SPORT gericht

Vakblad voor specialisten in beweging

nr. 1 | 2021 - jaargang 75

Indivisualisatie

Ketogeen dieet

Linkshanders

SPORT gericht
Vakblad voor specialisten in beweging
nr. 1 | 2021 - jaargang 75

Digitale kopie

NB Alleen voor persoonlijk gebruik

dus niet voor verdere verspreiding

Indivisualisatie

Ketogeen dieet

Linkshanders

SPORT gericht nr. 1 | 2021 - jaargang 75
Vakblad voor specialisten in beweging

HOOFD- EN EINDREDACTIE
drs. Hanno van der Loo

REDACTIE
drs. Jorrit Rehorst,
drs. Germen van Heuveln

VASTE MEDEWERKERS
Bas Van Hooren MSc, drs. Erik Hein, dr. Jacques van Rossum, dr. Jurgen van Teeffelen

ADRES
Sportgericht
Julianastraat 73
2771 EB Boskoop
Telefoon 0172-230681
sportgericht@xs4all.nl
https://sport-gericht.nl

SOCIALE MEDIA
facebook.com/Sportgericht
twitter.com/SportGericht
instagram.com/sportgericht

DRUK
Zalsman BV, Zwolle

VORMGEVING
Impressio Communicatie, Boskoop

© 2021 Uitgeverij Sportgericht

ISSN 1571-8654

ABONNEMENTSPRIJZEN
€ 63,- (Nederland) voor 6 nummers, incl. 9% BTW en verzendkosten.
Europa € 73,-, rest van de wereld € 93,-.
Studentenkorting: € 13,- 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 illustratiemateriaal.

E-woord

Vlaanderen heeft jaarlijks zijn Ronde. Het openbare leven staat een dag stil en iedereen volgt de vaak heroïsche strijd op de met kinderkopjes geplaveide hellingen. Het afgelopen jaar heeft ons geleerd, dat ook een editie met het publiek niet langs het parkoers, maar thuis voor de buis, legendarisch kan worden. Nederland heeft op onvoorspelbare momenten in de geschiedenis een sportevenement dat de jaarlijkse Ronde van onze zuiderburen overstijgt. Iedereen heeft het er al dagen over, dus ik ga het er niet over hebben.

Ik had ook wel wat anders aan mijn hoofd. Zomers is het me nooit opgevallen, maar nu trok het onvermijdelijk mijn aandacht: de achterdeur van mijn huis sluit pas echt lekker als hij op slot zit. Ik heb het even op moeten zoeken, maar de deur heeft een zogeheten krukbediende meerpuntssluiting. U weet wel, met zo'n klink die je naar boven moet duwen om de sleutel om te kunnen draaien. Schijnt zeer goede bescherming te bieden tegen inbraak, zo'n krukbediende meerpuntssluiting.

Als we thuis zijn, zit de achterdeur vaak niet op slot. Dat is goed voor de ventilatie, want daardoor blijft er een kier bestaan tussen deur en kozijn. Maar als er dan medio februari bij -15° een stevige oostenwind staat en een huisgenoot is vergeten het dakraam dicht te doen, dan maak je hem gewoon mee in je eigen huis: de Tocht der Tochten 2021!

Veel schaatsplezier gewenst en daarna lekker bij de kachel, open haard of radiator met een warme mok anijs- of chocolademelk de nieuwe *Sportgericht* lezen!

Hanno van der Loo
hoofdredacteur *Sportgericht*

De spier als regelcentrum 2
Deel 1: Hoe de spieren onze lichaamsfuncties beïnvloeden
Wim Burgerhout

Ketogeen dieet 6
Eerst nadenken, dan (niet) doen
Rieneke Terink

Handvoorkeur bij tophockeyers 12
Annelies Brocken

Muziek inzetten voor plezier en prestatie in de sport 16
Deel 1: Wat zegt het sportonderzoek?
Lieke Schiphof-Godart

Hartslagvariabiliteit tijdens hoogtestage 20
Hulpmiddel voor betere trainingsrespons?
Sander Berk

Apenkooien 24

Inspelen op verschillen in rijping 26
Deel 2: Implementatie in de praktijk
Jan Willem Teunissen, Stijn ter Welle & John Willems

Indivisualisatie 32
Gepersonaliseerd trainen van kijkgedrag
Pia Bartraij

De hardloopschoenrevolutie dendert voort 35
Jurgen van Teeffelen

Sporter, blijf genoeg eten! 38
Dominique Vrouwenvelder

De voorste kruisband van A tot Z 42
Deel 4: Weer (veilig) het veld op
Nicky van Melick & Robert van den Berg

Cover (foto: Maurice Aarts): Center Thomas van der Mars (NED) zoekt positie voor de rebound tijdens een basketbalinterland tegen Albania.

Het volgende nummer van *Sportgericht* (2/2021) verschijnt op 22 april 2021.

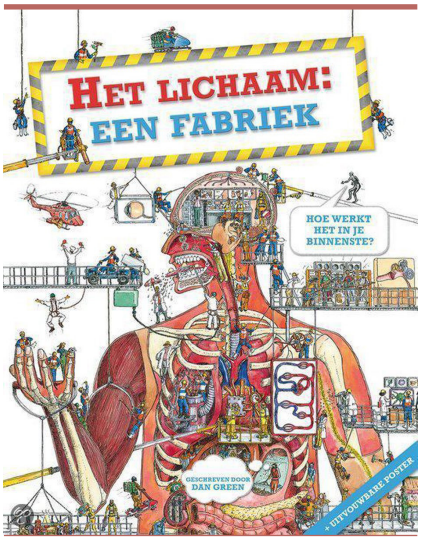
SPORT gericht

Spieren brengen ons in beweging, maar dat is niet hun enige functie. Wanneer spieren in actie komen, zenden ze signalen uit die onder andere zorgen voor het tegengaan van obesitas, het vertragen van veroudering en het activeren van ons immuunsysteem. Kan bewegen zelfs een wapen zijn in de strijd tegen het coronavirus?

De spier als regelcentrum

Deel 1: Hoe de spieren onze lichaamsfuncties beïnvloeden

Wim Burgerhout



Figuur 1 | Het lichaam als fabriek (boekomslag[1]).

Ons lichaam zit democratischer in elkaar dan je misschien denkt.
In populaire boeken wordt het menselijk lichaam soms vergeleken met een fabriek (zie figuur 1). Er is daar letterlijk en figuurlijk sprake van een top-down organisatie. De hersenen bepalen wat er moet gebeuren, de spieren en de orgaanstelsels voeren de orders uit.
De laatste jaren is dit hiërarchische beeld gaan wankelen. Het blijkt dat de 'werkvloer' heel wat heeft in te brengen, en dat geldt dan met name voor de spieren. Skeletspieren kunnen rechtstreeks met andere weefsels en organen communiceren ('cross talk') en zo allerlei zaken regelen buiten de hersenen om.[2-5] Ook hebben ze invloed op de samenstelling en het beleid van de 'directie' in de bovenkamer. Signalen vanuit de spieren kunnen leiden tot structurele en functionele veranderingen in de hersenen.[4,6]
In deze serie artikelen wordt beschreven op welke manieren de spieren onze lichaamsfuncties beïnvloeden en wat daarvan de gevolgen zijn.

Cytokines en myokines

De communicatie tussen verschillende weefsels en organen komt tot stand door middel van kleine eiwitmoleculen, *cytokines*, die door lichaamscellen worden afgescheiden en zich via de bloedsomloop kunnen verplaatsen.
Cytokines die afkomstig zijn uit de spieren worden *myokines* genoemd. In het tekstkader *Indeling van cytokines* wordt de naamgeving verder uitgelegd.

Belangrijk voor sport en gezondheidszorg

Myokines worden vooral afgegeven wanneer de spieren actief zijn. Welke myokines er vrijkomen, en in welke hoeveelheden, is per type inspanning en soms zelfs per spier verschillend.[3]
Myokines dragen er toe bij dat de orgaanstelsels (zenuwstelsel, hart en bloedvaten, immuunsysteem, enzovoort) en de spieren zelf bij inspanning optimaal functioneren en op de langere duur in goede conditie blijven (zie figuur 2). We weten dat regelmatige inspanning het prestatievermogen verbetert en de fysieke en mentale gezondheid bevordert. Met kennis over het werkingsmechanisme en de effecten van myokines kunnen we beter begrijpen hoe dat komt.
Dit inzicht kan vervolgens worden toegepast bij training, ziektepreventie en revalidatie. Hoe kunnen we de effecten van myokines zo goed mogelijk benutten?

Onderzoek nog in een pril stadium

De term myokines werd in 2003 gemunt door de Deense onderzoeker Bente Klarlund Pedersen[8], die zich

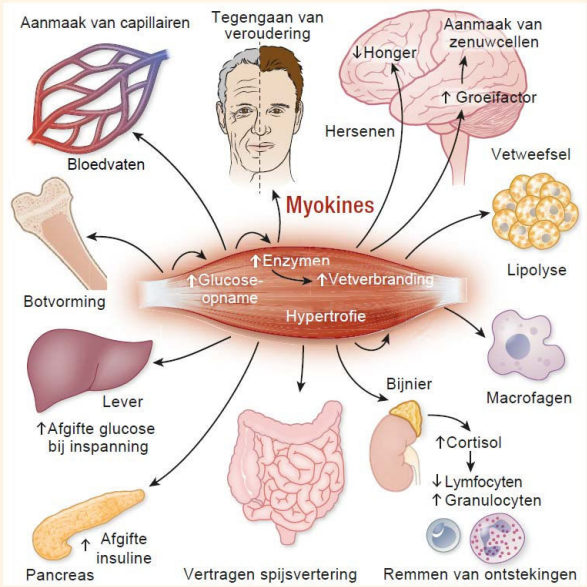
met haar team aan de Universiteit van Kopenhagen al sinds de eeuwwisseling met dit onderwerp bezighoudt. De laatste jaren is het onderzoek wereldwijd in een stroomversnelling geraakt. Er worden in hoog tempo nieuwe myokines ontdekt; anno 2020 staat de teller op ruim 650. Van slechts ongeveer 5% daarvan is de biologische functie bekend, en dan vaak alleen nog maar bij proefdieren (muizen of ratten).[3,4] Het zal duidelijk zijn dat onze kennis over myokines nog in een pril stadium verkeert en dat onderzoeksresultaten met de nodige voorzichtigheid moeten worden bekeken. Dit geldt te meer omdat myokines en andere signaalstoffen in het lichaam functioneren als een samenhangend geheel. Wanneer bijvoorbeeld in een experiment de productie van myokine A wordt geblokkeerd, kan dit tot gevolg hebben dat de myokines B, C en D bepaalde functies van A overnemen. Je komt er dan niet achter wat myokine A doet onder normale omstandigheden.[7]

Indeling van cytokines

Cytokines, ook wel weefselhormonen genoemd, zijn signaalstoffen die worden afgescheiden door 'gewone' lichaamscellen, dus niet door gespecialiseerde hormoonklieren zoals de hypofyse of de schildklier. De naam is samengesteld uit de Griekse woorden *kytos* (cel) en *kinesis* (beweging). Cytokines worden ingedeeld naar het weefsel of het orgaan waaruit zij afkomstig zijn. Zo worden myokines geproduceerd door de spieren, osteokines door de botten, adipokines door het vetweefsel, hepatokines door de lever, enzovoort. Wel is het zo dat sommige cytokines uit verschillende bronnen kunnen komen. Het cytokine dat centraal staat in dit artikel, interleukine-6 (IL-6), werd ontdekt als signaalstof van witte bloedcellen (leukocyten). Later bleek dat ook spiercellen, vetcellen en botvormende cellen (osteoblasten) IL-6 kunnen produceren. IL-6 is dus niet alleen een leukine, maar ook een myokine, een adipokine en een osteokine.
Een andere indeling gaat uit van de functie. In deze artikelenreeks zijn vooral de exerkines van belang: cytokines die betrokken zijn bij inspanning (exercise). De meeste tot nu toe bekende exerkines worden afgescheiden door de spieren en behoren dus tot de myokines.[2,5,7]

Focus op Interleukine-6 (IL-6)

Ondanks deze beperkingen zijn er toch al conclusies te trekken uit het onderzoek. Interleukine-6 (IL-6) is het myokine dat het eerst als zodanig werd ontdekt[8] en het meest uitgebreid is onderzocht. Van dit myokine zijn diverse effecten bekend die prestatieverhogend werken en de gezondheid kunnen bevorderen. Laten we IL-6 daarom eens onder de loep nemen.



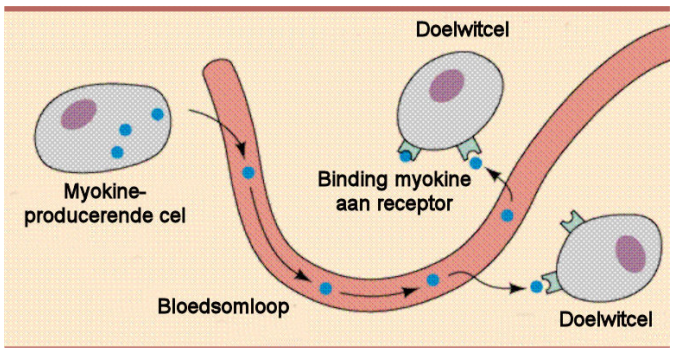
Figuur 2 | Belangrijke doelwitorganen en effecten van myokines. Bewerkt naar Severinsen & Pedersen[2].

Productie en afgifte van IL-6

Wanneer een spier in actie komt, is IL-6 het eerste myokine dat wordt geproduceerd. De prikkel hiertoe is waarschijnlijk meervoudig: het optreden van mechanische krachten, de afbraak van spierglycogeen en (onder sommige omstandigheden) de toegenomen opname van glucose vanuit het bloed. Al deze prikkels hebben te maken met het vrijmaken van energie bij de spiercontractie. Vrijwel onmiddellijk na het begin van de arbeid komt de aanmaak van IL-6 in de spiercel op gang. Stijging van de IL-6 concentratie in het bloed volgt binnen enkele minuten. In absolute zin gaat het om zeer kleine hoeveelheden. De IL-6-spiegel in rust bedraagt 1 á 2 nanogram (miljardste gram) per liter bloedplasma. Bij inspanning kan deze waarde tot 100 maal zo hoog worden. Hoe snel en hoe hoog de concentratie IL-6 stijgt, hangt af van het type inspanning. In het algemeen geldt dat de concentratie sterker toeneemt naarmate de arbeid zwaarder is, langer duurt en er meer spiermassa wordt gemobiliseerd. Dit laatste is waarschijnlijk de reden dat bij hardlopen hogere IL-6-concentraties worden gemeten dan bij wielrennen. Na afloop van de inspanning daalt de IL-6-spiegel weer snel naar de rustwaarde.[3,8-11]

Effecten van IL-6

Om werkzaam te zijn moeten myokines zich binden aan receptoren in de buitenmembraan van een doelwitcel (zie figuur 3). Voor elk myokine bestaan specifieke receptormoleculen. Binding van een myokine aan een receptor brengt in de cel een keten van reacties teweeg die uiteindelijk leidt tot een fysiologisch effect. Dat effect is per type



Figuur 3 | Route van myokines door het lichaam.

cel verschillend en is ook afhankelijk van de conditie van de cel en van interactie met andere prikkels die de cel bereiken. Zo werkt IL-6 tijdens inspanning ontstekingsremmend, maar bij het doormaken van een infectieziekte kan IL-6 juist ontstekingsprocessen bevorderen.[5] Over dit paradoxale effect meer in het volgende deel van deze reeks. Tabel 1 geeft een aantal effecten die (mede) door IL-6 tot stand kunnen komen. Sommige effecten treden op binnen enkele minuten, andere vereisen weken of maanden van regelmatige activiteit (training) voordat ze waarneembaar zijn. Hieronder worden enkele voorbeelden beschreven.

Autocriene en paracriene effecten

Myokines zijn niet alleen via de bloedsomloop (endocrien) werkzaam. Er zijn ook lokale effecten bekend, bij de spiercellen die de myokines produceren zelf (autocrien) en bij andere cellen in hun directe omgeving (paracrien). Tot die laatste groep behoren stamcellen (myoblasten), cellen van het spierbindweefsel en gladde spiercellen in de wand van bloedvaten in de spier. Autocriene effecten van IL-6 zijn, onder andere, toename van de vetzuurverbranding en van de glucose-opname.[11] Een paracrien effect is de splitsing van vetten (lipolyse) in de vetcellen die deel uitmaken van het spierbindweefsel.[9]

Eliminatie van buikvet

Personen met ernstig overgewicht (obesitas) lopen een verhoogd risico op een aantal ziekten (onder andere hart- en vaatziekten, kanker, diabetes type 2) en op vroegtijdig overlijden. Het meest bepalend voor deze risico's is de hoeveelheid vet rond de organen in de buikholte (buikvet, visceraal vet). De body mass index (BMI, het lichaamsgewicht in kilogrammen gedeeld door het kwadraat van de lichaamslengte in meters) en de hoeveelheid vet in het onderhuids bindweefsel (subcutaan vet) zijn van minder belang.[12] Op de vraag hoe dat komt, zal ik in een later deel terugkomen. Duurtraining kan de hoeveelheid buikvet doen slinken.[13] Wedell-Neergaard et al.[14] hebben aangetoond dat IL-6 hierbij een essentiële rol speelt (zie figuur 4). Zij onderwierpen twee groepen obese proefpersonen (BMI > 30) aan een trainingsprogramma van 12 weken. De training bestond uit drie sessies van 45 minuten per week, met in elke sessie acht minuten warming-up gevolgd door 37 minuten fietsen op een belastingsniveau van 75-85% van de maximale zuurstofopname (VO_2max). Voorafgaand aan en tijdens de trainingsperiode kreeg één van de twee groepen injecties met tocilizumab, een antilichaam dat selectief IL-6 receptoren in de celmembraan blokkeert. De andere groep kreeg placebo-injecties. Na 12 weken bleek dat alleen bij de placebogroep de hoeveelheid buikvet was afgenomen. Beide groepen vertoonden overigens een ongeveer gelijke toename van de VO_2max. Kennelijk is dit trainingseffect dus niet afhankelijk van IL-6.

weefsel of orgaan	effect
skeletspieren	• stimuleren van vetverbranding • bevorderen van glucose-opname • hypertrofie
skelet	• stimuleren van botvorming
hersenen	• onderdrukken van hongergevoel
bijnier	• stimuleren van adrenalineproductie
lever	• vrijmaken van glucose
alvleesklier	• stimuleren van insuline-afgifte
maagdarmstelsel	• vertraging transport voedsel van maag naar darm
vetweefsel	• splitsing van vetten (lipolyse) • eliminatie van buikvet • omzetten van wit (metabool inactief) naar bruin (metabool actief) vetweefsel
immuunsysteem	• tegengaan van ontstekingen (bij inspanning)

Tabel 1 | Effecten van interleukine-6.

Eetlust en spijsvertering

Misschien herkenbaar: tijdens het sporten krijg je niet snel honger, ondanks het verhoogde energieverbruik (het fenomeen 'hongerklop' bij uitputtende arbeid is een ander verhaal). IL-6 speelt hier op twee manieren een rol. Ten eerste onderdrukt IL-6 de sensatie van eetlust of honger op centraal niveau.[2] Ten tweede vertraagt IL-6 het transport van voedsel uit de maag naar de twaalfvingerige darm.[15] Het gevoel van verzadiging na een maaltijd blijft hierdoor langer aanhouden.

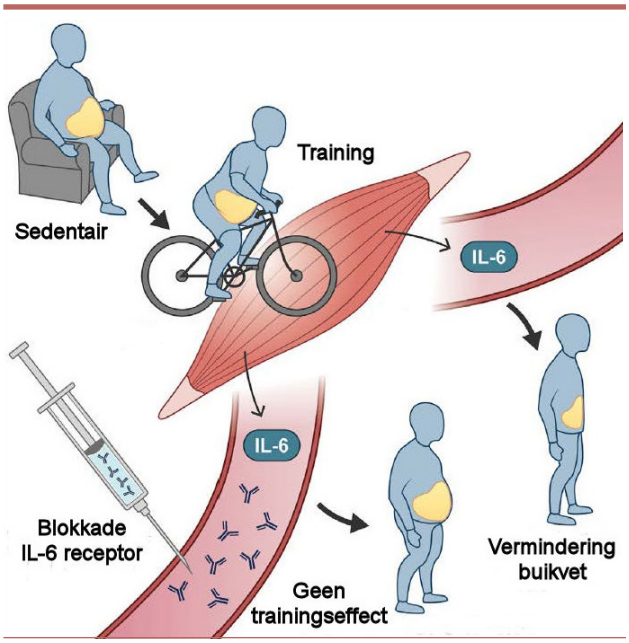
De rode draad

Wanneer je de effecten van IL-6 op een rijtje zet (zie ook tabel 1), komt hieruit een gemeenschappelijk element naar voren: het creëren van een optimaal milieu voor inspanning. Energiebronnen (vetten en glucose) worden voor de spieren toegankelijk gemaakt. Via het stimuleren van de adrenalineproductie komt het hele lichaam in de 'fight or flight'-modus. De spijsvertering in het maagdarmkanaal wordt op een laag pitje gezet, zodat er meer zuurstofrijk bloed naar de spieren kan stromen. Ontstekingsprocessen, die het bewegen zouden kunnen belemmeren, worden onderdrukt. Op langere termijn draagt IL-6 bij tot trainingseffecten zoals spierhypertrofie, botvorming en de eliminatie van buikvet.

Van deze effecten lijkt alleen het laatste exclusief gekoppeld te zijn aan IL-6. Bij de overige processen zijn ook andere myokines betrokken, zoals de interleukines IL-4, IL-7 en IL-15 bij spierhypertrofie en de 'insulin-like growth factor' IGF-1 bij botvorming.[2-5]

Myokines tegen corona?

De invloed van myokines reikt verder dan het faciliteren van inspanning. Zo zijn er sterke aanwijzingen dat regelmatig bewegen de kans op luchtweginfecties vermindert. Ook hebben vaccinaties meer effect.[16,17] Dit laatste is aangetoond voor influenza, maar het lijkt plausibel dat dit ook het geval zou kunnen zijn voor COVID-19.[18] Myokines zouden bij dit alles een grote rol spelen. Daarover gaat het volgende deel van deze reeks.



Figuur 4 | Invloed van interleukine-6 op het mobiliseren van buikvet (naar Wedell-Neergaard et al.[14]).

Over de auteur

Wim Burgerhout is fysioloog. Hij studeerde aan de Universiteit Utrecht en deed zijn promotieonderzoek aan de Erasmus Universiteit Rotterdam. Tot zijn pensionering was hij als docent en onderzoeker verbonden aan de Faculteit Gezondheidszorg van de Hogeschool Utrecht. Momenteel is hij actief als freelance docent en auteur. E-mail: wim.burgerhout@ziggo.nl.

