

SPORT

Vakblad voor specialisten in beweging

gericht

nr. 2 | 2024 - jaargang 78



Challenge Point
Framework

Noorse
methode

Multiligamentair
knieletsel

SPORT *gericht*

Vakblad voor specialisten in beweging

nr. 2 | 2024 - jaargang 78



Digitale kopie

NB Alleen voor persoonlijk

gebruik, dus niet voor

verdere verspreiding

Challenge Point
Framework

Noorse
methode

Multiligamentair
knieletsel

HOOFD- EN EINDREDACTIE

drs. Hanno van der Loo

REDACTIEdrs. Jorrit Rehorst
drs. Germen van Heuveln
Amber Hulleman MSc
dr. Jurgen van Teeffelen**VASTE MEDEWERKERS**Bas Van Hooren MSc, drs. Erik Hein,
dr. Jacques van Rossum**ADRES***Sportgericht*
Julianastraat 73
2771 EB Boskoop
Telefoon +31 (0)172 230681
sportgericht@xs4all.nl
<https://sport-gericht.nl>**SOCIALE MEDIA**facebook.com/Sportgericht
twitter.com/SportGericht
instagram.com/sportgericht**DRUK**

Zalsman BV, Zwolle

VORMGEVING

Van Eck Tekst&Design, Boskoop

© 2024 Uitgeverij Sportgericht

ISSN 1571-8654

ABONNEMENTSPRIJZEN€ 70,- (Nederland) voor 6 nummers,
incl. 9% BTW en verzendkosten.
Europa € 80,-, rest van de wereld € 100,-.
Studentenkorting: € 20,- per jaar, mits
bij aanmelding kopie collegekaart wordt
meegestuurd.
Leden van diverse organisaties krijgen
korting, zie onze website voor meer
informatie.**OVERNAME ARTIKELEN**Het overnemen en vermenigvuldigen
van artikelen is slechts geoorloofd
na schriftelijke toestemming van de
uitgever.Auteurs vrijwaren de uitgever voor
eventuele claims van derden vanwege
gepubliceerde bijdragen in de vorm van
artikelen, foto's of ander illustratie-
materiaal.

Marathon

Sport blijft onvoorspelbaar. Waar velen op zondag 14 april een volgende klassiekerzege van Mathieu van der Poel in het Limburgse heuvelland hadden verwacht, eiste Abdi Nageeye die dag de meeste aandacht op met een soevereine zege in de Rotterdam Marathon. Een veelbelovende overwinning ook, omdat er nog veel meer in het vat leek te zitten. Stilletjes hoop ik achteraf te kunnen vaststellen dat de Olympisch kampioen van Parijs de cover van dit nummer siert.

Ik volgde de marathon sowieso al met meer dan normale belangstelling, want onder de deelnemers waren ook onze redactieleden Amber Hulleman en Jurgen van Teeffelen. Allebei haalden ze heelhuids de finish. Proficiat! Ook auteurs Bart van Trigt en Sibren Lochs liepen mee. Bart finishte in een hele mooie tijd (2:28:37) en Sibren liep een deel van de race mee als test voor de marathon van Enschede.

Intussen was een van onze andere auteurs bezig met zijn eigen marathon. Terwijl hij zijn handen al vol had aan het coördineren van een Nationaal Coach Platform (NOC*NSF) over hetzelfde onderwerp, schreef prof. Peter Beek namelijk al weer het negende deel van zijn reeks over motorisch leren. Hij nadert hiermee de finish van dit project, maar we weten allemaal dat de race juist dan het zwaarst is. Toch is het hem weer gelukt, noest doorwerkend tot op de streep. Veel dank daarvoor, Peter! En natuurlijk ook dank aan onze andere auteurs die zich eveneens in het zweet werkten om u van informatie te voorzien.

Hanno van der Loo
hoofdredacteur *Sportgericht*

Motorisch leren, een update Deel 9: Het Challenge Point Framework Peter J. Beek	2
Blijven dromen van die WK finale! Vroeg starten in een professionele voetbalacademie is geen noodzaak Germen van Heuveln, Sebastiaan Platvoet, Jos van Dijk, Tom Stevens & Mark de Niet	10
Multiligamenteair knieletsel Voorbeeld van een complexe revalidatie Ruben Zuidema & Rick Even	14
Voordelen van trainen in de 'grijze zone' Een kijkje in de praktijk van de Noorse methode en de Keniaanse school Sibren Lochs	20
Kijkgedrag in dynamische sportsituaties Bente van Dijk	26
Edwin Goedhart: 'Als je het protocol volgt, scoor je altijd een zes' Masters of Movement willen knikkende knieën terugdringen Hanno van der Loo	29
Blessurepreventie bij bovenhandse sporten Kunnen sensoren hierbij helpen? Bart van Trigt	32
Voetbalmedisch symposium 2024 Praktische wetenschap aan de bal Daan den Braber	38

Foto cover: Rob Pauel

Het volgende nummer van *Sportgericht* (3/2024) verschijnt op 20 juni 2024.

Wat zijn de optimale condities voor motorisch leren? In 2004 introduceerden Guadagnoli & Lee het Challenge Point Framework, dat een antwoord geeft op die vraag. Dankzij een recente uitwerking ervan heeft het aan toepasbaarheid in de sport gewonnen. Maar hoe sterk is het raamwerk conceptueel? En welk bewijs is ervoor?

Motorisch leren, een update

Deel 9: Het Challenge Point Framework

Peter J. Beek

In het openingsdeel¹ van mijn nieuwe reeks artikelen in *Sportgericht* stond ik stil bij de vraag welke condities optimaal zijn voor het leren van vaardigheden. Ik besprak in dat artikel de noties van ‘deliberate practice’² en ‘desirable difficulties’ en belichtte een belangrijke overeenkomst daartussen.^{3,4} Beide concepten gaan ervan uit dat leren gebaat is bij uitdaging en weerstand in het oefenproces, hoewel op wezenlijk verschillende manieren gemotiveerd en toegepast. Ik had hier nog een derde theoretische voorstelling aan kunnen toevoegen waar een groeiende aandacht voor is in de wetenschap en diverse praktijkvelden, waaronder de revalidatie en het

onderwijs, te weten het Challenge Point Framework (CPF). Dit raamwerk werd door Mark Guadagnoli (zie figuur 1) en Timothy Lee geïntroduceerd in een impactvol artikel in het *Journal of Motor Behavior*, dat inmiddels meer dan 800 keer is geciteerd.⁵ Ik heb daar destijds echter van afgezien omdat het CPF meer aandacht en uitleg verdient dan een paar alinea’s in een inleidend artikel.

Challenge Point Framework

Het CPF, ook wel de Challenge Point Hypothese (CPH) genoemd, is een omvattend theoretisch raamwerk waarin een brede verzameling van min of meer op zichzelf staande inzichten en onderzoeksresultaten is samengebracht. Daar komt bij dat het CPF onlangs is uitgewerkt in de richting van de sport door Nicola Hodges (zie figuur 2) en Keith Lohse,⁶ wat een bespreking van beide modellen in een apart artikel in *Sportgericht* extra opportuun maakt. Het basale idee achter zowel het CPF als de uitbreiding daarvan is dat dezelfde perceptueel-motorische taken voor verschillende individuen, afhankelijk van hun vaardigheidsniveau, verschillende uitdagingen vormen en dat er voor iedereen een niveau van uitdaging en falen bestaat waarbij het leren optimaal is (ten koste van het prestatieniveau tijdens het oefenen). De kunst voor praktijkprofessio-



Figuur 1 | Mark Guadagnoli van de University of Nevada, Las Vegas, die samen met Timothy Lee van de McMaster University, Ontario, het Challenge Point Framework ontwikkelde.



Figuur 2 | Nicola Hodges van de University of British Columbia, Vancouver, die samen met Keith Lohse het Challenge Point Framework uitwerkte voor de sportpraktijk.

nals is oefensessies en trainingen met het doel beter te worden in een vaardigheid zodanig in te richten dat het lerende individu in de optimale leerzone blijft. Hiertoe staan diverse factoren ter beschikking die gemanipuleerd kunnen worden, dan wel waarmee rekening moet worden gehouden. Tegen het einde van dit artikel zal ik daar enkele voorbeelden van geven, ontleend aan het artikel van Hodges & Lohse.⁶ Maar eerst zal ik het CPF en de uitbreiding daarvan toelichten en van een theoretische en empirische evaluatie voorzien.

Twee bouwstenen

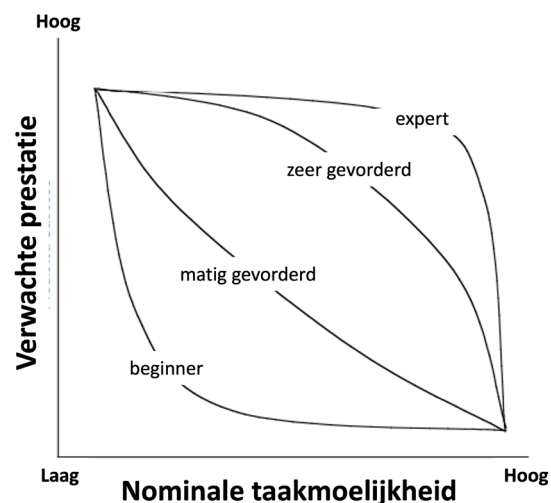
Het CPF gaat ervan uit dat bij het leren van elke taak één specifiek niveau van uitdaging bestaat waarbij het verwachte leerresultaat optimaal is. Het raamwerk biedt een theoretische onderbouwing voor het bestaan van zo'n optimum en de factoren die hierop van invloed zijn. Het introduceert hiertoe twee belangrijke bouwstenen, te weten 1) het onderscheid tussen nominale en functionele taakmoeilijkheid en 2) de rol van informatie als reductie van onzekerheid (zie ook de podcast van Gray⁷).

Nominale en functionele taakmoeilijkheid

Het onderscheid tussen nominale en functionele taakmoeilijkheid vormt de eerste bouwsteen van het CPF. De nominale moeilijkheid van een taak wordt bepaald door zijn perceptueel-motorische vereisten, ongeacht wie de taak uitvoert en onder welke condities. Zo heeft het putten van een golfbal vanaf 2 meter een lagere nominale moeilijkheid dan het putten van een golfbal vanaf 4 meter; de grotere afstand maakt dat de tweede taak moeilijker is voor alle golfers, ongeacht hoe goed zij zijn. In tegenstelling tot de nominale moeilijkheid is de functionele moeilijkheid van een taak afhankelijk van wie de taak uitvoert en de condities waaronder dat gedaan wordt. Voor een beginnende golfer is putten vanaf 2 meter veel

moeilijker dan voor een ervaren golfspeler. Sterker nog, als deze zeer vaardig is, kan het putten vanaf 4 meter zelfs makkelijker zijn dan het putten vanaf 2 meter voor een beginner. Er kan bovendien een verraderlijke zijwind over de green waaien, die het putten vanaf beide afstanden voor een beginner verhoudingsgewijs veel moeilijker maakt dan voor een ervaren golfer, hoewel de nominale moeilijkheid dezelfde is.

Hoe goed sporters op taken met verschillende nominale moeilijkheid presteren, hangt primair af van hun vaardigheidsniveau. Figuur 3 illustreert dit principe voor sporters met vier hypothetische vaardigheidsniveaus en de daarmee corresponderende, eveneens hypothetische, verbanden tussen taakprestatie en nominale taakmoeilijkheid. Een beginner presteert alleen hoog op taken met een zeer lage nominale moeilijkheid, waarop iedereen hoog presteert, ongeacht het vaardigheidsniveau. Naarmate de taak moeilijker wordt, gaat de prestatie van de beginner rap achteruit. Het tegenovergestelde patroon is aan de orde bij de expert, die hoog blijft presteren op taken met oplopende nominale moeilijkheid totdat een zeer hoge moeilijkheidsgraad is bereikt; pas bij de allermoeilijkste taken begint de prestatie achteruit te gaan. Matig gevorderde en zeer gevorderde sporters vertonen verbanden tussen taakprestatie en nominale taakmoeilijkheid tussen beide uitersten in, met een middelmatig prestatieverlies bij oplopende moeilijkheidsgraad, maar verschillende 'vervalprofielen'. Condities die de functionele moeilijkheid van een taak mede beïnvloeden



Figuur 3 | De relatie tussen nominale taakmoeilijkheid en de verwachte prestatie als functie van het vaardigheidsniveau van de sporter. De verwachte prestatie tijdens het oefenen neemt af met de nominale moeilijkheid als functie van het vaardigheidsniveau (ontleend aan Guadagnoli & Lee⁵).

betreffen externe omstandigheden, zoals het weer, de ondergrond en de licht- en geluidscondities, maar ook eventuele hulpmiddelen en condities die een taak gemakkelijker of moeilijker kunnen maken. Tot de laatstgenoemde condities horen instructies waaraan voldaan moet worden en de volgorde waarin taken worden uitgevoerd, geblokt of random, resulterend in een lage of hoge contextuele interferentie. Binnen het CPF wordt op het belang van contextuele interferentie veel nadruk gelegd, de wankele empirische basis hiervan ten spijt.⁸

Informatie als onzekerheidsreductie

De tweede bouwsteen van het CPF betreft de wijze waarop de rol van informatie in (motorische en andere) leerprocessen wordt geconceptualiseerd. Binnen het raamwerk wordt leren opgevat als een proces van probleem oplossen waarin het doel van de actie het op te lossen probleem vormt en de acties van de uitvoerder, lees de sporter, de pogingen daartoe. De bronnen van informatie die tijdens en na deze pogingen beschikbaar zijn voor de uitvoerder vormen

de motor van het leerproces. Twee bronnen van informatie staan hierbij centraal, namelijk het actieplan en feedback.

Het actieplan, of bewegingsprogramma zo men wil, vloeit voort uit de intentie een complexe bewegingshandeling, zoals een jump shot in basketbal of een ingewikkelde sprong in het turnen, uit te voeren en leidt bij elke poging tot een specifiek bewegingspatroon. Het actieplan specificeert parameters zoals de amplitude, kracht en timing van de beweging, conform de schematheorie van Schmidt.⁹ Dit is de zogenoemde inverse component van het actieplan: het taakdoel wordt omgezet in een verzameling motorische opdrachtsignalen. Daarnaast heeft het actieplan een voorwaartse, voorspellende functie; op basis van het actieplan worden de feedbacksensaties geanticipeerd die zullen optreden ten gevolge van de uitgevoerde beweging, eveneens conform Schmidts schematheorie.⁹ Experts in een bepaalde taak zijn beter dan gevorderden en beginners in het anticiperen van de uitkomsten van zowel hun eigen bewegingen als die van anderen. Als de taak is volbracht beschikt de sporter over feitelijke feedback van de beweging die kan worden vergeleken met de verwachte feedback. Informatie in het CPF heeft betrekking op de verschillen tussen de geanticiperde feedback op basis van het actieplan en de werkelijke feedback afkomstig van de zintuigen (intrinsieke feedback) die ter beschikking komt door het actieplan uit te voeren, al dan niet aangevuld met extern toegevoegde (extrinsieke) feedback. Volgens het CFP vindt leren plaats op basis van deze verschillen. Ter illustratie hiervan is het nuttig om bij het voorbeeld van het putten te blijven. Stel dat de beginnende golfer en de expert beiden een putt vanaf 2 meter uitvoeren. Voor de beginner is er een grote mate van onzekerheid over onder meer de kracht en de oriëntatie van de putter bij het raken van de bal,

die benodigd zijn voor een succesvolle putt. De expert daarentegen weet uitstekend hoe de puttbeweging moet worden uitgevoerd en welke sensorische gevolgen dit zal hebben. De beginnende golfer mist de hole met een brede marge en stelt vast dat zowel de kracht als de oriëntatie bij een volgende poging aanpassing behoeven. Met andere woorden, het verschil tussen de verwachte feedback en de feitelijke feedback verschaft de beginnende golfer veel informatie, die het actieplan van de golfer kan helpen verbeteren en diens onzekerheid hierover kan reduceren. De expert voert de putt van 2 meter naar verwachting met succes uit, waardoor het verschil tussen de verwachte en de feitelijke feedback nihil is; de puttpoging verschaft hem daardoor geen informatie op basis waarvan hij zijn actieplan (verder) kan verbeteren.

Het challenge point: optimaal leren

Leren is in het CPF dus afhankelijk van de hoeveelheid informatie die beschikbaar is voor de uitvoerder. Deze informatie hangt af van de functionele taakmoeilijkheid. Naarmate die hoger wordt, neemt de informatie waarover de uitvoerder na uitvoering van de taak beschikt toe. Als de functionele taakmoeilijkheid daarentegen zo laag is dat alle pogingen succesvol zijn, dan genereren die pogingen geen informatie om van te leren. Goed presteren tijdens het oefenen, dat wil zeggen in het hier en nu, is om die reden geen goede indicator van leren, dat wil zeggen van toekomstige prestaties. Om te (kunnen) leren, dient tijdens het oefenen informatie beschikbaar te komen. Dit houdt in dat er tijdens het oefenen fouten gemaakt dienen te worden, waardoor de taakprestatie tijdens het oefenen afneemt. Dit kan bewerkstelligd worden door de functionele taakmoeilijkheid te verhogen, zoals weergegeven in figuur 3. Hoe goed en snel er geleerd wordt, hangt af van

de hoeveelheid beschikbare informatie. Het leren verloopt traag als er tijdens het oefenen weinig informatie beschikbaar is, maar ook als er te veel informatie beschikbaar is. In het laatste geval wordt de uitvoerder overweldigd door de informatie, waardoor hij deze niet kan interpreteren en vertalen in een aanpassing van het actieplan. Gegeven dat de hoeveelheid informatie voor leren zowel te klein als te groot kan zijn, moet er een informatieniveau zijn waarbij het leerresultaat naar verwachting optimaal is. Dit is het optimale challenge point, de gearceerde cirkel in figuur 4. Figuur 5 toont de relatie tussen prestatiecurves, leercurves en het optimale challenge point voor zowel een expert als een beginner. Uit de figuur blijkt dat de functionele taakmoeilijkheid voor de beginner slechts weinig hoeft te worden verhoogd om het leren optimaal te laten zijn, terwijl het optimale challenge point voor de expert bij een aanmerkelijk hogere moeilijkheidsgraad ligt. Maar waar dan precies? In het algemeen kan gesteld worden dat het optimale challenge point net voorbij het actuele vaardigheidsniveau ligt. Als dit vaardigheidsniveau verandert ten gevolge van leren, verschuift het optimale challenge point mee. Dit principe valt te vergelijken met dat van de progressieve overbelasting bij fysieke training. Het effect van krachttraining is optimaal als de weerstand steeds een beetje wordt opgevoerd boven het niveau dat de sporter goed aan kan. Leren volgens het CFP is per definitie oncomfortabel. Door te trainen in de optimale leerzone word je niet alleen beter, maar leer je ook met die oncomfortabele omstandigheden om te gaan. Volgens de theorie zou deze vorm van 'metaleren' de stressbestendigheid van de uitvoerder vergroten.

Kritische kanttekeningen

Het CPF verdient waardering omdat het diverse inzichten en bevindingen uit de (leer)psychologie samenbrengt

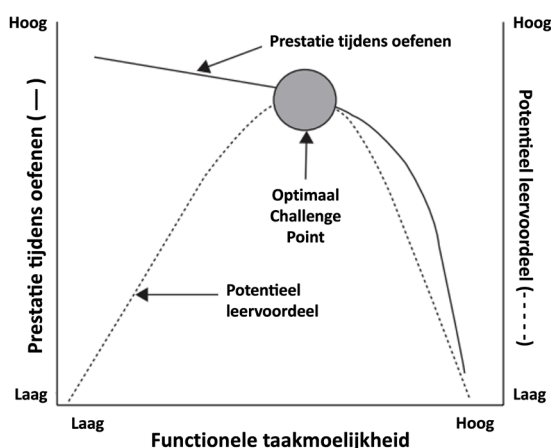
in één integratief raamwerk met betrekking tot een uiterst relevant onderwerp: optimaal leren. Het raamwerk is gestoeld op de aanname dat er één uitdagingsniveau bestaat waarbij het leren optimaal is. Of dat inderdaad het geval is, moet nog bewezen worden, ook al zijn er bevindingen in de literatuur te vinden die daarop lijken te wijzen. Nader onderzoek moet hier uitsluitsel over geven. Dit is echter om verschillende redenen niet eenvoudig. Een van die redenen is eigen aan het begrip optimum. Het is altijd mogelijk dat er in de buurt van een lokaal gevonden 'optimum' nog een ander 'optimum' bestaat dat door de veelheid aan variabelen die het leren beïnvloeden in het onderzoek buiten zicht is gebleven. Een andere omstandigheid die het toetsen van het CPF belemmert is dat een exacte maat voor de nominale moeilijkheid van een taak ontbreekt. In het puttvoorbeeld wordt de nominale taakmoeilijkheid bepaald door de afstand en ligt het voor de hand om het putten vanaf 4 meter als twee keer zo moeilijk te beschouwen als het putten vanaf 2 meter. Er is echter geen enkele reden om te veronderstellen dat de nomina-

le taakmoeilijkheid van putten lineair schaalbaar is met de afstand. Integendeel, op een gegeven punt is de afstand zo groot, dat het onmogelijk is geworden de taak succesvol uit te voeren. Bij andere, meer complexe taken is dit direct inzichtelijk. Een drievoudige axel (kunstrijden) is niet anderhalf keer zo moeilijk als een dubbele axel en het jongleren van vijf ballen is niet 5/3 keer zo moeilijk als het jongleren van drie ballen. De enige manier om de moeilijkheid van een taak objectief te bepalen is te onderzoeken hoe lang mensen er gemiddeld over doen om de betreffende taak te leren. Dit vereist het verzamelen van zeer veel data, omdat de snelheid waarmee mensen leren grote individuele verschillen vertonen. Als voor de nominale taakmoeilijkheid al geen maat bestaat, dan is dat voor de functionele taakmoeilijkheid al helemaal zo. Die wordt immers bepaald door de nominale taakmoeilijkheid in combinatie met het vaardigheidsniveau van de actor. Het is daarom alleen mogelijk het challenge point kwalitatief te bepalen, waarmee exacte uitspraken over het gewenste foutenpercentage, zoals de 30-35% die Guadagnoli in een van zijn pod-

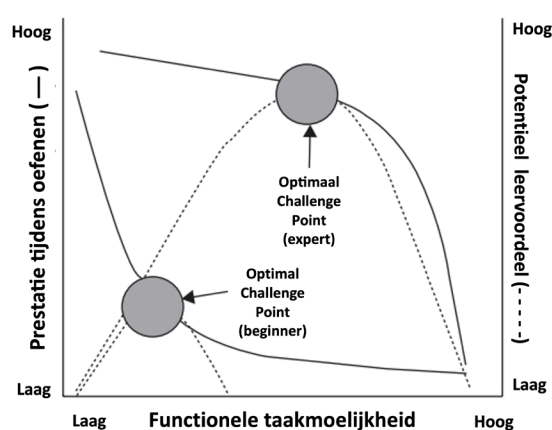
casts¹⁰ noemt, een grotere zekerheid suggereren dan beschikbaar lijkt. Aan de genoemde intrinsieke (in de zin van theorie-interne) kritiekpunten kan het extrinsieke kritiekpunt worden toegevoegd dat in het oorspronkelijke CPF diverse voor het leren relevante factoren buiten beschouwing worden gelaten, waaronder motivatie en specificiteit van oefenen. Deze omissie vormde voor Hodges & Lohse aanleiding om het CPF uit te breiden.⁶

Empirisch bewijs

In zijn podcast¹¹ doet Guadagnoli een aantal boude beweringen over het CFP: als je oefent volgens dit raamwerk zou je drie tot vier keer zo snel leren als 'normaal' en bovendien stressbestendig worden in de betreffende taak of vaardigheid. Dit zou zijn aangetoond in 'honderden studies'. Het CFP zou bovendien universeel zijn ongeacht de taak of het domein waarin geoefend wordt. Revalidatie, dans, muziek, ergonomie, onderwijs; het CFP kan volgens Guadagnoli overal met succes worden ingezet. Maar welk empirisch bewijs is er voor deze beweringen? Helaas is er in de literatuur geen systema-



Figuur 4 | Prestatie en (potentiële) leercurves als functie van functionele taakmoeilijkheid. Het Optimale Challenge Point correspondeert niet met het punt waar de prestatie tijdens oefenen optimaal is (ontleend aan Guadagnoli & Lee⁵).



