (168%) dan voor motorisch leren in het algemeen (34%). Dit is goed nieuws voor de sport omdat onderzoeksresultaten tot op zekere hoogte contextafhankelijk zijn en dus een grotere waarde (duur gesteld: ecologische validiteit) hebben als ze zijn verkregen in de context waar het om gaat.

Tot slot heb ik mijn zoekacties nog specifiek gemaakt door in plaats van 'motor learning' de zoekterm 'skill acquisition' te gebruiken en deze vervolgens te combineren met achtereenvolgens de zoektermen 'external focus of attention', 'variability of practice', 'implicit learning' en 'self-control'. Dit leverde de resultaten op die zijn weergegeven in figuur 1. Uit deze figuur blijkt dat er inmiddels veel meer onderzoek is gedaan naar de onderwerpen en de daaraan gelieerde leermethoden, die in de eerste reeks van artikelen als nieuwe, praktisch relevante inzichten in de techniektraining werden geïntroduceerd. Al met al vormt deze snelle ontwikkeling van het onderzoek naar motorisch leren, met daarinbinnen een verhoudingsgewijs groter aandeel van de sport, een uitstekende aanleiding om opnieuw de balans op te maken ten aanzien van de empirische evidentie voor de in de eerste reeks gepresenteerde inzichten en methoden. Voor elk

van de vier genoemde onderwerpen - externe focus, variabel oefenen/differentieel leren, impliciet leren en zelfsturing - zijn inmiddels één of meerdere systematische literatuurstudies beschikbaar, al dan niet vergezeld van een meta-analyse. Dit maakt een betrouwbare en valide beoordeling mogelijk die tien jaar terug nog niet mogelijk was. Het doel van deze update is dan ook om hierin te voorzien.

Toepassing

De derde aanleiding voor een update is dat in de sport zelf een grote en groeiende belangstelling is voor wetenschappelijke kennis over motorische leerprocessen in het algemeen en de praktische toepassing daarvan in de (top)sportpraktijk in het bijzonder. Deze belangstelling bleek reeds op het Nationaal Coach Platform over motorisch leren dat in 2010 plaatsvond en dat de aanleiding vormde voor de eerste artikelenreeks over dit onderwerp in *Sportgericht*. Sindsdien is in vrijwel alle sporten aandacht besteed aan de geïntroduceerde inzichten over motorisch leren en zijn alom ervaringen opgedaan met toepassingen daarvan in de sportpraktijk. Trainers en coaches hebben lezingen, workshops en clinics over het onderwerp bijgewoond en hebben de gepresenteerde inzichten vertaald naar de eigen trainingspraktijk. In deze op zichzelf verheugende ontwikkeling kwamen twee obstakels aan het licht die ondervangen moeten worden om de toepassing verder te brengen. Ten eerste is gebleken dat de concepten die aan de gepresenteerde inzichten ten grondslag liggen soms niet volledig worden doorgrond en anders worden toegepast dan bedoeld. In het onderscheid tussen een interne en externe focus van aandacht, bijvoorbeeld, heeft een externe focus van aandacht betrekking op het effect of het doel van de beweging in de omgeving en niet, zoals soms ten onrechte

wordt verondersteld, op zaken in de omgeving die niets met de beweging te maken hebben, zoals reclameborden of toeschouwers langs de lijn. Het gaat er niet alleen en ook niet primair om dat een interne focus van aandacht wordt voorkomen omdat deze potentieel schadelijk is voor de bewegingsuitvoering, maar om het richten van de aandacht op het *effect* van de bewegingsuitvoering, zodat zowel de taakprestatie als het leerproces worden bevorderd. Om dergelijke misverstanden te voorkomen, is een zuiver begrip van de gehanteerde kernbegrippen noodzakelijk.

Ten tweede is gebleken dat de vertaling van de gepresenteerde inzichten naar werkzame toepassingen in de trainingspraktijk soms lastiger is dan verwacht of gehoopt. Dit is een reëel probleem dat in sommige sporten sterker speelt dan in andere en op verschillende manieren kan worden geadresseerd, bijvoorbeeld in creatieve ontwerpessies met sporters, trainers/coaches en bewegingswetenschappers. Naast het wegen van het wetenschappelijke bewijs voor de genoemde inzichten en methoden, wat uiteraard zowel voor de wetenschap als de praktijk relevant en leerzaam is, heeft de update ook als doel het begrip hiervan te bevorderen, mede aan de hand van concrete toepassingsmogelijkheden.