1. Green D (2013). *Het lichaam: een fabriek.* Alphen aan den Rijn: Atrium.
2. Severinsen MCK & Pedersen BK (2020). Muscle-organ crosstalk: The emerging roles of myokines. *Endocrine Reviews*, 41, 594-609.
3. Bay ML & Pedersen BK (2020). Muscle-organ crosstalk: focus on immunometabolism. *Frontiers in Physiology*, 11, article 567881.
4. Chen W et al. (2020). Myokines mediate the cross talk between skeletal muscle and other organs. *Journal of Cellular Physiology*, online ahead of print, doi: 10.1002/jcp.30033.
5. Gonzalez-Gil AM & Elizondo-Montemayor L (2020). The role of exercise in the interplay between myokines, hepatokines, osteokines, adipokines, and modulation of inflammation for energy substrate redistribution and fat mass loss: a review. *Nutrients*, 12, 1899.
6. Pinho RA, Aguiar AS & Radák Z (2019). Effects of resistance exercise on cerebral redox regulation and cognition: an interplay between muscle and brain. *Antioxidants*, 8, 529.
7. Thyfault JP & Bergouignan A (2020). Exercise and metabolic health: beyond skeletal muscle. *Diabetologia*, 63 (8), 1464-1474.
8. Pedersen BK et al. (2003). Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 2, 113-119.
9. Febbraio MA & Pedersen BK (2002). Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. *The FASEB Journal*, 16, 1335-1347.
10. Pedersen BK & Fischer CP (2007). Beneficial health effects of exercise - the role of IL-6 as a myokine. *Trends in Pharmacological Sciences*, 28 (4), 152-155.
11. Pedersen BK (2011). Muscles and their myokines. *The Journal of Experimental Biology*, 214, 337-346.
12. Pischon T et al. (2008). General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *New England Journal of Medicine*, 359, 2105-2120.
13. Nordby P et al. (2012). Endurance training per se increases metabolic health in young, moderately overweight men. *Obesity*, 20 (11), 2202-2212.
14. Wedell-Neergaard AS et al. (2019). Exercise-induced changes in visceral adipose tissue mass are regulated by IL-6 signaling: a Randomized Controlled Trial. *Cell Metabolism*, 29, 844-855.
15. Lang Lehrskov L et al. (2018). Interleukin-6 delays gastric emptying in humans with direct effects on glycemic control. *Cell Metabolism*, 27, 1201-1211.
16. Campbell JP & Turner JE (2018). Debunking the myth of exercise-induced immune suppression: redefining the impact of exercise on immunological health across the lifespan. *Frontiers in Immunology*, 9, article 648.
17. Araújo AL de et al. (2015). Elderly men with moderate and intense training lifestyle present sustained higher antibody responses to influenza vaccine. *Age*, 37, 105.
18. Larenas-Linnemann D et al. (2020). Enhancing innate immunity against virus in times of COVID-19: Trying to untangle facts from fictions. *World Allergy Organization Journal*, 13, 100476.

SPORT gericht

De sport kent talrijke voorbeelden van voedingshypes. Sommige werken, andere niet. Sommige zijn niet schadelijke voor de gezondheid, andere wel. Het ketogeen dieet, dat al een lange geschiedenis heeft, is momenteel ook (weer) in opkomst. Het zou onder meer de vetverbranding verhogen. Maar wat zijn de gezondheidseffecten en de effecten op sportprestaties?

Ketogeen dieet

Eerst nadenken, dan (niet) doen

Rieneke Terink

Vroeger (rond 1920) werd het ketogeen dieet toegepast bij kinderen met moeilijk te behandelen epilepsie. De strikte voedingsrichtlijnen verminderden het aantal epileptische aanvallen beduidend. Maar door de komst van bepaalde medicijnen is het voorschrijven van het dieet aan deze doelgroep steeds minder gebruikelijk.

Energiepercentages

Het klassieke ketogeen dieet had een verhouding 4:1 voor (vet):(koolhydraat+eiwit). Met andere woorden: tegenover elke vier gram vet stond één gram koolhydraten+eiwit.[1] Tegenwoordig wordt er meer over energiepercentages (En%) gesproken als het om diëten en voedingsstrategieën gaat. Dus hoeveel procent van je energie-inname komt van vetten, koolhydraten en eiwitten. Voor een ketogeen dieet ligt dit op (minder dan) 5 En% uit koolhydraten, (meer dan) 80 En% uit vetten en 15 En% uit eiwitten. Voor een sportieve man of vrouw die 3000 kCal per dag eet, betekent dit dus dat 2400 kCal uit vetten komen. Dit komt neer op 267 gram vet (1 gram vet = 9 kCal). Minder dan 5 En% (150 kCal) komen uit koolhydraten, oftewel 38 gram (1 gram koolhydraten = 4 kCal). Strikt gezien zou deze persoon zelfs nog minder koolhydraten moeten eten, want een veelgenoemde regel van het ketogeen dieet is een maximum van 20 gram koolhydraten per dag, onafhankelijk van sekse, lichaamsgewicht, et cetera. Soms wordt er echter iets minder strikt met deze regels omgegaan en wordt een dieet dat minder dan 50 gram koolhydraten per dag levert, met een En% ≤ 10, ook een ketogeen dieet genoemd.

Voedingsmiddelen

Ter vergelijking: 1 appel levert 15 gram koolhydraten en 1 snee volkorenbrood 13 gram. Als je dus twee volkoren boterhammen en 1 appel eet, zit je al aan 41 gram koolhydraten: de hoeveelheid die de sportieve man of vrouw uit het voorbeeld per dag mag eten. Kortom, een ketogeen dieet is best lastig om te volgen!
Producten die veel voorkomen in een ketogeen dieet zijn bijvoorbeeld kaas, noten, avocado's, sla, eieren, groenten, vis en olie. Producten die je niet (veel) kunt eten zijn bijvoorbeeld brood, pasta, rijst, aardappelen en fruit.

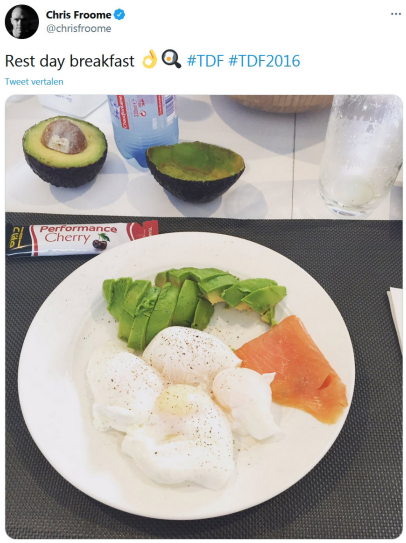
Wat gebeurt er in het lichaam?

Als het lichaam niet genoeg glucose heeft, door bijvoorbeeld vasten, een zeer koolhydraatarm dieet of een ketogeen dieet, dan maakt het lichaam ketonen (of: ketonlichamen) aan. We onderscheiden er drie:

Foto: Shutterstock

In de jaren ‘90 was het ketogeen dieet populair bij bodybuilders, omdat de spieren door het vochtverlies meer tekening gaan vertonen.

aceto-acetaat, beta-hydroxybutyraat en aceton (het afbraakproduct van de eerste twee ketonlichamen).[2] Vrije vetzuren worden in de lever omgezet naar acetyl-CoA (dit heet beta-oxidatie) en dit wordt vervolgens verder omgezet in ketonlichamen. De ketonlichamen worden door de lever afgegeven aan het bloed. Alle cellen met mitochondriën kunnen de ketonlichamen opnemen en vervolgens gebruiken om energie (ATP) mee te maken. Een voordeel van ketonlichamen is dat ze de bloed-hersenbarrière kunnen oversteken. Vrije vetzuren kunnen dit niet. Normaal gesproken gebruiken de hersenen glucose als energiebron, maar als dat niet of nauwelijks aanwezig is, moeten de hersenen een andere energiebron gebruiken: ketonlichamen.
Het lichaam is in staat om redelijk snel ketonlichamen te produceren. Als een sporter bijvoorbeeld twee dagen een ketogeen dieet volgt, zijn er al ketonlichamen te meten in het bloed en de urine. Dit meten kan vrij eenvoudig. Met een ‘dipstick’ kun je de ketonenconcentraties in je urine bepalen. Voor een onderzoek dat wij uitvoerden bij de Wageningen Universiteit deden wij dit als extra check.[3] Proefpersonen leverden hun ochtendurine in en wij maten gauw met een stickje of daarin al ketonen aanwezig waren.
In het bloed kun je ook vrij eenvoudig met een enzymkit meten hoeveel ketonen er aanwezig zijn. Daarnaast kun je het ook ruiken aan een persoon als hij/zij ketonen produceert. Zowel de adem als het zweet van die persoon hebben dan een specifieke geur.



De tweet waarmee Chris Froome in 2016 zijn volgers op het verkeerde been zetten wat betreft zijn dieet.

Ketogeen dieet en sport

Het ketogeen dieet wordt al langere tijd in de sport gebruikt. In de jaren ‘90 was het bijvoorbeeld populair bij bodybuilders, omdat het verminderen van koolhydraten leidt tot minder vocht in de spieren (elke gram glycogeen houdt 2-3 gram water vast), waardoor deze duidelijker zichtbaar/getekend zijn. Bij duursporters kreeg het ketogeen dieet een toename aan volgers toen wielrenner Chris Froome op het internet foto’s van zijn bord eten liet zien (zie afbeelding). Toevallig was het een maaltijd met weinig koolhydraten: gepocheerde eieren, een stukje zalm en avocado’s. Deze foto werd door ‘keto-aanhangers’ gebruikt om aan te geven dat Chris Froome op een ketogeen dieet zou zitten. Dit was echter niet het geval, maar het gerucht was al de wereld in. Froome en zijn team meldden weliswaar ook online dat zij geperiodiseerd meer en minder koolhydraten aten, maar ‘koolhydraatarm’ of zelfs ‘ketogeen’ hebben ze nooit gezegd.

Voordelen voor sporters

Wat zijn nu de voor- en nadelen van een ketogeen dieet? Waarom volgen sporters het, waarom zouden ze het misschien wel niet moeten volgen en waar moeten sporters op letten? Allereerst de mogelijke voordelen op een rijtje:

Trainingsadaptaties bij lage glycogeenvoorraad

Een reden waarom trainen met weinig koolhydraten (af en toe) gunstig kan zijn, is dat bepaalde processen dan meer worden aangezet tijdens en na het sporten. Onderzoeken waarbij trainingen werden gedaan met lage beschikbaarheid van koolhydraten (glycogeen) lieten zien dat er een vergrote activatie is

van sommige enzymen en eiwitten die betrokken zijn bij aanpassingen aan (duur)training. Voorbeelden zijn AMPK, dat betrokken is bij het energiemetabolisme en PGC-1a, dat een rol speelt bij de vorming van mitochondriën (de energiefabriekjes in een cel).[4,5] Een vergrote activatie van deze enzymen zou in theorie kunnen leiden tot een betere omzetting van koolhydraten en vetten naar energie. Dit is uiteraard een gunstige aanpassing voor (duur) sporters. Vandaar dat (af en toe) trainen met weinig koolhydraten in trainingsschema's van topsporters voorkomt. Maar in de praktijk blijkt dat de vergrote activatie van deze enzymen niet altijd direct vertaald wordt naar betere (duur)sportprestaties.

Let op: een ketogeen dieet is niet de enige manier om (af en toe) met lage glycogeenvoorraden te sporten. Het kan ook zo: 's avonds een flinke duurtraining doen, waarbij de glycogeenvoorraden (grotendeels) worden opgemaakt. Daarna een koolhydraatarme avondmaaltijd eten en gaan slapen. De volgende ochtend eerst trainen en daarna pas ontbijten, of bij het ontbijt opnieuw (bijna) geen koolhydraten eten en daarna je training doen. Of ga twee keer per dag trainen. Tijdens de ochtendtraining wordt de glycogeenvoorraad verbruikt, daarna volgt een koolhydraatarme lunch, zodat de middagtraining in een glycogeenarme status wordt afgewerkt.[6] Na de training kan de glycogeenvoorraad weer worden aangevuld, onder meer bij het avondeten.

Vergroten vetverbranding

Als je aan sporters vraagt waarom ze een ketogeen dieet volgen, hoor je vaak 'dan vergroot ik mijn vetverbranding en ben ik minder afhankelijk van mijn koolhydraatverbranding'. De voorraad vet in ons lichaam is vele malen groter dan de voorraad glycogeen, dus als het zo zou werken, is het handig om vooral vet als energiebron aan te spreken. Helaas is het niet zo zwart-wit: je kunt inderdaad je vetverbranding vergroten, maar het hangt van de intensiteit van de inspanning af of je lichaam vraagt om koolhydraten of om vetten.

Als je lichaam wordt blootgesteld aan een 'laag koolhydraat / hoog vet' dieet, dan leidt dat tot allerlei fysiologische aanpassingen die er samen voor zorgen dat vet beter beschikbaar is, beter wordt getransporteerd en daardoor beter gebruikt kan worden als brandstof in de spieren.[7] Vooral bij goed getrainde sporters kunnen deze veranderingen ertoe leiden dat meer vetten (tot ~200% meer) worden verbrand tijdens inspanningen van lage intensiteit. Ook kan er een verschuiving plaatsvinden in de intensiteit waarop de maximale vetverbranding zich afspeelt. Normaal is dit bijvoorbeeld bij een intensiteit van 45% van de VO_2max, maar door een ketogeen dieet kan dit verschuiven naar een intensiteit van 70% van de VO_2max.[8,9] Let op: door 'gewoon' te trainen, ook mét koolhydraten, verbetert de vetverbranding ook en dat is voor de meeste sporters de logische eerste stap om te zetten, voordat ze hun toevlucht nemen tot specifieke diëten.

Als sporters een inspanningstest ondergaan, kunnen we zien dat ze op een lagere intensiteit meer vetten dan koolhydraten verbranden. Bij een inspanningstest met ademgasanalyse kun je dit beoordelen door te kijken naar de verhouding tussen ingeademde zuurstof en uitgeademde koolstofdioxide (de zogeheten RER: respiratory exchange ratio), die bij aerobe inspanning kan variëren tussen 0,70 en 1,00. Bij waarden in de richting van de 0,70 weten we dat er vooral vetten worden verbrand. Hoe dichter het getal bij de 1,00 komt te liggen, des te meer koolhydraten er worden verbrand.

Uitstellen gebruik glycogeenvoorraden?

Sommige onderzoeken lieten zien dat er minder glycogeen wordt gebruikt als sporters op een ketogeen dieet zaten. De resultaten van deze onderzoeken zijn echter niet zuiver, doordat de sporters al begonnen met lagere glycogeenvoorraden. Deze zorgen er op zichzelf al voor dat er minder glycogeen wordt gebruikt. Dus los van het feit of een sporter op een ketogeen dieet zat of niet, bepaalt de hoeveelheid glycogeen in de spieren of er tijdens inspanning veel of weinig glycogeen wordt gebruikt.[10]

Gewichtscontrole / gewichtsverlies

Het ketogeen dieet heeft ook aan populariteit gewonnen omdat wordt gesuggereerd dat het helpt bij gewichtsverlies. Na de start van een ketogeen dieet daalt het lichaamsgewicht inderdaad, maar dit wordt - zoals eerder al vermeld bij de bodybuilders - grotendeels veroorzaakt door verlies van water.[11] Bij werkelijk afvallen moeten er meer calorieën worden verbrand dan dat er binnen komen. Daarbij is een calorie nog steeds een calorie, of die nu uit koolhydraten of vetten komt.[12]

Hier zit echter ook gelijk de sleutel van het ketogeen dieet en afvallen. Voor sommige mensen kan het namelijk helpen om het dieet te volgen, omdat ze (ongemerkt) minder calorieën binnen krijgen. Het type voedsel bepaalt namelijk vaak hoeveel calorieën er binnen komen. Een dieet met een groot aandeel aan enkelvoudige suikers en bewerkte koolhydraten is bijvoorbeeld vaak hoog in calorieën en laag in verzadigende vezels en belangrijke voedingsstoffen.[13] Als iemand van zo'n ongezond dieet switcht naar een ketogeen dieet zal hij (ongemerkt) minder calorieën binnenkrijgen en dus afvallen. Let op: het ketogeen dieet moet dan wel zorgvuldig zijn samengesteld, met veel groenten

Foto: Jeroen Rietvelt

Ook bij typische duursporten als wielrennen en triathlon worden soms intervalletjes gevraagd en heb je dus koolhydraten nodig.

en weinig vlees, anders bevat het nog steeds veel calorieën. Ook van belang: hier is niet per se een ketogeen dieet voor nodig. Een dieet met veel groente en fruit en veel vezels en volkoren producten werkt ook verzadigend en levert daarnaast veel belangrijke voedingsstoffen. Ook bewust bezig zijn met voeding en niet klakkeloos alles naar binnen scheppen dat je krijgt voorgeschoteld, helpt natuurlijk al. Als je op een (ingewikkeld) dieet zit, word je toch gedwongen om na te denken over wat je naar binnen werkt.

Nadelen voor sporters

Er zijn voor sporters ook mogelijke nadelen verbonden aan het ketogeen dieet:

Slechtere koolhydraatverbranding

Een nadeel van het vergroten van je vetverbranding is dat de koolhydraatverbranding juist weer minder efficiënt verloopt. Dit komt onder meer doordat het enzym pyruvaatdehydrogenase (PDH) minder actief is tijdens en na het volgen van een ketogeen dieet.[14] PDH is nodig voor het omzetten van pyruvaat naar acetyl-CoA, een belangrijke stap vóór de citroenzuurcyclus. Oftewel een belangrijke stap in het omzetten van koolhydraten in energie. Koolhydraten zijn essentieel voor inspanning op hogere intensiteit. Als deze verbranding niet goed verloopt, betekent dit dus dat inspanningen op hogere intensiteit minder goed gaan. Dit kun je niet van het ene op het andere moment oplossen door weer veel koolhydraten te gaan eten. Na het volgen van een koolhydraatarm dieet heeft het lichaam namelijk enkele dagen nodig om weer een efficiënte koolhydraatverbranding te hebben.[10] Het volgen van een ketogeen dieet is daarom af te raden vlak voor en tijdens wedstrijdperiodes, als de intensiteit hoog ligt en het lichaam vraagt om koolhydraten.

Glycogeen nodig voor hoge intensiteit

Behalve dat de koolhydraatverbranding minder efficiënt verloopt, zijn er ook gewoon minder koolhydraten aanwezig in het lichaam. Koolhydraten zijn de belangrijkste brandstof als het lichaam op hogere intensiteit actief is. Voor de anaerobe verbranding is het lichaam afhankelijk van glucose en dit geldt ook voor aerobe inspanningen van hogere intensiteit. Pas op lagere intensiteit kan het lichaam gebruik maken van vetten. Doe je een (heel) rustig duurloopje, dan kun je dus wel vertrouwen op vetten, maar zit je tegen je omslagpunt aan of zelfs er boven, dan heb je koolhydraten nodig. Bedenk je verder dat er ook bij een duurinspanning soms intervalletjes gevraagd worden. Doe je bijvoorbeeld een ultieme duurprestatie als de hele Ironman triatlon, dan nog moet je soms een andere deelnemer inhalen. Je mag niet stayeren, dus dat inhalen moet in een beperkt tijdsbestek plaatsvinden. Dan moet je dus soms een sprintje trekken. Of is het parcours waarop je racet of traint niet helemaal vlak, maar zit er soms een klimmetje in? Ook dan heb je koolhydraten nodig voor die kleine stukjes op hogere intensiteit. Voor intervalsporten, zoals teamsporten, zijn koolhydraten uiteraard onmisbaar. Lage intensiteit wordt daar namelijk voortdurend afgewisseld met hoge intensiteit. Zonder koolhydraten zijn de sportprestaties op hogere intensiteit een stuk slechter. Dat moet een sporter in zijn/haar achterhoofd houden.[10]

Verhoogde zuurstofvraag voor energieproductie uit vetten

Zowel koolhydraten als vetten kunnen gebruikt worden om energie (ATP) te produceren. Een belangrijk verschil tussen koolhydraten en vetten is dat er meer zuurstof nodig is voor de productie van ATP uit vetten dan uit koolhydraten. Dus simpel gezegd: per liter zuurstof die je inademt levert de verbranding van koolhydraten meer energie op dan de verbranding van vetten.[15] De efficiëntie van het lichaam om ATP te genereren uit vetten is kortgezegd slechter.

Gezondheidseffecten

Naast de hierboven beschreven effecten heeft het ketogeen dieet ook

Het ontbijt van een van de deelnemers aan ons onderzoek, met in zijn linkerarm een infuus voor bloedafname. Het ontbijt bestond die dag uit koolhydraatarm brood en beleg.

effecten op de gezondheid. Helaas wordt dit aspect bij het volgen van een dieet of voedingsstrategie soms totaal vergeten. Sporters staren zich dan blind op de sportprestaties of het gewichtsverlies, maar verliezen hun gezondheid uit het oog. En die gezondheidsaspecten zijn juist zo belangrijk, ook om te (blijven) presteren.
Het ketogeen dieet staat bekend om de grote hoeveelheid vetten en deze hebben op verschillende manieren effect op het lichaam. Zo kunnen ongunstige vetprofielen in het bloed worden gevonden, met hogere concentraties LDL cholesterol en triglyceriden. Daarnaast heeft het ketogeen dieet effect op verschillende delen van ons lichaam, waaronder de cortisolniveaus, de darmflora, het immuunsysteem en de botgezondheid. Ook is er een risico op overtraining.

Cortisol

Als een sporter overstapt op een ketogeen dieet veroorzaakt dit in eerste instantie een soort stressrespons in het lichaam. Dit uit zich door hogere cortisolwaarden na een sportinspanning. In ons onderzoek vonden wij bijvoorbeeld veel hogere cortisolwaarden na inspanning tijdens een laag koolhydraat dieet in vergelijking met een hoog koolhydraat dieet.[3]

Darmen

Daarnaast leidt vetrijke voeding tot een vergrote darmdoorlaatbaarheid: grotere deeltjes kunnen door de darmwand heen doordringen naar de bloedbaan.[16] Dit geeft een grotere kans op het binnendringen van ziekteverwekkers, zodat de kans op infecties toeneemt. Een veel gebruikte term is ‘endotoxemia’, om aan te geven dat er meer endotoxine (een onderdeel van de celwand van zogeheten gram negatieve bacteriën) het lichaam binnenkomt.