Figuur 5 | Prestatie en (potentiële) leercurves als functie van functionele taakmoeilijkheid voor een beginner en een expert. Het Optimale Challenge Point ligt voor hen bij een wezenlijk andere functionele taakmoeilijkheid (ontleend aan Guadagnoli & Lee⁵).

tische review met een meta-analyse beschikbaar om deze vraag te beantwoorden. Daar komt bij dat het lastig is om te bepalen op welke studies Guadagnoli doelt. Waarschijnlijk verwijst hij ook naar studies die niet expliciet betrekking hebben op het CPF als geheel, maar op de samenstellende elementen van het raamwerk, zoals het onderzoek naar de invloed van contextuele interferentie op leren. Een snelle zoekactie in de meest gangbare wetenschappelijke databestanden (Web of Science en PubMed) met alleen 'Challenge Point Framework' als zoekterm resulteert in enkele tientallen hits (31 respectievelijk 27), waaronder diverse theoretische beschouwingen en commentaren. Een globale analyse van uitsluitend de experimentele studies levert een aantal conclusies op. Laboratoriumstudies naar de relatie tussen taakmoeilijkheid en leerresultaat laten gemengde resultaten zien: sommige studies¹² vinden evidentie voor de voorspelde omgekeerde U-curve als functie van functionele moeilijkheid, maar andere studies niet.^{13,14} Daarnaast verschijnt een relatief groot aantal klinische studies naar de effectiviteit van het CPF, onder meer bij de behandeling van spraakstoornissen,¹⁵ het (her)leren van balanshandhaving na een beroerte¹⁶ en het (her)leren van doelgerichte armbewegingen bij de ziekte van Parkinson¹⁷, meestal met bemoedigende resultaten. Interessant in dit verband is de ontwikkeling van prestatie-afhankelijke algoritmen om de functionele taakmoeilijkheid tijdens het oefenproces automatisch aan te passen zodat het verwachte leerresultaat optimaal blijft.^{18,19} Wellicht dat zulke algoritmen te zijner tijd ook de sport zullen bereiken. Het valt op dat in mijn steekproef geen studies verschenen die betrekking hebben op de sport. Daaruit mag niet meteen de conclusie worden getrokken dat die er niet zijn, want mijn zoekactie bevatte immers maar één zoekterm. Het laat echter wel

zien dat de aandacht voor het CPF binnen de toegepaste sportwetenschappen tot dusver bescheiden is geweest. Het beeld dat uit de gevonden literatuur verschijnt is dat het CPF een beloftevol theoretisch kader biedt voor het optimaliseren van leerprocessen, maar dat de beweringen van Guadagnoli in zijn podcast vooralsnog als onbewezen en overdreven moeten worden aangemerkt, zeker voor wat betreft de veronderstelde effectiviteit van leren en de bijvangst van een grotere stressbestendigheid. Dat het CPF echter waardevolle en praktisch toepasbare inzichten kan opleveren voor motorische leerprocessen in de sport staat vast, zoals blijkt uit twee studies die ik hieronder ter illustratie kort samenvat.

Van golf tot Gaelic football

Guadagnoli e.a.²⁰ vergeleken het effect van geblokt en random oefenen (oefenschema's met respectievelijk een lage en een hoge contextuele interferentie²¹) op het leren putten bij beginnende en ervaren golfspelers. Spelers van beide vaardigheidsniveaus oefenden onder beide schema's. In het geblokte schema werden meerdere ballen achter elkaar naar dezelfde holes geslagen, terwijl in het random schema dan weer naar de ene en dan weer naar de andere hole werd geslagen, waarbij de holes random werden afgewisseld. Proefpersonen die oefenden volgens het geblokte schema presteerden tijdens het oefenen beter dan proefpersonen die oefenden volgens het random schema, ongeacht hun vaardigheidsniveau. Op de retentietest lieten de beginnende en ervaren golfers echter een tegenovergesteld resultaat zien. Beginnende golfers die geblokt hadden geoefend scoorden beter op de retentietest dan beginnende golfers die random hadden geoefend, terwijl het omgekeerde het geval bleek te zijn voor de ervaren golfers. Die scoorden juist beter wanneer ze random hadden geoefend in plaats

van geblokt. Deze resultaten komen naadloos overeen met de voorspellingen van het CPF. Ze tonen aan dat succesvol leren optreedt als de uitvoerder op de juiste manier wordt uitgedaagd, hetgeen vereist dat verschillende oefenschema's worden gebruikt bij verschillende vaardigheidsniveaus: geblokt oefenen voor de beginnende golfers en random oefenen voor de ervaren golfers. Soms leveren studies die gericht zijn op het testen van een andere hypothese resultaten op die het CPF bevestigen of daarmee in lijn liggen. Een interessant voorbeeld hiervan betreft de studie van Coughlan e.a.²¹ naar de wijze waarop Gaelic footballspelers trainen. Hoewel bedoeld als test van de 'deliberate practice'-theorie, zijn de resultaten van dit onderzoek ook te interpreteren als steun voor het CPF. In de betreffende studie oefenden gevorderden en experts twee typen trappen. Pre-, post- en retentietests werden afgenomen en de spelers vulden aan de hand van vragenlijsten in hoe (fysiek en cognitief) inspannend ze de training vonden. De gevorderden oefenden vooral trapvaardigheden waar ze al goed in waren en lieten een prestatieverbetering zien tijdens de oefenfase, maar niet op de retentietest. De experts daarentegen kozen vooral voor het oefenen van vaardigheden die ze minder goed beheersten en lieten zowel op de posttest als de retentietest een prestatieverbetering zien. De experts merkten de training aan als zwaarder en minder plezierig dan de gevorderden. Deze resultaten ondersteunen niet alleen de 'deliberate practice'-theorie, maar ook het CPF. Ze tonen immers aan dat leren alleen wordt bevorderd als de training voldoende uitdagend is. Ook de bevinding dat experts hier zelfstandig voor opteren en gevorderden niet, valt te verklaren met het CPF: experts hebben per definitie een sterke(re) drang beter te worden, die tot uiting komt in het continu zoeken naar verbetering en uitdaging.

Uitbreiding van het CPF

Nicola Hodges en Keith Lohse⁶ hebben het CPF onlangs uitgebreid om de praktische toepasbaarheid ervan met betrekking tot het ontwerpen van trainingssessies in de prestatiesport te vergroten. Hoewel het CPF in de literatuur over motorisch leren vaak wordt aangehaald, heeft het in de toegepaste sportwetenschappen tot dusver relatief weinig aandacht gekregen, aldus de auteurs. Dit bleek ook in mijn literatuurscan. Volgens Hodges & Lohse is het oorspronkelijke artikel van Guadagnoli & Lee⁵ nogal theoretisch en weinig toegankelijk voor praktijkbeoefenaars in de sport. Zij willen hier verandering in aanbrengen omdat ze van mening zijn dat het CPF een integraal handelingskader biedt dat van grote waarde kan zijn voor de sportpraktijk. Daarvoor is wel een specifiek op de sport gerichte uitbreiding nodig, inclusief concrete handvatten voor coaches om het kader toe te passen. Om dit te bereiken hebben Hodges & Lohse⁶ het CPF op drie punten verder uitgewerkt, te weten 1) motivatie, 2) specificiteit van oefenen voor competitie en 3) verschillende vormen van training, afhankelijk van het doel ervan.

Motivatie

De functionele moeilijkheid van een taak heeft niet alleen invloed op het potentiële leerresultaat, maar ook op de motivatie. Immers, door het verhogen van de functionele moeilijkheid tot een niveau dat uitdagend is voor de sporter, neemt de taakprestatie af en het potentiële leerresultaat toe, hetgeen inhoudt dat er meer fouten worden gemaakt. In potentie kunnen deze fouten aanzienlijke psychologische en fysiologische kosten met zich meebrengen en leiden tot een verlies aan motivatie, dat juist ten koste zou gaan van het leerresultaat. Om te voorkomen dat de informatievoordelen van oefenen rond het optimale challenge point verloren gaan door motivatieverlies,

moeten coaches ervoor waken dat sporters gemotiveerd zijn en blijven om in de die zone te trainen. Dit kan gerealiseerd worden door voor en tijdens het oefenen de drie basisbehoeften die volgens de zelfdeterminatietheorie^{22,23} ten grondslag liggen aan intrinsieke motivatie - competentie, autonomie en verbondenheid - te voeden. Competentie kan bijvoorbeeld versterkt worden door alleen na succesvolle pogingen feedback te geven en de prestaties van de sporter alleen met die van zichzelf te vergelijken en niet met die van anderen. Autonomie kan bevorderd worden door de sporter zelf te laten kiezen hoe en wanneer de moeilijkheid van de taak wordt verhoogd en of en wanneer er feedback beschikbaar komt. En verbondenheid kan vergroot worden door de band tussen coach en sporter te versterken, bijvoorbeeld door de sporter te betrekken bij het ontwerpen van trainingssessies en -cycli. Dit heeft als bijkomend voordeel dat de sporter de rationale van trainen in de optimale challenge zone leert kennen en in de juiste mindset komt voor trainingen waarin regelmatig fouten worden gemaakt.

Het gevaar van een nadelige invloed van motivatieverlies op het leerresultaat neemt toe naarmate de zone waarin geoefend wordt dichterbij de zone ligt waarin de sporter wordt overweldigd door informatie (door Hodges & Lohse de 'straffende zone' genoemd). Eenmaal daar aanbeland is het optreden van verwarring, frustratie en demotivatie vrijwel onvermijdelijk. Ook aan de andere kant van de omgekeerde U (in wat Hodges & Lohse de 'comfortabele zone' noemen) kan motivatieverlies optreden, in dit geval door verveling. Hier is het van belang de training voldoende leuk en interessant te houden. Het treffen van de juiste balans tussen de informatievoordelen van trainen in de optimale challenge zone en de eventuele nadelen van motivatieverlies is individueel bepaald en afhankelijk van eerdere ervaringen,

motivationale dispositie, cognitieve belasting en reeds gevestigde relaties tussen coach en sporter(s). De coach dient ervoor te zorgen dat de informatievoordelen van trainen in de optimale challenge zone niet teniet worden gedaan door motivatieverlies.

Specificiteit van oefenen voor competitie

In navolging van Bjork & Bjork^{3,4} wijzen Hodges & Lohse⁶ erop dat niet alle moeilijkheden ('difficulties') gunstig zijn voor leren. Het gaat hierbij namelijk niet om de moeilijkheden als zodanig, maar om de psychologische processen die erdoor worden opgeroepen. Deze processen zijn alleen wenselijk ('desirable') als zij het opslaan en het ophalen van informatie bevorderen. Volgens Hodges & Lohse⁶ wordt de mate waarin dit het geval is in de sporttraining bepaald door de mate waarin het oefenen specifiek is voor de competitie, oftewel de mate waarin de condities en constraints tijdens het oefenen overeenstemmen met die in de wedstrijd waarop het oefenproces is gericht. Voor diverse oefencondities is aangetoond dat zij een gunstig effect hebben op de transfer naar de wedstrijdprestatie, waaronder oefenen onder vergelijkbare angst en mentale druk als in de wedstrijd,²⁴ vergelijkbare visuele condities²⁵ en behoud van de perceptie-actie-koppelingen²⁶ die inherent zijn aan de te leren taak. Inmiddels is uit talloze studies, te veel om hier aan te halen, gebleken dat specificiteit een fundamenteel leerprincipe vormt: leren wordt bevorderd als de motorische, sensorische, cognitieve en affectieve processen tijdens het oefenen overeenkomen met die processen waarop een beroep wordt gedaan in de wedstrijd of tijdens een test of examen. Om transfer te faciliteren doen coaches er dan ook goed aan om de condities en eisen van de wedstrijd tijdens het oefenen te simuleren, analoog aan de notie van representatief ontwerp in de constraints-led approach.²⁷

Typen trainingen: toepassing in de praktijk

Zoals reeds is toegelicht, verandert de functionele taakmoeilijkheid waarbij het verwachte leerresultaat voor een sporter optimaal is als functie van het geboekte leerresultaat. Immers, als een sporter door training beter is geworden in de uitvoering van een taak, moet die taak in een volgende training op een hoger moeilijkheidsniveau worden geoefend om in de optimale challenge zone te blijven. De functionele taakmoeilijkheid kan ook op de korte termijn veranderen, bijvoorbeeld door vermoeidheid of opwinding. Het handhaven van de optimale challenge zone komt door deze verschillende afhankelijkheden in de praktijk neer op het schieten op een bewegend doel, zowel over opeenvolgende oefensessies heen (lange termijn) als binnen een oefensessie (korte termijn). Het handhaven van de optimale challenge zone vergt om die reden een zorgvuldige planning, monitoring en evaluatie van de coach. Daar komt bij dat trainingen niet altijd hetzelfde doel hebben. In bepaalde fasen van de trainingscyclus kan gestreefd worden naar optimale prestatieverbetering, waartoe een hoge functionele moeilijkheidsgraad vereist is, terwijl in andere fasen een lagere moeilijkheidsgraad is aangewezen, bijvoorbeeld om reeds behaalde prestatieverbeteringen en competentiegevoelens te bekrachtigen. Hodges & Lohse onderscheiden in dat verband drie typen trainingen: trainingen gericht op leren, trainingen gericht op transfer en trainingen gericht op onderhoud.

Trainingen gericht op leren kenmerken zich door een hoge moeilijkheid ten koste van de prestatie op de korte termijn, om op de lange termijn tot een optimaal leerresultaat te komen. Trainingen ten behoeve van transfer kenmerken zich door zowel een hoge moeilijkheid als een hoge mate van specificiteit om de transfer van verworven vaardigheden naar de competitie te bevorderen. Trainin-

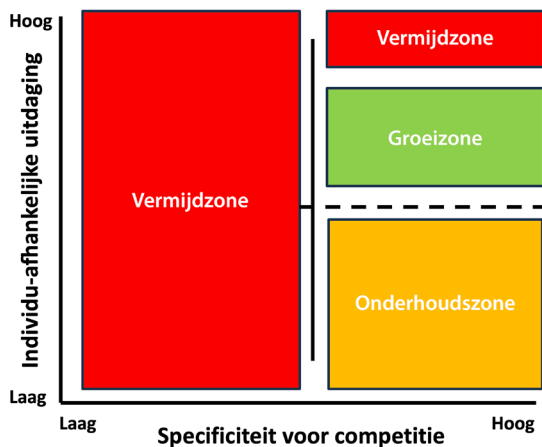
gen gericht op onderhoud tenslotte kenmerken zich door een lagere functionele moeilijkheid om reeds verworven vaardigheden te consolideren en competentiegevoelens en -overtuigingen te versterken. Het onderscheid tussen de eerste twee typen trainingen is met name van belang voor de trainingspraktijk omdat het verschillende keuzes in de inrichting van trainingen kan behelzen. Hoewel retentie en transfer beide aspecten van leren zijn, is het nuttig deze uit elkaar te halen. De reden hiervan is dat oefenen onder een beperkte set van omstandigheden die veraf staan van de wedstrijd-situatie kan leiden tot retentie van het geoefende, maar niet tot transfer naar de wedstrijd-situatie. Indien dat het geval is, kan het lonen om de geleerde vaardigheden te leren toepassen in de wedstrijd-situatie via specifiek op transfer gerichte trainingen. Zo kan het trainen van de forehand groundstroke met behulp van een ballenkanon tot een verbetering van de technische uitvoering van deze slag leiden, maar dat garandeert nog geen succesvolle transfer naar de wedstrijd. Daarvoor moet deze tennis-slag ook worden geoefend onder levensechte wedstrijd-omstandigheden, met een tegenspeler die af en toe naar het net komt en de spanning van mogelijke breakpunten. Deels voortbouwend op de uitgebreide versie van het CPF van Hodges & Lohse⁶ hebben Williams & Hodges²⁸ onlangs een sterk op toepassingen gericht artikel gepubliceerd over effectief oefenen en instructie, onder het acroniem SAFE (Skill Acquisition Framework for Excellence). Hierin vatten zij in een informatieve figuur (zie figuur 6) samen hoe het ontwerp van oefensessies beschouwd kan worden met betrekking tot twee dimensies: specificiteit voor competitie en uitdagingsniveau. Wanneer de specificiteit voor competitie laag is, zal er weinig transfer naar de competitie plaatsvinden. Hier trainen heeft weinig tot geen zin; daarom is

dit in de figuur een 'vermijdzone'. Bij hogere niveaus van specificiteit wordt een gunstige transfer verwacht. Coaches kunnen in dat domein met de moeilijkheidsgraad en dus de mate van uitdaging spelen, afhankelijk van het doel van de training. Als het gaat om behoud van het huidige prestatieniveau, moet het uitdagingsniveau laag blijven. Trainen vindt dan plaats in de 'onderhoudszone'. Echter, om te leren en het prestatieniveau structureel te verbeteren, moet het individuele uitdagingsniveau worden verhoogd tot voorbij het actuele vaardigheidsniveau. Trainen vindt in dit geval plaats in de 'groeizone'. Uitdagingen verschaffen de sporter nieuwe informatie, die aanzet tot leren. Te veel uitdaging moet echter vermeden worden, zelfs als deze specifiek is voor de transferomgeving. Dit is weergegeven met de 'vermijdzone' rechtsboven.

Slotopmerkingen

Het CFP is een beloftevol raamwerk voor het optimaliseren van (motorische) leerprocessen, dat 20 jaar na de verschijning ervan zijn weg naar de toegepaste sportwetenschappen en de sportpraktijk begint te vinden. De uitwerking van het CPF voor de sport door Hodges & Lohse⁶ en de opname hiervan in het SAFE-model van Williams & Hodges²⁸ zijn hierbij zeer behulpzaam en zullen de toepassing van het CFP in de sport zeker faciliteren. De Angelsaksische sportwereld is in dat opzicht al wat verder dan de Nederlandse, maar dat kan ook een voordeel zijn. De modelvorming en de uitwerking naar de (top)sportpraktijk op basis van ervaringen daarmee lijken inmiddels ver genoeg gevorderd om ook in de Nederlandse context van het raamwerk gebruik te gaan maken, voor zover dat al niet gebeurt.

Wat voor de sport zelf geldt, geldt eveneens voor de toegepaste sportwetenschappen. De wetenschappelijke waarde van het CPF is nog onvoldoende onderzocht in de context



Figuur 6 | Praktijkontwerp langs twee dimensies: specificiteit voor competitie en niveau van uitdaging (ontleend aan Williams & Hodges²⁶).

van de sport. Zeker nu het CPF van een sport specifieke uitbreiding is voorzien, is daar alle aanleiding toe. Het onderzoek zal zich daarbij niet alleen moeten richten op de functionele moeilijkheid en het vaardigheidsniveau, maar ook op de effecten daarvan op de motivatie en de specificiteit van oefenen met het oog op wedstrijd en competitie in combi-

natie met het doel van de training. Dit maakt het onderzoek er niet eenvoudiger op, maar dat is onvermijdelijk indien het streven is de sportpraktijk met onderzoek te ondersteunen. Het is verheugend om vast te stellen dat daar in deze tijd zo'n sterke focus op bestaat en dat er gestreefd wordt naar realistische, integrale modellen met toepassingskracht en handvatten voor de sportpraktijk.

Het inzicht dat optimaal leren gebaat is bij uitdaging en niet bij het continu herhalen van motorische vaardigheden

op een reeds bereikt prestatieniveau is inmiddels gemeengoed. Ericsson², Bjork & Bjork^{3,4} en Guadagnoli & Lee⁵ kwamen daar (niet geheel onafhankelijk van elkaar) op uit. Tussen de kaders van 'deliberate practice', 'desirable difficulties' en het 'challenge point framework' zitten naast een gemeenschappelijk deeler ook de nodige verschillen, bijvoorbeeld ten aanzien van de rol van feedback ('direct' bij Ericsson, 'intermittent' bij Bjork & Bjork). Het zou goed zijn om meer inzicht te krijgen in de vraag welke onderdelen van deze voorstellingen het meest productief zijn voor zowel theorieontwikkeling als toepassing. Voorwaar een hele uitdaging! Mogelijk één die te groot is en daarom vermeden zou moeten worden? De toekomst zal het leren.

Over de auteur

Prof. dr. **Peter J. Beek** is hoogleraar Coördinatie dynamica bij de afdeling Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam, waar hij 12 jaar de functie van decaan heeft vervuld. Sinds 2017 fungeert hij als coördinator van de wetenschappelijke ondersteuning van het zwemmen bij InnoSportLab De Tongelreep en de KNZB.

1. Beek PJ (2022). Motorisch leren, een update. Deel 1: Drie aanleidingen en twee generieke beschouwingen. *Sportgericht*, 76 (5), 2-6.
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. Bjork EL & Bjork RA (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In MA Gernsbacher et al. (Eds.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (pp. 59-68). Worth.
4. Bjork RA & Bjork EL (2020). Desirable difficulties in theory and practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9 (4), 475-479.
5. Guadagnoli MA & Lee TD (2004). Challenge point: A framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 36 (2), 212-224.
6. Hodges NJ & Lohse KR (2022). An extended challenge-based framework for practice design in sports coaching. *Journal of Sports Sciences*, 40 (7), 754-768.
7. <https://www.youtube.com/watch?v=INQl9HYF-A>
8. Beek PJ (2023). Motorisch leren, een update. Deel 5: Contextuele interferentie, een mythe? *Sportgericht*, 77 (4), 16-21.
9. Beek PJ (2023). Motorisch leren, een update. Deel 4: Variabel oefenen volgens de schematheorie. *Sportgericht*, 77 (3), 2-9.
10. <https://www.youtube.com/watch?v=j7F6PCu0wV8>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=uKpTlsvPzq4>
12. Akizuki K & Ohashi Y (2015). Measurement of functional task difficulty during motor learning: What level of difficulty corresponds to the optimal challenge point? *Human Movement Science*, 43, 107-117.
13. Sanli EA & Lee TD (2015). Nominal and functional task difficulty in skill acquisition: Effects on performance in two tests of transfer. *Human Movement Science*, 41, 218-229.
14. Bootsma JM et al. (2018). The role of task difficulty in learning a visuomotor skill. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50 (9), 1842-1849.
15. Matthews T, Barbeau-Morrison A & Rvachew S (2021). Application of the challenge point framework during treatment of speech sound disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64 (10), 3769-3785.
16. Pollock CL et al. (2014). Use of the challenge point framework to guide motor

learning of stepping reactions for improved balance control in people with stroke: A case series. *Physical Therapy*, 94 (4), 562-570.

17. Onla-or S & Winstein CJ (2008). Determining the optimal challenge point for motor skill learning in adults with moderately severe Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22 (4), 385-95.

18. Lotay R et al. (2019). Optimizing self-exercise scheduling in motor stroke using Challenge Point Framework theory. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, 2019, 435-440.

19. Beik M et al. (2021). Algorithm-based practice schedule and task similarity enhance motor learning in older adults. *Journal of Motor Behavior*, 53 (4), 458-470.