Optimale leercondities

Een generieke vraag, die van belang is om te stellen alvorens opnieuw de diverse oefenmethoden uit te diepen, is: welke condities zijn optimaal voor leren? Eén antwoord op die vraag ligt besloten in het door Anders Ericsson ingevoerde begrip 'deliberate practice'^{2,3} (zie figuur 2), dat reeds in de vorige reeks aan bod kwam. Leren, beter worden, aldus de (helaas in 2020 overleden) Ericsson, is het meest effectief als het oefenen volledig gericht is op het bereiken van een specifiek doel, dat weliswaar

haalbaar is, maar niet eerder is gerealiseerd. Deliberate practice houdt daarmee per definitie in dat het lerende individu dingen voor elkaar probeert te krijgen die net buiten het eigen bereik liggen. Het is een vorm van oefenen die een maximale focus vereist op de gewenste ontwikkeling van de prestatie. Directe feedback over de geleverde prestatie is daarbij essentieel. Deliberate practice is met deze kenmerken een vorm van oefenen die veel vergt van het individu, maar veel effectiever is dan 'naive practice', waarin mensen doen wat ze altijd al doen, zonder uitgedaagd te worden en zonder specifiek doel. Kortom, het gaat er niet zozeer om hoeveel tijd men oefent; het is de kwaliteit van de oefening die bepalend is voor de effectiviteit van het leerproces. Oefenen tegen de druk in, buiten de eigen comfort-zone, maakt dat het leerproces sneller en dieper verloopt dan oefenen zonder uitdaging of weerstand. Het inzicht dat een optimaal leerresultaat wordt behaald als geoefend wordt tegen een zekere weerstand in, vinden we terug bij Robert Bjork, de directeur van het *Learning and Forgetting Lab* van de Universiteit van Californië te Los Angeles (UCLA). Samen met zijn vrouw Elizabeth heeft hij uitgebreid

onderzoek gedaan naar de vraag wat de optimale condities zijn voor diep leren, dat wil zeggen: leren met een hoge retentie en een hoge transfer. Dit bleken niet de condities te zijn waaronder de taakprestatie van de deelnemers *tijdens het oefenen* het snelst verbetert, zoals:

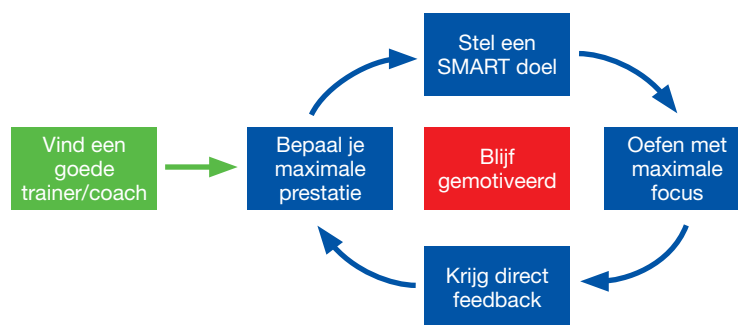
- voorspelbare omstandigheden;
- constante cues en feedback;
- geblokte oefeningen.

Deze condities bevorderen de taakprestatie tijdens het oefenen, maar leiden tot oppervlakkig leren in de zin van een lage retentie en transfer. Daartegenover staat een verzameling condities die de ontwikkeling van de prestatie (tijdens het oefenen) vertragen, maar leiden tot een hoge retentie en transfer, zoals:

- variabiliteit van oefenen;
- gedistribueerde (niet-geblokte) oefeningen ('spacing', contextuele interferentie);
- het husselen van de kennisinhouden of vaardigheden die geleerd moeten worden;
- tests in plaats van vrijblijvende pogingen;
- slechts zo nu en dan feedback geven in plaats van continu.

Bjork noemde deze condities 'desirable difficulties'^{4,5}: 'desirable' omdat zij leiden tot diep leren en 'difficulties' omdat zij uitdagingen vormen

Deliberate practice in een notendop



in het leerproces en dit ogenschijnlijk belemmeren.

Prestatieverbetering tijdens het oefenen is niet hetzelfde als leren, hoewel dat vaak wordt aangenomen. Het introduceren van desirable difficulties in oefen- of trainingssessies om diep te leren is daarmee een hachelijke zaak. Mensen houden er immers van zienderogen vooruitgang te boeken in hun prestatie en vinden het niet fijn als die vooruitgang wordt belemmerd. Conditie die leiden tot het maken van fouten kunnen frustratie veroorzaken. Het maken van fouten is echter noodzakelijk voor diep leren, dat wil zeggen voor het realiseren van blijvende prestatieverbeteringen en een grote toepasbaarheid van het geleerde onder andere, nieuwe omstandigheden.