Immuunsysteem

Zowel de verhoogde cortisolniveaus als de vergrote darmdoorlaatbaarheid hebben invloed op het immuunsysteem. Cortisol kan de immunoglobulineproductie van B-cellen verlagen, de antimicrobiële capaciteit van neutrofielen verlagen en het aantal lymfocyten verminderen.[17] Dit leidt tot een zwakkere afweer tegen ziektekiemen. De vergrote darmdoorlaatbaarheid en de daardoor vergrote kans op endotoxemia kan leiden tot meer infecties en ontstekingsreacties. Daarnaast kan het immuunsysteem ook reageren op de verhoogde hoeveelheid vrije vetzuren in het lichaam. Deze hebben een pro-inflammatoir effect, wat wil zeggen dat ze het immuunsysteem kunnen triggeren en kunnen zorgen voor ontstekingen.[18] Dit gebeurt bijvoorbeeld doordat vetzuren kunnen binden aan receptoren op cellen van het immuunsysteem en deze cellen activeren.[19] Zo vinden er ontstekingen plaats die eigenlijk helemaal niet wenselijk zijn. Opgeteld zijn dit geen gunstige effecten op het immuunsysteem.

Botgezondheid

Recente onderzoeken laten aanwijzingen zien dat een ketogeen dieet leidt tot botontkalking. Na het volgen van een laag koolhydraat / hoog vet dieet, waren markers voor botafbraak (CTX) verhoogd en markers voor botvorming (P1NP) en botmetabolisme (osteocalcine) verlaagd.[20]

Risico op overtraining

Veelvuldig trainen met lage glycogeenvoorraden kan het risico op overtraining vergroten. Lagere glycogeenvoorraden in de spieren leiden tot hogere adrenaline-, cortisol- en glucagonniveaus na inspanning. Ook leiden ze tot verhoogde cytokine responsen. Deze veranderingen samen kunnen leiden tot een verhoogd risico op overtraining.[21]

Conclusie

Een ketogeen dieet lijkt op het eerste gezicht mooi te zijn voor sporters: je kunt afvallen en je vetverbranding verhogen. Maar in werkelijkheid leidt het dieet in het begin tot vochtverlies, waardoor je snel afvalt. De verhoogde vetverbranding leidt tot een verlaagde koolhydraatverbranding en verminderde sportprestaties. Daarnaast heeft een ketogeen dieet negatieve effecten op verschillende aspecten van de gezondheid, zoals het immuunsysteem en de botgezondheid. Een voedingsstrategie kan dus nog zo mooi klinken en worden aangeprezen door de snelste of mooiste sporters, maar denk eerst zelf kritisch na voordat je het gaat toepassen.

Over de auteur

Rieneke Terink studeerde celbiologie aan de Wageningen Universiteit en promoveerde daar op het effect van inspanning op voedingsstatus, stress en het immuunsysteem. Zij deed als topzwemster mee aan EK's, WK's en World Cups en had twee Nederlandse records (400m vrije slag en 400m wisselslag) op haar naam. Momenteel werkt ze voor Ziekenhuis Gelderse Vallei (SportsValley) en Eat2Move, waar nieuwe onderzoeken worden opgestart met een focus op voeding, gezondheid en bewegen.

1. Freeman JM, Kossoff EH & Hartman AL (2007). The ketogenic diet: one decade later. *Pediatrics*, 119 (3), 535-543.
2. Kohlmeier M (2015). *Fatty acids. Nutrient Metabolism: Structures, Functions, and Genes* (2nd edition), pp. 150-151.
3. Terink R et al. (2021). A 2 week cross-over intervention with a low carbohydrate, high fat diet compared to a high carbohydrate diet attenuates exercise-induced cortisol response, but not the reduction of exercise capacity, in recreational athletes. *Nutrients*, 13 (1), 157.
4. Bartlett JD et al. (2013). Reduced carbohydrate availability enhances exercise-induced p53 signaling in human skeletal muscle: Implications for mitochondrial biogenesis. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 304 (6), 450-458.
5. Yeo WK et al. (2010). Acute signalling responses to intense endurance training commenced with low or normal muscle glycogen. *Experimental Physiology*, 95 (2), 351-358.
6. Impey SG et al. (2018). Fuel for the work required: A theoretical framework for carbohydrate periodization and the glycogen threshold hypothesis. *Sports Medicine*, 48 (5), 1031-1048.
7. Yeo WK et al. (2011). Fat adaptation in well-trained athletes: effects on cell metabolism. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36 (1), 12-22.
8. Shaw DM et al. (2019). Effect of a ketogenic diet on submaximal exercise capacity and efficiency in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51, 2135-2146.
9. Volek JS, Noakes T & Phinney SD (2015). Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. *European Journal of Sport Science*, 15 (1), 13-20.
10. Burke LM (2020). Ketogenic low-CHO, high-fat diet: the future of elite endurance sport? *Journal of Physiology*, 599 (3), 819-843.
11. Adam-Perrot A, Clifton P & Brouns F (2006). Low-carbohydrate diets: nutritional and physiological aspects. *Obesity Reviews*, 7 (1), 49-58.
12. Hall KD & Guo J (2017). Obesity energetics: body weight regulation and the effects of diet composition. *Gastroenterology*, 152 (7), 1718-1727.
13. Hall KD et al. (2019). Ultra-processed diets cause excess calorie intake and weight gain: An inpatient randomized controlled trial of ad libitum food intake. *Cell Metabolism*, 30 (1), 67-77.
14. Stellingwerff T et al. (2006). Decreased PDH activation and glycogenolysis during exercise following fat adaptation with carbohydrate restoration. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*, 290, E380-E388.
15. Leverve X, Batandier C & Fontaine E (2007). Choosing the right substrate. *Novartis Foundation Symposium,* 280, 108-121, discussion 121-7, 160-4.
16. Rohr MW et al. (2020). Negative effects of a high-fat diet on intestinal permeability: A review. Advances in Nutrition, 11 (1), 77-91.
17. Gleeson M (2006). Can nutrition limit exercise-induced immunodepression? *Nutrition Reviews*, 64 (3), 119-131.
18. Huang S et al. (2012). Saturated fatty acids activate TLR-mediated proinflammatory signaling pathways. *Journal of Lipid Research*, 53 (9), 2002-2013.
19. Rogero MM & Calder PC (2018). Obesity, inflammation, toll-like receptor 4 and fatty acids. *Nutrients*, 10 (4), 432.
20. Heikura IA et al. (2020). A short-term ketogenic diet impairs markers of bone health in response to exercise. *Frontiers in Endocrinology*, 10, 880.
21. Meeusen R et al. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 45 (1), 186-205.

(advertentie)

SPORT gericht

In veel spel- en duelsporten is het percentage linkshandigen in de top relatief hoger dan in de reguliere bevolking. Of dat ook geldt voor hockey was tot op heden onbekend. Het zou niet onlogisch zijn, want bij hockey is de linkerhand dominant bij het controleren van de hockeystick. Dat zou linkshandigen een voordeel kunnen bieden ten opzichte van rechtshandigen.

Handvoorkeur bij tophockeyers

Annelies Brocken

Onder de reguliere bevolking is 10,4% linkshandig.[1] Dit percentage is significant hoger bij mannen (11,6%) dan bij vrouwen (9,5%).[1,2] Onderzoek wijst uit dat in sporten waarin 1-op-1 duels worden uitgevochten met één of meerdere tegenstanders (zogenaamde spel- en duelsporten), het percentage linkshandigen onder de toppers hoger is.[3] Dit in tegenstelling tot sporten zonder directe duels, zoals biljarten (8,8%), turnen (11,0%) of bowlen (6,6-9,9%), waarbij het percentage linkshandigen in de top niet verschilt met de reguliere bevolking.[4]

Afstand en tijd

Binnen de spel- en duelsporten variëren het doel van de onderlinge duels en de afstand waarop deze worden uitgevochten. Er zijn sporten waarin het er om gaat elkaar te raken of door fysiek contact uit te schakelen (zoals boksen, schermen of judo), sporten waarin fysieke duels om de bal worden uitgevochten (zoals basketbal en handbal) en sporten met een duel op afstand (zoals volleybal, tennis en tafeltennis). Onder de toppers blijkt bij schermen 38% linkshandig, bij boksen 23%, bij judo 21%, bij tafeltennis 17%, bij handbal 17%, bij basketbal 16% en bij volleybal 16%.[3] In al deze sporten wordt dus een hoger percentage linkshandigen gevonden dan in de reguliere bevolking, maar het effect is niet voor elke sport even groot. Onderzoek van Loffing[5] wees uit dat hoe minder tijd een sporter heeft om te reageren op zijn tegenstander, des te meer linkshandigen er worden gevonden in de top van die sport. Om een voorbeeld te geven: bij boksen heb je minder tijd om te reageren op wat de tegenstander doet dan bij tennis, vanwege het verschil in afstand.

Verklaringen

In de literatuur vind je twee soorten verklaringen voor de hierboven beschreven oververtegenwoordiging van linkshandigen in de topsport.[6] De eerste, de zogeheten 'innate superiority hypothesis', is dat linkshandigen van nature geschikter zijn voor bepaalde sporten, omdat hun rechterhersenhelft volgens onderzoek gemiddeld beter ontwikkeld zou zijn dan de rechterhersenhelft van rechtshandigen.[7,8] Daardoor zouden linkshandigen gemiddeld beter zijn in motorische, aandachts- en ruimtelijke functies.[9,10] Daarnaast liet onderzoek zien dat linkshandigen beter zijn dan rechtshandigen in taken waarbij coördinatie van beide handen nodig is.[11] Inderdaad lijkt een factor bij de sporten met meer linkshandigen te zijn of je de sport met één (denk aan bowlen) of beide handen uitvoert (denk aan boksen), al zijn daar ook weer uitzonderingen op, zoals schermen (één hand, maar wel veel meer linkshandigen) en

turnen (beide handen, maar minder linkshandigen).
De andere soort verklaring is de 'strategic advantage hypothesis', waaronder ook de 'frequency-dependent-hypothesis' valt.[4] Deze hypothese stelt dat linkshandigen vaker rechtshandige tegenstanders tegenkomen dan omgekeerd. Voor een linkshander is een treffen met een rechtshander dus 'normaal', terwijl een rechtshander die een linkshander ontmoeten vaak minimaal even moet wennen en/of omschakelen. Het went op den duur echter wel, want Loffing en collega's[12] lieten zien dat er ook in het professionele tennis relatief meer linkshandigen zijn dan in de normale bevolking, maar dat dit verschil kleiner wordt en uiteindelijk zelfs verdwijnt naarmate de toptennissers meer ervaring hebben. Blijkbaar hebben deze rechtshandige toptennissers dan voldoende vaak tegen linkshandige tegenstanders gespeeld om er geen last meer van te hebben.

De hockeystick

Hockey is een van de sporten waarvan het tot nu toe niet bekend is hoe groot het percentage linkshandigen in de top is. Het bijzondere aan hockey is, dat alle spelers (dus zowel de rechts- als de linkshandige) hun stick op dezelfde manier vasthouden (zie figuur 1): de linkerhand boven aan de stick en de rechterhand onder aan de grip.[13] De huidige hockeystick met een platte en een bolle kant (de voorloper had twee platte kanten) is rond 1880-1890 in Engeland ontstaan. Er zijn suggesties dat er een connectie is met cricket, aangezien een cricketbat ook een platte en ronde kant heeft. Waarom er is gekozen voor de platte kant aan de huidige zijde is niet helemaal duidelijk.
De bal mag alleen gespeeld worden met de platte kant van de stick.[14] Houd je de stick vast zoals hierboven beschreven, dan heb je aan de rechterkant van het lichaam de meeste controle over de bal. Bij de krul heb je dan namelijk een groter oppervlak om de bal te raken dan wanneer je de stick aan de linkerkant van het lichaam houdt. Met de stick rechts van het lichaam kun je dus gemakkelijker drijven met de bal. Daarom wordt er meestal gelopen met de stick rechts van het lichaam. Het is daar voor de tegenstander ook moeilijker om de bal af te pakken, want die heeft immers ook het liefst zijn stick aan de rechterkant van het lichaam.

Foto: Shutterstock

Figuur 1 | Bij hockey wordt de stick vastgehouden met de linkerhand bovenaan en de rechterhand onderaan de grip.

Rechts- of linkshandig?

Omdat de bal dus veel vaker aan de rechterkant dan aan de linkerkant van het lichaam wordt gespeeld, wordt vaak gedacht dat een reguliere hockeystick 'rechtshandig' is.[15,16] Maar dit klopt niet. Bij het drijven met de bal is een hockeystick eigenlijk meer geschikt voor linkshandige spelers. Hockeyers wordt namelijk geleerd om bij het lopen en bij het heen en weer halen van de bal ('indian dribble') te knijpen met hun linkerhand en met de rechterhand de stick juist losjes vast te houden. De belangrijkste taak voor de linkerhand is het draaien van de stick zodat je met de platte kant de bal raakt. Een goede fijne motoriek van de linkerhand is dus belangrijk voor het controleren van de bal.[13] De rechterhand is hierbij alleen ondersteunend en wordt niet gebruikt om de stick te draaien.[17] Het zou bij het drijven en controleren van de bal dus juist een voordeel kunnen zijn om als hockeyer linkshandig te zijn.[18] Bij andere technieken, zoals het spelen en aannemen van de bal, wordt spelers geleerd om te knijpen met beide handen.

Onderzoek

Het percentage linkshandigen bij tophockey is dus nog onbekend. Dit terwijl het misschien wel voor de hand ligt dat er relatief meer linkshandigen zijn dan in de normale bevolking. Ruimtelijk inzicht is belangrijk bij hockey en de stick wordt vastgehouden met beide handen, wat volgens de 'innate superiority hypothesis' gemakkelijker is voor linkshandigen. Daarnaast, zoals hierboven uitgelegd, is de linkerhand dominant bij het controleren van de hockeystick, wat het veronderstelde voordeel voor linkshandigen nog groter maakt.
De 'frequency dependent hypothesis' gaat voor hockey echter niet

op, omdat alle spelers met eenzelfde soort stick hockeyen en rechtshandige spelers dus niet een linkshandige speler kunnen tegenkomen met een gespiegelde stick. Die gespiegelde stick bestaat overigens wel en wordt gebruikt voor trainingsdoeleinden, maar speelt in wedstrijden (vooralsnog) geen rol.[19]
Als linkshandigen inderdaad een voordeel hebben bij hockey, dan is de verwachting dat er op topniveau een oververtegenwoordiging van linkshandigen is, vergeleken met de reguliere bevolking. Om deze verwachting te toetsen werd in een verkennende studie uitgevoerd.

Vragenlijst

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van een vragenlijst die werd ingevuld via het online platform Qualtrics. In de vragenlijst werden eerst algemene vragen gesteld over de (hockey)achtergrond van de speler. Daarna werd door middel van de Edinburgh Handedness Inventory[20,21] de handvoorkeur bepaald. Dit werd gedaan door van 10 verschillende activiteiten, zoals bijvoorbeeld schrijven, tekenen en tandenpoetsen, te vragen met welke hand dit bij voorkeur wordt gedaan. De deelnemers konden steeds antwoorden op een schaal van 1 (altijd met links) tot en met 5 (altijd met rechts). Deze scores werden voor elke vraag omgezet naar 0, 1 of 2 punten (1/2/3/4/5 = 2L/1L/0/1R/2R). Voor zowel links als rechts werden de punten vervolgens opgeteld, waarna met de formule ((R-L)/R+L))x100 een LQ (*laterality* of handvoorkeur *quotiënt*) werd berekend. Bij een LQ < -40 wordt een individu geclassificeerd als linkshandig, een LQ tussen -40 en +40 representeert een gemixte handvoorkeur en bij een LQ > +40 wordt een individu gezien als rechtshandig.[20]
De vragenlijst is verstuurd naar zoveel mogelijk teams in de Nederlandse hoofdklasse, promotieklasse en overgangsklasse. Er zijn 48 clubs per e-mail benaderd om mee te doen. Bij 24 daarvan voldeden zowel Dames 1 als Heren 1 aan het criterium en bij de 24 andere clubs ging het alleen om Dames 1 óf Heren 1. In totaal werden dus 72 teams benaderd om mee te doen. Daarvan is bij 26 teams toegezegd dat het verzoek zou worden doorgestuurd naar de manager van het team. Helaas is het onbekend of de vragenlijst door de manager ook daadwerkelijk is doorgestuurd naar de spelersgroep. Naast deze werving via de verenigingen heeft er ook een oproep om deel te nemen op LinkedIn gestaan.

		man	vrouw
aantal		75	118
leeftijd + sd (jaren)		29,4 ± 10,1	26,3 ± 7,8
hoogste hockeyniveau	*hoofdklasse*	39	82
	promotieklasse	10	15
	overgangsklasse	26	21
ervaring als international	*ja, als senior*	6	18
	ja, als junior	26	52
	nee	43	48

Tabel 1 | Gegevens van de deelnemers aan het onderzoek.

Resultaten

Uiteindelijk deden in totaal 193 (voormalig) tophockeyers mee aan dit onderzoek, waarvan 75 mannen en 118 vrouwen. Doordat dit aantal lager is uitgevallen dan verwacht en vanwege het kleine aantal mannelijke hoofdklassespelers, kan dit onderzoek gezien worden als een verkennende studie. Enkele details over de deelnemers zijn te vinden in tabel 1. De data (zie tabel 2) laten zien dat er relatief meer linkshandige spelers zijn in de tophockeygroep vergeleken met de reguliere bevolking.[1] Door middel van een zogeheten goodness-of-fit test (chi-square-test) werd geanalyseerd of dit verschil significant was. De percentages bleken inderdaad significant verschillend (χ^2 (2, N = 193) = 15,24, p < .001, w = 0,28). Daarna is gekeken of dit geldt voor zowel mannen als vrouwen. Het bleek dat de percentages bij de mannen (χ^2 (2, N = 75) = 18,33, p < .001, w = 0,43) wel, maar bij de vrouwen (χ^2 (2, N = 118) = 3,07, p = .21, w = 0,18) niet significant verschillend waren.

Discussie

Deze resultaten laten zien dat er in de tophockeygroep significant meer linkshandigen zitten (18,7%) dan in de reguliere bevolking (10,4%). Linkshandigen hebben in het hockey dus inderdaad ergens een voordeel. Volgens de 'innate superiority hypothesis' is dit een gevolg van beter ruimtelijk inzicht en betere samenwerking tussen de handen. Om hier een completere verklaring voor

	totaal		man		vrouw	
	regulier (%)	hockey (%)	regulier (%)	hockey (%)	regulier (%)	hockey (%)
linkshandig	10,4%	18,7%	11,6%	25,3%	9,5%	14,4%
gemengd	9,3%	6,7%	10,8%	8,0%	8,5%	5,9%
rechtshandig	80,3%	74,6%	77,5%	66,7%	82,0%	79,7%

Tabel 2 | Percentages handvoorkeuren bij reguliere bevolking en tophockeyers.

te vinden, zou er verder onderzoek gedaan moeten worden. Zijn linkshandige spelers op bepaalde posities in het veld in het voordeel? Zijn linkshandige spelers beter in bepaalde acties?
Het is natuurlijk interessant waarom er wel significant meer linkshandigen in de mannelijke tophockeygroep (25,3% t.o.v. 11,6% in de reguliere bevolking) zijn gevonden, maar niet in de vrouwelijke tophockeygroep (14,4% t.o.v. 9,5% in de reguliere bevolking). In dit onderzoek is het niveau bij de mannen gemiddeld lager (slechts 42,7% heeft ervaring als jeugdinternational en slechts 8,0% bij de senioren; bij de vrouwen zijn deze percentages resp. 59,3% en 15,3%). Het zou kunnen dat er hier iets soortgelijks zichtbaar is als bij de professionele tennissers[12], namelijk dat het 'voordeel' van linkshandig zijn na verloop van tijd verdwijnt, dat wil zeggen naarmate de tegenstander meer ervaring heeft en zijn/haar niveau hoger is. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen, is vervolgonderzoek nodig met een grotere onderzoeksgroep, met daarin hockeyers van allerlei niveaus. In zo'n onderzoek zou ook het aantal jaren ervaring meegenomen moeten worden.

Het responsepercentage bij dit verkennende onderzoek had in potentie veel hoger kunnen zijn. In de Heren en Dames hoofdklasse spelen in totaal 24 teams met gemiddeld zo'n 18 spelers in de selectie. Dat zou een potentiële onderzoeksgroep van 432 spelers betekenen. Er deden nu 121 spelers mee die hoofdklasse als hoogste niveau hadden; daarnaast deden er nog 72 spelers mee met promotieklasse of overgangsklasse als hoogst behaalde niveau. Het onderzoek herhalen bij alle teams van de hoofdklasse zou de analyse, betrouwbaarheid en toepasbaarheid van de resultaten sterk kunnen verbeteren.

Praktische toepassing

De bovenstaande bevindingen zouden nuttig kunnen zijn voor hockeytrainers in het kader van talentontwikkeling. Met een reguliere hockeystick wordt de linkerhand weliswaar al constant getraind, maar wellicht heeft het zin om de linkerhand van rechtshandigen ook op een andere manier extra te trainen. Trainers zouden bij rechtshandige spelers bijvoorbeeld met alternatieve oefeningen extra aandacht kunnen besteden aan het verbeteren van de fijne motoriek en kracht van de linkerhand. Denk hierbij aan tennissen met de linkerhand, een bal gooien en vangen met alleen de linkerhand of wellicht wel jongleren (dat laatste traint ook de hersenen[22,23]). Op die manier zouden rechtshandige spelers de coördinatie en kracht van hun linkerhand kunnen verbeteren. Uiteraard zijn deze suggesties speculatief en is er (nog) geen bewijs dat het verbeteren van de coördinatie en kracht van de linkerhand de hockeyprestaties daadwerkelijk verbetert. Dit zou een leuk onderwerp zijn voor een vervolgonderzoek.

Dankwoord

De auteur wil graag Geert Savelsbergh en John van der Kamp bedanken voor hun nuttige feedback bij het schrijven van de eerste versie van dit artikel.

Over de auteur

Annelies Brocken is PhD-student aan de Faculteit Gedrags- en Bewegingswetenschappen van de VU te Amsterdam. Haar onderzoek richt zich op motorisch leren en aanpassingsvermogen van basisschoolleerlingen. Daarnaast geeft ze breed motorische sporttrainingen via haar bedrijf Athletic Talent Academy.