20. Guadagnoli MA, Holcomb WR & Weber T (1999). The relationship between contextual interference effects and performer expertise on the learning of a putting task. *Journal of Human Movement Studies*, 37, 19-36.

21. Coughlan EK et al. (2014). How experts practice: A novel test of deliberate practice theory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40 (2), 449-458.

22. Deci EL & Ryan M (1980). Self-determination theory: When mind mediates behavior. *The Journal of Mind and Behavior*, 1 (1), 33-43.

23. Ryan RM & Deci EL (2017). *Self-determination theory: basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. The Guilford Press.

24. Lawrence GP et al. (2014). Practice with anxiety improves performance, but only when anxious. Evidence for the specificity of practice hypothesis. *Psychological Research*, 78 (5), 634-650.

25. Proteau L (1992). On the specificity of learning and the role of visual information for movement control. *Advances in Psychology*, 85, 67-103.

26. Pinder RA, Renshaw I & Davids K (2009). Information-movement coupling in developing cricketers under changing ecological practice constraints. *Human Movement Science*, 28, 468-479.

27. Pinder RA et al. (2011). Representative learning design and functionality of research and practice in sport. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 33, 146-155.

28. Williams AM & Hodges NJ (2023). Effective practice and instruction: A skill acquisition framework for excellence. *Journal of Sports Sciences*, 41 (9), 833-849.

Menig jongetje droomt ervan om voorafgaand aan de finale van het wereldkampioenschap voetbal het volkslied te mogen zingen in een volgepakt stadion. Maar hoe kom je daar terecht? Wij hebben gekeken naar de loopbaan van voetballers voor wie die droom (deels) is uitgekomen: de deelnemers aan het WK 2022 in Qatar.¹

Blijven dromen van die WK finale!

Vroeg starten in een professionele voetbalacademie is geen noodzaak

**Germen van Heuveln,
Sebastiaan Platvoet,
Jos van Dijk, Tom
Stevens & Mark de Niet**

Voetbal is de grootste sport ter wereld. Alleen al in Nederland zijn bijna een half miljoen mannen onder de 18 jaar lid van de KNVB. Zij dromen ervan om één van de duizend Nederlandse professionals te worden. Van die duizend professionals worden er maar 26 geselecteerd voor het wereldkampioenschap.^{1,2}

Talenterkenning

Sporttalent laat zich lastig herkennen en hoe jonger de herkenning wordt gedaan, des te onnauwkeuriger de voorspelling is.^{3,4} Het is ook bekend dat de route die spelers naar de top afleggen verschillend is. Waar sommige spelers al jong bij een professionele academie startten (bijvoorbeeld Matthijs de Ligt) deden anderen (zoals Denzel Dumfries) dit pas op latere leeftijd. Het is interessant om te achterhalen wat bij elitesporters de gangbaarste route is. Dat levert meer inzicht op in het complexe proces van talenterkenning en -ontwikkeling.^{3,4}

Deelnemers WK 2022

Alweer bijna anderhalf jaar geleden deden 829 spelers uit 32 landen (verdeeld over de vijf continenten) mee aan het FIFA WK voetbal in Qatar. Een mooi moment om de jeugdcarrière van al die WK spelers in kaart te brengen en zo meer inzicht te

krijgen in het pad naar de top van de beste voetballers uit de hele wereld. Het doel van ons onderzoek was vast te stellen op welke leeftijd WK-deelnemers begonnen te spelen bij een professionele jeugdvoetbalacademie en in hoeverre hun startleeftijd samenhangt met het continent waarvoor ze uitkomen en met hun positie op het veld.¹

Jong, jonger en jongst

Voor 815 van de 829 deelnemende spelers hebben we door een online deskonderzoek de leeftijd kunnen vaststellen waarop zij begonnen zijn met voetballen bij een professionele jeugdvoetbalacademie of een daarmee vergelijkbare organisatie. Deze startleeftijd werd gespiegeld aan de fases zoals beschreven in het Developmental Model of Sport Participation van Côté.^{5,6} Dit model (zie tekstkader) vormde de theoretische basis voor dit onderzoek. Uit eerder onderzoek weten we dat Westerse landen en/of landen die hoog in de FIFA ranking staan veel professionele academies met ook veel jeugdteams hebben. Wij wilden in kaart brengen of de WK-deelnemers uit deze landen zich onderscheiden in startleeftijd en hoeverre er sprake was van het doorlopen van de fases zoals beschreven in het model van Côté.^{5,6}



Een uitgebreidere Engelstalige versie van dit artikel, gepubliceerd in het vakblad *Frontiers in Sports and Active Living*, is te downloaden door het scannen van deze QR-code.

Mediane leeftijd

De resultaten van ons onderzoek laten zien dat de spelers op een mediane leeftijd van 13,2 jaar begonnen zijn met voetballen bij professionele jeugdvoetbalacademies. De range van de data was echter zeer breed: de Tunesiër Dylann Bronn en de Amerikaan Ethan Horvath startten op een leeftijd van 4,2 jaar oud, terwijl Kieffer Moore uit Wales pas in een professionele omgeving terecht kwam op een leeftijd van 22,6 jaar. De tendens is wel dat spelers uit Europa over het algemeen op een jongere leeftijd zijn gestart bij een professionele jeugdvoetbalacademie, vergeleken met de andere continenten (zie figuur 1). In Azië ligt de mediane startleeftijd het hoogst.

Als we verder kijken, zien wij deze tendens ook over de verschillende fases van het model van Côté. Van de Europese voetballers startte slechts 10% in de investment fase (15+), terwijl dit bij de Aziatische spelers 40% was. Dit is voorname-

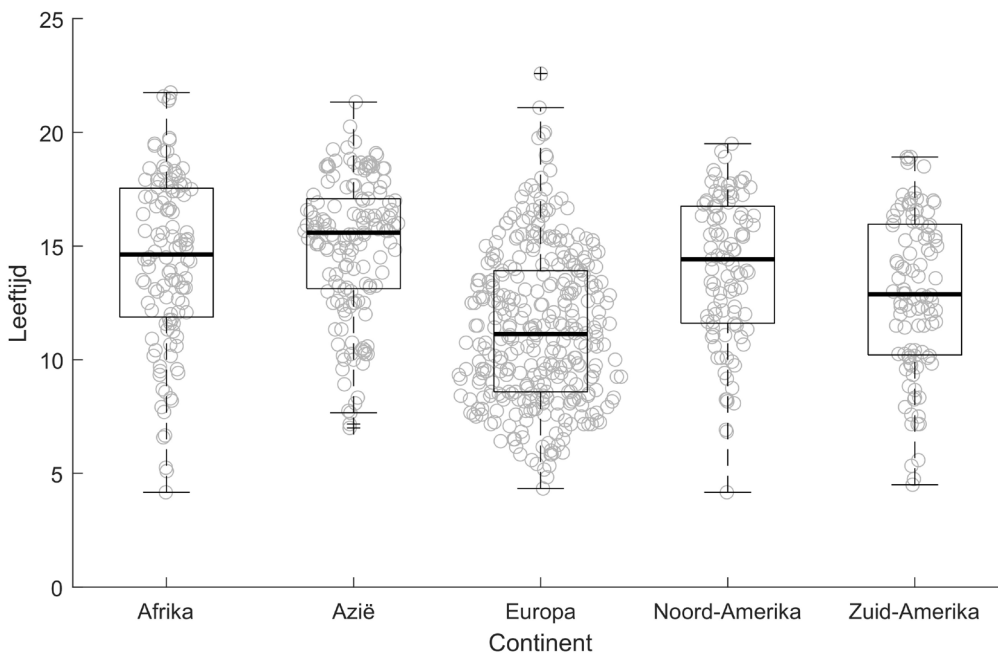
Jean Côté creëerde met zijn Developmental Model of Sport Participation^{5,6} een kader dat voortborduurde op de theorieën van Bloom en Ericsson en tevens inzicht verschafte in de 'levensloop' van een topsporter. Het model bestaat uit een drietal ontwikkelingsfasen die op basis van leeftijd de sportieve loopbaan van een (top)sporter beschrijven. Tot 12 jaar oud is een kind vooral bezig met het uitproberen van diverse sporten. Dit wordt de 'sampling' fase genoemd. Plezier, ontdekken en een breed aanbod van diverse motorische vaardigheden zijn belangrijke kenmerken. Tussen 12 en 15 jaar zal een kind zich meer gaan 'specialiseren' binnen één sport. Dat wil niet zeggen dat hij/zij geen interesse meer heeft in andere sporten, maar er is wel een duidelijke focus herkenbaar. In deze fase zal een sporter dan ook gericht gaan trainen. Vanaf 15 jaar oud is er sprake van toewijding en verdere specialisatie binnen één sport. Côté beschrijft deze fase als de 'investment' fase.

Een tweede kenmerk van het model is dat Côté de term 'deliberate play' introduceert. Deze term staat voor een vorm van sportief spelen waarin (spel)regels zelf bedacht worden, dan wel geen rol hebben, maar waarbij wel dergelijk sportieve vaardigheden aan bod komen. Daarmee is 'deliberate play' als het ware de tegenhanger van de term 'deliberate practice'.^{5,6}

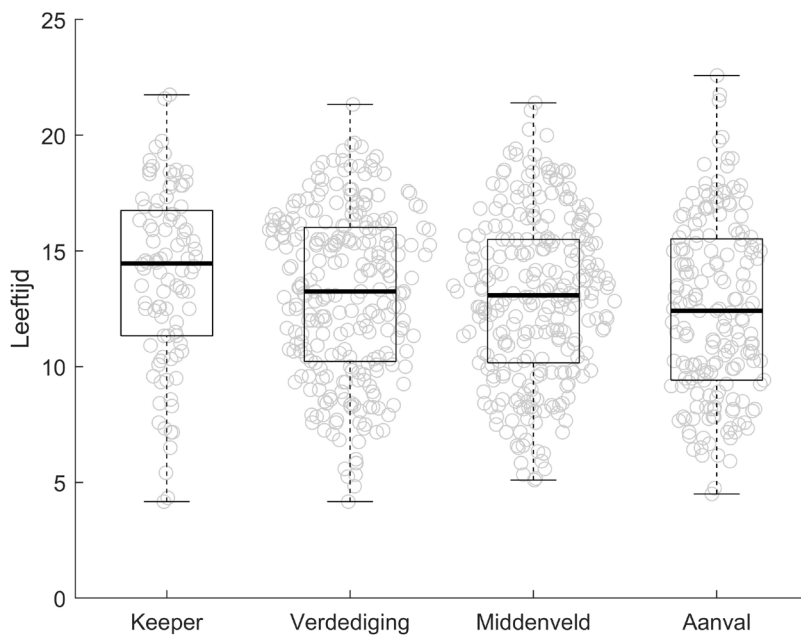
lijk te verklaren door socioculturele verschillen, die ook samenhangen met de sport- en onderwijssystemen in de betreffende landen. In Europa kennen wij een sportcultuur die voornamelijk gebaseerd is op verenigings- en clubstructuren, met daarnaast een goed ontwikkeld edu-

catief systeem. In (Zuidoost-) Azië, maar ook in Noord-Amerika zijn de sport en onderwijsvoorzieningen veel meer met elkaar verweven. Uit het onderzoek bleek dat voornamelijk voetballers uit Zuid-Korea en Japan pas na hun schooltijd professioneel gingen voetballen.

Kijkend naar de vijf continenten zijn er zeker verschillen en patronen te herkennen, maar we moeten wel oppassen deze te generaliseren. Ook binnen Europa zijn er bijvoorbeeld landen, zoals Polen en Denemarken, die relatief hoog scoren als het gaat om de gemiddelde startleeftijd. Vanuit de gangbare sportsystemen in de betreffende landen is dit wel te verklaren. Denemarken kent een sportsysteem waar 'presteren' op jonge leeftijd steeds verder op de achtergrond komt, terwijl de professionele voetbalclubs in Polen hun spelers selecteren uit commerciële voetbalscholen die niet gelieerd



Figuur 1 | Overzicht per continent van de mediane leeftijd waarop WK spelers zijn gestart bij een professionele voetbalacademie. Tevens zijn de verschillende datapunten meegenomen om een inzicht te geven in de spreiding.



Figuur 1 | Overzicht per continent van de mediane leeftijd waarop WK spelers zijn gestart bij een professionele voetbalacademie. Tevens zijn de verschillende datapunten meegenomen om een inzicht te geven in de spreiding.

zijn aan een specifieke voetbalclub. Wij zien verder dat spelers uit Argentinië, de Verenigde Staten en Senegal zich relatief ‘jong’ binden aan een professionele jeugdvoetbalacademie. Uiteindelijk zijn de Engelse voetballers er echter het jongst bij (mediane leeftijd van 8,4 jaar) en de voetballers uit Kameroen het oudst (mediane leeftijd van 17,2 jaar). Verder had België als enige deelnemer aan het WK geen enkele speler die op een leeftijd ouder dan 15 jaar van start was gegaan in een professionele voetbalacademie.

Gelijke kansen?

Het succes van Marokko tijdens het WK in Qatar was voor velen een verrassende en leuke ontwikkeling. De FIFA gebruikt dit succes van Marokko door erop te wijzen dat het niveau van het internationale voetbal breder wordt en dat met name de Afrikaanse landen sterk in ontwikkeling zijn. Een diepere analyse laat echter zien dat schijn mogelijk bedriegt. Tijdens het WK

waren er namelijk 145 spelers die hun voetbalopleiding gestart zijn in een ander land dan het land waarvoor zij op het WK speelden. Van de Afrikaanse spelers zijn er 67 (56% van het totaal) opgeleid in Europa. Marokko had ook diverse in Europa opgeleide spelers in de selectie, waarvan vier in Nederland. Maar niet alleen Afrikaanse landen maakten gebruik van de internationale mogelijkheden. Zo was Wales afhankelijk van spelers opgeleid door Engelse clubs, bestond het team van Canada uit een mix van spelers van diverse continenten en waren er zelfs spelers in de selectie van Engeland opgenomen die in hun jeugd jaren voor het nationale team van Ierland hebben gespeeld. De selecties lijken daarmee spiegels van de multiculturele samenstelling van de bevolking, ontstaan door (arbeids)migratie en koloniale relaties. Tegelijk is voetbal als product (en kans) aan het globaliseren en zie je verspreid over alle continenten van de wereld steeds meer (commer-

ciële) voetbalacademies ontstaan, ook in landen waar de financiële en organisatorische randvoorwaarden nog in ontwikkeling zijn. De prestaties op het WK hangen nu nog sterk samen met de sportcultuur, de beschikbare sportfaciliteiten, de financiële middelen, het (hoogste) competitieniveau en het beschikbare kader van een land. Echter, door de globalisering (en vercommercialisering) van talentherkenning en -opleiding profiteert waarschijnlijk de breedte en worden verschillen tussen landen mogelijk kleiner.

Positiespel

Een doel van dit onderzoek was ook om te weten te komen wat de relatie is tussen de startleeftijd van de spelers en hun (uiteindelijke) posities op het veld (zie figuur 2). We vonden een jongere startleeftijd voor aanvallers (12,4 jaar) in vergelijking met keepers (14,5 jaar). Tussen de overige posities van middenvelders en/of verdedigers zagen wij geen verschillen. Tevens zagen wij dat bijna de helft van alle aanvallers gestart was in de sampling fase. Voor de andere posities in het veld was er een evenrediger verdeling over de verschillende fases van Côté.^{5,6} In voorgaand onderzoek werd gesuggereerd dat keepers later instromen in professionele voetbalprogramma's vanwege het belang van de fysieke capaciteiten voor die positie. Hard bewijs voor deze suggestie hebben wij niet gevonden. Het verschil tussen de posities is daarvoor te klein en er waren ook keepers, zoals de Duitse Manuel Neuer, die al op vijfjarige leeftijd opgenomen was in een professio-

nele voetbalacademie. Een blinde vlek in ons onderzoek is echter wel dat onbekend is voor welke (mogelijke) veldpositie een speler ooit is gescout. Spelers die zich uiteindelijk doorontwikkelen tot keeper op professioneel niveau zijn wellicht ooit begonnen op een andere positie. In het hedendaagse voetbal, waar het voetbalvermogen van de 'goal player' belangrijk is, heeft de eerste jaren spelen als veldspeler zelfs de voorkeur. Van Manuel Neuer is in ieder geval bekend dat hij in eerste instantie als veldspeler werd gescout.

Opmerkelijke spelers

Het voorbeeld van de Duitse keeper Neuer is slechts een van de mooie verhalen van de 815 spelers die wij zijn tegengekomen. Ook dit WK kende natuurlijk haar sterren. Cristiano Ronaldo en Lionel Messi stonden wederom in de schijnwerpers. Ronaldo ging op tienjarige leeftijd voetballen bij een professionele academie, terwijl Messi op al zevenjarige leeftijd startte. Goed om te weten is dat wereldkampioen Argentinië als voetballand niets anders deed in vergelijking met andere (traditionele) landen. De mediane startleeftijd van de Argentijnse selectie was 11,8 jaar. Dit was voor de deelnemende Zuid-Amerikaanse landen wel de laagste startleeftijd. Argentinië had nog een bijzondere speler in haar selectie. Ángel Di María begon zijn 'professionele' voetballoopbaan namelijk al in 1992 en was tijdens het toernooi dus al 31 jaar onderdeel van een professionele voetbalorganisatie. Aan de andere kant was er de Australische Garang Kuol, die pas twee jaar professional was. En de Nederlanders?

Noa Lang had met 6 jaar de jongste startleeftijd en keeper Remco Pasveer werd pas vlak voor zijn twintigste verjaardag opgenomen in de selectie van een professionele voetbalorganisatie.

Conclusies en bevindingen

Voor zover we weten is dit het eerste onderzoek dat op zo'n grote schaal inzicht geeft in het startmoment van de professionele loopbaan van de huidige topvoetballers. Er blijken meerdere wegen naar het hoogste niveau als voetballer te leiden. Een significant aantal spelers startte later dan gemiddeld bij een professionele jeugdacademie, zeker buiten Europa. In Europa - en dan met name in de traditionele voetballanden - wordt een selectiesystematiek toegepast die maakt dat de meeste spelers al voor hun twaalfde levensjaar starten bij een professionele jeugdvoetbalacademie. Het lijkt erop dat deze voetbalacademies ook heel veel invloed hebben op de manier waarop het professionele voetbal georganiseerd is en in de toekomst zal worden. Dit lijkt tegenstrijdig te zijn met het Sport Developmental Model van Côté.^{1,5,6} De vraag of de systematiek van de academies effectief is en of er geen cruciale ontwikkelingsfasen worden overgeslagen mag dan ook gesteld worden. Vroege herkenning en selectie van 'talent' betekent ook dat veel kinderen al op jonge leeftijd worden buitengesloten. Dit

kan betekenen dat er potentieel gemist wordt, maar ook dat financiële middelen ineffectief benut worden. Hoe dit komt en hoe dit in de toekomst zal verlopen is ook voor ons een open vraag. We staan daarbij open voor alternatieve strategieën ten aanzien van het opleiden van professionele sporters. Ons advies is echter wel om vooral te kijken naar de individuele kenmerken van elke sporter en om als trainer/coach ook altijd je eigen sporters te (blijven) monitoren. Factoren als vroege/late rijping, omgang met tegenslag, volharding en zelfregulatie zijn belangrijke indicatoren voor het halen van de top, maar zijn niet meegewogen in dit onderzoek.¹

Daarnaast moeten wij eerlijk zijn en weten wij ook niet wat de deelnemers deden voordat zij van start gingen bij een professionele jeugdvoetbalacademie. Ook hebben wij geen inzicht in mogelijke andere sporten die de deelnemers beoefenden terwijl zij al participeerden binnen een voetbalacademie. Wij kennen alleen de leeftijd waarop een speler bij een professionele voetbalacademie is gestart en dit moment vindt voornamelijk in de sampling fase plaats. Maar de boodschap is wel dat de droom van het spelen van een WK finale niet verdampt is als je op je twaalfde nog niet bij een professionele voetbalacademie speelt.¹

Over de auteurs

Mark de Niet, Sebastiaan Platvoet, Jos van Dijk & Tom Stevens zijn allen docent-onderzoeker binnen de onderzoeksgroep Talentherkenning & Identificatie aan de HAN. Jos is tevens eigenaar van Invictus Sport performance management. **Germen van Heuveln** is docent bij Fontys Sport en Bewegen en daarnaast redacteur van *Sportgericht*.

1. Platvoet SW-J et al. (2023). An early start at a professional soccer academy is no prerequisite for world cup soccer participation. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1283003.

2. KNVB (2023). Jaarverslag 2022/2023.

3. Güllich A et al. (2023) Quantifying the extent to which successful juniors and successful seniors are two disparate populations: a systematic review and synthesis of findings. *Sports Medicine* 53, 1201-1217.

4. Herrebrøden H & Bjørndal CT (2022). Youth international experience is a

limited predictor of senior success in football: the relationship between U17, U19, and U21 experience and senior elite participation across nations and playing positions. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 875530.

5. Côté J (1999). The influence of the family in the development of talent in sport. *The Sport Psychologist*, 13 (4), 395-417.

6. Côté J & Vierimaa M (2014). The developmental model of sport participation: 15 years after its first conceptualization. *Science & Sports*, 29, S63-S69.

Dit artikel beschrijft een biopsychosociaal sportfysiotherapeutisch behandeltraject na een voorstekruisband-reconstructie door middel van een semitendinosus-gracilis graft in combinatie met een conservatieve benadering van een ruptuur (graad III) van het mediale collaterale ligament. Deze combinatie komt minder vaak voor en dus zullen er in de revalidatie andere keuzes gemaakt moeten worden.

Multiligamenteair knieletsel

Voorbeeld van een complexe revalidatie

Ruben Zuidema & Rick Even

Van multiligamenteair knieletsel is sprake als minstens twee van de vier ligamenten ruptureren: de voorste kruisband (VKB), de achterste kruisband (AKB), het mediale collaterale ligament (MCL) en/of het laterale collaterale ligament (LCL).¹ Een gecombineerd letsel van de VKB en het MCL komt hierbij het vaakst voor (20-38%).^{2,3} Dit letsel ontstaat door een hoog energetisch trauma (50-51%), zoals een verkeersongeval, of door een laag energetisch trauma (47-50%), bijvoorbeeld tijdens pivoterende sporten.

Geen standaardrevalidatie

Omdat er ook na de operatie een hoge prevalentie is van ander letsel in dezelfde knie, namelijk kraakbeenletsel (28-48%), meniscusletsel (37-55%) en gonartrose (23-87%)⁴⁻⁸, wordt in de literatuur sportfysiotherapeutische revalidatie geadviseerd. Een gestandaardiseerd protocol voor een VKB-reconstructie door middel van een semitendinosus-hamstring graft met een conservatieve benadering voor een MCL ruptuur graad III is nog niet ontwikkeld, mogelijk doordat het een minder prevalentie aandoening is.^{9,10} Het evidence statement van het

KNGF geeft aan dat knieletsels van graad C of D (multiligamenteair letsel) buiten het domein van het revalidatieprotocol na VKB-reconstructie vallen.¹¹ Hierdoor is het voor fysiotherapeuten op dit moment onbekend hoe een gestructureerd behandelplan na een VKB-reconstructie door middel van een semitendinosus-gracilis graft en een conservatieve benadering van een MCL-ruptuur graad III eruit zou moeten zien.