Maar wat is dan de optimale verhouding tussen succesvolle en niet-succesvolle pogingen? Een antwoord op die vraag vinden we in de '85%-regel voor optimaal leren', de titel van een studie uit 2019.⁶ De studie is nogal technisch van aard, maar heeft een simpele boodschap: bij het leren van iets nieuws bestaat er een 'sweet spot' in het percentage fouten waarbij het leerproces optimaal verloopt. Dit percentage mag niet zo hoog zijn dat ontmoediging optreedt en niet zo laag dat de prikkel om te leren wegvalt. Op basis van diverse analyses in de context van zogenoemde binaire classificatietaken (zoals aangeven of random dot-patternen op een scherm gemiddeld naar links of naar rechts bewegen) komen de auteurs tot de slotsom dat het optimale foutenpercentage in trainingen rond de 15% ligt en het succespercentage derhalve op 85%. De '85%-regel voor optimaal leren' is na het verschijnen van het artikel een begrip geworden en in populaire publicaties van toepassing verklaard op tal van vaardigheden, zoals het leren van algebra, videospelletjes of het bespelen van een muziekinstrument. De 85%-regel is daarmee



Anders Ericsson (1947-2020), grondlegger van het begrip deliberate practice.

een eigen leven gaan leiden met de impliciete suggestie dat het optimale foutenpercentage altijd 15% is, ongeacht de taak die wordt geleerd en de kenmerken van het individu. Dat is geen correcte voorstelling van zaken, zeker niet gezien wat in de literatuur bekend is over de taakafhankelijkheid van allerlei leereffecten en individuele verschillen in dat opzicht. Niettemin is de bevinding kwalitatief van belang: leren is niet optimaal als er geen fouten worden gemaakt, maar ook niet als er voortdurend fouten worden gemaakt. De kunst voor de docent, trainer en coach is de moeilijkheidsgraad van de oefeningen mee te laten ontwikkelen met de vaardigheidsontwikkeling van het lerende individu, zodat het foutenpercentage in de sweet spot blijft.

Cognitie en automatisering

Een tweede generieke beschouwing betreft de rol van cognitie in de loop van motorische leerprocessen. Gevoed door het drie-fasen-model van Fitts & Posner⁷ wordt vaak aangenomen dat de rol van cognitie is uitge-

speeld als na intensieve training de uitvoering van bewegingsvaardigheden is 'geautomatiseerd' (de zogenoemde 'autonome' fase). Hoewel de rol van cognitie gedurende het leerproces verandert en de bewuste planning en sturing van bewegingen afneemt, is het niet zo dat deze rol tot nul wordt teruggebracht, zoals termen als autonoom, geautomatiseerd of automatisme impliceren. In de literatuur wint het inzicht terrein^{8,9} dat cognitieve processen in alle stadia van motorisch leren, welke dat ook precies zijn, een rol blijven spelen. Die rol is niet beperkt tot het maken van strategische keuzes, zoals in het drie-fasen-model wordt aangenomen, maar heeft ook betrekking op de planning en uitvoering van bewegingen zelf. Anders gesteld is motorisch leren altijd het resultaat van een complex samenspel van expliciete en impliciete elementen, tot de hoogste prestatieniveaus aan toe.

Een overtuigend voorbeeld van de stelling dat cognitieve processen een cruciale rol blijven spelen op de hoogste vaardigheidsniveaus deed zich onlangs voor in InnoSportLab De Tongelreep te Eindhoven. Ik had onlangs het genoegen daar een trainingssessie met een Olympisch kampioen bij te wonen. De training was gericht op het verbeteren van zijn start. In de ochtend had de zwemmer in kwestie zes startduiken uitgevoerd, waarbij hij routinematig enkele hem bekende variaties in houding en afzet aanbracht. Deze startduiken werden opgenomen op video en naderhand gedetailleerd besproken door de aanwezigen, waaronder de zwemmer zelf, zijn trainer en coach en leden van het analyseteam van het InnoSportLab. Hoewel de zwemmer al over een imposante start beschikte en op het einde van de vluchtfase zelfs 'het beeld uit dook', wat niet eerder was voorgekomen in het lab, werd door de aanwezige deskundigen vastgesteld dat zijn afzethoek steiler

was dan die van bekende andere snelle starters. Hoewel een steile(re) afzethoek eraan kan bijdragen dat de zwemmer een grotere horizontale afstand overbrugt tijdens de vluchtfase, gaat dit vaak gepaard met een (te) steile entree in het water. Het nadeel hiervan is dat de zwemmer extra weerstand ondervindt wanneer hij zijn lichaam vanuit de schuine entree in voorwaartse richting 'afbuigt' om zijn weg naar het wateroppervlak te vervolgen. Er is dan veel verlies aan snelheid onder water, terwijl het juist zaak is zoveel mogelijk snelheid 'mee te nemen' in de overgang van vluchtfase naar onderwaterfase. Het advies aan de zwemmer was dan ook om in de middagsessie minder hoog te duiken, zodat hij vlakker in het water terecht zou komen en zijn (horizontale) snelheid beter zou behouden. De zwemmer liet zich hier niet gemakkelijk van overtuigen; hij beschikte immers al over een snellere start dan de meesten van zijn concurrenten. Het argument dat dit hem er niet van zou moeten weerhouden naar verbetering van zijn eigen start te zoeken, gaf uiteindelijk de doorslag. In de middagsessie voerde de zwemmer andermaal zes duikstarts uit, waarbij hij er wonderwel in slaagde het gegeven advies te vertalen in een aanpassing van de startbeweging. Dit is opmerkelijk omdat aangenomen mag worden dat hij zijn starttechniek na vele jaren van training vergaand had 'ingeslepen', oftewel 'geautomatiseerd'. De manier waarop de zwemmer de videobeelden van zijn start en het gegeven advies wist te vertalen in een vlakkere start was net zo indrukwekkend als het resultaat daarvan: een winst van