1. Papadatou-Pastou M et al. (2020). Human handedness: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146 (6), 481-524.
2. Papadatou-Pastou M et al. (2008). Sex differences in left-handedness: A meta-analysis of 144 studies. *Psychological Bulletin*, 134 (5), 677-699.
3. Grouios G et al. (2000). Do left-handed competitors have an innate superioriy in sports? *Perceptual and Motor Skills*, 90 (3 Pt 2), 1273-2882.
4. Raymond M et al. (1996). Frequency-dependent maintenance of left handedness in humans. Proceedings. *Biological Sciences*, 263 (1377), 1627-1633.
5. Loffing F (2017). Left-handedness and time pressure in elite interactive ball games. *Biology Letters*, 13 (11), 10-13.
6. Hagemann N (2009). The advantage of being left-handed in interactive sports. *Attention, Perception and Psychophysics*, 71 (7), 1641-1648.
7. Geschwind N & Galaburda AM (1985). Cerebral lateralization: biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, 42 (5), 428-459.
8. Geschwind N & Galaburda AM (1985). Cerebral lateralization: biological mechanisms, associations, and pathology: II. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, 42 (6), 521-552.
9. Rossi B & Zani A (1986). Differences in hemispheric functional asymmetry between athletes and nonathletes: evidence from a unilateral tactile matching task. *Perceptual and Motor Skills*, 62 (1), 295-300.
10. Bisiacchi PS et al. (1085). Left-handedness in fencers: an attentional advantage? *Perceptual and Motor Skills*, 61 (2), 507-513.
11. Judge J & Stirling J (2003). Fine motor skill performance in left- and right-handers: evidence of an advantage for left-handers. *Laterality*, 8 (4), 297-306.
12. Loffing F, Hagemann N & Strauss B (2012). Left-handedness in professional and amateur tennis. *PLoS One*, 7 (11), 1-8.
13. Nederlof N (2018). Hockey in de greep van de grip. *HockeyVisie*, https://www.knhb.nl/kenniscentrum/hockey-visie/hockey-in-de-greep-van-de-grip.
14. FIH (2018). *Rules of hockey including explanations*, http://www.fih.ch/media/12236728/fih-rules-of-hockey-2017.pdf
15. Coren S (1994). Personality differences between left- and right-handers: an overlooked minority group? *Journal of Research in Personality*, 28, 214-229.
16. Nugteren M van (2020). Het verhaal achter de linkshandige stick. *Hockey.nl*: https://hockey.nl/nieuws/de-sport/het-bijzondere-verhaal-achter-de-linkshandige-stick/
17. Collewijn S (2016). Tips: de dribbel van Valentin Verga. *Hockey.nl*: https://hockey.nl/artikel/oranje-heren/special-dribbeltips-valentin-verga/
18. Pyarali Z (2015). Field hockey rules keep IU player from using dominant hand. *Indiana Daily Student*: https://www.idsnews.com/article/2015/10/field-hockey-rules-keep-iu-player-from-using-dominant-hand.
19. Brocken JEA, Kamp J van der & Savelsbergh GJP (2019). Trainen met een gespiegelde hockeystick. Cross-educatie verbetert de bal-stick vaardigheid. *Sportgericht*, 73 (2), 42-44.
20. Robinson J (2013). Edinburgh Handedness Inventory. In: Volkmar FR (editor), *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders*, pp. 1051-1054. New York: Springer.
21. Oldfield RC (1971). Hand preference. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
22. Beek PJ & Lewbel A (1995). The science of juggling. *Scientific American*, 273 (5), 92-97.
23. Stone DB et al. (2019). Hyperscanning of interactive juggling: expertise influence on source level functional connectivity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 321.

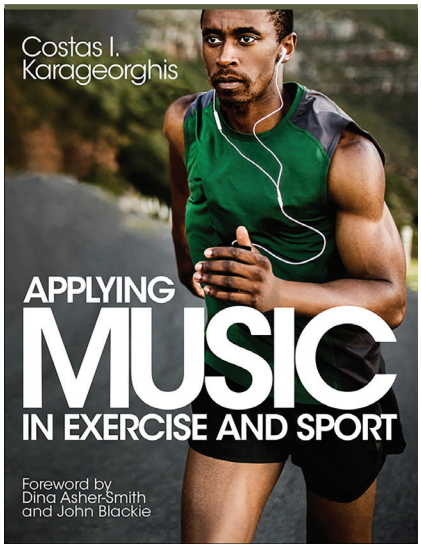
SPORT gericht

Muziek kan ons raken en vermaken, laat ons wenen of walsen, van pijn of plezier. Wanneer elk detail telt en sporters op het toppunt van hun kunnen moeten presteren, zijn de effecten van muziek allerminst een bijzaak. Maar hoe is de sportprestatie te beïnvloeden met zoiets simpels als een melodietje en een ritme?

Muziek inzetten voor plezier en prestatie in de sport

Deel 1: Wat zegt het sportonderzoek?

Lieke Schiphof-Godart



Cover van het boek *Applying music in exercise and sport* (Human Kinetics).

Professor Costas Karageorghis van de Brunel University in Londen maakte van deze vraag zijn levenswerk, en ontdekte hoe complex de relatie tussen muziek, een sporter en zijn prestatie is.

Tweeluik

We beginnen dit tweeluik met een korte uitleg hoe muziek in de sport gebruikt wordt en waarom het zo'n grote impact kan hebben op sporters en hun prestatie. Vervolgens worden diverse relevante bevindingen uit recent sportonderzoek uitgelicht. Wie meer wil lezen wordt verwezen naar de excellente overzichtsstudie van Terry et al.[1], het binnenkort te verschijnen Open Access boekhoofstuk van Karageorghis et al.[2] en het in 2017 verschenen boek van 'professor K': *Applying music in exercise and sport*.[3]

Afleiden, begeleiden en verleiden

Of je nu sport op recreatief niveau, fanatiek wedstrijden speelt of je brood verdient met sporten, presteren vereist uren en uren oefenen en trainen. 'Oefening baart kunst' is echter gemakkelijker gezegd dan gedaan. Als er nu eens een manier bestond, of een middel, om het trainen wat leuker te maken, motiverender of minder zwaar, dan zou dat voor de meesten van ons zeer welkom zijn.

Muziek is zo'n middel! Het is misschien geen wondermiddel, maar het is (nog) wel legaal en indien correct gebruikt kan het sporters een extra boost geven en hun prestaties op korte en lange termijn verbeteren. Behalve last van 'oorwurmen' en een sterke neiging tot zingen onder de douche zijn er bij sporters nog geen negatieve effecten van deze prestatieverhogende methode gerapporteerd.

Een klein beetje geschiedenis

Muziek en sport mogen dan wel vaak los van elkaar worden gezien, in werkelijkheid zijn ze meer met elkaar verweven dan we ons soms realiseren. De oude Grieken hadden, in tegenstelling tot de meeste sportprofessionals nu, al aandacht voor de combinatie van fysieke prestatie met kunst en muziek. Ze dachten dat bepaalde toonsoorten de prestatie konden verbeteren of verslechteren.[2]

Soundtracks

De moderne Olympische Spelen versterkten de band tussen muziek en sport. Denk bijvoorbeeld aan de openings- en sluitingsceremonies, waarin muziek en sport samenkwamen. Zo is het nummer *One Moment in Time*, waarmee Whitney Houston de Spelen in Seoul (1988) opende, een klassieker voor zowel sport- als muziekliefhebbers.

Sinds het begin van de Olympische Spelen lieten componisten en artiesten, van Claude Debussy tot John Williams tot Vangelis, zich inspireren door de sport. Sporters lieten zich op hun beurt inspireren door muziek. Veel topsporters geven aan dat zij muziek gebruiken voorafgaand aan een belangrijke wedstrijd. De Britse hardloopster Kelly Holmes luisterde bijvoorbeeld naar de muziek van Alicia Keys voordat zij in 2004 in Athene twee Olympische medailles won (800 meter en 1500 meter).[3] Ook tennisser Andy Murray kun je vlak voor een wedstrijd vaak zien met 'oortjes' in. Ook Wereldkampioenschappen en andere toernooien, van snooker tot voetbal, hebben nu hun eigen 'tune': zoals *Waka Waka* van Shakira voor de FIFA World Cup of Neil Diamond's *Sweet Caroline*, dat bij elke honkbalwedstrijd van de Boston Red Sox in Fenway Park te horen is. Amerikaanse artiesten zien het tegenwoordig als een grotere eer om tijdens de rust van de Super Bowl hun kunsten te vertonen - op een podium dat in zes minuten midden op het American Football veld wordt opgebouwd - dan op te draven voor een muzikale hoofdprijs, zoals de Grammy Awards.[4] Voetbalsupporters gebruiken hun clublied om hun favoriete elftal aan te moedigen en organisatoren van grote sportevenementen hebben steeds meer aandacht voor het belang van muziek voor het creëren van de gewenste sfeer.

Muziek en sportprestatie

Muziekloos trainen is voor veel sporters vandaag de dag ondenkbaar. In de Nederlandse parken lopen meer mensen met muzikale begeleiding dan zonder. Volleyballers, turners, krachtsporters en fitnessers trainen vaak ook met luide muziek. Weinigen zullen liever in stilte trainen. Maar is muziek een prettig extraatje, of heeft het werkelijk invloed op de sportprestatie?
Op die vraag bestaat een helder antwoord: Ja, muziek verbetert

(vaak) de sportprestatie. Er bestaan verschillende mechanismen die elk op hun eigen manier zorgen voor een bepaald effect van muziek op de sporter, en daarmee op zijn of haar prestatie. Iedere sporter weet dat de sportprestatie bepaald wordt door een veelheid van factoren, van motivatie en concentratie tot technische beheersing en fysiologische aspecten. Muziek kan, via verschillende wegen, diverse van deze factoren beïnvloeden en zo indirect helpen de sportprestatie te verbeteren. Zo kan muziek opzwepend zijn, motiverend, afleidend of kalmerend. Welke muziek prestatiebevorderend kan werken, hangt óók af van vele zaken, zoals de associaties van een sporter met bepaalde soorten muziek en de behoeften van de sporter in kwestie (die op hun beurt weer afhangen van de tak van sport en de situatie).[2] De sterkste effecten van muziek worden hieronder verklaard, gevolgd door een korte samenvatting van de meest relevante wetenschappelijke bevindingen over muziek en sportprestatie.

Muziek en het brein

Wake me up

Dat muziek lichaam en geest wakker kan schudden, opzwepen en dus activeren, hebben de meeste mensen wel eens ervaren. Het mechanisme hierachter wordt de hersenstamreflex genoemd.[5] Deze term verwijst naar de manier waarop de hersenen omgevingsgeluid interpreteren en bepalen of er bijvoorbeeld gevaar dreigt.[5] Via dit mechanisme heeft snelle, luide muziek een stimulerende werking. Het zorgt voor een toename van de hartfrequentie, bloeddruk, lichaamstemperatuur en spierspanning[6], wat erg nuttig kan zijn voor een sporter die in de startblokken staat. Zachte, langzame muziek kan juist een tegenovergesteld effect hebben en zenuwachtige of gespannen sporters kalmeren voorafgaand aan een belangrijke wedstrijd.

Feel the rhythm

Een andere manier waarop muziek invloed kan hebben op lichaam én geest, is via *rythmic entrainment*.[5] Dit komt erop neer dat lichamelijke ritmes, zoals de hart- en ademfrequentie, ertoe neigen om synchroon te gaan lopen met ritmes in de omgeving, bijvoorbeeld die van muziek. De meeste sporters hebben tijdens intensieve trainingen een voorkeur voor behoorlijk snelle muziek. Onbewust kiezen ze voor een ritme dat overeenkomt met hun hartfrequentie. Voor een yogasessie is wellicht iets anders nodig: rustige muziek kan dan helpen om het hart- en ademritme te vertragen.[7] Muziek kan sporters ook uitnodigen tot de gewenste pas- of slagfrequentie bij het lopen, schaatsen of roeien.[2] Dit optimale beweegritme of -patroon is vaak efficiënter en kan daarmee voordeel opleveren, vooral voor duursporters.

Memories

Bekende muziek roept bepaalde emoties en herinneringen op.[2] Via zogeheten *evaluative conditioning* is muziek die je vaak hoorde gekoppeld aan een specifieke situatie en daarmee aan positieve of negatieve emoties.[5] Dit principe kunnen sporters bewust gebruiken door bijvoorbeeld steeds dezelfde muziek te draaien voorafgaand aan een wedstrijd

of training. Zo kun je je fysiek en mentaal voorbereiden en in de juiste mindset komen voor de komende prestatie.[2] Dankzij deze sterke associaties kan muziek ook visuele herinneringen versterken.[6,7] Sporters kunnen muziek dus gebruiken om mentale inbeelding te faciliteren: een technisch aspect of hun beweging in gedachten uitvoeren of zichzelf de taak al 'zien' uitvoeren in hun hoofd.[2]

Dissociatie

Wanneer een liedje de oren binnendringt, op weg naar die plekken in de hersenen waar we het waarnemen en misschien wel herkennen, bezet de muziek een plekje (of paadje) in het informatienetwerk van het brein. Onderzoek heeft aangetoond dat dit ervoor zorgt dat andere informatie minder goed binnenkomt in het bewuste brein.[8] Dit betekent simpelweg dat de muziek ervoor zorgt dat een sporter zich van andere informatie minder sterk of minder goed bewust is.[8] In dit geval hoeft een sporter gevoelens van inspanning, ongemak en vermoeidheid niet te negeren: dat doet zijn brein al voor hem. Het afleidende en pijnstillende effect van muziek wordt nu ook al ingezet in de geneeskunde. Uit een recent overzichtsartikel, geschreven door onderzoekers van het ErasmusMC in Rotterdam, blijkt bijvoorbeeld dat het horen van muziek vlak na hartoperaties voor een afname van pijn en angst bij patiënten te zorgen.[9] Relevant voor sporters is vooral dat muziek invloed heeft op hoe zwaar een inspanning voelt: de perceptie van de mate van inspanning (in Engelstalige artikelen spreekt men meestal van RPE: *Rating of Perceived Exertion*) berust vooral op informatie die de sporter krijgt vanuit het lichaam. Voorbeelden daarvan zijn gevoelens van ongemak, pijn en vermoeidheid, bijvoorbeeld in de benen. Maar ook de adem- en hartfrequentie zijn bronnen van informatie voor een sporter.

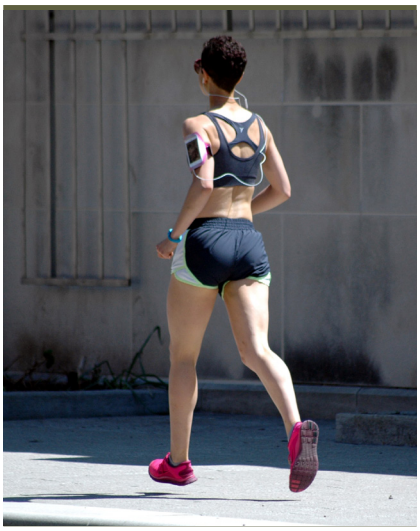


Foto: Steve Baker

Perceptie van inspanning

Deze inspanningswaarneming is één van de belangrijkste factoren die bepalen hoe hard een sporter zijn best doet, en dus hoe hard deze loopt, fietst of schaatst. Al langer is bekend dat de RPE niet alleen afhangt van fysieke en fysiologische factoren, maar in grote mate beïnvloed wordt door bijvoorbeeld de motivatie, ervaring en emoties van een sporter. Dit kan de verrassend grote impact van muziek op de RPE misschien verklaren. Muziek leidt sporters immers af van gedachten, sensaties en gevoelens die de inspanning 'zwaar' laten lijken en helpt de aandacht te richten op positieve gedachten en gevoelens. Wanneer het sporten echter te zwaar of de inspanning te groot wordt, is deze dissociatie niet meer mogelijk: dan zijn de lichamelijke signalen zo sterk dat deze de hersenbandbreedte volledig in beslag nemen.[2] Interessant genoeg kan muziek ook dan, als de inspanningsintensiteit te hoog is voor dissociatie, nog steeds de RPE van sporters verlagen, zelfs wanneer de sporter niet in staat is om de muziek bewust waar te nemen.

Muziek in sportonderzoek

Voor een gedetailleerd en allesomvattend overzicht van het prestatiebevorderende effect van muziek verwijzen we de lezer nogmaals naar de eerdergenoemde overzichtsartikelen.[1,2] Hieronder staan een paar relevante en opvallende bevindingen uit het onderzoek naar het effect van muziek op de sportprestatie uit de afgelopen twintig jaar.

Voor het sporten

Het grootste gevonden effect van muziek vóór het sporten betreft korte, intensieve inspanning, zoals knijpkracht of sprintprestaties.[2] Zo legden proefpersonen een 60 meter sprint sneller af na het luisteren naar de filmmuziek van Rocky dan zonder muziek voorafgaand aan het rennen.[10] In een recentere studie bleken mensen het hardst te kunnen knijpen als zij snelle en luide muziek te horen kregen, vergeleken met langzamere of zachtere muziek of stilte.[11] Sporters die zich moeten concentreren en gebaat zijn bij het kalmeren van hun zenuwen (zoals darters en schutters) varen wel bij ontspannende muziek, vooral wanneer ze deze nog niet kennen.[12]

Tijdens het sporten

In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen synchrone muziek, waarvan het ritme samenvalt met de hartfrequentie of het beweegpatroon van de sporter, en asynchrone muziek, waarbij de ritmes niet gekoppeld zijn. Synchrone muziek zou vooral bij herhaalde, cyclische bewegingen (zoals bij duursporten) een voordeel kunnen bieden.

Synchrone muziek

De grootste effecten van muziek zijn gevonden wanneer het ritme van de muziek synchroon was met de hartfrequentie of beweegfrequentie van de sporter, en getest werd hoe lang een proefpersoon een bepaalde inspanning volhield. Bij een volhoudtest op een loopband bleven amateursporters bijvoorbeeld 20% langer doorlopen met muziek, dan zonder.[13] Een groter effect is zelfs gevonden bij sporten in de hitte: dan houden sporters het lopen meer dan 66% langer vol als zij naar muziek luisteren.[14] Het

is echter niet verbazend dat afleiding welkom en prestatieverbeterend is bij zware volhoudtests in een saaie (onderzoeks-)setting. Toch lijkt het erop dat muziek ook tijdens 'gewone' trainingen de verrichte arbeid van sporters (en daarmee uiteindelijk hun prestatie) kan verbeteren. Zo liepen recreatief actieve hardlopers na regelmatig trainen met muziek een 400 meter test afgerond 5% sneller dan hun groepsgenoten die zonder muziek getraind hadden.[15]

Asynchrone muziek

Ook muziek waarvan het ritme niet overeenkomt met de bewegingen of fysiologische ritmes van sporters kunnen een positief effect hebben op de prestatie. Dit lijkt vooral te komen doordat de sporters de inspanning als minder zwaar ervaren en een 10% lagere RPE aangeven.[2] Zodra de inspanning zwaarder wordt, neemt dit effect echter af. Toch is zelfs bij een 'all-out' Wingate test van 30 seconden de prestatie beter (en het piek- en gemiddeld vermogen hoger) met muziek dan zonder muziek.[16]

Na het sporten

Muziek kan helpen om na het sporten de hart- en ademfrequentie te verlagen, of juist tijdelijk 'op peil te houden', afhankelijk van de herstelbehoeften van sporters. Zo kan rustige muziek een kalmerend effect hebben, terwijl relatief snelle en luide muziek kan helpen om nog een tijdje wat actiever en alerter te zijn.[17]

Van misschien wel groter belang is het effect van muziek tegen het einde van een training op de emotionele en mentale staat van sporters. Vergeleken met een muziekloos einde, zorgt een muzikale cooling-down bij sporters voor meer positieve gevoelens.[18] Dankzij muziek herinneren sporters zich de training als plezieriger en leuker.[2] Ook is de RPE van sporters tijdens rustintervallen lager als er muziek te horen is.[18]

Conclusie

Muziek is één van de vele 'tools' die trainers en sporters kunnen gebruiken voor een optimale sportprestatie. De mechanismen die hiervoor zorgen zijn complex, omdat muziek invloed kan hebben op zowel fysieke en fysiologische als mentale en emotionele factoren. Afhankelijk van de behoeften van de sporter, de situatie en de taak die volbracht moet worden, kan de juiste muziek helpen om beter te presteren, bijvoorbeeld door een sporter in de juiste 'mindset' te brengen, of door ritmische steun te verlenen.

Vervolg

Wie muziek wil inzetten in de sport, of dat nu is voor meer motivatie, een optimaal looptempo of positieve gevoelens tijdens of na een training, kan in het tweede deel van dit tweeluik tips en adviezen vinden, gebaseerd op de meest recente literatuur en voorbeelden uit de topsport. Met praktische voorbeelden zal worden uitgelegd hoe coaches en sporters optimale warming-up liedjes, teamsong of playlists kunnen kiezen.

Met dank aan

Prof. Costas Karageorghis en dr. Garry Kuan.

Over de auteur

Dr. Lieke Schiphof-Godart is docent bij het ErasmusMC Rotterdam. Ze is gepromoveerd in de sportpsychologie en schreef samen met Costas Karageorghis en Garry Kuan het hoofdstuk *Music in sport: from conceptual underpinnings to applications* in het boek *Essentials of exercise and sport psychology: An open access text book* (onder redactie van Z. Zenko & L. Jones).

1. Terry PC et al. (2020). Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 146 (2), 91-117.
2. Karageorghis CI, Kuan G & Schiphof-Godart L (2021). Music in sport: From conceptual underpinnings to applications. Accepted for publication In: Z. Zenko & L. Jones (eds.), *Essentials of exercise and sport psychology: An open access text book.* Society for the Transparency, Openness, and Replication in Kinesiology.
3. Karageorghis CI (2017). *Applying music in exercise and sport.* Champaign, IL: Human Kinetics.
4. Gijssel R van (2021, Feb 4). De Volkskrant, pp. V10-V11. https://www.volkskrant.nl/cultuur-media/alles-is-super-aan-de-muziek-tijdens-de-super-bowl-en-zeker-nu-de-show-ook-politieke-implicaties-heeft~b0b50f9e/
5. Juslin PN (2013). From everyday emotions to aesthetic emotions: Towards a unified theory of musical emotions. *Physics of Life Reviews*, 10 (3), 235-266.
6. Chapados C & Levitin DJ (2008). Cross-modal interactions in the experience of musical performances: Physiological correlates. *Cognition*, 108 (3), 639-651.
7. Kuan G et al. (2018). Effects of relaxing and arousing music during imagery training on dart-throwing performance, physiological arousal indices, and competitive state anxiety. *Frontiers in Psychology*, 9, e14.
8. Bigliassi M et al. (2017). Effects of auditory stimuli on electrical activity in the brain during cycle ergometry. *Physiology & Behavior*, 177, 135-147.
9. Kakar E et al. (2021). Music intervention to relieve anxiety and pain in adults undergoing cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Open Heart*, 8 (1), e001474.
10. Hall KG & Erickson B (1995). The effects of preparatory arousal on sixty-meter dash performance. *Applied Research in Coaching and Athletics Annual*, 10, 70-79.
11. Karageorghis CI et al. (2018). Interactive effects of music tempi and intensities on grip strength and subjective affect. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28 (3), 1166-1175.
12. Kuan G (2014). Music, imagery training, and sports performance [Doctoral thesis]. Victoria University. http://vuir.vu.edu.au/24835/1/Garry%20Kuan.pdf
13. Terry PC et al. (2012). Effects of synchronous music on treadmill running among elite triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15 (1), 52-57.
14. Nikol L et al. (2018). The heat is on: effects of synchronous music on psychophysiological parameters and running performance in hot and humid conditions. *Frontiers in Psychology*, 9, article 1114.
15. Karageorghis CI et al. (2019). Effects of auditory-motor synchronization on 400-m sprint performance: an applied study. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 14 (6), 738-748.
16. Stork MJ et al. (2015). Music enhances performance and perceived enjoyment of sprint interval exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47 (5), 1052-1060.
17. Karageorghis CI et al. (2018). Psychological and psychophysiological effects of recuperative music post-exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50 (4), 739-746.
18. Jones L, Stork MJ & Oliver LS (2020). Affective responses to high-intensity interval training with continuous and respite music. *Journal of Sports Sciences*, 38 (24), 2803-2810.