Graft keuze

De keuze voor een semitendinosus-gracilis graft bij dit letsel lijkt discutabel. Dit blijkt ook uit een consensus statement van orthopeden, waarin 96% van hen vond dat de hamstring graft niet gebruikt zou moeten worden.¹² Doordat het MCL volledig geruptureerd is en geen stabiliteit meer geeft, moet de knie gestabiliseerd worden door actieve structuren, zoals de pes anserinus.^{13,14} Wanneer er delen van de semitendinosus- en gracilisppees worden gebruikt voor de operatie, worden de actieve stabiliteit en ook de kracht van de hamstrings (in het bijzonder de semigroep) minder, zo blijkt uit onderzoek.^{15,16}

Casusbeschrijving

Een 55-jarige vrouw heeft een valgus exorotatie trauma van de knie doorgemaakt met een volledige ruptuur van zowel de VKB als het

MCL. Binnen twee dagen heeft er een VKB-reconstructie door middel van een sartorius-semitendinosus graft plaatsgevonden. Voor het MCL-letsel is een conservatief traject voorgesteld. De relevante onderzoeksbevindingen zijn te lezen in tabel 1. De patiënt kan niet zonder krukken lopen, niet traplopen en niet fietsen (score 10 op de patiënt-specifieke klachtenlijst, PSK). Ook ervaart ze instabiliteit en pijn aan de binnenkant van de knie (score 7/10 op de *numeric pain rating scale*, NPRS). Er is een beperkte mobiliteit van het kniegewricht (extensie-flexie 0-10-60 graden) en van de knieschijf in caudale richting. Er is geen aanspanning mogelijk van de m. vastus medialis en er is zwelling van de knie (hydrops +2). Verder is er sprake van bewegingsangst (kinesiofobie TSK-17 score: 49) en zijn er bij de patiënt ook zorgen over de toekomst: kan ik ooit wel weer dansen, hardlopen en wandelen in de bergen?

Hulpvraag

De patiënt heeft de volgende hulpvraag: 'Ik ontvang graag ondersteuning bij het revalideren, met als doelstelling om de volgende activiteiten weer op recreatief niveau te kunnen doen: yoga (1 uur per week), dansen en springen (bijvoorbeeld bij een concert), wandelen in de bergen (10 km >) en hardlopen (5 km).'

Onderzoek	Score week 4
Tampa schaal	49/68
hydrops stroke test	+2
pijnklachten mediale zijde knie (NPRS)	7/10
willekeurige activatie VMO	niet mogelijk
kniemobiliteit: extensie-flexie	A: 0-10-60, N-A: 10-0-140
patellamobiliteit	beperkt richting caudaal
valgus stresstest	GR III
quadricepskracht MRC	A: MRC 2, N-A: MRC 5
hamstringkracht MRC	A: MRC 2, N-A: MRC 5
looppatroon (GALN)	- standfase verkort; - Trendelenburg sign; - minimale extensie romp bij toe off; - stiff knee gait: verminderde extensie knie en dorsaalflexie enkel bij initieel

Tabel 1 | Onderzoeksbevindingen bij aanvang revalidatie, vier weken na OK.

Behandelplan en resultaten

De hoofddoelen van het behandelplan waren als volgt: mevrouw kan

- binnen een termijn van 5 maanden klachtenvrij 10 km bergwandelen, beoordeeld met de PSK;
- binnen een termijn van 6-9 maanden klachtenvrij 5 km hardlopen, beoordeeld met de PSK en een loopanalyse;
- binnen een termijn van 6-9 maanden verschillende sprongvormen uitvoeren met een LSI van > 90%, gemeten met hoptesten.

Kinesiofobie

Aan het begin van het revalidatietraject ervaart de patiënt pijnklachten

ter hoogte van het MCL (NPRS 7/10). Omdat de behandelend arts heeft aangegeven dat ze erg voorzichtig moet zijn omdat er een vergrote kans is op een re-ruptuur van de VKB, zorgt dit voor een voorzichtig beweegpatroon en kinesiofobie. Er zijn bij de patiënt ook negatieve gedachten over haar gezondheid. Ze is bang dat haar knie instabiel zal blijven en dat ze haar doelen daardoor niet kan behalen. Hierdoor was er gedurende het revalidatietraject bewegingsangst tijdens wandelen, traplopen en fietsen. Door naar de patiënt te luisteren en erachter te komen waar haar angsten vandaan kwamen, kon hieraan gewerkt worden

middels *graded exposure, graded activity* en leergesprekken over de klachten. In tabel 2 staan een aantal voorbeelden hiervan. Er is gedurende het traject een vermindering van pijnklachten en kinesiofobie opgetreden (zie tabel 8).

Verbeteren mobiliteit

In de literatuur wordt aanbevolen om vanaf het eerste moment na de operatie te starten met het mobiliseren van de knie.¹⁷ Bij aanvang van deze fase was de mobiliteit van de knie 0-10-60 graden (extensie-flexie). De flexiebeperking van de knie heeft mogelijk met een aantal factoren te maken:

- angst voor het bewegen;
- bracing: op basis van angst actief verminderd bewegen door alle spieren aan te spannen;
- gewrichtsbeperking;
- beperkte mobiliteit van de patella richting caudaal.

Om te bevestigen dat er sprake was van een capsulaire bewegingsbeperking is er een bewegingsfunctie-onderzoek gedaan. Er werd een stug verend eindgevoel gevonden in flexie, extensie en patellamobiliteit naar caudaal, wat duidt op musculaire en capsulaire bewegingsbeperkingen.¹⁸ Aan het einde van deze fase was er een mobiliteit van 0-0-100 graden (extensie-flexie). Tijdens de diverse manuele mobilisaties van het gewricht (zie tabel 3) en capsulaire rektechnieken waren er

Angst voor	Waarom	Interventie	Uitkomst	
Lopen, traplopen, steun nemen op het been	Arts heeft gezegd dat patiënt heel voorzichtig moet doen om re-ruptuur VKB te voorkomen	Functie van de brace met de minimale re-ruptuur cijfers hierdoor benadrukken	Meer vertrouwen, verbetering van het looppatroon, patiënt werd actiever	
Re-ruptuur MCL	Pijnklachten mediale zijde knie	Leergesprek over impact van het letsel met de mogelijke klachten daardoor	Dit gaf patiënt veel rust en duidelijkheid, durfde binnen de gestelde kaders meer de grenzen op te zoeken	
		Onzekerheid bij patiënt of MCL wel aan het genezen is		Leergesprek over weefselherstel
		Echo van MCL laten maken om aan patiënt fysiologisch herstelproces te laten zien		

Tabel 2 | Voorbeeldaanpak kinesiofobie.

Techniek	HOS
Rol-glij mobilisatie 5'-10'	
Mobilisatie grade II-III capsulair rekken 5'-10'	
Richting caudaal mobilisatie in knieflexie 5'-10'	
Litteken crème inmasseren	x
Meerdere keren per dag (3-5x):	
- hak naar bil toe schuiven in rugligging 5'	x
- in buikligging hak naar bil toe trekken met handdoek 5'	x
- hak op verhoging, knie laten doorhangen 5'	x

Tabel 3 | Uitgevoerde mobilisatietechnieken (2x per week), week 4 t/m 20.

pijnklasten aanwezig (NPRS 3-5/10) met maximaal 1-2 uur reactie na de behandeling. Deze mobilisatietechnieken zijn tussen week 4 en week 20 gebruikt.

Quadricepstraining

Vroege aansturing en aanspannen van de m. quadriceps is van belang om kracht op te bouwen en spieratrofie tegen te gaan. Vanaf week 4 is er daarom gebruik gemaakt van neuromusculaire elektrostimulatie (NMES) door middel van een Compex FIT 3.0. De gebruikte parameters waren 20 minuten, 5 sec aanspanning, 5 sec ontspanning. De patiënt heeft deze interventie voorafgaand aan de oefentherapie zelfstandig uitgevoerd, waarbij de instructie was dat ze een 'oncomfortabel gevoel, maar zonder pijn' moest ervaren. Er heeft een opbouw plaatsgevonden van de spier ontspannen, naar leg extensie, naar *active straight leg raise* (ASLR). Deze activatie-oefeningen zijn tot week 14 gebruikt.

Verbeteren looppatroon

Er was bij de patiënt sprake van een verkorte paslengte en van een verkort

te standfase op het aangedane been. Ook was er tijdens de standfase op het aangedane been een *Trendelenburg sign* te zien. Er was een verminderde heupextensie tijdens de *toe-off* en tijdens het initiële grondcontact was er sprake van een verminderde knie-extensie en dorsaalflexie van de enkel. Tijdens de zwaafase was de flexie van de knie verminderd. Ook was er sprake van een exorotatie van het been tijdens de zwaafase, het initiële grondcontact en de standfase. Dit heeft wellicht te maken met het type graft, zwakte van de semi's en de dominantie van de m. biceps femoris na de operatie. Door de looptraining op te delen in stukjes ('part practice') of in zijn geheel te oefenen ('whole practice'), is er aan het verbeteren van het looppatroon gewerkt. Zie tabel 4 en figuur 1 voor voorbeelden hiervan.

Spierkracht & hypertrofie

Er is bij de kracht oefeningen een opbouw geweest van tweebenig naar eenbenig, van het gewicht en van de moeilijkheid van de taak. Voorbeelden hiervan staan in het trainingsprogramma in tabel 5. Om hypertrofie te

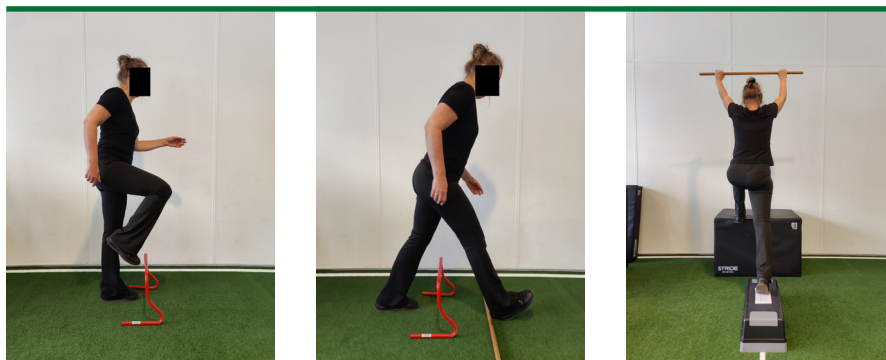
bevorderen en de gewrichtsbelasting laag te houden, is er gebruik gemaakt van Blood Flow Restriction (BFR) training, met de volgende parameters: 30% van het 1RM in 4 sets (30-15-15-15) uitvoeren met 30 seconden setpauze voor maximaal drie oefeningen.¹⁹ Na 20 weken is er geen gebruik meer gemaakt van BFR en zijn de parameters van de krachttraining aangepast naar 6-12 herhalingen gericht op hypertrofie en (sub-)maximale kracht. Hiernaast is er een opbouw geweest in kracht- en stabiliteitstraining door gebruik te maken van de *constraints-led approach*, met daarbij voornamelijk éénbenige krachttraining. Door te variëren in verzwaringen ten aanzien van de patiënt zelf (voorvermoeidheid), de taak (hogere step-up, variatie in uitvoering) of de omgeving (instabiele ondergrond) is er gevarieerd getraind. Er is een verbetering in kracht opgetreden (zie tabel 8.)

Opbouw ADL-activiteiten en patiëntspecifieke doelen

De patiënt is in week 22 van de revalidatie op wandelvakantie geweest in de bergen. Hier heeft zij ruim 12 km klachtenvrij op oneffen terrein kunnen wandelen. Op voorhand waren de afstanden die de patiënt daar moest afleggen nog onduidelijk. Daarom is ervoor gekozen om op te bouwen naar mogelijkheden en in afhankelijkheid van de reactie van de knie. Om dit te trainen heeft de patiënt wekelijks haar wandelafstand uitgebreid tot uiteindelijk 3 à 4 uur achtereen wandelen op onstabiele ondergrond. Verzwaringen in trainingen werden bepaald door de mate van controle

Part practice	Whole practice
<ul style="list-style-type: none"> - Knieflexie: in stand, hak langs je scheen trekken; - Knieflexie zwaafase en extensie bij initieel contact: over hekje heen en weer terug stappen; - Coördinatie: een been op loopband, loopbeweging maken. - Terminal knee extensions met dynaband - Standfase naar toe off: hiplock met kniehef naar box 	<ul style="list-style-type: none"> - Voetplaatsing op grond: langs lijntje lopen, voet moet er recht langs blijven. - Voetplaatsing op loopband met witte tape lijntjes, voet moet recht op lijntje blijven. - Knieflexie en paslengte: op loopband over pionnetjes heenstappen, paslengte wordt bepaald door pionnetje

Tabel 4 | Voorbeelden *part practice* en *whole practice* looptraining.



Figuur 1 | Voorbeelden van toegepaste oefeningen. Van links naar rechts:

- Knieflexie over hekje (part practice lopen, externe focus hekje);
- Knie-extensie over hekje en hakplaatsing na stok (part practice lopen, externe focus stok);
- Voetplaatsing bij lopen en hardlopen, voet moet in het witte vierkant staan (part practice lopen en hardlopen, externe focus en knowledge of results witte vierkant).

in de knie, heup en romp, waarbij gestreefd werd naar een goede alignment. Beoordeling daarvan vond - zowel live als op video - plaats op basis van lateroflexie van de romp, bekkenkanteling, heupadductie of interne rotatie en een dynamische knievalgus. Wanneer de oefening in meer dan 80% van de herhalingen goed werd uitgevoerd, werd deze conform de constraints-led approach verzaamd op een van de volgende aspecten: voorvermoeidheid van de patiënt, de taak (bijvoorbeeld shoulder press bij

step-up) of de omgeving (bijvoorbeeld instabiel oppervlak). Zie figuur 2 voor enkele voorbeelden.

Als voorwaarde om weer te beginnen met hardlopen zijn de return to running criteria van Fontenay et al. gebruikt (zie tabel 6).²⁰ De patiënt voldeed bij het laatste testmoment (week 28 in tabel 8) aan de criteria en vanaf dit moment is er gestart met een opbouw in loopscholing, het sprong-ABC en hardlopen. Op deze manier is er gewerkt aan de specifieke doelen: hardlopen en springen (zie tabel 7).

Overzicht resultaten

De resultaten van het gehele revalidatietraject zijn samengevat in tabel 8.

Discussie

We nemen enkele aspecten van het beschreven traject nader onder de loep:

Kinesiofobie en health beliefs

Uitvragen waarom er sprake is van bewegingsangst is belangrijk gebleken om doelgerichte therapie ter vermindering ervan te kunnen geven. Graded activity en exposure in combinatie met leergesprekken bleken effectief. Voor een positieve en realistische ziekteperceptie van de patiënt raden wij een zorgvuldige woordkeuze aan bij de uitleg die zorgprofessionals aan patiënten geven.²¹

Blood Flow Restriction training

Met BFR-training kunnen type II spiervezels getraind worden op 30-40% van het gewicht waarop er normaal getraind wordt. Dit betekent minder belasting voor het gewricht en vroeg in de revalidatie de mogelijkheid tot hypertrofietraining. Tijdens de revalidatie die is beschreven in dit artikel is pas na 14 weken gestart.

	week 4-12	week 12-20	week 20-28
cardio	hometrainer 5'-20'	hometrainer 5'-20'	loopband 5'-20'
NMES	Compex 20' passief → leg extension → ASLR		x
krachttraining onderste extremiteit	<ul style="list-style-type: none"> - ASLR 3 x 15 - leg extension ruglig, laatste 30 graden 3 x 15 - TKE dynaband 3 x 15 - bridge 2-benig 70-90° 3 x 15 - calf raises 2-benig 3 x 10-15 - calf raises front foot elevated 3 x 8-12 - side lying abduction 3 x 15 	<ul style="list-style-type: none"> - ASLR + miniband 3 x 15 - leg extension 3 x 15 (BFR) - single leg press 3 x 15 (BFR) - front / hexbar squats 3 x 15 (BFR) - bridge 1-benig 70-90 3 x 12-15 - calf raise front foot elevated + gewicht 3 x 8-12 - Kettlebell DL → ondersteunde SLD 3 x 12 - leg curl 3 x 15 	<ul style="list-style-type: none"> - leg extension opbouw gewicht 3 x 8-12 - leg press 4 x 6-10 (na week 20) - lunges voorwaarts 3 x 8-12 (variatie in voor-zij-achter, grote en kleine passen) - single leg squats 3 x 8-12 - squat met dynaband om knieën met hexbar 6-10 - SLD + gewicht 3 x 6-10 - calf raises front foot elevated + gewicht 3 x 8-12 - pogo jumps 2-benig → 1-benig, 3 x 10-20
stabiliteit- & ketentraining	<ul style="list-style-type: none"> - hiplock voet → box 3 x 15 - step-up 3 x 15 - minisquat met dynaband om knieën 3 x 15 - 1-benig stand 3-5 x 10-30 sec 	<ul style="list-style-type: none"> - hiplock voet → box + (instabiel) gewicht boven hoofd uitstoten 3 x 12 - step-up (instabiel) gewicht boven hoofd uitstoten 3 x 12 - 1-benig stabiliteit met variatie taak en omgeving 3-5 x 30-60 sec 	<ul style="list-style-type: none"> - hiplock, step-up en stabiliteit gelijk aan vorige fase; variatie in hoogte step, gewicht en voorvermoeidheid

Tabel 5 | Trainingsprogramma in week 4 t/m 12, 12 t/m 20 en 20 t/m 28.



Figuur 2 | Voorbeelden van toegepaste oefeningen. Van links naar rechts:
 - zijwaartse step-up;
 - single leg squat op onstabiele ondergrond (aanpassing omgeving ter verzwaring);
 - step-up met hiplock, aquabag boven hoofd (taak aanpassing taak ter verzwaring).

Toepassen in de praktijk blijkt echter al effectief vanaf 3 tot 10 dagen na de operatie, zo blijkt uit een systematisch review van Charles et al.²² We adviseren dan ook om eerder te starten met BFR-training.

Toepassing NMES

Door het gebruik van NMES ontstaat er minder atrofie en neemt de contractiliteit toe in de spiervezels.²³ Het lijkt erop dat NMES met hoge intensiteit, waarbij de patiënt het niet heel oncomfortabel vindt, in de vroege

fase het meeste effect oplevert. Vier of meer sessies per week blijken effectief te zijn voor verbetering van de quadricepskracht.²⁴ Over de optimale duur van deze training kan vanuit de literatuur geen uitspraak worden gedaan.²⁴

Graft keuze

De keuze voor een semitendinosus-gracilis graft lijkt een negatief effect te hebben op de actieve valgus stabiliteit van de knie^{13,14} en de kracht van de hamstrings.^{15,16} In deze casus uitte dit zich mogelijk door het gebruik van de

semitendinosus als graft, waardoor de biceps femoris dominant werd in het looppatroon en er als gevolg daarvan tijdens de zwaai- en standfase meer exorotatie plaatsvond in het onderbeen. Dit gebeurt vaker bij dit type graft.¹⁵ Hierdoor ontstaat er tijdens het looppatroon meer druk richting valgus exorotatie, waardoor er meer druk op de VKB en MCL ontstaat, met als risico dat dit het genezingsproces verstoort. Het lijkt ons van essentieel belang om ons hier bewust van te zijn. Zowel voor de keuze van de graft door de orthopeed, als voor de (sport-) fysiotherapeut om hier adequaat op te reageren met training en correctie. Na de revalidatie die is beschreven in dit artikel lijken er geen blijvende nadelige effecten te zijn ontstaan ten gevolge van de operatie.

Conclusie

Dit artikel geeft inzicht in een sportfysiotherapeutisch behandeltraject bij een 55-jarige vrouw na een multiligamenteair knieletsel, waarbij zowel een operatief als een conservatief beleid werd gevoerd. Door afwezigheid van wetenschappelijke literatuur of behandelprotocollen voor een revalidatie na een VKB-reconstructie middels een semitendinosus-gracilis graft in combinatie met een conservatieve benadering van een MCL-ruptuur graad III, kunnen (sport)fysiotherapeuten deze opbouw van behandeling mogelijk gebruiken. Deze sportfysiotherapeutische benadering heeft ertoe geleid dat mevrouw na negen maanden de doelen van haar hulpvraag heeft bereikt. Wanneer deze eerste aanzet gebruikt wordt om een behandelprotocol te ontwikkelen, is het noodzakelijk dat er meer literatuurstudies worden gedaan naar de parameters van NMES, BFR en naar de vraag hoe om te gaan met kinesiofobie bij een gecombineerd VKB-MCL-letsel.

1. 25 hh single leg heel raise test
2. goede neuromusculaire controle tijdens single leg squat
3. 95% volledige ROM van de knie
4. 30 single leg pogo hops
5. LSI >70% HHD isometrische quadriceps
6. international knee documentation committee (IKDC) score: > 64

Tabel 6 | Return to running criteria Fontenay et al.²¹

bergwandelen	- step-up en -off (in-)stabele ondergrond, variatie in hoogte en richting (zijwaarts/voorwaarts) - opbouw loopafstand instabele ondergrond
springen	- sprong-ABC: squat jumps, horizontaal 2-benig → 1-benig, wisselsprongen, skater jumps, draaisprongen
hardlopen	- joggen in trampoline (reduceren schokbelasting) - loopcoördinatie speedfoot ladder - loopscholing: trippings, skippings, kniehef, huppelpas, loopsprongen

Tabel 7 | Patiëntspecifieke doelen en voorbeeldoefeningen.

Test	Week 12	Week 20	Week 28
Tampa-schaal	37	22	-
hydrops stroke test	+1	trace	trace
pijnklachten mediale zijde knie (NPRS)	4/10	2/10	0/10
willekeurige activatie VMO	Aansturing mogelijk, forse LAG bij ASLR	goede aansturing, geen LAG in ASLR	Goede aansturing, geen LAG in ASLR, ook mogelijk met extra weerstand
mobiliteit extensie - flexie	0-0-100	10-0-140	10-0-140
valgus stress test	GR III	GR II	GR I
eigen beoordeling kniefunctie (IKDC)	-	59,8%	86,4%
quadriicepskracht MRC/HHD	A: MRC 3 N-A: MRC 5	A: 200N N-A: 265N LSI: 76 %	A: 349N N-A: 370N LSI: 94%
hamstringkracht MRC/HHD	A: MRC 3 N-A: MRC 5	A: 125N N-A: 145N LSI: 86 %	A: 195N N-A: 187N LSI: 96%
hip bridge test	-	A: 16 N-A: 25	A: 30 N-A: 32
single leg squat test	-	-	A: 5/5 N-A: 5/5
single leg heel raise test	-	A: 11 N-A: 20	A: 26 N-A: 28

Tabel 8 | Resultaten na week 12, week 20 en week 28.

Over de auteur

Ruben Zuidema is MSc Sportfysiotherapeut en in opleiding tot MSc Manueeltherapeut aan Saxion Hogescholen. Dit case report is geschreven met dank aan en onder begeleiding van **Rick Even**.