uiteindelijk circa 0,1 seconde op de 15-meter lijn. Een verbetering die doorslaggevend kan zijn op korte zwemafstanden. Geen wonder dat de scepsis van de zwemmer in de loop van de sessie als sneeuw voor de zon verdween. Topsporters willen immers altijd beter worden. Dit voorbeeld leert ons een aantal belangrijke zaken. Het toont aan dat in ieder geval sommige topsporters goed in staat zijn om vergaand getrainde vaardigheden aan te passen op basis van cognitieve processen, waaronder visualisatie en bewuste, expliciete modificatie van een intensief getrainde bewegingsvaardigheid, zoals de start. De wijdverspreide aanname dat deze zodanig geautomatiseerd zou zijn dat elke vorm van cognitieve aansturing zou leiden tot een verstoring van de uitvoering, wordt hiermee onderuitgehaald. Uiteraard valt nog wel te bezien hoe goed de zwemmer erin zal slagen de aanpassing van zijn starttechniek te behouden tijdens wedstrijden, maar momentaan is zijn prestatie door de cognitieve interventie niet verslechterd, maar verbeterd. Het voorbeeld toont ook aan dat wetenschappelijk verkregen inzichten kunnen helpen bij het zoeken naar prestatieverbetering in de topsport. Ten slotte illustreert het voorbeeld dat het loont om te blijven zoeken naar prestatieverbetering, ook al lijkt dat

nauwelijks nog mogelijk. Daarmee zijn we terug bij het adagium van het begin van dit artikel: leren eindigt nooit.

Vooruitblik

Dat gezegd hebbende is het een goede vraag wat de lezer verder kan verwachten in deze nieuwe reeks. Het antwoord is in feite al gegeven onder de kopjes Validering en Toepassing. Voor de vier meest prominente methoden die worden beschreven in de literatuur over motorisch leren, te weten externe focus van aandacht, variabel oefenen/differentieel leren, impliciet leren en zelfsturing, zal de beschikbare evidentie voor de effectiviteit ervan worden geëvalueerd, zowel in het lab als daarbuiten. Daarnaast zal diepgaander dan in de eerste serie het geval was worden ingegaan op concrete toepassingen van deze begrippen in de sportpraktijk, met voorbeelden uit verschillende sporten. Het doel hiervan is de begrippen tot leven te brengen, eventuele conceptuele valkuilen te ondervangen en het zoeken naar nieuwe toepassingen te faciliteren. De serie zal daarmee uit minimaal vijf artikelen bestaan, namelijk deze inleiding en een artikel over elk van de genoemde methoden. Of er meer delen zullen volgen, en waar die dan over zullen gaan, is op dit moment onbekend.

Over de auteur

Prof. dr. **Peter J. Beek** is hoogleraar Coördinatie-dynamica bij de afdeling Bewegingswetenschappen van de Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam, waar hij 12 jaar decaan is geweest. Sinds 2017 fungeert hij tevens als coördinator van de wetenschappelijke ondersteuning van de zwemsport bij InnoSportLab De Tongelreep en de KNZB.

1. 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.
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. Ericsson KA & Pool R (2016). *Peak: Secrets from the New Science of Expertise*. New York, NY: Vintage Books.
4. Bjork RA (2014). Making things hard on yourself, but in a good way. Creating desirable difficulties to enhance learning. In: MA Gernsbacher & J Pomerantz (eds.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (2nd edition), pp. 59-68. Cambridge, MA: MIT Press.

5. Bjork RA & Bjork EL (2020). Desirable difficulties in theory and practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9 (4), 475-479.
6. Wilson RC et al. (2019). The eighty five percent rule for optimal learning. *Nature Communications Cognitive Neuroscience*, 10 (1), 4646.
7. Fitts PM & Posner MI (1967). *Learning and skilled performance in human performance*. Belmont, CA: Brooks Cole.
8. Krakauer JW et al. (2019). Motor learning. *Comprehensive Physiology*, 9 (2), 613-663.
9. Christensen W, Sutton J & Mollwain (2016). Cognition in skilled action: meshed control and the varieties of skill experience. *Mind & Language*, 31 (1), 38-66.