SPORT gericht

Trainingskampen op hoogte worden in de (duur)sportwereld veel gebruikt om de wedstrijdprestatie te bevorderen. Zowel de hoogte als de trainingsinhoud kunnen de individuele respons op het trainingskamp, en daarmee de daaropvolgende wedstrijdprestatie, zowel positief als negatief beïnvloeden. Beslissingen hierover worden momenteel genomen op basis van ervaring (*trial-and-error*). Kan het meten van de hartslagvariabiliteit iets bijdragen aan deze beslissingen?

Hartslagvariabiliteit tijdens hoogtestage

Hulpmiddel voor betere trainingsrespons?

Sander Berk

In 2018 beschreef ik in *Sportgericht* een case study naar het gebruik van hartslagvariabiliteit (HRV) als parameter voor totale vermoeidheid.[1] Tijdens de voorbereiding op een Ironman triathlon werd gedurende zeven maanden dagelijks de HRV gemeten. Stijgingen en dalingen bleken gekoppeld te kunnen worden aan duidelijk aanwijsbare stressoren. Na een succesvol pilot project hebben we deze dagelijkse meting op vrijwillige basis ingevoerd bij de triatleten van het Nationale Triathlon Trainingscentrum in Sittard. In de jaren erna bleek bij de atleten die deze metingen consequent uitvoerden dat zowel acute als trendmatige dalingen vaak toe te schrijven waren aan specifieke stressoren. Niet iedereen reageert echter identiek op dezelfde stressoren, dus in het begin was het vooral uitzoeken hoe iedere individuele atleet op een bepaalde stressor reageert.

Foto: Youri Keulen

Homeostase

Eén van de stressoren waarop wel identiek gereageerd werd, waren trainingskampen op hoogte. Het verblijven en trainen op hoogte zorgt blijkbaar voor een dusdanige verstoring van de homeostase, dat deze bij alle atleten meetbaar is. Op zich is dat natuurlijk ook wat je wilt bereiken door middel van een trainingskamp. Als de homeostase niet verstoord zou worden, zou je net zo goed niet op trainingskamp kunnen gaan, want het is de aanpassing aan die verstoring die uiteindelijk tot prestatieverbetering moet leiden. Het is alleen de kunst om ervoor te zorgen dat de verstoring niet te groot is en dat de atleet deze onder controle krijgt voor het einde van het trainingskamp. Als dat laatste name-

lijk niet gebeurt, zal de atleet niet optimaal geprofiteerd hebben van het trainingskamp en er misschien zelfs wel nadeel van hebben ondervonden.

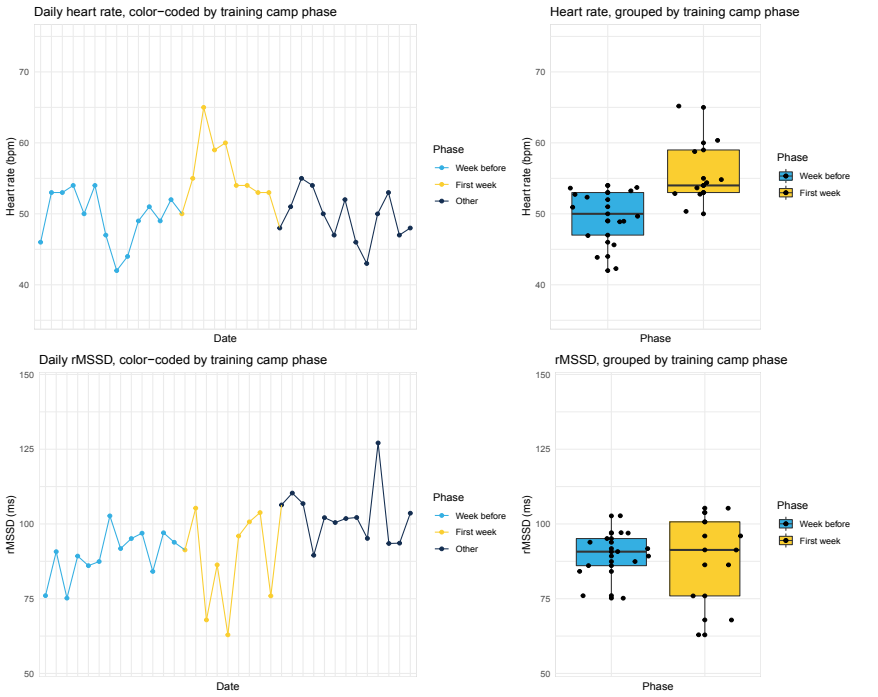
Locatie en trainingsinhoud

Het kiezen van de juiste locatie voor een hoogtestage is een manier om de grootte van de verstoring te beïnvloeden. Hoe hoger de locatie, des te groter de verstoring in theorie zal zijn. Hierin zijn echter duidelijke individuele verschillen, wat het lastig maakt om voor een groep de beste locatie te vinden. Om de verstoring voor iedereen binnen de gewenste perken te houden, dient de inhoud van het trainingskamp, met name de parameters belasting en herstel, juist te worden gekozen. Veel en hard trainen gecombineerd met onvoldoende aandacht voor rust en herstel zorgt ervoor dat het lichaam langer de tijd nodig heeft om aan de verstoring te wennen.

Verschillen

Met onze ervaringen met HRV in het achterhoofd vroegen we Marco Altini, de man achter de *HRV4Training* app, of hij eens dieper in kon gaan op de data die we verzameld hadden rondom de diverse hoogtestages. Het toeval wilde dat hij als student bewegingswetenschappen een onderwerp zocht voor zijn master thesis. Het vervolg van dit artikel is grotendeels gebaseerd op deze thesis.[2]

Marco keek eerst of er in de gemeten ochtendhartslag en HRV verschillen te zien waren tussen verblijf thuis en verblijf op hoogte. Figuur 1 laat de data zien van één van de atleten. De ochtendhartslag (daily heart rate, links boven) stijgt aan het begin van het trainingskamp en komt vervolgens weer terug op het niveau van voor het trainingskamp. De HRV (rMSSD, links onder) is tijdens de eerste dagen van het kamp licht verlaagd, maar normaliseert bij deze atleet vrij snel. De dag-tot-dag variatie in HRV (rechts onder) is echter wel groter tijdens het begin van het trainingskamp, wat tot uitdrukking komt in een hogere



Figuur 1 | Analyse van ochtendhartslag (heart rate) en HRV (rMSSD) data van één atleet, voor en tijdens een trainingskamp op hoogte. Blauw = tijdens verblijf thuis, voorafgaand aan het trainingskamp, geel = tijdens eerste week van het trainingskamp, zwart = tijdens de rest van de trainingskamp. Zie tekst voor verdere toelichting.

coefficient of variation (CV). Dit beeld was bij iedere atleet in meer of mindere mate te zien. Bij sommige atleten was de verstoring in hartslag en HRV relatief klein (zoals bij de atleet in figuur 1), bij andere atleten was deze verstoring een stuk groter.

Prestatiemaat

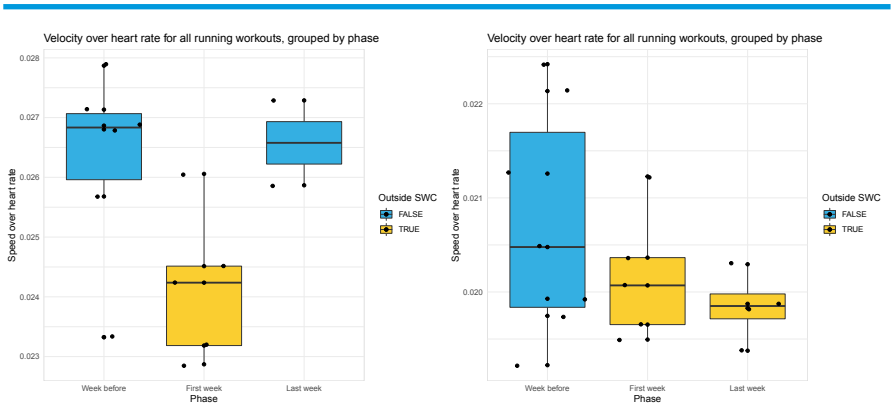
Om te bepalen of deze verschillen relevant waren, moesten we op zoek naar een prestatiemaat. Bij een retrospectieve studie zoals deze is dat vaak lastig. Want waar je bij een 'standaard' wetenschappelijke studie vooraf bedenkt op welke manier een verschil in prestatie kan worden bepaald, moesten wij in dit geval achteraf bekijken welke gegevens van voor, tijdens en na het trainingskamp beschikbaar waren om een prestatieverschil aan te kunnen tonen. Uiteindelijk zijn we uitgekomen op de relatie tussen hardloopsnelheid en hartslag tijdens submaximale trainingen. Hoe hoger het quotiënt hiervan is, des te hoger het prestatieniveau. Er wordt immers meer snelheid gegenereerd tegen dezelfde interne kosten. Het gebruik van hardloopsnelheid als input is niet onomstreden, omdat er veel omgevingsinvloeden zijn die er effect op kunnen hebben. Denk bijvoorbeeld aan ondergrond, helling of wind. Maar omdat zowel voor als tijdens het trainingskamp veel over dezelfde parkoersen werd gelopen is de invloed van deze factoren vergelijkbaar en zijn verschillen in deze relatie in onze ogen toch goed te gebruiken als prestatiemaat.

Veel van de genoemde omgevingsvariabelen zouden minder invloed hebben gehad wanneer in plaats van de hardloopsnelheid het vermogen op de fiets zou zijn gebruikt. Maar dat vermogen heeft voor gebruik in deze situatie ook een groot nadeel: het wordt (bij dezelfde snelheid) een stuk lager wanneer in een groep gefietst wordt. Omdat daar niet voor te controleren was en omdat het verschil

tussen de thuissituatie en de situatie op trainingskamp daarin te groot was, hebben we toch besloten om de hardloopsnelheid gedeeld door de hartslag als prestatiemaat te gebruiken.

Ratio

Figuur 2 toont een voorbeeld van deze ratio voor twee verschillende atleten. Ze laten allebei een daling zien tijdens de eerste week van de hoogtestage. Om dezelfde snelheid te halen, moeten ze in fysiologisch opzicht dus allebei harder werken. Of eigenlijk: een inspanning van dezelfde hartslagintensiteit levert voor beide atleten een lagere loopsnelheid op. Dit is een heel normaal beeld tijdens hoogtestages. Aan het einde van de hoogtestage is er echter een duidelijk verschil te zien. Terwijl de ratio van de linker atleet weer terug is op het niveau van voor de hoogtestage, is deze bij de rechter atleet nog altijd gedrukt. Dit duidt erop dat de rechter atleet er aan het einde van de hoogtestage nog altijd niet in geslaagd is om zich aan te passen aan de door het trainingskamp veroorzaakte homeostaseverstoring. Alhoewel dit geen direct bewijs is, is het op zijn minst een aanwijzing dat het prestatieniveau van de rechter atleet na de stage eerder lager dan hoger is geworden.



Figuur 2 | Loopsnelheid gedeeld door hartfrequentie voor en tijdens een trainingskamp op hoogte. Bij beide atleten is er in de eerste week van het trainingskamp een duidelijk daling van deze ratio zichtbaar. In de laatste week heeft de linker atleet zich aangepast, blijkend uit een terugkeer naar de normale waarde. Bij de rechter atleet is van aanpassing nog geen sprake.

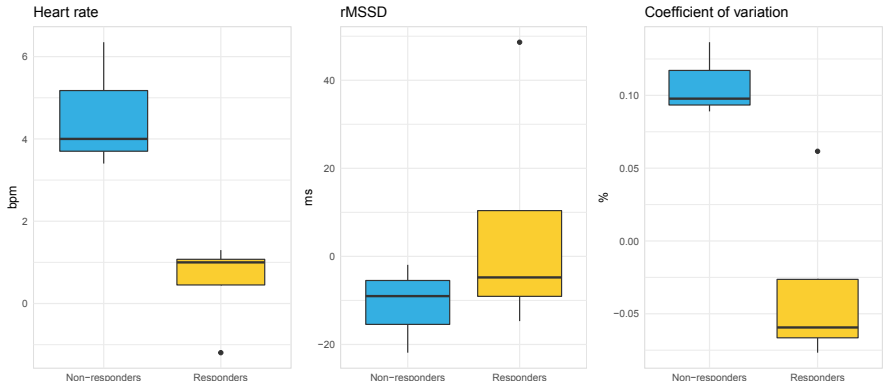
Combinatie

In onze groep hadden we dus een aantal atleten dat aan het einde van de hoogtestage dezelfde ratio tussen hardloopsnelheid en hartslag had als op zeeniveau, maar ook een aantal atleten waarbij die verhouding nog altijd gedrukt was. Voor het gemak noemen we de eerste groep atleten hier even 'responders' en de tweede groep atleten 'non-responders'. Ook hadden we atleten die in de eerste week op hoogte een grote verstoring in ochtendhartslag en HRV lieten zien en een aantal atleten met een wat kleinere verstoring.

Figuur 3 laat de combinatie van deze twee variabelen zien. Het blijkt dat de responders een kleinere verhoging in ochtendhartslag hadden dan de non-responders. Ook was de verstoring in HRV kleiner en was de *coefficient of variation* in deze groep kleiner. Het lijkt dus mogelijk om op basis van ochtendhartslag en HRV al in een vroeg stadium van een hoogtestage onderscheid te maken tussen atleten die uiteindelijk wel en niet aangepast zullen raken aan die hoogte. Vooral de *coefficient of variation* laat een duidelijke scheiding tussen de twee groepen zien.

Praktische relevantie

Nu is het leuk dat je dit achteraf kunt zien, maar dan is het leed natuurlijk al geschied. Welke praktische implicaties heeft dit onderzoek voor de toekomst? Het eerste dat je als coach zou kunnen doen, is op basis van de grootte van de verstoring van de HRV een beslissing nemen over het al dan niet aanpassen van de geplande belasting. Als een atleet aan het begin van een hoogtestage een grotere verstoring laat zien dan verwacht, dan zou je deze atleet bijvoorbeeld een aantal dagen minder intensief, minder lang of minder vaak



Figuur 3 | Verschillen in hartslagparameters tussen 'responders' en 'non-responders' tijdens de eerste week van de hoogtestage.

kunnen laten trainen. Ook is het mogelijk om een lagere hoogte op te zoeken voor bepaalde trainingen. Je zou bovendien kunnen kijken naar het optimaliseren van de rust- en herstelmogelijkheden van de atleet.
Het is nog mooier als je op basis van ervaringen in het verleden al vooraf kunt gaan nadenken over het tegengaan van te grote verstoringen. Daarbij kun je denken aan een langer verblijf op hoogte voor atleten die moeite hebben om te adapteren. Wellicht lukt het hen wel om zich aan te passen aan de hoogte als de stage een of twee weken langer duurt. Ook zou je kunnen proberen om de betreffende atleten zich voorafgaand aan de hoogtestage (in de thuissituatie) al wat te laten aanpassen door gebruik van een hoogtetent.
Als je niet werkt met groepen atleten, maar met individuen, dan kun je op basis van eerdere ervaringen ook kiezen voor een andere locatie. Dit concept is in onze groep min of meer bij toeval toegepast door één van de atleten die in deze studie als non-responder werd geclassificeerd. Een paar maanden na het groepstrainingskamp werd deelgenomen aan een hoogtestage op een andere locatie en op een ander moment in de trainingsplanning. Tijdens dat trainingskamp was een veel kleinere verstoring in ochtendhartslag en HRV zichtbaar. Na de eerste rustdag waren deze parameters al weer terug op het niveau van de thuissituatie. Deze verbetering was ook te zien in de ratio tussen hardloopsnelheid en hartslag.

Vragen

Omdat de HRV een parameter voor algemene stress cq. vermoeidheid is, is het hier beschreven concept in potentie ook bruikbaar in andere situaties waarin plotseling een nieuwe stressor wordt geïntroduceerd. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een trainingskamp in een omgeving die veel warmer of vochtiger is dan de thuissituatie, of aan de monitoring van jetlag na een lange vliegreis. Waarom hebben sommige atleten hier veel last van, terwijl het anderen niet of nauwelijks lijkt te deren? Kan de HRV in deze situatie misschien antwoord geven op de vraag hoe lang voor de wedstrijd een atleet in dezelfde tijdzone moet zijn om goed te kunnen presteren? Met al deze vragen en potentiële antwoorden is het bijna jammer dat de Olympische Spelen van Tokyo al dit jaar plaatsvinden.

Foto: Youri Keulen

Over de auteur

Sander Berk nam als triatleet tussen 1995 en 2010 deel aan diverse EK's en WK's en aan de Olympische Spelen van Beijing (2008). Daarnaast studeerde hij Bewegingswetenschappen aan de VU Amsterdam. Op dit moment werkt hij als toegepast wetenschapper binnen het Nationaal Topsport Centrum van de Nederlandse Triathlonbond. E-mail: sander.berk@triathlonbond.nl.

1. Berk, S (2018). De hartslagvariabiliteit van een Ironman triatleet. Bevindingen na een seizoen monitoren. *Sportgericht*, 72 (1), 2-5.
2. Altini M (2020). *Heart rate variability is representative of individual training adaptations to an altitude training camp in elite triathletes.* Master thesis VU Amsterdam.

MOTORISCH LEREN

Een vergelijking tussen de constraints-led approach, differentieel leren en prescriptieve instructie met corrigerende feedback voor het aanleren van slaan in honkbal

Er is al jaren veel discussie over de beste methode om nieuwe bewegingen aan te leren. Hierbij zijn er grofweg twee stromingen te onderscheiden: 1) de aanhangers van prescriptieve instructie en corrigerende feedback, waarmee het inslijpen van een ideaal bewegingspatroon wordt nagestreefd, en 2) aanhangers van methodes waarbij de lerende zelf kan zoeken naar een optimaal bewegingspatroon door middel van zelforganisatie.

Van probleem naar oplossing

Een voorbeeld van de eerste manier van werken (PICF) is een trainer die heel precies aangeeft hoe het aan te leren bewegingspatroon uitgevoerd moet worden en ook corrigerende feedback geeft als hij afwijkingen constateert. Voorbeelden van de tweede stroming zijn de constraints-led approach (CLA), waarbij specifieke beperkingen worden geïntroduceerd om een bepaalde beweegoplossing te forceren, en differentieel leren (DL), waarbij zeer veel variatie wordt toegepast om het lichaam in staat te stellen zelf een optimale oplossing voor een bepaald bewegingsprobleem te vinden.

Vergelijking

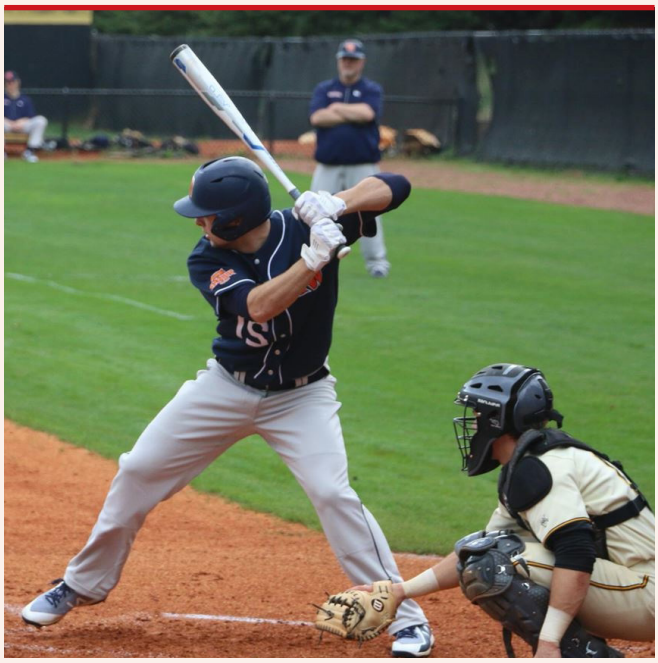
Eind 2020 publiceerde prof. Rob Gray van de Arizona State University een artikel waarin de effecten van deze drie aanpakken voor het eerst vergeleken werden, namelijk tijdens het (leren) slaan bij honkbal.[1] Veertig honkbalspelers werden willekeurig in een van de vier groepen (PICF, CLA, DL en controle) ingedeeld en aan zes weken training onderworpen (met uitzondering van de controlegroep, die niet trainde). Voor exacte details over de training verwijs ik naar het artikel zelf.

Resultaten

De belangrijkste resultaten waren als volgt:

1. De groepen die volgens de CLA en DL aanpak trainden, boekten een grotere vooruitgang in het aantal punten op een slagtest, in vergelijking met de controlegroep;
2. Dit verschil was nog steeds aanwezig bij een retentietest die één maand later werd afgenomen.
3. De PICF-groep scoorde niet beter dan de controlegroep.

Verder was er ook een klein verschil tussen de CLA en de DL aanpak, waarbij de CLA groep net iets meer verbeterde in het aantal punten op de slagtest. Ook hadden zowel de CLA-groep als de PICF-groep minder pogingen tot een



slag tijdens de test. De auteur verklaart dit doordat bij de traditionele aanpak (PICF) expliciete instructies werden gegeven om alleen bij pitches binnen de plaat te slaan en doordat de CLA-groep zich door de 'constraints' beter leerde focussen op relevante taakinformatie.
Verder vertoonden zowel de CLA- als de DL-groep meer functionele variatie in de plek waar de bal werd geraakt en bijgevolg sloegen ze ook meer ballen in het tegenovergestelde veld. De auteur beargumenteert dat deze effecten komen doordat zowel de CLA als DL het 'verkennen' van beweegoplossingen promoten, terwijl de PICF-groep slechts een 'ideale' techniek bleef oefenen. De beweegoplossing die tot stand komt met de CLA en DL aanpak past daarom waarschijnlijk beter bij de individuele constraints en veranderende taak- en omgevingconstraints.

Conclusie

Deze bevindingen bevestigen eerder onderzoek waarin de CLA en DL aanpak effectiever lijken dan de traditionele aanpak (PICF). Een vernieuwend resultaat is dat de CLA effectiever lijkt dan DL, mogelijk omdat deze aanpak de sporter beter stuurt naar relevante oplossingen en beter kan helpen om op relevante informatie te focussen.