- Levy BA et al. (2009). Decision making in the multiligament-injured knee: an evidence-based systematic review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 25 (4), 430-438.
- List JP & DiFelice GS (2017). Primary repair of the medial collateral ligament with internal bracing. *Arthroscopy techniques*, 6 (4), e933-e937.
- Andrews K et al. (2017). Medial collateral ligament injuries. *Journal of Orthopaedics*, 14 (4), 550-554.
- Moatshe G et al. (2017). High prevalence of knee osteoarthritis at a minimum 10-year follow-up after knee dislocation surgery. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25, 3914-3922.
- Krych AJ et al. (2015). Meniscal tears and articular cartilage damage in the dislocated knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23, 3019-3025.
- Engelbrechtsen L et al. (2009). Outcome after knee dislocations: a 2-9 years follow-up of 85 consecutive patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17, 1013-1026.
- Fanelli GC, Sousa PL & Edson CJ (2014). Long-term follow up of surgically treated knee dislocations: stability restored, but arthritis is common. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 472, 2712-2717.
- Hirschmann MT et al. (2010). Clinical and radiological outcomes after management of traumatic knee dislocation by open single stage complete reconstruction/repair. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 1-11.
- Keeling LE et al. (2021). Postoperative rehabilitation of multiligament knee reconstruction: a systematic review. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 29 (2), 94-109.
- Monson J et al. (2022). Postoperative rehabilitation and return to sport following multiligament knee reconstruction. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 4 (1), e29-e40.
- Melick N van et al. (2014). *KNGF evidence statement: Revalidatie na voorste-kruisbandreconstructie*. Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie (KNGF), pp. 5-6.
- Guenther D et al. (2021). Treatment of combined injuries to the ACL and the MCL complex: A consensus statement of the Ligament Injury Committee of the German Knee Society (DKG). *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9 (11), 23259671211050929.
- Herbert M et al. (2017). Should the ipsilateral hamstrings be used for anterior cruciate ligament reconstruction in the case of medial collateral ligament insufficiency? Biomechanical investigation regarding dynamic stabilization of the medial compartment by the hamstring muscles. *The American Journal of Sports Medicine*, 45 (4), 819-825.
- Kremen TJ et al. (2018). The effect of hamstring tendon autograft harvest on the restoration of knee stability in the setting of concurrent anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 46 (1), 163-170.
- Tampere T et al. (2021). Biceps femoris compensates for semitendinosus after anterior cruciate ligament reconstruction with a hamstring autograft: a muscle functional magnetic resonance imaging study in male soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 49 (6), 1470-1481.
- Xergia SA et al. (2011). The influence of graft choice on isokinetic muscle strength 4-24 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19, 768-780.
- LaPrade RF et al. (2019). Single-stage multiple-ligament knee reconstructions for sports-related injuries: outcomes in 194 patients. *The American Journal of Sports Medicine*, 47 (11), 2563-2571.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ & Fulk GD (2014). Clinical decision making and examination. *Physical Rehabilitation* (6th edition), pp. 135-144. F. A. Davis Company.
- Koc BB et al. (2022). Effect of low-load blood flow restriction training after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17 (3), 334.
- Pairot de Fontenay B et al. (2022). Reintroduction of running after anterior cruciate ligament reconstruction with a hamstrings graft: can we predict short-term success? *Journal of Athletic Training*, 57 (6), 540-546.
- Stewart M & Loftus S (2018). Sticks and stones: the impact of language in musculoskeletal rehabilitation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48 (7), 519-522.
- Charles D et al. (2020). A systematic review of the effects of blood flow restriction training on quadriceps muscle atrophy and circumference post ACL reconstruction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15 (6), 882.
- Toth MJ et al. (2020). Utility of neuromuscular electrical stimulation to preserve quadriceps muscle fiber size and contractility after anterior cruciate ligament injuries and reconstruction: a randomized, sham-controlled, blinded trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 48 (10), 2429-2437.
- Kim KM et al. (2010). Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: a systematic review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40 (7), 383-391.

Noorse en Keniaanse elite hardlopers en triatleten trainen relatief veel in zone 2, tussen de aerobe en de anaerobe drempel. Opvallend, omdat veelal de gedachte heerst dat dit ‘grijze gebied’ in trainingen juist grotendeels vermeden dient te worden. Waarom doen deze toptatleten dit en hoe voeren zij de trainingen precies uit? In de voorbereiding op mijn marathondebuut in Rotterdam vertrok ik naar Kenia om zelf een kijkje te nemen.

Voordelen van trainen in de ‘grijze zone’

Een kijkje in de praktijk van de Noorse methode en de Keniaanse school

Sibren Lochs

Begin december 2023 reisde ik af naar Iten in Kenia voor een verblijf van vier maanden. *Iten is the place to be* voor hardlopers die zich, zoals ik, willen verbeteren en voorbereiden op een belangrijke wedstrijd. In de winter is het weer er goed, de plaats bevindt zich op een ‘optimale’ hoogte van 2300 meter en er zijn ruim voldoende andere atleten aanwezig om mee te trainen. Dit zijn niet alleen de bekende Keniaanse toppers zoals Eliud Kipchoge, Faith Kipyegon en Kelvin Kiptum (de wereldrecordhouder op de marathon die onlangs tragisch om het leven kwam). Ook veel Keniaanse subtoppers die dromen van een glansrijke carrière trainen in Iten. Tot slot reizen de laatste jaren ook veel Europese atleten in de voorbereiding op het wedstrijdseizoen af naar Kenia.

Noorse methode

Ik zie in Iten dat de Keniaanse hardlopers tijdens hun trainingen met regelmaat de ‘middenzone’ opzoeken. Dit sluit aan bij de toegenomen media-aandacht voor de zogeheten ‘Noorse methode’, waarin twee ‘threshold’-trainingen per dag in combinatie met lactaatmetingen een

belangrijke rol spelen. Deze aanpak wordt gekoppeld aan de recente successen van atleten uit Noorwegen, zoals Jakob Ingebrigtsen (onder meer Olympisch kampioen op de 1500 meter) en Karoline Grøvdal (viervoudig Europees kampioen cross country) en de triatleten Kristian Blummenfelt en Gustav Iden. In dit artikel ga ik verder in op deze manier van trainen, enerzijds op basis van wetenschappelijke studies en anderzijds op basis van mijn eigen ervaringen in Iten.

Verdeling van trainingsintensiteit

Hardlopers trainen met wisselende intensiteiten. Hoeveel procent van je kilometers je in de opeenvolgende intensiteitszones loopt, is een belangrijke variabele in het trainingsschema, zo ook bij mij. De onderverdeling in zones gebeurt doorgaans op basis van parameters als de hartslag, het vermogen, de loopsnelheid of het lactaatgehalte in het bloed. Hoewel hierbij op internet regelmatig vijf of zelfs zes verschillende zones worden gehanteerd, ga ik - in lijn met de wetenschappelijke literatuur - in dit artikel uit van drie zones: Z1, Z2 en Z3 (zie figuur 1A). Op basis van mijn

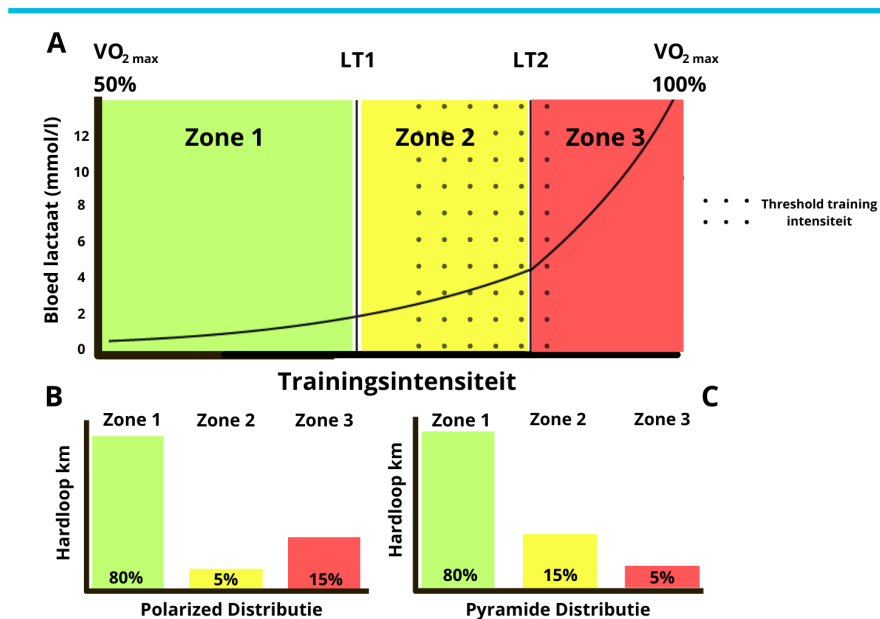
bevindingen wordt door de in Iten aanwezige atleten relatief veel in zone 2 getraind.

Hoe in een optimaal trainingsprogramma de verdeling over de drie zones precies moet zijn, is al tijden voer voor discussie tussen wetenschappers, coaches, trainers en atleten.¹ Hierbij lijkt er wel consensus te zijn over het feit dat verreweg het grootste deel van de training, tussen de 70-90% van de kilometers, op lage intensiteit (zone 1) moet worden gedaan. Maar hoeveel van het overige trainingsvolume moet worden uitgevoerd op gematigde intensiteit (zone 2) of hoge intensiteit (zone 3), daar lijken de experts het niet over eens. Deze onzekerheid wordt gereflecteerd in de twee bekendste modellen die momenteel gehanteerd worden. Terwijl bij de gepolariseerde benadering zone 2 grotendeels vermeden moet worden –deze zone wordt door aanhangers van deze benadering vaak spottend beschreven als ‘het grijze gebied’ - vormen trainingen in deze middenzone juist een belangrijk onderdeel van het piramidale model (zie figuur 1B).

Piramidale model

Welk model het trainingsprogramma van een atleet het beste beschrijft, hangt onder andere af van de sportdiscipline en de periode in het seizoen.² Zo liet een recente analyse van 175 verdelingen van de trainingsintensiteit (TID's) in verschillende duursporten zien dat de meerderheid hiervan overeenkwam met het piramidale model. Ook werd gevonden dat de nadruk in de training richting het wedstrijdseizoen vaak wordt verlegd naar meer specifieke trainingen op wedstrijdtempo.³ Wie dus denkt dat duursporters zone 2 zoveel mogelijk proberen te vermijden, zoals wel eens in de populaire media of op internet gesuggereerd wordt, zit er waarschijnlijk naast.

Ook andere wetenschappelijke studies beschrijven dat goed getrainde (top)duursporters over het hele jaar



Figuur 1 | Schematische weergave van het 3 zone model van trainingintensiteit, met zone 1 in groen, zone 2 in geel en zone 3 in rood. Panel A toont het karakteristieke verloop van de lactaatconcentratie in het bloed bij een oplopende intensiteit; LT1 = aerobe drempel, LT2 = anaerobe drempel. De panels B en C geven de grove verdeling van de trainingsintensiteit aan wanneer een hardloper traint volgens het gepolariseerde (B) versus het piramidale model (C).

gezien vaker een piramidale dan een gepolariseerd TID-model volgen.³⁻⁷ Aan de andere kant suggereert een aantal kortere prospectieve onderzoeken - met een duur van maximaal vijf maanden - dat gepolariseerd trainen effectiever zou zijn.^{4,8} Het trainen op hoge intensiteit (zone 3) gaat volgens deze studies gepaard met grotere verbeteringen in onder meer de maximale zuurstofopname, tijdsprestatie en de tijd tot uitputting tijdens een maximaaltest.

Drempeltraining

Centraal in het debat staat dus het belang van de zone 2 training, ook wel als drempeltraining aangeduid. Deze beslaat in theorie het hele gebied tussen LT1 (aerobe drempel) en LT2 (anaerobe drempel). De bijbehorende lactaatwaarden in het bloed vallen hierbij grofweg tussen de 2 en 4 mmol/l (zie figuur 1). Volgens de Noorse methode moet deze drempeltraining in de praktijk voornamelijk worden uitgevoerd op een snelheid die rond of net onder de anaerobe

drempel ligt, in de figuur aangegeven door het gestippelde gedeelte. Ook kan het toepassen van intervallen op hogere snelheid met voldoende rust ertussen ervoor zorgen dat de lactaatpiegel tijdens de training niet te veel stijgt. Op deze manier kan de anaerobe drempel verlegd worden zonder al te zware vermoeidheid te creëren, zoals wel gebeurt wanneer de inspanning langere tijd in zone 3 plaatsvindt. Door de lactaatpiegels in het bloed nauwkeurig in de gaten te houden (op het niveau van de ‘maximum lactate steady-state’, afgekort als MLSS), zou een atleet volgens deze benadering beter in staat moeten zijn om de ‘sweet spot’ te vinden, waardoor de drempeltraining niet alleen effectiever wordt, maar ook vaker uitgevoerd kan worden.

Dubbele drempeltraining

Momenteel kiezen de Noren er voor om geregeld twee van deze drempeltrainingen op één dag af te werken (de zogenaamde ‘double threshold’ trainingen).¹⁰ De grond-

legger achter deze lactaatgestuurde drempeltraining in intervalvorm, de Noorse elite langeafstandsloper Marius Bakken, opperde zelfs om te gaan experimenteren met drie van dit soort trainingen op één dag.^{9,10} Bakken trainde eind jaren '90 als een van de weinige westerlingen al in Iten, waar hij zichzelf als proefkonijn kon bestuderen en het tempo in zijn training afstemde op de uitslag van zijn bloedlactaatwaarde tijdens de sessie. Het grote voordeel dat Bakken in deze benadering zag, was dat een atleet zo wekelijks een groter aantal intensievere trainingen kan uitvoeren bij een relatief lagere vermoeidheid. Het resultaat is een groter volume van de zone 2 training ten opzichte van zone 3 en derhalve een piramidale TID.

Onder andere de drie succesvolle gebroeders Ingebrigtsen trainen volgens deze methode, net als de eerder genoemde Noorse (tri-)atleten. Het lijkt hen geen windeieren te leggen, want bij de mannen heeft het Scandinavische land met slechts 5,5 miljoen inwoners momenteel op de loopafstanden van 1500 meter tot en met de marathon vergelijkbare nationale records als die van de VS.⁹ Ook ikzelf pas deze 'double threshold'

methodiek inmiddels toe in mijn schema. Hoe dit er in de praktijk uitziet, beschrijf ik in het vervolg van dit artikel.

Mijn eigen hardlooppopbouw

Vanaf 2019 heb ik me serieus op het hardlopen gericht. Ik trainde toen 4-5 keer per week met 1-2 intervalsessies per week (zie tabel 1). In de jaren die volgden breidde ik het volume en de intensiteit van mijn trainingen substantieel uit. In 2021 begon ik ook met twee keer op één dag trainen: een rustige training 's ochtends en dan 's avonds nog een baantraining. Op deze manier hoopte ik effectief mijn kilometeromvang op te schroeven. Na dat jaar merkte ik echter dat mijn vooruitgang stagneerde en ging ik op zoek naar een alternatieve aanpak, waarbij ik online op de Noorse methode stuitte. In plaats van één flink intensieve training die ik voorheen 's avonds afwerkte, ging ik op dezelfde dag tweemaal een 'gematigd' intensieve training doen. Hierbij aarzelde ook ik of twee keer op een dag stevig trainen geen extra risico op blessures of overtraining zou geven, maar hiervoor zouden de lactaatmetingen me kunnen behoeden.

Trainen op basis van lactaat

Lactaat kent allerlei functies in het lichaam. Het fungeert als directe brandstof voor verschillende weefsels, kan als substraat dienen voor de nieuwvorming van glucose in lever en nieren en tevens als signaalstof bijdragen aan onder andere spieradaptatie, de aanmaak van bloedvaatjes, ontsteking en hongerregulatie.¹¹ De lactaatconcentratie in het bloed is hierbij een afspiegeling van enerzijds de productie in het actieve spierweefsel en anderzijds de opname ervan in spieren, lever, hersenen en andere organen. De mate waarin de lactaatconcentratie zich opbouwt in het bloed wordt beschouwd als een indicator van de interne inspanningsbelasting. Onder de aerobe drempel LT1 blijft de concentratie laag, grofweg rond de 1-2 mmol/l. Tussen LT1 en LT2 ligt de concentratie al wat hoger, maar weet die tot ~3-5 mmol/l nog altijd min of meer een steady-state te bereiken. Wordt eenmaal LT2 (ook wel het 'omslagpunt' genoemd) gepasseerd, dan stijgt de lactaatspiegel exponentieel en neemt de vermoeidheid onvermijdelijk flink toe (zie figuur 1). Zeker op hoogte, zo is mijn ervaring, is lactaat een betrouwbaardere graadmeter voor de mate van inspanning dan bij-

Seizoen	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Training schema	<ul style="list-style-type: none"> • 4-5 keer per week trainen • Eén of twee interval sessies per week 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 keer per week trainen • Twee tot drie interval sessies per week 	<ul style="list-style-type: none"> • 8-9 keer per week trainen • Starten met twee trainingen per dag (A.M. rustig + P.M. Interval sessie) 	<ul style="list-style-type: none"> • 10-11 keer per week trainen • Starten met double treshold sessies 	<ul style="list-style-type: none"> • 10-12 keer per week trainen • Trainen in Kenia Elke zaterdag een (tempo) longrun. Om de week een fartlek of double treshold training
Wekelijks volume	Gem: 50 km Max: 70 km	Gem: 60 km Max: 90 km	Gem: 78 km Max: 105 km	Gem: 90 km Max: 140 km	Gem: 115 km Max: 170 km
Persoonlijke besttijden	5 km: 17:01 10 km: 35:10 Halve: -	5 km: 15:46 10 km: 33:02 Halve: -	5 km: 15:20 10 km: 31:52 Halve: 1:10:02	5 km: 14:54 10 km: 31:11 Halve: 1:06:42	voorspelling: 5 km: - 10 km: sub 30:00 Halve: sub 1:05 Hele: sub 2:18

Tabel 1 | Trainingsopbouw en hardlooppvolume van mijn seizoenen 2019 tot en met 2023. Het huidige seizoen (23-24) is ten dele gebaseerd op een voorspelling (in rood).

voorbeeld de hartslag. Mijn hartslag lijkt in trainingen op hoogte soms een vergelijkbare waarde te vertonen als bij dezelfde inspanning op zeeniveau, terwijl mijn lactaatwaarden juist een stuk hoger zijn.

In de praktijk

Terwijl lactaatmetingen in het verleden in een gespecialiseerd laboratorium uitgevoerd moesten worden, zijn er de laatste jaren verschillende apparaten op de markt verschenen waarmee op elke locatie in 15 tot 20 seconden een meting gedaan kan worden (zie figuur 2). De apparaten meten vrij nauwkeurig; afgaande op een studie waarin zes verschillende apparaten werden vergeleken, vallen de lactaatwaarden iets lager uit dan in het lab, met name in het bereik $> 4,0$ mmol/l.¹⁴ Op het trainingscomplex in Iten heeft zeker driekwart van de atleten in het verleden gebruik gemaakt van een lactaatmeter, of er momenteel nog één in eigen bezit. Goedkoop is een meting nog altijd niet: het apparaat zelf kost al gauw 400 euro en iedere meting (door middel van een strip) kost ongeveer 2 euro. Na aanschaf van de lactaatmeter is het raadzaam om allereerst een intensiteit-lactaatconcentratie curve op te stellen, zoals in figuur 1A. Dit kan prima op de baan plaatsvinden. Het belangrijkste getal om te weten is de loopsnelheid waarbij het lactaat exponentieel begint toe te nemen (LT2). Met deze waarde in het achterhoofd kun je tijdens de trainingen gebruik maken van de lactaatmeter. Drempeltraining wordt voornamelijk uitgevoerd met een trainingsintensiteit die overeenkomt met lactaatwaarden tussen de $\sim 2,0$ en $\sim 4,5$ mmol/l; overigens kan hierbij op individuele basis de lactaatwaarde rond de LT2 nog wel verschillen tussen atleten. Zo omschrijft Bakken dat het omslagpunt LT2 varieert van 3,0 mmol/l voor een typische langafstandsloper tot 4,5 mmol/l voor een middellangeafstandsloper.⁹ Bij mezelf houd ik 4,0 mmol/l aan.



Figuur 2 | De auteur in actie tijdens een lactaatmeting (links) en de daarbij gebruikte meter (rechts).

Omdat tijdens mijn eerste interval de lactaatwaarden minder stabiel zijn -waarschijnlijk omdat mijn lichaam nog niet volledig is opgewarmd - meet ik meestal in het tweede interval tijdens een tempotraining in zone 2. Op basis van de gemeten lactaatwaarde kan ik vervolgens besluiten om mijn tempo bij te stellen en even later weer te checken of ik qua lactaat nu wel op mijn 'sweet spot' zit. Na verloop van tijd weet je een gevoel te ontwikkelen voor de lactaatwaarde die bij een bepaalde mate van inspanning hoort. Momenteel hoef ik daardoor slechts 1 á 2 keer per week mijn lactaatwaarden te testen. Wanneer de training aanslaat, zullen de snelheden rondom LT1 en LT2 in de loop van de tijd toenemen en zal de intensiteit-lactaatconcentratie curve zodoende naar rechts opschuiven. Om zicht te krijgen op de mate van progressie is het van belang om onder zoveel mogelijk dezelfde omstandigheden en tempo's lactaatmetingen te doen; hiervoor is een test op de loopband erg geschikt.

Implementatie van 'double threshold' trainingen

Hoe een trainingsschema met 'double threshold' trainingen er in de praktijk uit kan zien, is weergegeven in tabel 2. Zowel op de dinsdagen als de donderdagen wordt er twee keer per

dag een 'intensieve' training gedaan. Ik pas dit zelf ook toe, maar met een lagere kilometeromvang per training. Vooral in de avond doe ik minder, bijvoorbeeld 6 x 1000 meter of 15 x 400 meter. Bij dit schema is het vooral van belang dat de meeste intervaltrainingen gecontroleerd worden uitgevoerd, met in zone 2 lactaatwaarden die tussen de 2,5-3,5 mmol/l blijven. Alleen in de zone 3 heuvelsprinttraining worden hogere lactaatwaarden gehaald, zelfs richting de 8,0 mmol/l (zie tabel 2).

Opmerkelijk aan het schema in tabel 2 is dat ook trainingen waarbij de absolute snelheid hoger ligt dan het tempo op de halve marathon als zone 2 geassocieerd worden. Zo lopen deze atleten in de avond vaak sessies met herhaalde 1000 meter of 400 meter intervallen op hun 10 km of zelfs 5 km wedstrijdtempo. Dat deze trainingen nog steeds als 'zone 2' worden beschouwd is omdat de duur van de intervallen te kort is om lactaatwaarden te halen die boven de LT2 uitstijgen. Ook is de rustperiode tussen de intervallen lang genoeg om de lactaatwaarden weer enigszins te laten herstellen.

Hoeveel van de totale omvang er in zo'n schema daadwerkelijk op een zone 2 intensiteit gelopen wordt, staat beschreven in een artikel dat over de training van de Ingebrigtsen

	Ochtend	Middag
Maandag	15 km z1	12 km z1 + Sprintjes z3, en techniek
Dinsdag	Baan 5x6 min z2 (1 min rust) op 2.5 mmol/l	Baan 10x 1000 m z2 (1 min rust) op 3.5 kkmol/l
Woensdag	16 km z1	10 km z1 + Sprintjes z3, en techniek
Donderdag	Baan 5x2000 m z2 (1 min rust) op 2.5 mmol/l	Baan 25x 400 m z2 (30 sec rust) op 3.5 mmol/l
Vrijdag	15 km z1	rust
Zaterdag	Heuvelsprints z3, 20x 200 m (70s dribbel rust) op 8.0 mmol/l	10 km
Zondag	21 km z1	rust

Tabel 2 | Voorbeeld van een trainingsweek van een atleet als Jakob Ingebritsen.⁹

broers is geschreven.¹² Hieruit bleek dat de drie tijdens de voorbereidingsperiode circa 25% van het wekelijkse volume uitvoerden als intervaltraining; hiervan werd verreweg het meeste uitgevoerd in zone 2.¹²

Keniaanse trainingsstijl

Het trainingsschema van de ‘gemiddelde’ Keniaanse langeafstandsløper die ik in Iten zie trainen, is weergegeven in tabel 3. Zo’n atleet loopt de 10 km onder de 30 minuten en een marathon in 2:15 uur. Dit schema is gebaseerd op mijn praktijkervaring en gesprekken met de Keniaanse lopers; uiteraard zullen er op individuele basis verschillen zijn. Belangrijk om te vermelden is dat ik de Kenianen nooit lactaat zie prikken. Zij trainen vooral op ‘het gevoel’ en de gekozen intensiteit is dus vooral gebaseerd op de ervaren mate van inspanning (RPE). Ik loop regelmatig met één van de Keniaanse loopgroepen mee en train grotendeels volgens dit schema. Mijn omvang is wel iets kleiner en tevens vervang ik de fartlek training om de week door een ‘double threshold’ sessie, om zo wat meer Z2 omvang mee te kunnen pakken. Zoals te zien is in tabel 3 ligt de gemiddelde omvang per week tussen de 175 en 200 km. Hiervan wordt ongeveer 30% gelopen buiten zone 1, met

het grootste deel in zone 2. De hogere intensiteit wordt voornamelijk al tijdens de duurlopen opgezocht; de meeste hiervan vinden in de ochtend plaats en zijn progressief met een einde heuvelop, waardoor gestaag vanuit zone 1 in zone 2 wordt gelopen. Mijn observaties komen overeen met een onderzoek waarin het trainingsprogramma van de beste Spaanse langeafstandsløpers is vergeleken met dat van de Kenianen.¹³ Hierin wordt ook geconcludeerd dat voor de Kenianen geldt dat ongeveer een kwart van de wekelijkse omvang tempolopen zijn in een halve marathon tot marathon-tempo.

Samenvatting en tips

Ik heb van de onderzoeksliteratuur en mijn verblijf in Iten geleerd dat zone 2 training - ook wel tempo- of thresholdtraining genoemd - zeker niet vermeden wordt in de trainings-schema's van de Noorse en Keniaanse atleten. Wetenschappelijke studies onderschrijven de effectiviteit van het piramidale model voor langeafstandsløpers wanneer het gehele trainingsjaar wordt gezien.²⁻⁵ De wekelijkse kilometeromvang van de gematigd intensieve training (zone 2) kan hierbij met de Noorse methodiek van dubbele trainingen op één dag (‘double threshold’) worden vergroot. Met deze kennis kunnen trainers hun voordeel doen door bijvoorbeeld de rustige duurloop te vervangen door een stevige duurloop op Z2 intensiteit. Ter variatie kun je atleten die al gewend zijn om twee keer op een dag te trainen zowel in de ochtend als in de avond een keer tempoblokken laten lopen. Wanneer deze tempo’s conservatief worden ingeschat, is een lactaatmeter niet direct noodzakelijk. Als de hartslag en snelheid rond de anaerobe drempel bekend zijn, kunnen bijvoorbeeld tempoblokken die 10-15 seconde per kilometer onder het omslagpunt liggen veilig uitgevoerd worden. Hier in Iten sta ik ook niet te prikken na elke duurloop met de Kenianen.

	Ochtend	Middag
Maandag	18 km z1/z2 (4:00 - 3:40/km)	6 km + 10-15x 20-40 s heuvel versnellingen z3
Dinsdag	Baantraining intervallen z3 - 200m tot 1000m	8 km z1
Woensdag	18 km z1/z2	10 km z1
Donderdag	Fartlek z2/z3 (1-3 min snel / 1 min langzamer)	8 km z1
Vrijdag	15 km z1	10 km z1
Zaterdag	tempo lange duurloop 30-35 km z2	rust
Zondag	10 km z1	rust

Tabel 3 | Voorbeeld van een typische trainingsweek van een Keniaanse hardløper.

In de toekomst zullen lactaatbepalingen voor atleten overigens steeds eenvoudiger - en waarschijnlijk ook goedkoper - worden. Continue lactaatmeters zullen hun intrede doen, waarmee het mogelijk wordt om gedurende de gehele inspanning of training veranderingen in de lactaatspiegel te monitoren,

waardoor een atleet nog gericht kan trainen. Mijn eigen doel is in ieder geval een snelle debuuttijd

(het streven is 2:20) op de marathon in Enschede.

Over de auteur

Sibren Lochs is een fanatieke hardloper uit Utrecht. Hij heeft als doel om de nationale top te bereiken en traint hiervoor met regelmaat in Kenia. Lochs schreef hierover in zijn boek *Breaking Boundaries*.

1. <https://www.topsporttopics.nl/sportwetenschap/samenvatting/is-polarized-training-echt-de-beste-trainingsmethode-voor-duursporters/>
2. Sperlich B, Matzka M & Holmberg HC (2023). The proportional distribution of training by elite endurance athletes at different intensities during different phases of the season. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1258585.
3. Haugen T et al. (2022). The training characteristics of world-class distance runners: an integration of scientific literature and results-proven practice. *Sports Medicine - Open*, 8 (1), 46.
4. Stögl TL & Sperlich B (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in Physiology*, 6, 295.
5. Kenneally M et al. (2022). Training characteristics of a world championship 5000-m finalist and multiple continental record holder over the year leading to a world championship final. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17 (1), 142-146.
6. Esteve-Lanao J et al. (2005). How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37 (3), 496-504.
7. Casado A et al. (2022). Training periodization, methods, intensity distribution, and volume in highly trained and elite distance runners: a systematic review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17 (6), 820-833.
8. Rosenblat MA, Perrotta AS & Vicenzino B (2019). Polarized vs. threshold training intensity distribution on endurance sport performance: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33 (12), 3491-3500.
9. Casado A et al. (2023). Does lactate-guided threshold interval training within a high-volume low-intensity approach represent the "next step" in the evolution of distance running training? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20, 3782.
10. <https://www.mariusbakken.com/the-norwegian-model.html>
11. Teeffelen J van (2022). De veelzijdige rol van lactaat tijdens inspanning. *Sportgericht*, 76 (4), 10-13.
12. Tjelta LI (2019). Three Norwegian brothers all European 1500 m champions: What is the secret? *International Journal of Sports Science & Coaching*, 14 (5), 694-700.
13. Casado A, Hanley B & Ruiz-Pérez LM (2020). Deliberate practice in training differentiates the best Kenyan and Spanish long-distance runners. *European Journal of Sport Science*, 20 (7), 887-895.
14. Bonaventura JM et al. (2015). Reliability and accuracy of six hand-held blood lactate analysers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14 (1), 203-214.

(advertentie)



Op zoek naar eerdere nummers of artikelen?

Wij hebben vrijwel alles nog op voorraad!
Abonnees krijgen 20% korting op hun bestellingen.

Kijk op <https://sport-gericht.nl/overige-producten/>
of scan de QR code voor alle informatie.





Er is al redelijk wat kennis ten aanzien van kijkgedrag in de sport, maar deze inzichten hebben voornamelijk betrekking op statische situaties. Momenteel zijn er onderzoeken gaande die inzicht proberen te krijgen in het kijkgedrag tijdens dynamische sportsituaties. Dit artikel beschrijft aan de hand van een onderzoek binnen het hockey welke uitdagingen er daarbij zijn.

Kijkgedrag in dynamische sportsituaties

Bente van Dijk

Het meten van kijkgedrag in de sport is steeds populairder geworden¹ als een middel om te onderzoeken hoe visuele informatie wordt gebruikt bij het besluitvormingsproces in bewegingsituaties. De visuele waarneming speelt een cruciale rol bij bewegingen, waarbij de interactie tussen omgevingswaarneming en bewegingsuitvoering constant plaatsvindt, zoals bij een tennisser die zijn positie door continu voetenwerk aanpast aan de naderende bal. Deze cyclus staat bekend als de perceptie-actiecyclus.²

Kijkgedrag in statische situaties

Het kijkgedrag van sporters verschilt per sport. Vanwege de vele variabelen die een rol spelen tijdens het spel is het voor dynamische teamporten bijvoorbeeld uitdagender om efficiënt kijkgedrag te ontwikkelen dan bij meer statische sporten. Veel onderzoeken naar kijkgedrag bij sportprestaties hebben zich tot nu toe gericht op statische situaties, bijvoorbeeld

het stoppen van een strafschop bij voetbal. Deze studies tonen aan dat zowel de strafschopnemer als de keeper strategieën hebben om de kans op scoren respectievelijk stoppen te maximaliseren.^{3,4} Een ander voorbeeld is het eerder in *Sportgericht* beschreven onderzoek van Pia Bartraj⁵ waarin oclusietraining werd gebruikt om het kijk- en beslisgedrag van slagmannen in het honkbal te verbeteren. Hoewel deze studies inzicht bieden in het belang van kijkgedrag in de sport, blijft er nog veel onbekend over het kijkgedrag van (ervaren) sporters in complexere en dynamische omgevingen.

Kijkgedrag in dynamische situaties bij basketbal

Het eerste onderzoek waarin is geprobeerd een meer dynamische situatie in de praktijk te onderzoeken, is van Van Maarseveen en collega's.⁶ Zij onderzochten belangrijke kijklocaties in een *pick-and-roll* spel in het basketbal. In deze studie identificeerden ze zogeheten scanpaden die specifiek zijn voor verschillende basketbalsituaties. Daarnaast vonden ze scanpaden die verband hielden met zowel correcte als incorrecte beslissingen van speelsters. Voor een trainer of docent is het belangrijk om te weten hoe zo'n patroon er bij juiste beslissingen uitziet, zodat hier in de aanleerfase op gecoacht kan worden.



Figuur 1 | Voorbeeld van een visuele fixatie, geregistreerd door de eye-tracker.

Deze bevindingen geven aanleiding tot verder onderzoek naar scanpaden en visueel interessante gebieden in dynamische situaties.

Kijkgedrag onder jeugd-hockeysters

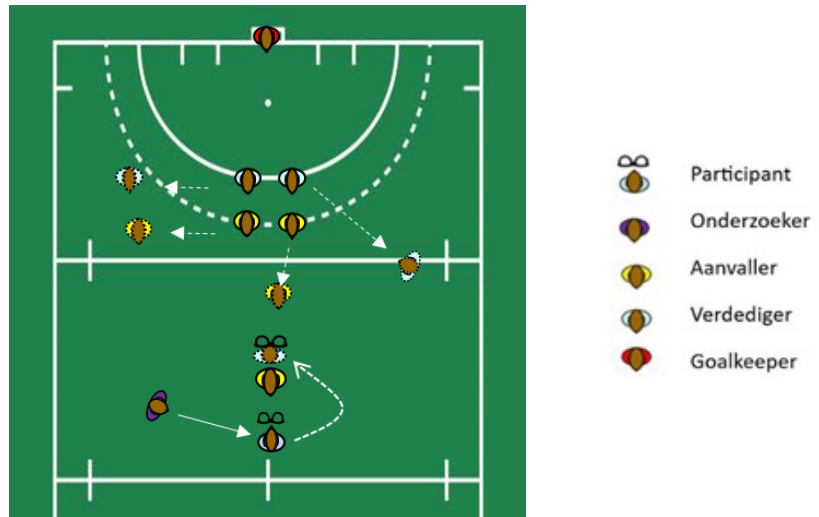
De bevindingen van Van Maarseveen en collega's⁶ zijn voor een dynamische setting heel interessant, maar tegelijkertijd roepen ze ook vragen op. Bijvoorbeeld of de resultaten van dit onderzoek ook gelden voor andere sporten dan basketbal. Daarom zijn wij een onderzoek gestart naar kijkgedrag van (top)jeugd-hockeysters (15-16 jaar oud), waarbij we kijkgedrag in verschillende dynamische 3-tegen-3 spelpartijen hebben getoetst. Het hoofddoel was om beter te begrijpen waar de hockeysters naar keken wanneer ze een correcte dan wel incorrecte beslissing namen. De proefpersonen hadden een *eye tracker* op, een speciale bril waarmee we precies konden meten waar ze tijdens het spel naar keken (zie figuur 1). Om de dynamische omgeving meetbaar te maken zijn er vier verschillende situaties onderzocht die veel voorkomen in het hockey, namelijk:

- mandekking;
- overtalsituatie;
- bal in de ruimte spelen;
- vrijkomen voor de man (zie figuur 2).

Deze situaties zijn van tevoren ingestudeerd door de andere spelers die in de vier verschillende situaties meespeelden.

Sportspecifiek

Om de juiste of onjuiste beslissingen die de hockeysters in de verschillende situaties namen te objectiveren, hebben we de situaties en de juiste of onjuiste beslissingen in samenspraak met de bondscoach en de hoofdtrainer ontworpen. De verzamelde data toonden aan de spelers inderdaad verschillend kijkgedrag te vertoonden als ze een juiste respectievelijk onjuiste beslissing namen. Hockeysters die de juiste beslissingen namen keken



Figuur 2 | Een voorbeeld van een spelsituatie tijdens het onderzoek: vrijkomen voor de man.

in verschillende situaties aanzienlijk vaker om zich heen. Daarnaast kwam naar voren dat de spelers bij een onjuiste beslissing meer gefixeerd waren op de bal, terwijl ze bij een juiste beslissing meer aandacht hadden voor hun omgeving. Verder bleek de eerste fixatie (waar men als eerste naar kijkt bij het opkijken) te variëren. Een verschil tussen het nemen van de juiste of onjuiste beslissing van een speler kwam ook naar voren in het onderzoek van Van Maarseveen.⁶ Ondanks het gebruik van een vergelijkbare situatie in beide studies, kwamen de kijkgedragpatronen in basketbal echter niet overeen met de patronen die we in hockey vonden. Dit suggereert dat kijkgedrag sport-specifiek is en wordt beïnvloed door unieke aspecten van houding en balcontrole in elke sport. Zo is het voor een basketballer eenvoudiger om op te kijken en de bal in bezit te houden, omdat de speler de bal aan zijn hand voelt. In tegenstelling hiermee moeten hockeyers split vision trainen, een vaardigheid waarbij de balzitter zowel naar de bal als naar de omgeving moet kijken. Tevens kijken hockeyers frequenter op en heeft dit invloed op de balcontrole. Als trainer zou je hier ook op moeten oefenen. Moore & Muller⁷ opperen de moge-

lijkheid van het overdragen van kijkgedrag tussen nauw verwante sporten. Ons onderzoek suggereert dat een dergelijke overdracht alleen mogelijk is als de sporten vergelijkbare houdingen en balcontrole delen.

Eerste fixatie

Om het kijkgedrag binnen hockey beter te begrijpen, is in dit onderzoek onder andere gekeken naar de volgorde van kijken. Een van de interessante uitkomsten die uit de dynamische situaties naar voren kwam, is dat de eerste fixatie naar de ruimte belangrijk is voor het nemen van een goede beslissing. Ons onderzoek laat zien dat een hockeyster meestal de juiste beslissing nam als ze na de

TIP VOOR HOCKEYERS:
scan de open ruimte in plaats van onmiddellijk te fixeren op een specifiek visueel aandachtsgebied. Dit kan een doorslaggevend verschil maken in je besluitvorming.

balaanname als eerste naar de ruimte recht voor zich keek. Deze eerste scan van de situatie lijkt nodig om daarna gericht te kijken naar wat er gebeurt in de verschillende situaties en hier vervolgens op te anticiperen. De eerste fixatie in de ruimte nadat de speler de bal heeft ontvangen zorgt ervoor dat de speler niet te snel fixeert naar een kant waar eigenlijk niets gebeurt. Het benadrukt het belang van scannen van de open ruimte voordat een speler een specifieke actie uitvoert.

Scanpatronen

Naast de eerste fixatie hebben we ook onderzocht of er patronen te herkennen zijn in het kijkgedrag per situatie en de beslissing die de hockeysters nemen. De scanpatronen die we per situatie hebben onderzocht, tonen aan dat bepaalde scanpaden vaker voorkomen wanneer spelers een juiste beslissing nemen dan wanneer ze een onjuiste beslissing nemen. In een aanvallende twee tegen één situatie kijken spelers bij een juiste keuze bijvoorbeeld vooral naar de verdediger. Het bleek echter ook dat deze scanpaden per situatie verschilden. Hierdoor is het nog niet mogelijk om een algemene uitspraak te doen over het scanpatroon in alle situaties. Wel



Foto: Rob Pauel

kunnen we concluderen dat spelers zich meer bewust zijn van hun omgeving en wat daar gebeurt wanneer ze een juiste beslissing nemen in vergelijking met wanneer ze een onjuiste beslissing nemen.

Conclusie

Hoewel er nog veel onbekend is over het kijkgedrag in dynamische sportsituaties, is het gelukt om het kijkgedrag van hockeysters te meten. De meest opvallende resultaten wijzen uit dat 1) kijkgedrag sportspecifiek is, 2) de eerste fixatie in de open ruimte van belang is en 3) er verschillende scanpatronen kunnen worden geïdentificeerd.

Vooruitblik

Tot nu toe is er vooral onderzoek uitgevoerd naar het kijkgedrag van topsporters. Er is nog weinig bekend over het kijkgedrag in de aanleerfase bij onervaren jeugdspelers en hoe we effectief kijkgedrag goed kunnen aanleren. In de toekomst hopen we hier met een nieuwe studie meer over te weten te komen.

Met dank aan

Joris Hoeboer, Sanne de Vries & David Mann voor hun hulp en adviezen.



Foto: Rob Pauel

Over de auteur

Bente van Dijk is docent en onderzoeker aan de Haagse Hogeschool. In november 2023 heeft ze haar master bewegingswetenschappen aan de VU Amsterdam afgerond. Daarnaast heeft ze een onderzoekslijn over visuele waarneming opgezet in het SportLab Zuiderpark, waar ze samen met studenten praktijkonderzoek doet naar dit onderwerp. Je kunt haar per e-mail bereiken via bmvdijk@hhs.nl.

1. Kredel R et al. (2017). Eye-tracking technology and the dynamics of natural gaze behavior in sports: A systematic review of 40 years of research. *Frontiers in Psychology*, 8, 1845.
2. Pijpers R, Savelsbergh G & Bakker F (1992). De koppeling tussen relevante informatie en bewegingen (1). *Lichamelijke Opvoeding*, 80 (4), 152-155.
3. Savelsbergh G et al. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 20 (3), 279-287.
4. Dicks M, Button C & Davids K (2010). Examination of gaze behaviors under in situ and video simulation task constraints reveals differences in information

5. Bartraj P (2021). Individualisatie. Gepersonaliseerd trainen van kijkgedrag. *Sportgericht*, 75 (1), 32-34.
6. Maarseveen M van, Savelsbergh G & Oudejans R (2018). In situ examination of decision-making skills and gaze behaviour of basketball players. *Human Movement Science*, 57, 205-216.
7. Moore G & Müller S (2014). Transfer of expert visual anticipation to a similar domain. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67 (1), 186-196.

Op 5 april jl. kwamen de ASM Masters of Movement weer bijeen voor de eerste bijeenkomst van 2024. Hoofdspreker op de Hogeschool van Amsterdam was Edwin Goedhart, bondsarts en hoofd van het sportmedisch centrum bij de KNVB. Hij verwacht de komende jaren een tsunami aan onder meer knieblessures, want de coördinatie van de huidige jeugd is volgens hem zienderogen achteruit gegaan.

Edwin Goedhart: ‘Als je het protocol volgt, scoor je altijd een zes’

Masters of Movement willen knikkende knieën terugdringen

Hanno van der Loo

Kunnen de sport en het bewegingsonderwijs deze verwachte golf indammen? En als er dan toch een blessure is opgetreden, hoe kan de sportfysiotherapeut het herstel dan zo snel mogelijk laten verlopen en de kans op een volgende blessure verminderen?

Kruisband

Bij de knieblessures staat met name de (voorste)kruisbandblessure de laatste jaren nogal in de belangstelling. Niet alleen in de vakliteratuur (zie bijvoorbeeld de in totaal tien artikelen^{1,2}

die Nicky van Melick in de periode 2020-2023 voor *Sportgericht* schreef), maar ook bij de publieksmedia, zoals de NOS.³⁻⁵ Niet verwonderlijk vanwege de blessures van bekende Oranjevoetbalsters als Vivianne Miedema, Jill Roord en Aniek Nouwen. Ook een leek kan meevoelen met een sporter die (gemiddeld) negen tot twaalf maanden zijn of haar sport niet kan beoefenen en een intensief revalidatietraject moet volgen om weer terug te keren op het oude prestatieniveau.

Jeugd van tegenwoordig?

Volgens Edwin Goedhart is het een feit dat het totale aantal knieblessures bij pubermeisjes tegenwoordig hoger is dan voorheen. Wat daarvan de oorzaak is? Dat is niet zomaar duidelijk. Ligt het inderdaad aan een minder ontwikkelde coördinatie ten opzichte van vroeger, toen kinderen nog volop buiten speelden en zich zodoende ‘vanzelf’ breed motorisch ontwikkelden? Lopen de huidige pubers daardoor een groter risico om een knieblessure op te lopen? Om daar iets over te kunnen zeggen zou je moeten weten of het aantal blessures per uur sportbeoefening is toegenomen, maar op dat punt ontbreekt het nog aan



Foto: Olaf Kraak

goede cijfers. Als we aannemen dat voetbal vanwege het karakter van het spel (contactsport met veel plotselinge richtingsveranderingen) nu eenmaal een bepaald risico op het oplopen van een kruisbandblessure met zich meebrengt, dan is het logisch dat het absolute aantal blessures toeneemt als er meer meisjes gaan voetballen. Zo'n toename betekent dan natuurlijk nog niet zomaar dat 'de jeugd van tegenwoordig' vatbaarder is voor zo'n blessure dan de jeugd van vroeger.

Biopsychosociaal perspectief

Maar, zo betoogde Goedhart, uiteindelijk is dit ook niet de vraag waar het om gaat. Want elke blessure, ook bij mannen of welke andere doelgroep dan ook, is er een te veel. Dus je wilt sowieso proberen te voorkomen dat een sporter zo'n ernstige blessure oploopt. Daarom is het zaak uit te vinden wat de belangrijkste oorzaken zijn en hoe die door preventieve maatregelen kunnen worden weggenomen of verminderd.

Vrouwen hebben twee keer zoveel kans als mannen op het oplopen van een non-contact VKB-blessure, dus zonder dat er sprake is van direct contact met de tegenstander. Goedhart benadrukt dat dit probleem vanuit een biopsychosociaal perspectief moet worden aangepakt. Kijk veel breder dan het klassieke 'vrouwen hebben nu eenmaal bredere heupen dan mannen', want ook speelsters met smalle heupen lopen kruisbandblessures op.

Goedhart stelt dat vrouwenhersenen *gemiddeld* kleiner zijn dan mannenhersenen, maar beter doorbloed en met meer verbindingen tussen de cellen. Vrouwen zijn eerder afgeleid, hebben letterlijk meer 'oog' voor hun omgeving. Als ze signaleren dat er iets in hun omgeving gebeurt, kijken ze meteen op. Op een cruciaal moment in een beweging kan dat de coördinatie verstoren, met mogelijk een blessure tot gevolg, aldus Goedhart. Mannen maken eerst af waar ze mee bezig zijn en kijken dan pas op.



Foto: Olaf Kraak

Verder is 'mentale frisheid' volgens hem een factor die bescherming biedt en vermoeidheid juist een risicofactor. Niet voor niets worden in het voetbal de meeste blessures opgelopen aan het einde van de eerste helft, als er nog vrijwel geen spelers gewisseld zijn en de vermoeidheid dus gemiddeld het hoogst is.

Window dressing

Goedhart stelde ook dat we ons als naïeve buitenstaanders niet al te veel moeten voorstellen ('grotendeels window dressing') van allerlei datagestuurde preventiesystemen die profclubs zeggen in te zetten om hun spelers tegen blessures te beschermen. Zo is er de laatste tijd aandacht geweest voor clubs die zeggen het trainingspro-

gramma van voetbalsters af te stemmen op de hormonale schommelingen gedurende de menstruatiecyclus. In een deel van de cyclus neemt de laxiteit van de gewrichten toe en zou de kans op een blessure groter zijn. Volgens Goedhart is er echter geen hard bewijs dat dit inderdaad zo is.