Bas Van Hooren

1. Gray R (2020). Comparing the constraints led approach, differential learning and prescriptive instruction for training opposite-field hitting in baseball. *Psychology of Sport and Exercise*, 51, 101797, doi: 10.1016/j.psychsport.2020.101797

DOPING

Het verkeerde pilletje van Onana

Een profvoetballer - van Ajax, nota bene - betrapt op doping! Het nieuws van het verkeerde pilletje van keeper André Onana sloeg in als een bom. Het was al weer een tijd geleden dat de topsport in ons land te maken kreeg met een sensationele dopingovertreding. De laatste jaren zijn het namelijk vooral onwetende sporters van de tweede garnituur die tegen de lamp lopen en daar veel zwaarder voor gestraft worden dan Onana.

Afgaande op de laatste jaarcijfers (2019)[1] van de Dopingautoriteit beoefent de Nederlandse sporter zijn sport nagenoeg schoon. Bij de in totaal ruim drieduizend uitgevoerde urine- en bloedcontroles gingen slechts 36 keer - iets meer dan 1 procent - de alarmbellen af. Omdat tweederde van de positieve uitslagen te maken had met een middel waarvoor de sporter een medisch attest had gekregen, bleef de teller op slechts 15 dopingovertredingen staan. Dat is ruim binnen het door de Dopingautoriteit geformuleerde streven van maximaal 1 procent positieve gevallen bij Nederlandse sporters.

Finetuning

Dat de eerste keeper van Ajax dan bij een controle tegen de lamp loopt, omdat hij naar eigen zeggen de plaspil van zijn vrouw voor een paracetamolletje aanzag, mag zodoende een unicum heten. De huidige dopingcontroles - in 2019 waren het er 201 in het Nederlandse voetbal[1] - worden vooral ingezet als afschrikmiddel en zijn niet toereikend om het ware gebruik van verboden middelen in de sport op te sporen, zo laten ook de prevalentiecijfers zien.[2] Ten eerste wordt geen enkele sporter heel grondig in de gaten gehouden. In het vorig jaar verschenen rapport 'Antidopingbeleid in de topsport' gaf één op de vijf geënquêteerde topsporters aan dat ze het jaar ervoor helemaal niet gecontroleerd waren. Het jaargemiddelde lag op 3,1 dopingcontroles per sporter.[3] En in de sporten waarin er wel geregeld controles zijn, is er steeds meer sprake van *finetuning* van het gebruik van middelen, zo suggereert onderzoek van Bureau Beke en de VU.[4] Volgens een aantal respondenten wordt 'bij de topsport op een "wetenschappelijke manier" doping gebruikt'. Iemand uit de atletiek verklaart: 'Er is veel veranderd de laatste tijd. Het zijn nu vooral de zielige gevallen - en niet de absolute topsporters - die gepakt worden.'

Foto: Shutterstock

Omgekeerde bewijslast

Die 'zielige gevallen' zijn onbekende amateursporters uit vaak niet-Olympische sporten zoals cricket, darts en de onderwatersport. En als het om een wielrenner of atleet gaat, dan zijn het 'kleine' sporters als Jordi van Loon en Hinke Schokker, die bij hun eerste dopingcontrole positief testten en vertellen onvoldoende voorgelicht te zijn over de dopingregels.[5,6] Maar die vervolgens wel keihard getroffen worden door diezelfde regels. De standaardstraf voor een dopingovertreding is inmiddels vier jaar schorsing; bij niet-intentioneel gebruik komt men vaak uit op twee jaar niet sporten. De betrapten kunnen vaak geen kant uit, omdat volgens het dopingreglement iedere sporter zelf verantwoordelijk is voor alles wat in zijn of haar lichaam terecht komt. In tegenstelling tot het strafrecht, waar een verdachte onschuldig is tot het tegendeel bewezen is, werkt dit bij dopingzaken precies andersom.

Verschil

Veel kans op strafverlaging is er meestal niet. Van alle 78 dopingzaken in ons land sinds 2013 werd bij 85 procent de strafeis door de tuchtrechter overgenomen, of ging de straf zelfs omhoog. In slechts vier gevallen ging de sporter vrijuit, zo liet onderzoek van Pointer zien.[6] Het is volgens het radioprogramma het resultaat van 'the war on doping' die de laatste jaren in gang is gezet. Een bikkelharde strijd tegen dopingzondaars die vooral Nederlandse amateurs treft, die vervolgens kansloos zijn tegen het systeem. 'Gelukkig' is er nu Andre Onana, die op eigen amateuristische wijze tegen de lamp is gelopen. Zijn schorsing lijkt echter wel opvallend laag te gaan uitvallen: slechts één jaar is de eis. Verschil tussen profs en amateurs zal er altijd blijven wanneer het om doping gaat.

Jurgen van Teeffelen

1. https://jaarverslag.dopingautoriteit.nl/2019/nl
2. https://jurgenvanteeffelen.nl/dopingbestrijding-een-verloren-zaak/
3. https://www.kenniscentrumsportenbewegen.nl/kennisbank/publicaties/?antidopingbeleid-in-de-nederlandse-topsport&kb_id=25383&kb_q=
4. https://bureaubeke.nl/publicaties/sterk-spul/
5. https://www.sportknowhowxl.nl/nieuws-en-achtergronden/column-xl/item/125373/de-nederlandse-amateursporter-een-makkelijke-dopingprooi
6. https://pointer.kro-ncrv.nl/veel-sporters-kansloos-in-dopingzaak

SPORT gericht

Je ziet het vaak op de sportvereniging en in lessen sport en bewegen: tieners van dezelfde leeftijd die twee koppen in lengte verschillen, maar dezelfde training of les krijgen en het in wedstrijdvorm tegen elkaar op moeten nemen. Sportprofessionals staan voor de uitdaging om optimale fysieke en motorische ontwikkelprogramma's te creëren, die inspelen op de grote interindividuele verschillen in deze leeftijdsfase.

Inspelen op verschillen in rijping

Deel 2: Implementatie in de praktijk

Jan Willem Teunissen, Stijn ter Welle & John Willems

In het eerste deel[31] van dit tweeluik zijn de concepten rijping en biologische leeftijd besproken en werd beschreven welke consequenties deze kunnen hebben voor de ontwikkeling van kinderen. In dit tweede deel willen we de stap naar de praktijk zetten. Op basis van theorie en praktijkervaring bespreken we een plan van aanpak voor het implementeren van gedifferentieerd trainen op basis van de biologische leeftijd, door het aanpassen van de trainingsomvang, trainingsintensiteit en oefenstof.

Van theorie naar praktijk

Voor een sportprofessional die met kinderen werkt, kan het erg lastig zijn om de trainingsprogramma's af te stemmen op de individuele ontwikkeling van elk kind. Denk daarbij aan verschillen in beweegniveau en motivatie, maar ook in rijping. In het ideale trainingsplan traint elk individueel kind volgens het best passende programma, zodat zijn/haar potentie op een verantwoorde wijze optimaal ontwikkeld kan worden. Het op het juiste moment aanbieden van de

Implementatiefase	Kenmerken
1 *Is de organisatie er klaar voor?*	• Creëren van draagvlak binnen de organisatie • Informatievoorziening naar betrokkenen binnen de vereniging
2 *Wie is de doelgroep?*	• Wanneer starten met het bepalen van de rijpingsstatus?
3 *Bepalen van de biologische leeftijd*	• Kiezen van een protocol om rijping te bepalen • Frequentie van de rijpingsbepaling kiezen
4 *Toewijzing aan trainingsgroepen*	• Definiëren van trainingsgroepen • Organisatie van de training bepalen
5 *Het oog van de meester*	• Rijpingsstatus beoordelen/bevestigen op basis van ervaring
6 *Trainingsinhoud per fase*	• Trainingsaccenten per fase (P1, P2, P3, P4) • Aanpassen van frequentie, intensiteit, tijdsduur, trainingsactiviteit
7 *Monitoring van vooruitgang*	• Evaluatie van vooruitgang • Test aansluiten bij de visie op ontwikkelen/trainen

Tabel 1 | Hoofdlijnen van het stappenplan om in een sportvereniging de implementatie te organiseren van 'op de biologische leeftijd afgestemd trainen'.

juiste trainingvormen met de juiste frequentie, intensiteit en tijdsduur is de grote uitdaging voor trainers/coaches. Verkeerde oefeningen en de verkeerde trainingsbelasting in een bepaalde periode van ontwikkeling van het kind kunnen schadelijk zijn voor die ontwikkeling. De juiste keuze van de trainingsbelasting en oefenstof is vooral in de periode rond de groeispurt belangrijk, onder meer om de kans op blessures te verkleinen.

Stappenplan

Hoe organiseren we voor ieder kind zo'n individueel ontwikkelingstraject en wat hebben we nodig om dit te doen? Hieronder beschrijven we een stappenplan (zie tabel 1) dat kan dienen als leidraad om het concept van specifieke trainingsinhoud per ontwikkelingsfase rond de groeispurt te introduceren.

STAP 1:
Is de organisatie er klaar voor?

Om een omgeving te organiseren waarin de individuele ontwikkeling van sporters centraal staat, is draagvlak onder ouders en trainers, maar ook onder de kinderen zelf, meer dan wenselijk. Als de club 'open' staat voor het implementeren van een meer geïndividualiseerde aanpak van de ontwikkeling rondom de groeispurt, begin dan klein:

1. Probeer niet in één seizoen alle teams op basis van biologische leeftijd te laten trainen. Begin met kleine groepen, bijvoorbeeld een pilot van twee teams: jongens U13-U14 en/of meisjes U11-U12. Dit zorgt ervoor dat je kunt werken met trainers die er affiniteit mee hebben en het concept kunnen doorontwikkelen.
2. Houd informatiebijeenkomsten om de ouders/trainers te informeren over de doelstellingen van dit concept, om draagvlak te creëren/behouden.
3. Informeer de kinderen meer dan eens over de plannen en de gevolgen voor de praktijk; er bestaat bijvoorbeeld een mogelijkheid dat ze, anders dan ze tot dan toe gewend zijn, met 'jongere' kinderen gaan trainen. Leg ze uit waarom dit zo is.

Kortom, zorg voor een goede informatievoorziening binnen de club, zowel naar ouders en trainers, als naar de kinderen zelf.

Foto: Shutterstock

Sportprofessionals staan voor de uitdaging om optimale fysieke en motorische ontwikkelprogramma's te creëren, die inspelen op de grote interindividuele verschillen in rijping rond de groeispurt.

STAP 2:
Wie is de doelgroep?

We richten ons op de groep die voor, binnen en na hun groeispurt zit. Is dit de hele jeugdopleiding? Ja en nee!

- Ja, het trainen op basis van biologische leeftijd kan gebruikt worden als een conceptuele hoeksteen voor het bouwen van een jeugdopleiding. Het kan de verschillende fases van de ontwikkeling onderscheiden, zoals beschreven door Côté et al.[32]: 'sampling' (voor de puberteit) - specialisatie (puberteit) - investering (na de puberteit).
- Nee, niet alle kinderen staan al dicht genoeg bij de start van de groeispurt om opgenomen te worden in een specifieke trainingsgroep rondom de groeispurt (zie tabel 2).

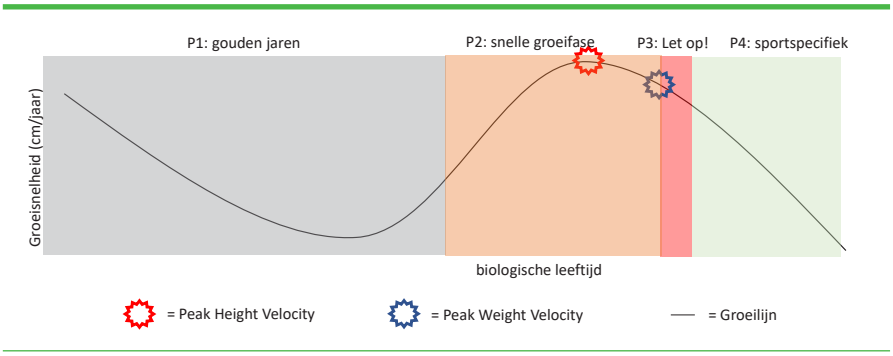
Een geschikte leeftijd om te beginnen met het frequent in kaart brengen van de rijpingsstatus van kinderen is gemiddeld genomen voor meisjes 9 jaar en voor jongens 11 jaar. Dit is gebaseerd op de instroom van de vroegrijpe kinderen in de eerste fase van de groeigroep (P1 - zie figuur 3), dat wil zeggen < 1 jaar voor de piek van de groeisnelheid (PHV).[6] Het spreekt voor zich dat vroegrijpe kinderen eerder in de eerste fase van het groeimodel komen dan laatrijpe kinderen. Coaches en ouders moeten zich er dus bewust van zijn, dat de trainingsorganisatie binnen een vereniging flexibel moet zijn. Immers, kinderen kunnen halverwege een seizoen andere trainingsvormen krijgen of in een ander team gaan meetrainen omdat dit beter past bij het ontwikkelingstraject van het kind.

Concluderend kan worden gesteld dat regelmatige evaluatie van de rijpingsstatus nuttige informatie kan opleveren over:

1. het begin van individuele groeispurt,
2. de daarmee gepaard gaande instroom in fase 1 en
3. de invoering van de juiste trainingsinhoud.

STAP 3:
Bepalen van de biologische leeftijd

De organisatie is nu 'klaar' om het trainen op basis van biologische leeftijd te implementeren! De volgende stap is het daadwerkelijk bepalen van de biologische leeftijd. Zoals beschreven



Figuur 3 | Verschillende fases van maturiteit voor een individu.[8,33]

in deel 1[13] kunnen meerdere protocollen[10,12] worden gebruikt om de rijpingsstatus te bepalen. De keuze voor een protocol is gebaseerd op meerdere argumenten:

1. nauwkeurigheid van de uitkomst;
2. praktische bruikbaarheid;
3. beschikbaarheid van historische gegevens.

Als je eenmaal een protocol of combinatie van protocollen hebt gekozen, moeten de bijbehorende metingen op een gecontroleerde manier en frequent worden uitgevoerd. In de praktijk betekent dit minimaal vier keer per jaar.[13] De metingen dienen zeer nauwkeurig uitgevoerd te worden. Kleine meetfouten leiden al snel tot foutieve conclusies voor het indelen van de individuen in trainingsgroepen.

Het wordt aanbevolen om de meetgegevens per individu in een volgsysteem op te nemen, zodat nauwkeurig kan worden bijgehouden hoe de groeicurve verloopt en hoe overige prestatiefactoren, zoals kracht en/of uithoudingsvermogen, zich hiertoe verhouden.

Een protocol dat kort benoemd is in deel 1 en zeker het verkennen waard, is de methode van Khamis & Roche.[34] Deze geeft de rijpingsstatus aan als percentage van de verwachte eindlengte. Dit percentage wordt o.a. bepaald op basis van de lengte van beide ouders. Rond 91-92% van de verwachte eindlengte is de PHV te verwachten.[33] Deze methode wordt in bijvoorbeeld veel Engelse voetbalclubs gebruikt om de trainingsactiviteiten op te baseren.

Als laatste punt van stap 3: indien er gegevens van individuen worden bewaard, houd dan rekening met de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) en meld een datalek direct bij de verantwoordelijke instanties.

STAP 4:
Gegevens en dan? Toewijzing aan een biologische leeftijdsgroep

Op basis van de in stap 3 bepaalde rijpingsstatus (P1 t/m P4, zie tabel 2) kunnen de kinderen aan vier dienovereenkomstige fases worden toegewezen (zie figuur 3).

De fases voor jongens en meisjes verschillen enigszins ten opzichte van elkaar. Dit heeft te maken met verschillen in de maximale snelheid van de gewichtstoename (Peak Weight Velocity; PWV).

De vier verschillende fases hebben allemaal specifieke trainingskenmerken (zie stap 6). Het invullen van de training, rekening houdend met onderlinge verschillen in biologische leeftijd, vergt dan ook een hoge mate van flexibiliteit van de trainers. Er zijn verschillende manieren om dit te organiseren:

1) De bestaande trainingsgroep bij elkaar houden, maar op basis van de rijpingsstatus per individu specifiek oefenvormen aanbieden. Concreet: verschillende stationnetjes uitzetten met specifieke oefenstof per fase, waar de kinderen aan toegewezen worden op basis van rijpingsstatus. Voordeel: het is binnen een team snel te organiseren, nadeel: er zitten in een groep grote rijpingsverschillen, wat het differentiëren lastiger maakt.
2) Individuen uit verschillende trainingsgroepen opnieuw indelen op basis van rijpingsstatus. Voordeel: de trainingsgroepen zijn homogener, dus er hoeft minder gedifferentieerd te worden, nadeel: er kunnen grote verschillen in kalenderleeftijd optreden, wat bijvoorbeeld weer consequenties heeft voor de sociale interactie/ontwikkeling.

STAP 5:
Het oog van de meester als controlemechanisme

Alle spelers zijn nu beoordeeld en eventueel toegewezen aan specifieke trainingsgroepen, in overeenstemming met hun rijpingsstatus. De beoordeling en de toewijzing zijn gebaseerd op wiskundige formules en/of grote databases. Het is altijd mogelijk dat een individu in werkelijkheid een andere rijpingsstatus heeft dan voorspeld met de formules.[13] Daarom kan het 'oog van de meester' zeer waardevol

fase/periode	jongens	meisjes
P1	< -1 jaar PHV	< -1 jaar PHV
P2	≥ -1 jaar < +0,3 jaar PHV	≥ -1 jaar < +0,6 jaar PHV
P3	≥ +0,3 jaar PHV < +1,0 jaar PHV	≥ +0,6 jaar PHV < +1,0 jaar PHV
P4	≥ +1,0 jaar PHV	≥ +1,0 jaar PHV

Tabel 2 | Fases ten opzichte van de piek van de groeispurt (PHV).[8] Voorbeeld: -0,5 jaar is 6 maanden voor de piek van de groeispurt.

zijn om te bevestigen dat een individu zich in de juiste groep bevindt, of om daar juist nog een keer kritisch naar te kijken.
Verder houden de verschillende protocollen om de rijpingsstatus vast te stellen geen rekening met reeds aanwezige blessures en/of specifieke individuele risico's op overbelastingsblessures. Kinderen op wie dit van toepassing is, kunnen eventueel worden toegewezen aan P2, de fase die gekarakteriseerd kan worden als een periode van 'rustig trainen' (zie stap 6).
Het laatste onderdeel van stap 5 is het informeren van de individuen over het resultaat van de metingen en de gevolgen daarvan voor de groepsindeling en de trainingen.

STAP 6:
Trainingsinhoud per fase

Wanneer de organisatie staat, kan er nagedacht worden over de trainingsinhoud van de verschillende fases. Zoals eerder besproken kan de PHV gezien worden als een mijlpaal in de ontwikkeling van individuen en kan er een passende training ontworpen worden.[35] Maar wat is deze passende training dan? De literatuur geeft inzicht in de ontwikkeling van fysieke en motorische kenmerken bij kinderen in de loop van de tijd, maar informatie over de vertaling hiervan naar trainingsprogramma's is schaars. Wat ons betreft staat het individu centraal. Daarom moeten de trainingen zo gemaakt worden dat de ontwikkeling van het individu ondersteund wordt. Het bestaan van sensitieve periodes is momenteel nog niet evident[36], maar op basis van de kenmerken van de verschillende fases zullen we, gebaseerd op kennis en ervaring, aangeven wat er o.a. getraind zou kunnen worden.
De eerste fase (P1) staat ook wel bekend als de 'gouden jaren'. In deze periode voor de groeispurt krijgen kinderen complexe motorische taken vrij gemakkelijk onder de knie. Daarom zal er in deze fase vooral gestreefd worden naar neuromusculaire overload.
In de tweede fase (P2), de fase van de versnelde groei, moeten we aanpassingen doen aan de omvang en/of intensiteit van trainingen om eventuele overbelasting (en daardoor blessures) te voorkomen.
Fase 3 (P3) kenmerkt zich door een combinatie van een (nog steeds) versnelde groei en een toename in gewicht (spiermassa en/of vetweefsel). Dit is een goed moment om de krachttraining uit te breiden en de intensiteit weer te verhogen, maar nog voorzichtig te zijn met piekkrachten, zoals bij springen en landen. In deze fase verschuift de overload meer naar de energiesystemen.
In de laatste fase (P4) wordt er meer sportspecifiek getraind. Daarbinnen kunnen verschillende prestatievariabelen, zoals kracht, snelheid, aeroob vermogen en anaeroob vermogen, centraal staan.
Hieronder zullen we met meer detail op de achtereenvolgende fases ingaan.

Fase 1: Gouden jaren

De fase voor de groeispurt wordt gekarakteriseerd als de 'gouden jaren'. De coördinatie van de kinderen wordt nog niet beïnvloed door een versnelde groei, maar ze hebben al wel veel vaardigheden ontwikkeld om zowel generieke als specifieke taken uit te voeren. Dit maakt het voor een trainer interessant, aangezien de kinderen vrij gemakkelijk complexe motorische taken kunnen aanleren. Introduceer bewegingen daarom zo uitdagend en divers mogelijk en bij voorkeur niet alleen maar gefocust op de doelsport (bijvoorbeeld voetbal of hockey), maar ook op de meer generieke vaardigheden (fundamentele bewegingsvaardigheden). Uitdagingen en progressies moeten vooral liggen in het uitbreiden van de oefeningen met meer complexe bewegingen, of bijvoorbeeld het opnemen van dubbeltaken. De uitdagingen moeten vooral niet liggen in het verhogen van de intensiteit of de omvang van de trainingen.
Enkele voorbeelden van complexe activiteiten, gericht op fundamentele bewegingsvaardigheden:

1) Trekken en duwen kan gebruikt worden als fundament om in een later stadium de Olympische lifttechnieken aan te leren. Zorg ervoor dat de kinderen het tillen onder de knie krijgen en leg de nadruk op de techniek, zonder dat je gewichten gebruikt. Wanneer je het complexer wil maken, kun je bijvoorbeeld verschillende ritmes bij het tillen gebruiken.
2) De techniek van het hardlopen is in veel sporten belangrijk. Een toename van de loopsnelheid is onder andere gebaseerd op een verbetering van de bewegingsefficiëntie. Naast lopen kunnen ook andere manieren van verplaatsen worden toegepast, zoals springen, glijden, rijden en snelwandelen. Probeer herhaling zoveel mogelijk te voorkomen en daag het kind door complexe activiteiten uit om zich steeds weer aan te passen aan nieuwe situaties.

Fase 2: Snelle groeifase

Na een periode van gestage groei (P1) versnelt de groei van het individu. Het komt nu in een fase van hogere interne belasting: fysiologische stress door veranderingen in het lichaam als gevolg van verschillende rijpingsprocessen. Het is belangrijk dat een trainer zich bewust is van de verminderde belastbaarheid van een kind in deze fase. Door deze verminderde belastbaarheid - en dus een hogere kans op blessures - is het verstandig om de trainingsbelasting (frequentie, intensiteit, tijdsduur en trainingsvormen) aan te passen.
Afhankelijk van de sport kan de intensiteit van trainingen worden verminderd door onder andere:

1. het aanpassen van de hoge intensiteit van het starten en stoppen;
2. het verminderen van het aantal richtingsveranderingen op hoge snelheden;
3. het verminderen van het aantal sprongen en landingen.

Dit betekent niet dat je helemaal niet moet sprinten of van richting moet

veranderen, maar het is wel belangrijk om je bewust te zijn van het aantal acties met hoge intensiteit dat de kinderen uitvoeren en om de intensiteit met ongeveer 20% te verminderen. Concreet wetenschappelijk bewijs voor wat per sport een goede vermindering is, is bij de auteurs (nog) niet bekend, maar in de praktijk lijkt dit goed te werken. Een goed voorbeeld vanuit de praktijk is het trainen (bijvoorbeeld bij voetbal of hockey) op sokken en een gladde ondergrond. Hierdoor creëer je een training waarbij je

- stabiliteit oefent;
- de belasting vermindert, doordat explosief starten en stoppen niet mogelijk is;
- de nadruk meer op techniek legt dan op kracht.

De omvang (frequentie en/of tijdsduur) van de training (of wedstrijd) is een tweede variabele die aangepast kan worden om de belasting te verminderen. Zoals in deel 1 al werd aangegeven, gaat de omvang van trainingen en wedstrijden in deze leeftijdscategorie vaak omhoog. Van bijvoorbeeld twee trainingen en één wedstrijd per week, naar drie (langere) trainingen en één wedstrijd, met daarbij soms extra individueel werk. Deze extra training en individueel werk kunnen zeer nuttig zijn, mits de inhoud goed wordt afgestemd op de behoefte en belastbaarheid van een speler. Een toename in omvang is bijvoorbeeld zinvol om het uithoudingsvermogen te trainen, maar dit kan ook op minder belastende manieren dan hardlopen, zoals fietsen of zwemmen (aanpassingen in type van activiteit). Naast de aanpassingen in intensiteit en omvang is het in deze fase ook verstandig om extra aandacht te besteden aan specifieke trainingsvormen voor coördinatie, stabiliteit en flexibiliteit. Dit is belangrijk omdat kinderen in fase 2 vaak te maken krijgen met 'adolescent awkwardness', waarbij het leren en uitvoeren van motorische taken moeilijker is.[17,19] Bovendien ondervindt het kind een verminderde flexibiliteit en een verhoogde spierspanning in rust door de vertraagde groei van de spierlengte ten opzichte van de botlengte.[37] Afhankelijk van de sport is het aan te raden om meerdere keren per week een flexibiliteitsessie op te nemen, of bijvoorbeeld elke trainingssessie af te sluiten met ongeveer 10 minuten rekken.

Foto: Shutterstock

In fase 2 is het, afhankelijk van de sport, aan te raden om meerdere keren per week een flexibiliteitsessie op te nemen, of bijvoorbeeld elke trainingssessie af te sluiten met ongeveer 10 minuten rekken.

Het trainen van stabiliteit kan op verschillende manieren gebeuren, bijvoorbeeld door aanpassing van het oppervlak. Alle activiteiten moeten eenvoudig te beheersen zijn en niet complex. Herhaal activiteiten meerdere trainingen achter elkaar, maar probeer gewenning te vermijden door binnen een sessie nieuwe situaties aan te bieden. Extra focus op stabiliteit bij meisjes is in deze fase van meerwaarde, aangezien zij een vergrote kans op een voorstekruisbandblessure hebben.[38]

Fase 3: Citius Altius Fortius - "Let op"!

Deze relatief korte periode van ongeveer een half jaar is zeer belangrijk en kan gemakkelijk over het hoofd worden gezien. In deze periode worden individuen sterker en zwaarder (toename van voornamelijk spiermassa voor jongens en vetweefsel voor meisjes), maar zitten ze ook nog in een snelle(re) groeifase. Er kan potentieel een gevaarlijke situatie ontstaan, aangezien ze door meer kracht sneller gaan bewegen en hoger gaan springen, maar dus ook nog steeds verminderd belastbaar zijn.

Buitenstaanders kunnen gemakkelijk zeggen dat de krachttraining nu kan beginnen 'omdat de groeispurt achter de rug is', maar dit dient met beleid te gebeuren. Het is een goed moment om krachtoefeningen langzaamaan uit te breiden en de oefeningen die in fase 1 zijn aangeleerd weer op te pakken. Wees hierbij nog wel voorzichtig met het verhogen van gewichten. Oefeningen met het eigen lichaamsgewicht (o.a. trekken en duwen) zijn zeer geschikt, een mooie sport daarvoor is judo. Bovendien zorgen stoeispelen voor het vergroten van het anaerobe vermogen, dat in deze fase goed te trainen is. Ook verschillende vormen van uithoudingsvermogen kunnen nu als doel toegevoegd worden aan het trainingsprogramma. Daarnaast is het nog altijd goed om de focus op mobiliteit te houden. Tijdens de warming-up zijn dynamische lenigheidsvormen interessant en als afsluiting kan er

gekozen worden voor ontspannende rekoefeningen.

Fase 4: Sportspecifiek

De snelle groeifases zijn doorlopen en geleidelijk aan zijn de sporters meer en meer 'klaar' om prestatiegericht te gaan trainen. Dit suggereert een toename van sportspecifieke trainingsuren en die vindt ook plaats, maar de training hoeft niet alleen maar uit specifieke vormen te bestaan. Ook generieke herstelsessies of krachtsessies kunnen deel uitmaken van het programma. In deze fase kan/moet er een individueel trainingsplan worden opgesteld voor de ontwikkeling van de prestaties, gericht op bijvoorbeeld kracht, snelheid, behendigheid, mobiliteit en aeroob en anaeroob vermogen.

STAP 7: Evaluatie van de vooruitgang, monitoren met behulp van tests

Testen is altijd een onderwerp van discussie geweest. Waarom doen we het? Om de gegevens te gebruiken voor het selecteren van spelers? Of om de voortgang van de ontwikkeling in de gaten te houden? We zullen deze discussie hier niet oprakelen, maar enkele richtlijnen zijn nuttig om te vermelden.

De eerste vraag is: wat wil je testen? Allereerst moet een test in lijn zijn met je doel. Wat wil je kunnen zeggen op basis van de resultaten? In onze visie zou je met behulp van een test vooral de ontwikkeling van die eigenschappen moeten kunnen volgen die in de desbetreffende ontwikkelingsfase relevant zijn. Zo is het vanuit de beschreven visie logisch om op jonge leeftijd (fase 1) meer op generieke eigenschappen te testen en dit, naarmate je verder in de ontwikkeling komt, steeds sportspecifieker te maken. Als we fase 2 (de groeispurt) beschouwen, komen bijvoorbeeld testen naar voren om te kijken of er sprake is van verminderde coördinatie of mobiliteit. Het kan in deze fase voorkomen dat de besten van de groep ineens niet meer dan gemiddeld scoren, omdat de groeispurt een negatieve invloed heeft op hun prestatievermogen. In fases 3 en 4 wil je steeds meer informatie over de sportspecifieke prestatieontwikkeling, die immers ook steeds meer benadrukt wordt in de trainingsdoelen in deze fases.

Tweede vraag: wat te doen met de resultaten? Wordt deze informatie gebruikt om trainingsplannen aan te passen, als een selectie-instrument of als instrument om spelers extra te motiveren? Zoals gezegd zouden de resultaten van de verschillende testen per fase vooral moeten worden gebruikt als indicatoren voor de progressie. Op basis hiervan kunnen aanpassingen aan het (individuele) trainingsplan worden gedaan. We kunnen vanwege individualiteit immers niet altijd goed voorspellen hoe bepaalde trainingsprikkels de ontwikkeling beïnvloeden.

Het gebruik van testen is minder geschikt als middel om spelers te selecteren of te de-selecteren, omdat de ontwikkeling van het prestatievermogen van erg veel factoren afhankelijk is, naast de hoeveelheid 'talent'.

Conclusie

Om tijdens trainingen rekening te houden met onderlinge verschillen in rijping tussen individuen, is het goed om als vereniging en als technisch kader een aantal stappen te doorlopen voordat er gestart wordt. Zorgen voor een solide draagvlak binnen de club (trainers, ouders en kinderen) is cruciaal voor het succesvol implementeren van dit concept. Betrokkenen frequent informeren is belangrijk voor een duurzame implementatie. Daarnaast is het goed om te kijken wat voor jouw vereniging het beste werkt; er is niet een 'one-size-fits-all' methode. Er bestaan meerdere organisatie- en trainingsvormen (oefenstof selectie, omvang, intensiteit) die kunnen leiden tot een optimale ontwikkeling van individuen.

Tot slot

Rekening houden met de rijping van kinderen is niet alleen voorbehouden aan sportverenigingen. Het concept zou zeker ook kunnen worden toegepast in het bewegingsonderwijs, al zouden de stappen daar wellicht anders opgezet kunnen worden.

Over de auteurs

Alle auteurs zijn bewegingswetenschapper en werkzaam als docent/onderzoeker bij het expertiseteam Talent van HAN Sport & Bewegen. ***Jan Willem Teunissen*** is grondlegger en auteur van het Athletic Skills Model (ASM) en is bezig met een promotietraject aan de Universiteit Gent. ***Stijn ter Welle*** is tevens afgestudeerd fysiotherapeut.

Zie deel 1 van dit artikel[31] voor referenties 1 t/m 30.

31. Ter Welle S, Willems J & Teunissen, JW (2020). Inspelen op verschillen in rijping. Deel 1: Theoretische achtergronden. *Sportgericht*, 74 (6), 8-13.
32. Côté J, Baker J & Abernethy B (2007). Practice and play in the development of sport expertise. In: G. Tenenbaum & R.C. Eklund (eds.), *Handbook of Sport Psychology* (3rd edition, pp. 184-202). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
33. Cumming SP et al. (2017). Bio-banding in sport: applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athlete. *Strength and Conditioning Journal*, 39 (2), 557.
34. Khamis, H. J., & Roche, A. F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method. *Pediatrics*, 94(4 Pt 1), 504–507. https://doi.org/10.1016/S0740-624X(98)90020-X
35. Lloyd RS & Oliver JL (2012). The youth physical development model. *Strength and Conditioning Journal*, 34 (3), 61-72.
36. Van Hooren B & De Ste Croix M (2020). Sensitive periods to train general motor abilities in children and adolescents: do they exist? A critical appraisal. *Strength and Conditioning Journal*, 42 (8), 7-14.
37. DiFiori JP et al. (2014). Overuse injuries and burnout in youth sports. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 24 (1), 3-20.
38. Renstrom P et al. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, 42 (6), 394-412.

SPORT gericht

In de sport wordt veel gewerkt met een algemene trainingsaanpak voor de gehele spelers- of trainingsgroep. Er is echter nog maar weinig bekend over de ontwikkeling van gepersonaliseerde trainingen, waarbij de opbouw en inhoud afhankelijk zijn van wat het individu nodig heeft. Om meer te weten te komen over de effecten van zo'n opzet bij honkbal zijn het kijk- en beslisgedrag van slagmannen onderzocht en vertaald naar specifieke trainingen.

Indivisualisatie

Gepersonaliseerd trainen van kijkgedrag

Pia Bartraij

Om een optimale prestatie te kunnen leveren, is het kijkgedrag voor veel sporters van essentieel belang. Het is echter verschillend in iedere sport en in iedere situatie. Zo zijn een return in tennis en het slaan in honkbal reactiesituaties, waarbij spelers moeten reageren op een naderende bal. Jumpshots in basketbal en putten in golf daarentegen zijn richtsituaties, waarbij spelers een bal moeten richten op een stilstaand doel. Hierbij is een ander soort kijkgedrag nodig om tot een goed eindresultaat te komen.

Experts

Een van de belangrijkste onderdelen van kijkgedrag is het oppikken en gebruiken van informatie uit de omgeving. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat experts bepaalde vaardigheden bezitten, waardoor zij de omgeving op een efficiëntere en effectievere manier kunnen scannen en zo de meest relevante informatie kunnen verkrijgen.[1,2] Om op een expertniveau te komen is het dus van belang om deze vaardigheden te trainen.

Occlusie

Kijkgedrag kan onder meer verbeterd worden door het gebruik van *occlusie* als trainingstool. Hierbij wordt het gehele zicht voor een bepaalde tijd geblokkeerd om zo belangrijke visuele informatie te isoleren. De sporter wordt zo gedwongen om alleen de informatie te gebruiken die zichtbaar is en wordt dus gestuurd in zijn kijkgedrag. Deze methode is al veelvuldig gebruikt in verschillende sportonderzoeken, maar daarbij waren de trainingen vaak op video gebaseerd, zodat perceptie en actie ontkoppeld werden.[3,4] Een van deze onderzoeken betrof bijvoorbeeld een training waarbij honkballers verbaal moesten reageren op video's van een pitcher. De video's werden zwart na een bepaald moment in de balvlucht, waarna de honkballers direct moesten aangeven wat voor soort pitch er werd gegooid en/of waar de bal in de slagzone terecht zou komen. Volgens de ecologische theorie van Gibson[5] zijn perceptie en actie echter onderling van elkaar afhankelijk en kunnen ze elkaar dus onbedoeld veranderen wanneer een van de twee gemanipuleerd wordt. Bovendien kunnen mogelijkheden voor actie in de omgeving (affordances) anders beoordeeld worden wanneer perceptie en actie worden losgekoppeld. Zo zou een tennisser een andere inschatting kunnen maken wanneer hij vanuit een positie in het veld alleen hoeft aan te geven of hij een bal zou kunnen terugslaan, dan wanneer hij vanaf dezelfde positie ook

daadwerkelijk zou moeten reageren en de bal zou moeten terugspelen.

Challenge point theorie

In onze studie gebruikten we occlusietraining met gekoppelde perceptie en actie om het kijk- en beslisgedrag van jonge (tussen de 16 en 18 jaar oud) getalenteerde slagmannen te verbeteren. In het honkbal bereikt een gemiddelde fastball pitch de slagman binnen 400-500 ms. Daarbij duurt het ongeveer 200 ms om een swing in te zetten. Dit betekent dat de slagman minder dan 300 ms heeft om de pitch te herkennen en de juiste beslissing te nemen: slaan of niet? Een goede kijkstrategie is dus van belang. De belangrijkste visuele informatie voor een slagman is beschikbaar rond het moment dat de bal door de pitcher wordt losgelaten en in het eerste gedeelte van de balvlucht. Om de ontwikkeling van de slagmannen naar een expertniveau te versnellen, werd een gepersonaliseerde occlusietraining ontwikkeld, gebaseerd op de zogeheten *challenge point theorie* (CPT). Deze theorie stelt dat een optimale hoeveelheid informatie nodig is (dus niet te veel, maar ook niet te weinig) om te kunnen leren. Deze optimale hoeveelheid is afhankelijk van het niveau van de speler en de complexiteit van de taak.[6] Wanneer de complexiteit van de taak tegelijkertijd toeneemt met de vaardigheid van de speler, dan wordt dit 'optimal challenge point' gewaarborgd.

Verbeteren van kijkgedrag

Zeven slagmannen uit het talentontwikkelingsprogramma van de KNBSB, gefaciliteerd door het Centrum voor Topsport en Onderwijs van Topsport Amsterdam, namen deel aan dit onderzoek. De spelers werden verdeeld in twee groepen van 3 en 4 spelers, waarbij de eerste groep in de eerste periode van tweeënhalve week 10 trainingssessies occlusietraining volgde, naast hun reguliere training. De tweede groep deed dit niet. In de tweede periode van 10 trainingssessies was dit precies omgekeerd.

Figuur 1 | Opzet van de occlusietraining, met a) een slagman met een occlusiebril, waarbij de glazen worden geblindeerd na een ingestelde sluitingstijd en b) twee sensoren met vier infraroodstralen, waar een pitcher zijn arm doorheen beweegt.

Tijdens de occlusietraining werd het zicht van de slagman vanaf een bepaald moment geblokkeerd met behulp van een speciale bril (zie figuur 1a). Zodra de pitcher zijn werparm door een van de vier infraroodstralen tussen de twee sensoren bewoog, werd de occlusiebril na een ingestelde sluitingstijd gesloten (zie figuur 1b). Hierdoor moest de slagman 'blind' slaan en kon hij dus alleen de meest cruciale informatie (die hij voor het afsluiten van zijn zicht had waargenomen) gebruiken.
De sluitingstijd werd aangepast aan de prestaties van de slagman. Wanneer hij de bal (te) gemakkelijk kon raken, werd de sluitingstijd verkort en wanneer de bal niet meer te raken was, werd de sluitingstijd verlengd. Zo werd voor iedere slagman zijn 'optimal challenge point' bepaald en bewaakt.

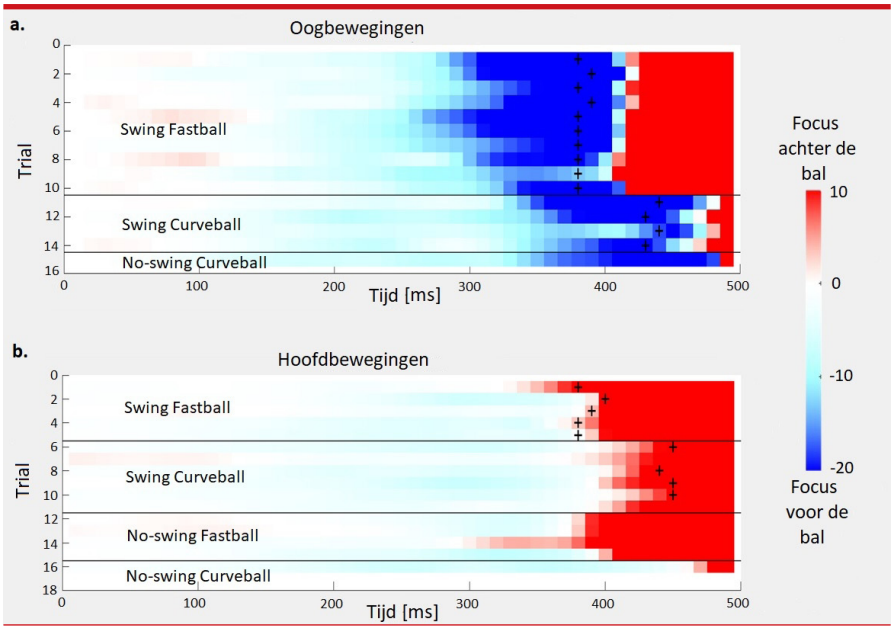
Testen

Om het effect van de training te bepalen, werden twee testen uitgevoerd: een slagtest en een *virtual reality* (VR) test. In beide testen moesten de slagmannen in 15 pogingen beslissen of de gepitchte bal 'slag' (in de slagzone) of 'wijd' (buiten de slagzone) was. Dit gaven ze aan door te slaan naar een bal die zij slag vonden en niet te slaan bij een bal die zij wijd vonden. De uitkomst was het percentage correcte beslissingen op het totale aantal pogingen. In de VR-test werd ook het kijkgedrag van de spelers gemeten met behulp van een eyetracker in de VR-bril.

Bevindingen

De veranderingen in het beslissingspercentage en het kijkgedrag tussen de periodes met en zonder occlusietraining werden per speler berekend. Hierbij fungeerden de spelers als hun eigen controle.
In de slagtest was er een gemiddelde absolute verbetering van 9% na occlusietraining. Dit betekent praktisch dat de slagmannen na 10 trainingssessies met occlusie 9% beter waren in het nemen van de juiste beslissing om wel of niet te slaan.
Uit de eyetracking data kwam naar voren dat de slagmannen in het algemeen twee kijkstrategieën gebruikten:

1. De voorspellende strategie, die voornamelijk gebruikt werd voor de ogen. Hierbij focusten de slagmannen eerst op *ball release*, waarna ze hun focus verplaatsten naar de locatie waar ze de bal verwachtten te gaan raken (zie figuur 2a).
2. De volgstrategie, die voornamelijk werd gebruikt voor het hoofd. Hierbij volgden de slagmannen de bal



Figuur 2 | *Heatmaps* van twee verschillende spelers die het gemiddelde kijkgedrag van alle spelers representeren. De zwarte plusjes geven de locatie aan waar de bal is geraakt tijdens pogingen, waarbij de slagman naar de bal heeft geslagen: a) voorspellende strategie, berekend vanuit oogbewegingen, b) volgstrategie, berekend vanuit de hoofdbewegingen.

de gehele vlucht, vanaf *ball release* tot aan het moment dat de bal werd geraakt of over de slagplaat kwam (zie figuur 2b).

Het gebruik van deze strategieën voor ogen en hoofd komt overeen met informatie over het kijkgedrag van experts.[7,8] Verder waren er aanwijzingen voor een verbetering van het kijkgedrag na occlusietraining, maar door het geringe aantal deelnemers aan het onderzoek en een error in de eyetracking metingen in de pre-test kunnen hier geen definitieve conclusies uit worden getrokken.

Of de verbeteringen in het kijkgedrag en het beslissingspercentage voortkomen uit het gepersonaliseerde karakter van de training, of alleen uit de occlusie zelf, is niet met zekerheid te zeggen. Op basis van de challenge point theorie in combinatie met de persoonlijke verbeteringen in dit onderzoek zijn er echter zeker aanwijzingen voor de effectiviteit van gepersonaliseerde training.

Conclusies

Het experiment laat zien dat gepersonaliseerde occlusietraining praktische waarde heeft voor het verbeteren van het kijk- en beslisgedrag van slagmannen bij honkbal. Wanneer iedere speler binnen een training op zijn eigen niveau en eigen tempo kan leren, dan geeft dit grote voordelen voor de prestatieverbetering van een totale spelersgroep. Vergelijkbare, op het individu afgestemde trainingen zijn inzetbaar in allerlei soorten sporten en trainingen, waarbij steeds de nadruk wordt gelegd op de optimale individuele ontwikkeling van de speler.

Zo is een dergelijke training in het honkbal bijvoorbeeld ook gebruikt om een andere slagtechniek aan te leren.[9] Uit dat onderzoek bleek dat gepersonaliseerde training hiervoor effectiever was dan andere trainingen met een algemene aanpak. Voorbeelden die mogelijk en denkbaar zijn in andere sporten zijn (afgestemd op het scoringspercentage) het vergroten of verkleinen van de afstand naar de basket bij het trainen van het jumpshot in basketbal, of het vergroten of verkleinen van het speelveld naar gelang de prestatie in tennis of volleybal.

Er is uiteraard nog meer onderzoek nodig om het effect van gepersonaliseerde trainingen met grotere zekerheid vast te stellen, maar op basis van de CPT, de resultaten uit het huidige onderzoek en de mogelijkheden voor inzet in alle soorten sporten, biedt het principe zeker mogelijkheden voor optimalisatie van trainingsvormen in de toekomst.