In algemene blijkt het vaak ook helemaal niet haalbaar om langdurig grote hoeveelheden data te verzamelen, ook niet bij mannen. Je kunt de dagelijkse monitoring wat Goedhart betreft maar beter simpel houden. Drie vragen die je dagelijks aan spelers kunt stellen geven al heel veel informatie: Hoe heb je geslapen, hoe is je energieniveau en hoe voelen je spieren? Vervolgens is het zaak de training ook echt aan te passen als een of meer van deze seinen

niet op groen staan. En tevens om bij drie keer groen toch nog steeds je ogen open te houden, want sporters hebben er niet altijd belang bij om eerlijk te zijn. Ervaringsdeskundige Daniëlle van de Donk (de voetbalster liep op 17-jarige leeftijd een kruisbandblessure op) was er tegen de NOS open over: 'Je geeft niet snel aan dat je vermoeid bent, want straks word je niet opgesteld'.

Preventieve training

Wat kunnen we in de training doen om kruisbandblessures te voorkomen? Plyometrie en krachttraining hebben volgens Goedhart zeker een beschermend effect, maar de oefeningen zijn saai. Een voetballer wil vooral voetballen en slaat de blessurepreventie het liefst over. Dit is ook bij andere blessures een bekend fenomeen. Het is bijvoorbeeld onomstotelijk bewezen dat een substantieel deel van de hamstringblessures bij voetballers te voorkomen is door preventieve training met de Nordic hamstring curl, maar toch wordt deze maar zeer spaarzaam toegepast, omdat spelers er een hekel aan hebben en trainers geen directe bijdrage aan de voetbalprestatie zien. Vinden profvoetballers en -clubs het dan niet belangrijk om blessures te voorkomen? 'Zeker wel', zegt Goedhart met aanstekelijk cynisme. 'Ze zijn zelfs bereid om daar financiële offers voor te brengen, want ze laten zich foppen door aanbieders van allerlei hocus-pocus methoden, zoals de *biofotonencabine*.' Gewoon doordacht trainen om de belastbaarheid op te voeren, dat ligt kennelijk lastiger.

Verhaal

Volgens Goedhart is het zowel in de training als de revalidatie belangrijk

om uit te leggen waarom je een bepaalde preventieve oefening aanbiedt. 'Verpak je oefening in een verhaal, want als een sporter het belang ervan beseft, zal hij gemotiveerder zijn om hem uit te (blijven) voeren.' Daarnaast is het van belang om leuke oefeningen te bedenken, bijvoorbeeld met een spelelement: 'Als beweegvormen leuk zijn om te doen, worden ze over het algemeen ook beter uitgevoerd en gaat de kwaliteit van de training en/of de revalidatie dus omhoog.'

Goedhart vindt het verder verstandig om de belasting van sporters tijdens hun groeisprint aan te passen, maar 'zorg er wel voor dat ze niet in het losersklasje terecht komen'. En ook sluit hij zich aan bij ASM-grondlegger René Wormhoudt, die er vast van overtuigd is dat een veelzijdige sporter met een beter ontwikkelde algemene coördinatie een kleinere kans loopt om geblesseerd te raken.

Specifieke vaardigheden

Ook het effectiever aanleren van specifieke vaardigheden, door het toepassen van moderne inzichten op het gebied van motorisch leren, is echter van belang. Niet voor niets had Goedhart de deelnemers aan de bijeenkomst gevraagd om vooraf twee artikelen^{6,7} over dit onderwerp te lezen. Dr. Anne Benjaminse, auteur van beide artikelen, zegt op de website van haar universiteit: 'Coaches moeten meer oog krijgen voor preventie. Ze kunnen meer inzetten op brede motorische ontwikkeling, bijvoorbeeld

door gevarieerde warming-ups. Daar ontbreekt het nu aan. Veel clubs doen 'droge' krachtoefeningen zoals planken en lunges. Die duren nogal eens te lang of zijn te saai, en doen geen recht aan wedstrijdssituaties. Bij preventie gaat het niet alleen om kracht, maar vooral om coördinatie. Om het herkennen van situaties en hoe je daarop anticipeert en reageert. Hoe ga je om met een aanval of schijnbeweging van de tegenstander? Wanneer ga je wel of niet het duel aan? Die koppeling in het brein tussen perceptie en actie krijgt bij preventie nog weinig tot geen aandacht.'⁸

Protocol loslaten

En als er onverhoopt toch een blessure is opgetreden en er gerevalideerd moet worden? Goedhart daagde de aanwezige fysiotherapeuten uit om los te komen van de standaard revalidatieprotocollen en per individueel geval te bekijken hoe het traject verbeterd en versneld kan worden. 'In België is de fysiotherapie veel creatiever dan hier in Nederland. Wij zijn van het protocol. Maar als je het protocol volgt, de veilige ondergrens, scoor je altijd een zes. Om een negen of een tien te scoren moet je creatief zijn en maximaal inspelen op de individuele kenmerken en behoeften van de revaliderende sporter.' Verder pleit Goedhart ervoor om sporters die zich in verschillende stadia van hun VKB-revalidatie bevinden waar mogelijk in dezelfde ruimte te laten trainen. 'Ze motiveren elkaar en kunnen elkaars voorbeeld zijn.'

Over de auteur

Hanno van der Loo studeerde bewegingswetenschappen. Hij is eigenaar van sportwetenschappelijk adviesbureau AdPhys te Boskoop (www.adphysbureau.nl) en hoofdredacteur van *Sportgericht* (<https://sport-gericht.nl>).

1. Melick N van (2020-2021). De voorste kruisband van A tot Z. *Sportgericht*, 74 (2): 14-19 / 74 (3): 18-21 / 74 (6): 40-48 / 75 (1): 42-48.
2. Melick N van (2023). Kniepijn na een voorstekruisbandreconstructie. *Sportgericht*, 77, 1: 16-19 / 2: 18-21 / 3: 32-35 / 4: 14-17 / 5: 34-37 / 6: 28-31
3. <https://nos.nl/artikel/2463738-miedema-mead-en-putellas-waarom-zoveel-kruisbandblessures-bij-topvoetbalsters>
4. <https://nos.nl/artikel/2464706-je-geeft-niet-snel-aan-dat-je-vermoeid-bent-straks-word-je-niet-opgesteld>
5. <https://nos.nl/artikel/2464921-grote-zorgen-om-puber-voetbalsters-er-komt-een-tsunami-aan-knieletsel-aan>

6. Benjaminse A (2018). Niet te veel nadenken op het voetbalveld. *De Voetbaltrainer*, 231, 68-71.

7. Gokeler A & Benjaminse A (2017). Motorisch leren in de praktijk. Implicaties voor preventie en revalidatie voorste-kruisbandletsel. *FysioPraxis*, april 2017, 32-35.

8. <https://www.rug.nl/news/2023/09/vulnerable-girls-knee-cries-out-for-preventative-measures>

Hoe kan het dat de mens zo hard bovenhands kan gooien, maar dat het soms ook opeens mis kan gaan? Kunnen we overbelastingsblessures bij bovenhandse bewegingen voorkomen aan de hand van biomechanische kennis en het gebruik van sensoren? In het proefschrift *Keep the pitcher's elbow load in the game* is dit onderzocht.¹

Blessurepreventie bij bovenhandse sporten

Kunnen sensoren hierbij helpen?

Bart van Trigt



Stel je voor dat je een bal zo ver en zo hard mogelijk wilt werpen. Gebruik je dan alleen je arm, of gooi je je hele lichaam in de beweging? Hier is snel achter te komen: zoek een bal en gooi hem twee keer; één keer terwijl je stilstaat en alleen je arm gebruikt en een tweede keer terwijl je je hele lichaam inzet. Waarschijnlijk zie je direct dat je in het tweede geval verder gooit. Een perfect voorbeeld hiervan is te zien bij het pitchen in honkbal. Deze beweging is uiterst explosief. Om een balsnelheid van rond de 160 km/u te halen, moeten professionele pitchers hun hele lichaam gebruiken en moeten alle lichaamssegmenten, van de onderste tot de bovenste ledematen, in een dynamisch samenspel hun bijdrage leveren. Dit geldt ook voor andere explosieve bovenhandse sportbewegingen, zoals de tennisservice, het werpen van een speer of de smash bij padel, volleybal en badminton.

Kinematische keten

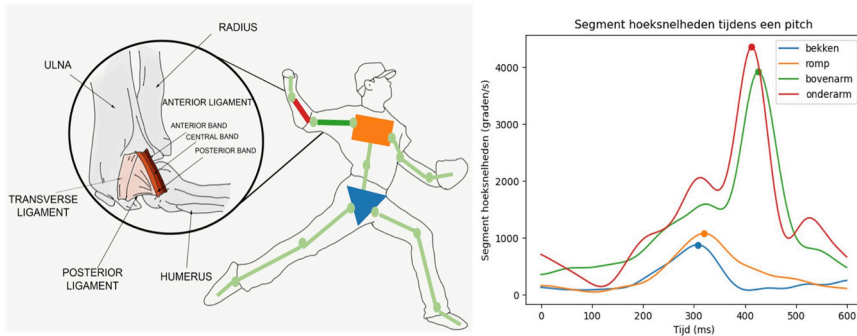
Kenmerkend aan deze bewegingen is dat er een opbouw van energie vanuit de benen, via het bekken en de romp naar de armen gaat. Dit wordt ook wel de kinematische keten of *kinetic chain* genoemd (zie figuur 1). Een manier om de kinematische keten te kwantificeren is het meten van de

hoeksnelheden van alle betrokken lichaamssegmenten en de timing daartussen. Hierbij wordt aangenomen dat de hoeksnelheden van de lichaamssegmenten steeds hoger worden naarmate ze dichter bij het einde van de keten liggen (in het geval van honkbal is dat de hand). In figuur 1 is de opbouw van de hoeksnelheden tijdens een honkbalpitch te zien.

Overbelastingsblessures

Binnen de (top)sport is er een continue zoektocht naar de balans tussen maximaal presteren en het voorkomen van blessures. Een geoliede samenwerking in de kinematische keten moet uiteindelijk resulteren in een pitch, service of worp waarbij de bal of speer met voldoende precisie op een hoge snelheid wordt losgelaten. Maar hierbij komen er ook grote krachten op de gooi- of slagarm te staan. In combinatie met het aantal herhalingen kunnen deze leiden tot overbelastingsblessures.

Terwijl veruit het meeste sportblessureonderzoek zich heeft gericht op de enkel, knie en heup, is het mechanisme van schouder- en elleboogblessures nog grotendeels onderbelicht gebleven. Toch is zulk onderzoek noodzakelijk, want de prevalentie van overbelastingsblessures aan de elle-



Figuur 1 | Schematische weergave (links) van het ulnaire collaterale ligament (UCL) en een visuele weergave (midden) van een segmentenmodel van een pitcher. Het UCL bestaat uit drie ligamenten: *transverse*, *posterior* en *anterior*. Het anterior ligament is het vaakst aangedaan bij bovenhandse sporters.

De rechter figuur laat de hoeksnelheden van de segmenten uit de kinematische keten zien tijdens een honkbalpitch (balsnelheid was 128 km/u). Het is duidelijk te zien dat de hoeksnelheden zich achtereenvolgens opbouwen van bekken naar romp en vervolgens van onderarm naar bovenarm. Volgens de ideale kinematische keten zou de hoogste hoeksnelheid van de onderarm later in de tijd moeten liggen dan die van de bovenarm, maar dat is bij deze pitcher niet het geval.

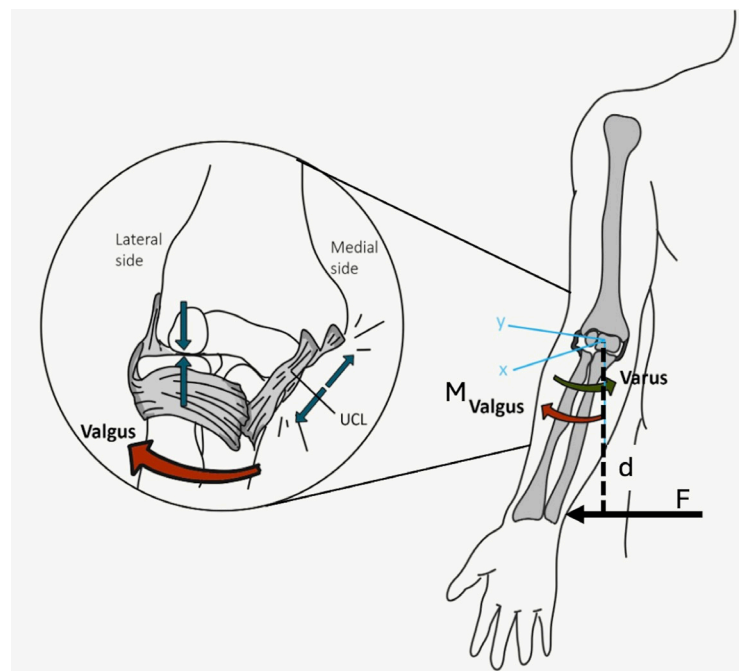
boog in tennis varieert bijvoorbeeld van 14 tot 41%² en van de Nederlandse elite jeugdpitchers geeft 38% aan problemen, pijn of discomfort aan de elleboog te ervaren over een periode van zes maanden.³

Voor de mediale zijde (binnenkant) van de elleboog toont zich bij bovenhandse bewegingen kwetsbaar voor blessures. Deze omvatten 1) tendinopathie van de flexor-pronator spiergroep, 2) symptomen van de ulnaire zenuw, 3) posteromediale impingement en 4) letsel van het ulnaire collaterale ligament (UCL).⁴ In honkbal en speerwerpen komt de laatstgenoemde blessure het meeste voor en ook neemt het aantal gevallen onder tennisers de laatste decennia toe. Van de professionele honkbalpitchers ondergaat 25% tijdens hun carrière een UCL-operatie.¹ De *million dollar question* is waarom dit kwart van de pitchers wel te kampen krijgt met een hardnekkige UCL-blessure en de andere driekwart niet. Dezelfde vraag is ook van toepassing op beoefenaars van allerlei andere explosieve bovenhandse sporten. Waarom raakt de ene wel geblesseerd en de andere niet? Het antwoord zit hem hoogstwaarschijnlijk

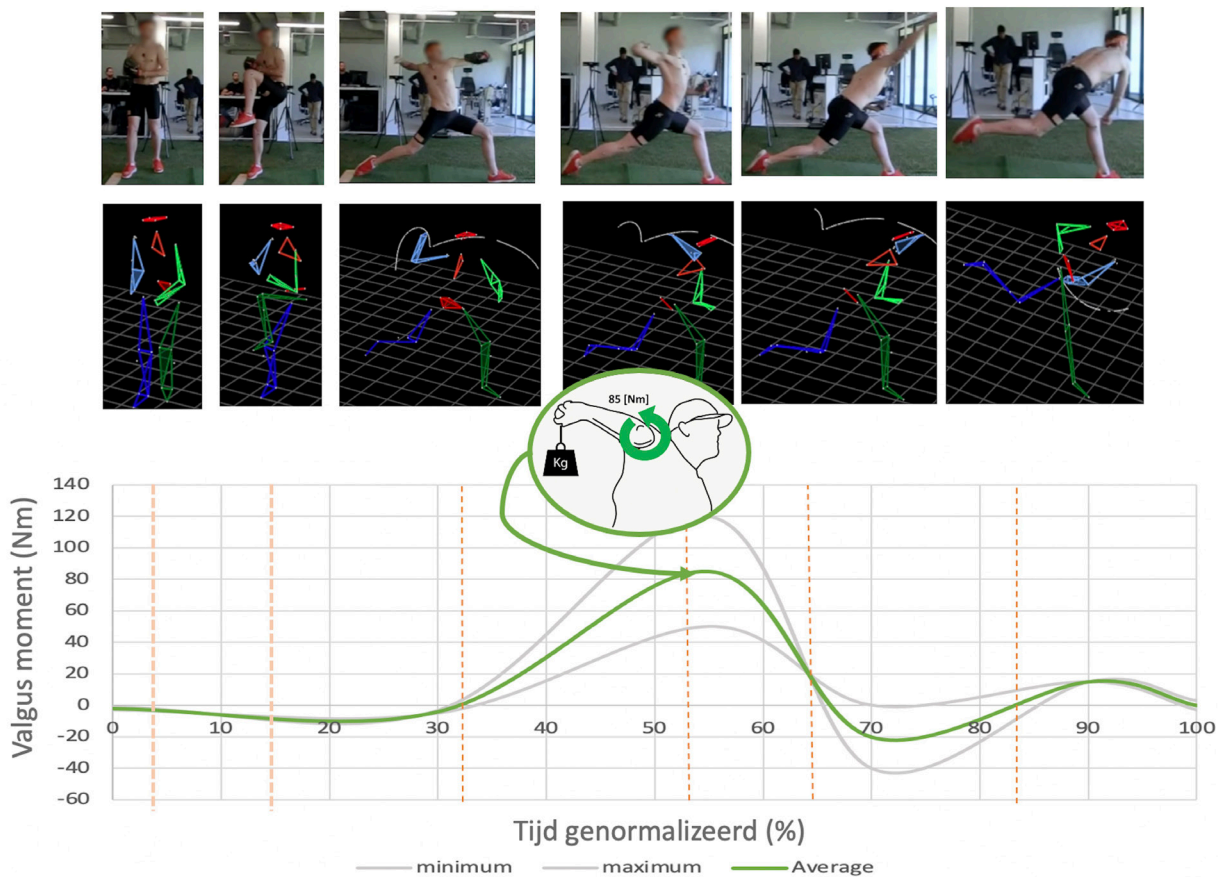
in de mate van belasting van de elleboogstructuren tijdens de explosieve bewegingen. Om dit te onderzoeken is de afgelopen jaren een samenwerking opgezet tussen de TU Delft, VU Amsterdam, KNBSB (honkbal) en KNLTB (tennis). Met de inzet van biomechanische kennis en hulp van sensortechnologie was het doel om een *early warning* systeem te ontwikkelen om preventief overbelastingsblessures bij bovenhandse sporten te verminderen.

De externe elleboogbelasting

Om te onderzoeken wanneer een elleboogblessure ontstaat is het van belang om de belasting erop tijdens de beweging in kaart te brengen. Deze belasting is onder te verdelen in de frequentie (het aantal gegooid ballen) en de intensiteit (de kracht of het moment, zie hieronder en figuur



Figuur 2 | Anatomie van het ellebooggewricht. De zwarte pijl veroorzaakt een kracht F op de onderarm, die zorgt voor een valgus stress. De momentarm d (stippellijn) wordt gedefinieerd als de afstand tussen het punt waar de kracht aangrijpt en het draaipunt (in dit geval de elleboog). Vermenigvuldiging van de kracht met de momentarm ($F \cdot d$) resulteert in het valgusmoment M (rode ronde pijl). In het ingezoomde detail is te zien dat een valgusmoment een belasting op het UCL veroorzaakt. Dit valgusmoment kunnen we tijdens het werpen berekenen met behulp van een biomechanisch model, zoals uitgelegd in figuur 3. Wanneer de onderarm naar binnen beweegt ten opzichte van de bovenarm en de kracht de andere richting inwerkt, vindt er een varusmoment plaats (groene ronde pijl).



Figuur 3 | De pitchbeweging over de tijd, in beeldvorm (bovenste rij) en als computerdata (middelste rij). Bij de proefpersoon zijn reflectieve markers op meerdere botpunten over het gehele lichaam opgeplakt. Met een *motion capture* systeem worden deze markers met acht infraroodcamera's gevolgd tijdens de pitch. Met deze markerdata is een biomechanisch model van de pitcher gereconstrueerd. Vanuit de computerdata wordt vervolgens het externe valgusmoment rondom de elleboog berekend (onderste figuur). De groene lijn representeert het gemiddelde valgusmoment van recreatieve en professionele pitchers; de grijze lijnen zijn het minimum en maximum. De verticale oranje stippellijnen laten de genormaliseerde tijdstippen zien waarop het valgusmoment gedurende de pitchbeweging plaatsvindt. Het piek valgusmoment bevindt zich rondom de maximale externe schouderrotatie. Eenzelfde patroon is bij andere bovenhandse sporten te zien.

2). In een narratief review hebben we beschreven dat het gooien van meer ballen gerelateerd is aan een verhoogd risico op blessures.¹ Bij honkbal wordt daarom bij professionele pitchers het aantal gegooidde ballen gemonitord en is voor jeugdpitchers preventief een *pitch count limit* ingevoerd. Zoals de term al aangeeft wordt hierbij echter alleen rekening gehouden met de frequentie en niet met de intensiteit van de elleboogbelasting. De kracht op het UCL tijdens een bovenhandse beweging kan helaas niet direct worden gemeten omdat hiervoor een rekstrookje of krachten-sensor in de arm geplaatst zou moeten worden. Er zijn echter biomechanische

modellen waarmee de belasting op de mediale zijde van de elleboog betrouwbaar kan worden afgeleid. De UCL is een van de belangrijkste structuren die een valgus stress tijdens een (bovenhandse) beweging moeten weerstaan (zie figuur 2). Voor het diagnosticeren van UCL-blessures gebruiken fysiotherapeuten en orthopeden daarom de *moving valgus stress test* of *Milking manoeuvre*, waarbij een valgus stress wordt opgelegd; deze test is positief wanneer de patiënt herkenbare pijn ervaart.⁵ Tijdens een bovenhandse beweging kunnen we niet de exacte valgus stress, maar wel het valgusmoment berekenen met behulp van een bio-

mechanisch computermodel (zie figuren 2 en 3). Deze berekeningen laten zien dat dit moment het grootst is tijdens de maximale externe schouderrotatie in de bovenhandse beweging. De piekwaarden liggen tijdens een honkbalpitch tussen de 80 en 120 Nm. Tijdens het werpen van een speer (88 Nm) en het slaan van een tennis-service (78 Nm) hebben ze eenzelfde orde van grootte.¹ Dit komt overeen met het vasthouden van een gewicht van 25 kg in de positie zoals afgebeeld in figuur 3. De piekwaarde van het externe valgusmoment gebruiken we als maat voor de intensiteit op de elleboog en als afgeleide waarde voor de kracht op het UCL.

Individuele variabiliteit

In het laboratorium hebben we elf jongens van het Nederlands AAA honkbalteam (Jong Oranje) gemeeten. Zij werden geïnstrueerd om 25 *fastballs* maximaal te werpen. Gemiddeld genomen gooiden ze hierbij met een balsnelheid van 123 km/u. Van iedere worp werd het piek valgusmoment berekend zoals hierboven beschreven (zie ook figuur 3). Tussen de pitchers vonden we behoorlijke verschillen in de individuele grootte van het piekmoment (van 36,4 tot 68,5 Nm), wat overeenkomt met de literatuur. We zagen echter ook dat er tussen pitchers een duidelijke discrepantie was in de variabiliteit van het valgusmoment. Juist het detail van die individuele variabiliteitsbelasting, in combinatie met de grootte van de belasting en de frequentie, zou kunnen verklaren waarom de ene pitcher wel geblesseerd raakt en de andere niet.

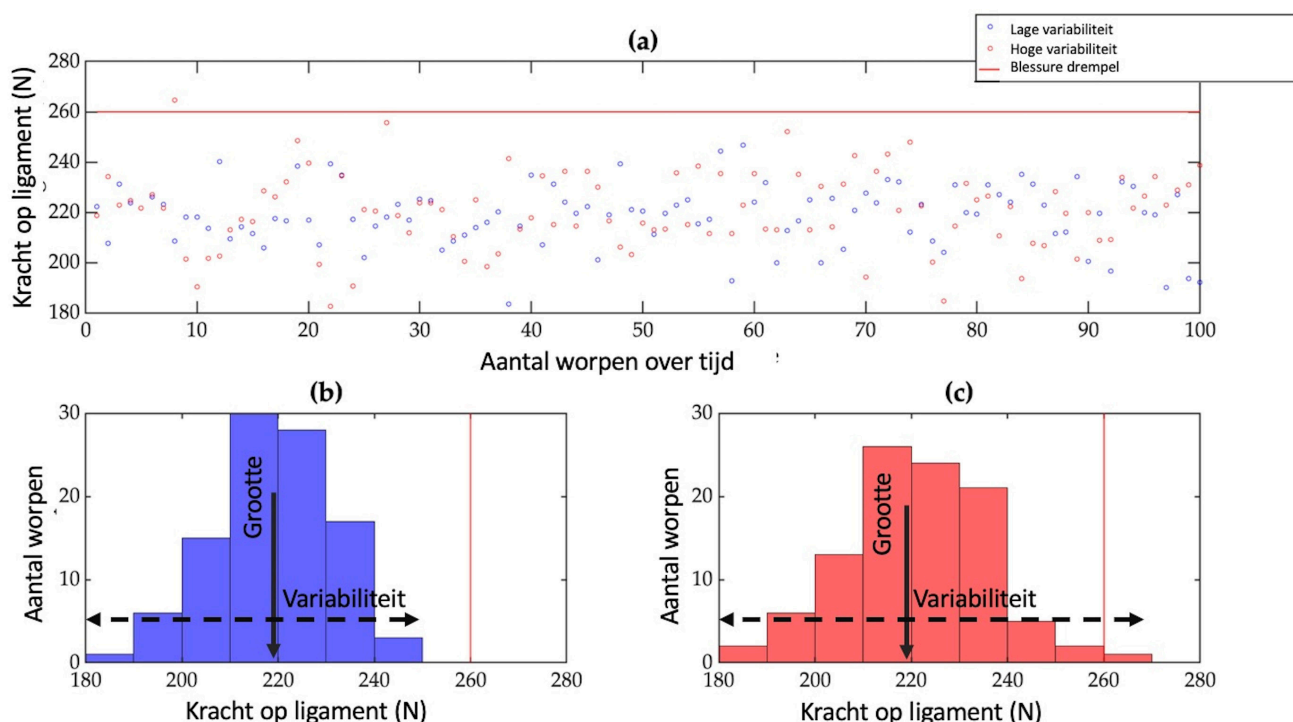
Om dit inzichtelijker te maken hebben we een blessuremodel ontwikkeld. In figuur 4 zijn de gesimuleerde data van het pitchen van 100 ballen over de tijd te zien. Figuur 4a laat voor twee denkbeeldige pitchers de absolute krachten op het UCL-ligament per worp zien; de staafdiagrammen in de figuren 4b en 4c tonen hun variatie tijdens het werpen. Hieruit blijkt dat de beide pitchers gemiddeld genomen dezelfde kracht op het ligament ervaren, maar dat de variabiliteit ervan verschilt. Als we de rode lijn in de figuren (hier 260 N) als blessuredrempel nemen, dan is te zien dat een sporter in de gevarenzone komt wanneer de variabiliteit toeneemt (figuur 4c). Dit laat het belang van het meten van de individuele variabiliteit van de elleboogbelasting zien en kan mogelijk verklaren waarom de ene sporter wel geblesseerd raakt en de andere niet. Dit gaan we in de toekomst preciezer onderzoeken.



Scan de QR-code om een video over het onderzoek te bekijken'

Mogelijke oorzaken

Hoe kunnen we de verschillen in de grootte en de variabiliteit van de elleboogbelasting tussen pitchers verklaren? Ten eerste zijn er antropometrische verschillen. Een langere, gespierdere arm heeft een grotere traagheid en geeft daarmee een hogere belasting. Anatomische verschillen kunnen echter niet de verschillen in de individuele *variabiliteit* van de belasting verklaren. Hiervoor moeten we inzoomen op de bewegingsuitvoering van de sporter, de kinematische keten dus. Zo is het bekend dat sporters die hun lichaamssegmenten goed op elkaar af weten te stemmen een lagere elleboogbelasting hebben.⁶ Bewegingsveranderingen die al vroeg in de keten



Figuur 4 | Voorbeeldresultaat van het blessuremodel.

Boven (a): de kracht op het ligament tijdens 100 opeenvolgende worpen. Blauwe stippen: visualisatie van een pitcher met een kleinere variabiliteit. Rode stippen: visualisatie van een pitcher met een grotere variabiliteit. Rode horizontale lijn: aangenomen blessuredrempel. Onder: de statistische verdelingen van de krachten op het ligament van de pitcher met respectievelijk de kleine (b) en de grote variabiliteit (c). De rode verticale lijn geeft opnieuw de blessuredrempel aan.

optreden, zouden daarom kunnen bijdragen aan de variabiliteit en de grootte van de elleboogbelasting. In een vervolgonderzoek hebben we daarom in het laboratorium het effect van vermoeidheid - opgewekt door herhaaldelijk pitchen - op de elleboogbelasting onderzocht.¹ De onderzoekspopulatie bestond uit mannelijke professionele en recreatieve pitchers, die met een balsnelheid van gemiddeld 107 km/u gooiden. De pitchers werden geïnstrueerd om *full effort fastballs* te werpen, zoals ze in een wedstrijd doen. Wanneer ze ofwel meer dan 110 ballen hadden gegooid, ofwel hoger dan 80% scoorden op de vraag 'hoe vermoeid ben je' (gemeten met een visueel analoge schaal), moesten ze stoppen. Inderdaad zagen we dat vermoeidheid gepaard ging met een verandering in de individuele variabiliteit van de elleboogbelasting, maar dat dit niet eenduidig gebeurde. Waar bij sommige pitchers de variabiliteit tussen de worpen toenam, nam die bij anderen juist af. Hierdoor werd er op groepsniveau geen effect van vermoeidheid gevonden, terwijl dit effect er op individueel niveau dus wel degelijk kan zijn. Dit maakt opnieuw duidelijk dat het belangrijk is om én de grootte én de variabiliteit van de elleboogbelasting van een individuele pitcher over de tijd

te meten, niet alleen gedurende één training, maar ook gedurende het hele seizoen.

Sensortechnologie PitchPerfect

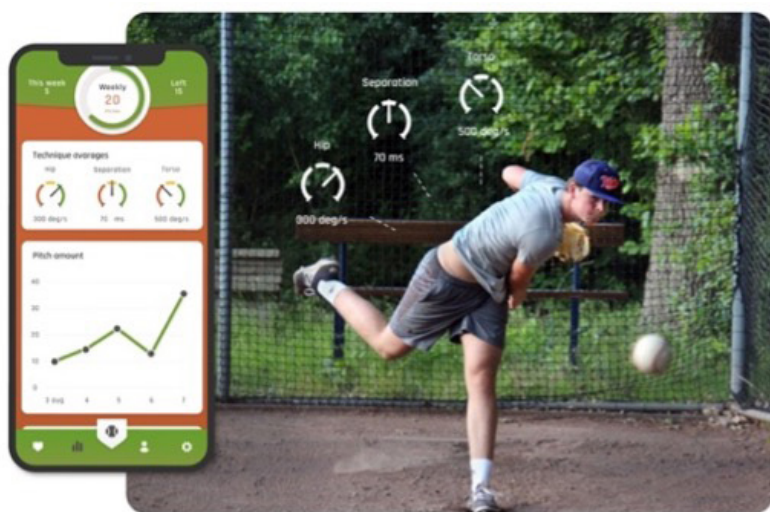
Uit de resultaten van het proefschrift komt naar voren dat het voor een werkzaam *early warning* systeem bij bovenhandse blessures van belang is om de frequentie van het aantal worpen in combinatie met de kracht op de elleboog van het individu in kaart te brengen. In Nederland hebben we hiervoor het PitchPerfect systeem ontwikkeld (zie figuur 5). Dit systeem meet de beweging van een individuele pitcher op het veld en kan daarnaast ook directe visuele feedback geven. Door middel van draagbare sensoren (IMU's)⁷ worden de bekken- en rompkinematica gedurende de worp gemeten. De blauwe en oranje lijn in figuur 1 zijn de signalen die hierbij uit het systeem komen. We weten uit vorig onderzoek dat de piekwaarden van de bekken- en romphoeksnelheden en de separatietijd ertussen gerelateerd zijn aan de balsnelheid.⁸ Daarom krijgen pitchers hierover informatie terug uit het systeem.

Omdat pitchers tijdens het pitchen liever niets aan hun werparm hebben, worden de hoeksnelheden van de boven- en onderarm (de groene en rode

lijn in figuur 1) niet met het systeem gemeten. Dit is ook niet zo relevant omdat, wanneer het gaat om hard pitchen, juist het bekken en de romp vanwege hun massa van belang zijn. Om te weten wat de intensiteit van de elleboogbelasting tijdens het werpen is, hebben we een voorspellend machine learning model ontwikkeld dat het valgusmoment tijdens het pitchen kan schatten op basis van de separatietijd en de piek hoeksnelheid van de romp.¹ Door deze sensortechnologie zijn we niet meer gebonden aan het laboratorium, maar kunnen we in het veld de bovenhandse beweging meten. In de toekomst kunnen we de relatie tussen belasting en elleboogblessures tijdens een heel seizoen bij meerdere pitchers onderzoeken. Hierbij kunnen we een individuele pitcher van feedback voorzien wanneer het risico op blessures toeneemt. Mocht de externe belasting te hoog worden, dan zal er een signaal naar de sporter gaan om hem te waarschuwen ('stop nu met werpen') of te adviseren ('gooi vandaag maximaal 10 ballen op 80% van je max').



Scan de QR-code om te bekijken hoe het PitchPerfect systeem werkt'



Figuur 5 | Het PitchPerfect systeem dat op het veld variabelen van de kinematische keten gedurende de pitch in kaart brengt.

Toepassing

Om elleboogblessures bij bovenhandse sporten te verminderen is het monitoren van alleen de frequentie (het aantal geworpen of geslagen ballen) niet voldoende en te veel een *one size fits all* principe. Het is belangrijk dat naast de frequentie ook de individuele belasting van de elleboog wordt gemonitord. Dit kan gedaan worden met draagbare sensortechnologie, zoals het Pitch-Perfect systeem. Om de individuele belasting op de elleboog te verlagen is het van belang om de gehele kine-

matische keten mee te nemen. Een optimaal gebruik van de onderste ledematen, de bekken en de romp zal ervoor zorgen dat de elleboogbelasting vermindert.



Scan de QR-code om te luisteren naar de podcastserie 'Breaking the High Load' waarin ik meer vertel over mijn onderzoek.

Over de auteur

Dr. **Bart van Trigt** is bewegingswetenschapper en als *biomechanical engineer* gepromoveerd aan de TU Delft. Als *pracademic* verbindt hij de praktijk en wetenschap in het sports engineering en beweegdomein. Dit doet hij momenteel vanuit zijn eigen bedrijf Ridgeline Movement en vanuit de TU Delft, waar hij actief is als onderzoeker en implementatiedeskundige.

Website: www.bartvantrigt.nl, e-mail: info@bartvantrigt.nl.

1. Trigt B van (2023). Keep the pitcher's elbow load in the game: Biomechanical analysis of injury mechanisms in baseball pitching towards injury prevention. Academisch proefschrift, Technische Universiteit Delft.

2. Pluim BM et al. (2006). Tennis injuries: occurrence, aetiology, and prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 40 (5), 415-423.

3. Graaff E van der (2019). Perfecting your pitch: In search of the perfect baseball pitch and its training. Academisch proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam.

4. Eygendaal D et al. (2007). Biomechanics of the elbow joint in tennis players and relation to pathology. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 820-823.

5. Heisen J, Oskam A & Lagewaard R (2017). Niet alles is een tenniselleboog. *Sportgericht*, 71 (1), 14-19.

6. Aguinaldo AL & Chambers H (2009). Correlation of throwing mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 37 (10), 2043-2048.

7. Wilmes E (2023). Biomechanische belasting bij voetballers en hockeyers. *Sportgericht*, 5 (77), 44-48.

8. Graaff E van der et al. (2016). Project FaSTBall: Snel en blessurevrij leren werpen. *Sportgericht*, 70 (3), 38-41.

(advertentie)

Evenement?
Opleiding?
Cursus?
Dienst?
Product?
Vacature?

Hier had UW
advertentie kunnen staan!

Informeer naar de mogelijkheden via sportgericht@xs4all.nl

Op 6 maart jl. organiseerde het opleidingsinstituut SoccerDoc het jaarlijkse voetbalmedisch symposium. De zaal op de KNVB campus in Zeist was wederom goed gevuld met (sport)fysiotherapeuten en andere zorgprofessionals, fysiek trainers en coaches. Verschillende sprekers bespraken voetbalgerelateerde onderwerpen.

Voetbalmedisch symposium 2024

Praktische wetenschap aan de bal

Daan den Braber

Er kwamen vijf sprekers aan het woord. Zo sprak sportfysiotherapeut dr. Bart Dingenen over de revalidatie van de multidirectionele sporter, vertelde orthopedisch chirurg dr. Rob Janssen over voorstekruisbandletsel bij kinderen en nam manueeltherapeut dr. Rob Langhout het onderwerp voetbalspecifieke mobilisaties onder de loep. Sportarts dr. Bella van der Meer sprak vervolgens over kruisbandblessures in het vrouwenvoetbal en orthopedisch chirurg dr. Duncan Meuffels sloot af met een toelichting over stressfracturen in het voetbal. In dit artikel worden een aantal informatieve hoogtepunten besproken en verder belicht.

De revalidatie van de multidirectionele sporter – BART DINGENEN

De sportwetenschappelijke / sportmedische definitie van *change of direction* (COD) luidt 'a reorientation and change in the path of travel of the whole-body centre of mass towards a new intended direction'.¹ Uit onderzoek blijkt dat COD's bij multidirectionele sporters, zoals voetballers, vaak plaatsvinden.² Op het hoogste professionele niveau in Engeland (Premier League) vinden per wedstrijd ongeveer 600 COD's van 0-90 graden plaats.³

COD en decelereren

COD maakt een groot deel uit van de performance van voetballers, maar kan tegelijkertijd ook bijdragen aan een verhoogd risico op blessures.² Decelererende acties zijn nodig om het momentum van de sporter die van richting wil gaan veranderen te reduceren, waarna de COD kan plaatsvinden.² Ze verlagen de belasting op het kniegewricht bij de *final foot contact* (FFC) of *plant touchdown* (zie figuur 1, foto 4). De relevantie van deceleratie wordt bevestigd wanneer gekeken wordt naar de ground reaction force (GRF) profielen tijdens verschillende handelingen.^{4,5} Hieruit blijkt dat er ten opzichte van andere bewegingen bij decelereren veel meer grondreactiekracht ontstaat. Zo kan het voorkomen dat in een periode van 25 milliseconden 5,9 keer het lichaamsgewicht aan kracht vrijkomt. Kortom, optimaal decelereren speelt een essentiële rol in de COD-performance en het verlagen van het blessurerisico bij multidirectionele sporters.

Decelereren - de verdieping

De deceleratiebelasting (frequentie, duur en intensiteit) die een sporter ondervindt, wordt bepaald door de deceleratiecapaciteit. Hierbij worden twee hoofdaspecten onderscheiden: het neuromusculaire aspect en het

Opleidingsinstituut SoccerDoc is gespecialiseerd in nascholing van zorgprofessionals in het amateur- en topvoetbal. Ze organiseren workshops en symposia en hebben e-learnings beschikbaar over diverse voetbalgerelateerde onderwerpen. De oprichter is dr. Nick van der Horst, werkzaam bij de medische staf van PSV.

biomechanische aspect. Het neuromusculaire aspect gaat vooral uit van de fysieke capaciteit die geleverd kan worden, zoals de excentrische, concentrische, isometrische en reactieve kracht. Dit aspect kan goed meetbaar gemaakt worden door het gebruik van zogenaamde force plates, waarmee bijvoorbeeld counter movement jumps gemeten kunnen worden. Het biomechanische aspect gaat over de uitvoering van de techniek waarmee de sporter de deceleratie kan inzetten. De inter- en intramusculaire coördinatie van de onderste extremiteit, met andere woorden de omvang en coördinatie van de breaking forces zijn de subonderdelen van deze coördinatieve vaardigheid (figuur 1). Het filmen van deze deceleratie en de COD kan een waardevolle manier zijn om dit te evalueren.

Behandelplan

Bart Dingenen benoemt het principe van 'reversed engineering' dat van belang is bij het opstellen van een behandelplan in geval van een blessure. Welke doelen, taken en prestaties moet de multidirectionele sporter weer kunnen leveren aan het einde van het revalidatietraject? Op basis hiervan kan invulling gegeven worden aan het behandelplan, zoals hieronder in een aantal kernelementen wordt toegelicht:

- 1) Ontwikkelen van fysieke capaciteit, zoals kracht in concentrische, excentrische, isometrische en reactieve vorm;
- 2) Inpassen van effectieve kracht / 'movement training' - hierbij gaat het om het toepassen van oefenvormen in de sport specifieke situatie, met bijvoorbeeld triple flexion to triple extension oefeningen.
- 3) Koppeling tussen cognitie, perceptie en actie - indien voldoende skills en fysieke capaciteit zijn opgebouwd, kan gewerkt worden naar meer sport specifieke oefenvormen, zoals een veldtraining waarbij een S&C-coach of (sport) fysiotherapeut) de sporter door



Different phases of deceleration and change of direction

1: anti-penultimate touchdown / 2: anti-penultimate toe-off / 3: penultimate touchdown / 4: plant touchdown / 5: plant step 6: plant toe-off / 7: re-accel toe-off (1) / 8: re-accel touchdown (1) / 9: re-accel toe-off (2)

Figuur 1 | Decelereren en COD

middel van cues en coaching-strategieën taken laat uitvoeren. Hierbij is er een toename in variabiliteit en complexiteit van de oefenvormen.

- 4) Return to play (RTP) van de sporter - dit gaat over de toepassing van de aangeleerde beweegstrategieën in de (wedstrijd) sportsituatie.

Spiermanipulaties en mobilisaties bij de behandeling van liesblessures – ROB LANGHOUT

Bij het opstellen van een behandelplan bij aanhoudende liesblessures is het van belang om eerst een complete anamnese en lichamelijk onderzoek te doen. Het Doha consensus statement is een passend raamwerk om klinische entiteiten van liespijn te identificeren.⁷ Bij langdurige liesblessures is het in kaart brengen van sport specifieke mobiliteit essentieel om te kunnen inschatten wat de mate van spierarbeid kan zijn bij sportacties als sprinten en schieten. Hierbij wordt bekeken of de bewegingsketen meer uit passieve of actief gegenereerde energie bestaat.

Ketenanalyse als diagnostisch middel

Als er geen weefselschade in de liesregio aanwezig is, is de aanpak van

Rob Langhout passend. Hierbij is dan vaak sprake van het volgende beeld:

- de liespijnklachten recidiveren vaak tijdens voetbalspecifieke bewegingen, zoals sprinten en de (sub) maximale voetbaltrap;
- de speler heeft eerdere blessures gehad in de onderste extremiteit;
- de sporter kan niet meer aansluiten op zijn gewenste niveau.

Op basis van deze kenmerken kan een ketenanalyse een verhelderend beeld geven van de energiebalans van de voetbaltrap, zoals de range of motion (ROM) van de tension-arc en andere trapspecifieke segmentale bewegingen. Aangezien het grootste gedeelte van de energie van de voetbaltrap passieve segmentale energie - en dus passieve beweeglijkheid - betreft, is beoordeling van alle betrokken segmenten enorm belangrijk. De cliënt wordt voor het lichamelijk onderzoek in een positie gelegd waarbij de achterzwaai van de voetbaltrap kan worden nagebootst (zie figuur 2). De aangedane heup/lies wordt vanuit extensie onderzocht op de ROM richting adductie, abductie, endorotatie en exorotatie. Van deze metingen wordt een optelsom van de ROM gemaakt (zie tabel 1).

Er is vaak een duidelijk waarneembaar verschil tussen de aangedane en de niet-aangedane zijde. Het voor-

	Extensie	Abductie	Adductie	Endorotatie	Exorotatie	Totaalscore
niet-aangedane zijde	30	45	35	30	45	185
aangedane zijde	20	25	15	10	30	100

Tabel 1 | Voorbeeld totale ROM-meting (°) tijdens de ketenanalyse van de voetbaltrap van de niet-aangedane en aangedane zijde.

beeld in tabel 1 geeft een realistisch beeld van de beweegketen bij geblesseerde voetballers. Het onderzoek van Rob Langhout en Igor Tak heeft aangetoond dat een verminderde passieve segmentale beweeglijkheid gecompenseerd moet worden vanuit een actieve concentrische contractie. De belangrijkste spieren die dit compenseren zijn de heupflexoren, zoals de m. iliopsoas en de m. adductor longus.⁶ Dit resultaat staat in lijn met de bewering dat voor voldoende passieve energie-overdracht van proximaal naar distaal, voldoende beweeglijkheid per segment nodig is. Dit geldt voor de non-kicking arm tot aan beweeglijkheid van de knie en enkel van het standbeen tijdens de maximale trap.

Spiermanipulatie en mobilisaties als therapeutisch middel

Het onderzoek van Rob Langhout toont ook aan dat spiermanipulaties en mobilisaties in de beweegketen een effectief middel kunnen zijn om de ROM te verbeteren en daarmee RTP te kunnen bewerkstelligen.⁶ In het onderzoek meldt 82% van de participanten binnen twee weken en 88% binnen twaalf weken volledig te zijn teruggekeerd op het oude niveau van voor de liesblessure.⁶ Bovendien blijkt er een substantiële tot volledige toename van de capaciteit van de voetbaltrap bij maar liefst 79%. De technieken die Rob gebruikt

berusten op manueeltherapeutische manipulatie en massagetechnieken.

Volgens het protocol wordt - na omvatting van de gehele liesregio -

manueeltherapeutisch rek gegeven naar os pubis met een interval van 60 seconden. De exacte (neuro)fysiologische verklaring en werking van de techniek is nog niet beschreven. Indien een afgenomen anterieure en posterieure rotatie van het bekken is waargenomen, kan ervoor gekozen worden om de speler te mobiliseren in de hierboven beschreven sportspecifieke voetbaltrap. Het bekken wordt dan gemobiliseerd naar antero- en posterorotatie. Het doel hiervan is dat tijdens de tension-arc en de braking force via het standbeen een grotere segmentale beweeglijkheid wordt gecreëerd op het bekken. Dit verhoogt op zijn beurt de segmentale energietransfer naar het schietende been.



Figuur 2 | Ketenanalyse van de voetbaltrap

Over de auteur

Daan den Braber werkt als algemeen fysiotherapeut bij een eerstelijnspraktijk in Oud-Beijerland. Hij is fysiotherapeut bij vv SHO heren 1, heeft een enorme affiniteit met voetbalblessures en behandelt recreatieve en prestatiegerichte voetballers van jong tot oud. Zijn visie: Het is niet alleen 'fit worden', maar vooral 'fit blijven'.

1. Jones PA & Dos'Santos T (2023). *Multidirectional speed in sport. Research to application*. New York: Routledge.
 2. McBurnie AJ et al. (2022). Deceleration training in team sports: Another potential "vaccine" for sports-related injury? *Sports Medicine*, 52 (1), 1-12.
 3. Bloomfield J, Polman R & O'Donoghue P (2007). Deceleration movements performed during FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (Supplement), 6.
 4. Verheul J (2020). Biomechanical loads in running-based sports: estimating ground reaction forces from segmental accelerations (PhD Academy Award). *British Journal of Sports Medicine*, 54 (14), 879-880.

5. Bezodis IN, Kerwin DG & Salo AIT (2008). Lower-limb mechanics during the support phase of maximum-velocity sprint running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40 (4), 707-715.
 6. Langhout RFH (2019). *The complexity of groin injury. In search of the injury mechanism*. Academisch proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
 7. Weir A et al. (2015) Doha agreement meeting on terminology and definitions in groin pain in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 49 (12), 768-774.