Over de auteur

Pia Bartraij behaalde haar bachelor Sportkunde aan Fontys Sporthogeschool (Eindhoven) en rondde in september 2020 haar research master Bewegingswetenschappen aan de VU Amsterdam af. Momenteel is ze werkzaam als embedded scientist bij de Koninklijke Nederlandse Baseball en Softball Bond (KNBSB).

1. Starkes JL, Cullen JD & MacMahon C (2004). A life-span model of the acquisition and retention of expert perceptual-motor performance. *Skill acquisition in sport: Research, theory and practice*, chapter 12, pp. 259-281. London: Routledge.
2. Williams AM et al. (2004). Developing anticipation skills in tennis using on court instruction: Perception versus perception and action. *Journal of Applied Sport Psychology*, 16 (4), 350-360.
3. Burroughs WA (1984). Visual simulation training of baseball batters. *International Journal of Sport Psychology*, 15 (2), 117-126.
4. Fadde PJ (2006). Interactive video training of perceptual decision-making in the sport of baseball. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 4 (3), 265-285.
5. Gibson JJ (1979). *The ecological approach to visual perception.* Boston: Houghton Mifflin.
6. 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.
7. Kimura T, Nasu D & Kashino M (2018). Utilizing virtual reality to understand athletic performance and underlying sensorimotor processing. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 2 (6), 299.
8. Takeuchi T & Inomata K (2009). Visual search strategies and decision making in baseball batting. *Perceptual and Motor Skills*, 108 (3), 971-980E.
9. Gray R (2018). Comparing cueing and constraints interventions for increasing launch angle in baseball batting. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 7 (3), 318.

Mochten de Olympische Spelen in Tokyo deze zomer gewoon doorgaan, dan is atletiek de aangewezen sport waar we nieuwe records mogen verwachten. Met dank aan de introductie van innovatief schoeisel. Nadat eerst de marathon in een stroomversnelling terecht kwam, lijkt nu ook het hardlopen op de 400 meterbaan te profiteren van de verende zool.

De hardloopschoenrevolutie dendert voort

Jurgen van Teeffelen

'Innovatie hoort bij de sport en die wil ik niet verstikken', zo verwoordde de IAAF-voorzitter Seb Coe begin dit jaar tegenover *The Guardian* het standpunt van de wereldatletiekbond omtrent de nieuwe Nike spikes die hun intrede op de atletiekbaan hebben gemaakt. De voormalige Olympisch kampioen op de 1500 meter smoorde hiermee de discussie in de kiem, die was ontstaan nadat verscheidene wereldrecords op de baan eind vorig jaar in snel tempo waren gesneuveld. Het ging hierbij om records die allen langer dan tien jaar overeind hadden gestaan, namelijk op de 5 kilometer bij de vrouwen (nieuwe recordhouder: de Ethiopische Letesenbet Gidey) en op de 5 en 10 kilometer bij de mannen (in beide gevallen verbeterd door de Oegandees Joshua Cheptegui). Tel hierbij nog de twee werelduurrecords die er begin september in Brussel aangingen - door Sifan Hassan en de Brit Mo Farah - en er valt moeilijk anders te concluderen dan dat het langeafstandslopen op de baan in 2020 een flinke boost heeft gekregen.

Gissen

Wat hiervan precies de oorzaak is, blijft deels gissen. Het valt bijvoorbeeld niet uit te sluiten dat de wedstrijdloze periode vanwege de coronapandemie ervoor zorgde dat atleten optimaler voorbereid, uitgerust en extra gretig aan de start verschenen. En wie weet hielpen

De Nike ZoomX Dragonfly.

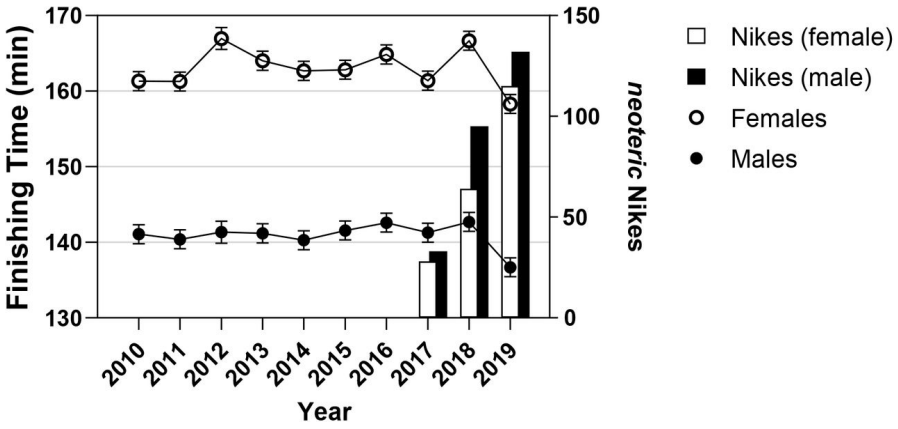
de lampjes, die als een 'elektronische haas' aan de binnenkant van de baan het beoogde tempo aangeven, ook wel mee aan een optimale pacingstrategie tijdens de recordraces. Maar de meest voor de hand liggende oorzaak voor het extra zetje in de rug bij alle nieuwe wereldrecordhouders zijn toch de nieuwe spikes waarop werd gelopen.

Dikke zool

In navolging van de marathonschoen waar het Amerikaanse sportschoenenconcern het afgelopen decennium haar pijlen op richtte (en waar ik in *Sportgericht* eerder over schreef[1]), bracht Nike in 2020 namelijk ook baanschoenen op de markt waarin dezelfde technologische snufjes in de zool zijn verwerkt. Het gaat om de ZoomX Dragonfly, die vooral op de langeafstandsnummers op de baan - de 5 en 10 kilometer - gedragen wordt, en de Air Zoom Victory, die meer bedoeld is voor de middenafstanden. Beide modellen hebben een voor een spikeschoen relatief dikke zool, net onder de 2,5 centimeter die volgens het schoenenreglement van de wereldatletiekbond is toegestaan. En die, net als bij de marathonmodellen, is gemaakt van lichtgewicht en verend PEBA (poly-ether block amide) schuim. Daarnaast zijn in de Victory ook luchtkamertjes onder de voorvoet geplaatst en is, eveneens conform de marathonmodellen, over de lengte van de zool een verende koolstofplaat verwerkt. Bij de Dragonfly is deze plaat niet van koolstof, maar van PEBA gemaakt.

Gouden combinatie

Het is de gouden combinatie van het dikke, verende schuim en de stijve (koolstof)plaat die de nieuwe generatie schoenen zo vooruitstrevend maakt, zo lieten de verschillende studies zien die na de introductie van Nike's eerste marathonschoen, de Vaporfly, uitkwamen. De schoenen zorgen ervoor dat de atleet efficiënter gaat lopen. Hierbij gaat het al gauw om een besparing van gemiddeld 4% op het zuurstofgebruik bij eenzelfde snelheid ten opzichte van andere populaire modellen.[1] Logischerwijs geven de twee andere marathonschoenen in ieder geval minimaal eenzelfde energie-besparing tijdens het hardlopen, maar hoe dit met de spikes werkt, is door een gebrek aan studies nog onbekend. Wouter Hoogkamer en zijn collega's[4] testten de Vaporfly bijvoorbeeld bij snelheden van 14, 16, en 18 kilometer per uur op de loopband en vonden geen meetbaar verschil in energiewinst tussen deze snelheden. Maar tijdens zijn wereldrecords op de 5 en 10 kilometer op de baan liep Cheptegui al gauw met een gemiddelde snelheid rond de 23 kilometer per uur. Wat de mogelijke bijdrage van zijn nieuwe schoenen aan dit tempo is geweest, is dan lastig aan te geven.



Figuur 1 | Gemiddelde finishtijden (horizontale curves: ● = mannen, ○ = vrouwen) van de top-50 lopers tijdens de marathons van Boston, Chicago, Londen en New York in de periode 2010-2019. Zowel bij de mannen als de vrouwen was de gemiddelde eindtijd in 2019 sneller dan in alle andere geanalyseerde jaren ($p < 0{,}001$). De verticale balken geven het aantal lopers (■ = mannen, □ = vrouwen) weer dat op de innovatieve Nike schoenen liep (overgenomen uit: Senefeld et al.[2]).

Tijdwinst

Dat de toplopers in ieder geval op de marathon van de nieuwe Nikes geprofiteerd hebben, laat de progressie van de looptijden op deze afstand sinds de komst van de schoenen met de dikke zolen zien. In een recent uitgekomen studie[2] zijn de tijden van de eerste 50 finishers op de marathons van Boston, Londen, Chicago en New York tussen 2010 en 2019 geanalyseerd. Het ging om 3900 prestaties, waarvan er voor 3886 kon worden achterhaald op welke schoenen er gelopen was. Terwijl (zie figuur 1) tussen 2010 en 2018 de gemiddelde finishtijd - 2:21:18 bij de mannen en 2:43:24 bij de vrouwen - niet veranderde, daalde deze overduidelijk in 2019, met respectievelijk 2,0 en 2,6% bij de mannelijke en vrouwelijke deelnemers. De verandering zat hem vooral in de schoenen die de lopers aanhadden: 66% van de mannen en 58% van de vrouwen droegen in 2019 tijdens hun marathon een van de drie nieuwe marathonmodellen van Nike.
Dat het op die schoenen écht sneller ging, volgde uit een subanalyse van 239 atleten die in 2018 en 2019 dezelfde marathon liepen, maar op

verschillende schoenen. Mannen die switchen naar de nieuwe Nikes boekten een gemiddelde tijdwinst van 1.12 minuten (0.8%), terwijl de vrouwen 3.42 minuten (1.6%) sneller finishten. Uit de analyse bleek dus dat de vrouwen meer profijt van de schoenen hadden dan de mannen. De meest logische verklaring zit hem in het verschil in loopsnelheid: de extra energie die door de schoenen aan de loper wordt teruggegeven, levert bij de hogere loopsnelheid (en dus een hogere luchtweerstand) van de mannen minder extra snelheid op.

Inhaalslag

Hoewel Nike nog fier aan kop gaat wat betreft het aandeel marathonlopers dat loopt op hun nieuwe modellen, hebben de andere schoenenfabrikanten de coronaperiode doeltreffend kunnen gebruiken om een inhaalslag te maken. Met het schoenenreglement van de wereldatletiekbond in de hand (een maximale dikte van de zool van 4,0 centimeter plus de toevoeging van maximaal één (koolstof)plaat) hebben zij inmiddels hun eigen versie van de 'wonderschoen' op de markt gebracht. Het gebruikte schuim wil hierbij nog wel verschillen, maar alle modellen worden gekenmerkt door een vrij dikke zool en de aanwezigheid van een stijve plaat.[3] Zo wist de Keniaan Kibiwott Kandie begin december vorig jaar het wereldrecord op de halve marathon met bijna een halve minuut te verbeteren. Niet op Nikes, maar op het nieuwste Adidas model: de Adizero Adios Pro.

Gelijk speelveld

Met het oog op een gelijk speelveld tijdens de Olympische Spelen in Tokyo pakt het uitstel van het grootste topsportevenement ter wereld voor de deelnemers aan de marathon dus eigenlijk wel goed uit. Indachtig het Olympisch motto 'sneller, hoger, sterker' is de kans bovendien groot dat het dankzij de schoeisel¬innovaties inderdaad sneller zal gaan en dat de Olympisch marathonrecords (2:06:32 bij de mannen, 2:23:14 bij de vrouwen) er in Sapporo - waar de race gelopen zal worden vanwege de betere klimatologische omstandigheden dan in Tokyo - ruimschoots aan zullen gaan.

De Adizero Adios Pro.

Ook in het nieuwe Olympische stadion in Tokyo, waar de hardloopnummers op de baan moeten gaan plaatsvinden, zijn dankzij de hardloopschoenrevolutie nieuwe records te verwachten. Maar hierbij is het wel de vraag of dat ook op spikes van een ander merk dan Nike zal gebeuren. Want terwijl het reglement voor de marathonschoenen reeds in januari 2020 bekend werd, duurde het tot de zomer voordat de wereldatletiekbond haar nieuwe richtlijnen voor de baanschoenen wereldkundig maakte. Het lijkt te kort dag voor de andere spikefabrikanten om Nike nog voor de Spelen beginnen in te halen. Tenzij, tsja ... de Olympische Spelen van 2020 opnieuw worden uitgesteld, of definitief worden afgeblazen.

Over de auteur

Jurgen van Teeffelen (1968) is sinds 2014 freelance wetenschapsjournalist. Tot die tijd werkte hij als gepromoveerd fysioloog aan universiteiten in Nederland (AMC, Maastricht) en de Verenigde Staten (Yale). Hij schrijft graag over wetenschap in relatie tot sport en bewegen.
E-mail: info@jurgenvanteeffelen.nl, website: www.jurgenvanteeffelen.nl, podcast: https://slimmer-presteren-podcast.nl/.

1. Teeffelen J van (2020). De hardloopschoenrevolutie. *Sportgericht*, 74 (3), 32-35.
2. Senefeld JW et al. (2021). Technological advances in elite marathon performance. *MedRxiv*, https://doi.org/10.1101/2020.12.26.20248861
3. Muniz-Pardos B et al. (2021). Recent improvements in marathon run times are likely technological, not physiological. *Sports Medicine*, https://doi.org/10.1007/s40279-020-01420-7
4. Hoogkamer W et al. (2018). A comparison of the energetic cost of running in marathon racing shoes. *Sports Medicine*, 48 (4), 1009-1019.

SPORT gericht

In sporten waar de verschillen tussen winnen en verliezen minimaal zijn, zoeken sporters de uitersten op. Maar er zitten grenzen aan het menselijk lichaam. Langdurige lage energiebeschikbaarheid vermindert prestaties op de korte termijn en verstoort vitale lichaamsprocessen op de lange termijn. Zo kan er blijvende fysieke schade ontstaan.

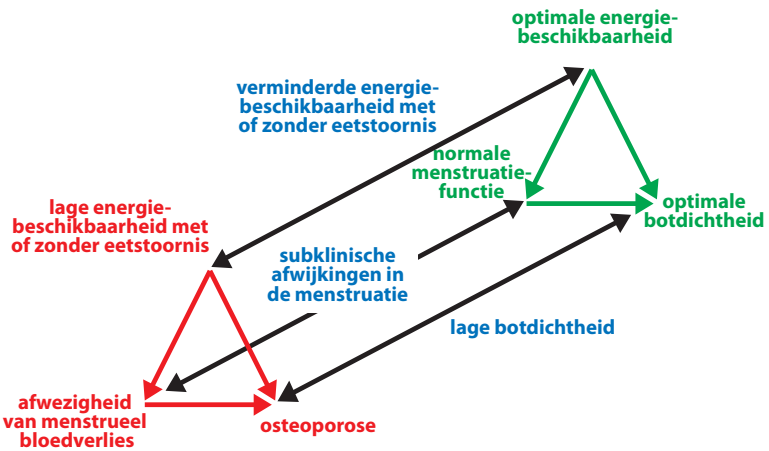
Sporter, blijf genoeg eten!

Dominique Vrouwenvelder

Lichaamsgewicht en sportprestaties zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Een wielrenner die een kilo minder mee omhoog hoeft te zeulen tijdens een klim is sneller boven dan zijn zwaardere concurrent die dezelfde wattages trapt. En een judoka die in de dagen voor zijn wedstrijd nog snel drie kilo kan verliezen, mag meedoen in een ogenschijnlijk gunstigere gewichtsklasse. Nu kan een beetje afvallen geen kwaad, maar soms kan het flink misgaan.

Lage energiebeschikbaarheid

Wanneer het energieverbruik hoger is dan de energie-inname spreken we van een lage energiebeschikbaarheid. Dit kan komen doordat een sporter minder eet dan hij nodig heeft om te compenseren voor de inspanningen die hij doet. Deels kan dat per ongeluk gebeuren, als een sporter net te kleine porties eet om de verbruikte energie weer volledig aan te vullen. Maar het gebeurt ook doelbewust, als een sporter wil afvallen omdat hij in de veronderstelling is dat een slanker lichaam de prestaties verbetert.



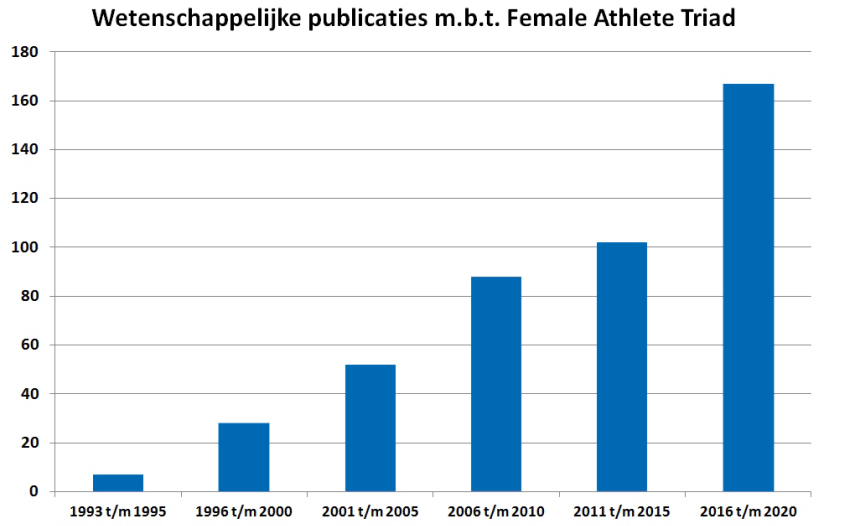
Figuur 1 | De Female Athlete Triad beschrijft de relatie tussen lage energiebeschikbaarheid, verstoorde menstruatiefunctie en verminderde botdichtheid bij vrouwen. Deze drie symptomen kunnen in meer of mindere mate voorkomen bij de sporter en weerspiegelen een soort spectrum.[2]

Risicosporten

Uit het voorgaande valt af te leiden dat niet iedere sporter een even groot risico loopt om te weinig te eten. Beoefenaars van gewichtsgevoelige sporten zijn het meest vatbaar.[1] Daar zijn extreme diëten, een laag percentage lichaamsvet, gewichtsfluctuaties en eetstoornissen geen onbekende verschijnselen. Gewichtsgevoelige sporten zijn grofweg te verdelen in drie verschillende types: zwaartekrachtsporten, gewichtsklassesporten en esthetische sporten.

Bij zwaartekrachtsporten beperkt massa de prestatie vanwege mechanische redenen. Dit zijn sporten als langeafstandslopen, skischanspringen en hoogspringen, maar ook wielrennen.

Onder gewichtsklassesporten scharen we onder andere judo en boksen, maar ook gewichtheffen en roeien. Hier verwachten sporters een voordeel wanneer ze worden ingedeeld in een lagere gewichtsklasse. Om te voldoen aan de gewichtsnorm gaan zij kort voor wedstrijden soms over tot



Figuur 2 | Aantal verschenen wetenschappelijke papers over de Female Athlete Triad (FAT) in de periode 1993-2020. Sinds de erkenning in 1993 is de FAT veelvuldig onderzocht [Bron: screenshot PubMed].

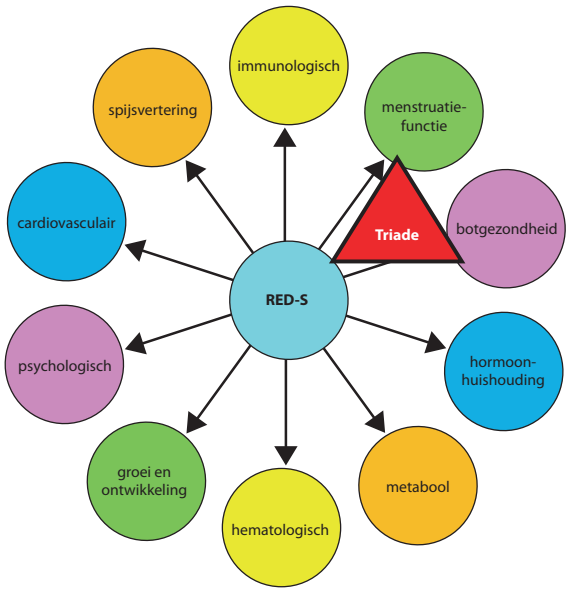
kortdurende crashdiëten en extreme uitdroging.
De esthetische sporten zijn bijvoorbeeld turnen, kunstschaatsen, schoonspringen en synchroonzwemmen. Sporters of hun coaches verwachten hogere scores wanneer hun lichaamsbouw en -vorm overeenkomt met een bepaald ideaalbeeld.

Spaarstand

Op korte termijn levert een lage energiebeschikbaarheid geen grote problemen op, maar bij langdurige verstoring van de balans tussen verbruik en inname van energie raakt het lichaam van slag. Het gaat zich aanpassen om het energieverbruik te matchen aan de beschikbare energie. Uiteindelijk gaat het lichaam in 'spaarstand', waarbij het alleen nog energie verbruikt aan strikt noodzakelijke processen.
De spaarstand werd in het jaar 1993 voor het eerst beschreven door professor Barbara Drinkwater.[3] Zij constateerde een verband tussen 1) eetstoornissen of verstoord eetgedrag, 2) het uitblijven van de menstruatie en 3) een lage botdichtheid (osteoporose) in het lichaam van vrouwelijke sporters. Dit verband noemde ze de Female Athlete Triad (zie figuur 1).
Deze Female Athlete Triad is sinds de jaren '90 veelvuldig onderzocht en uitgebreid in kaart gebracht (zie figuur 2). Hieruit kwam naar voren dat lage energiebeschikbaarheid meer negatieve gezondheidseffecten heeft dan slechts de eerdergenoemde drie, waarover later meer. Bovendien bleek dat deze problematiek zich niet alleen tot vrouwen beperkt. Ook mannen ervaren klachten als gevolg van langdurige lage energiebeschikbaarheid. Er bleek behoefte aan een universele term om de gevolgen van een verstoorde energiebalans te beschrijven. Zodoende introduceerde het IOC[4] in 2014 de overkoepelende term Relative Energy Deficiency in Sport, oftewel RED-S (zie figuur 3).

Verstoringen

Als het lichaam in de spaarstand gaat, ontstaan verstoringen in vitale lichaamsprocessen, zoals de stofwisseling, hormoonbalans, botgezondheid, immuniteit, eiwitsynthese en hart en bloedvaten. Deze gevolgen van RED-S kunnen allemaal - indirect - de sportprestatie negatief beïnvloeden. Door lichaamsgewicht, energiebeschikbaarheid en vochtbalans continu te manipuleren, raakt het lichaam ernstig ontregeld. Dat kan tot blijvende fysieke, maar ook mentale gezondheidsproblemen leiden. Zo leidt verminderd herstel bijvoorbeeld tot afname van fysieke en mentale capaciteit, hebben lage concentraties geslachtshormonen een negatief effect op de aanmaak van spiermassa en beïnvloeden overige verstoringen in de hormoonbalans de energievoorziening via het verteringsstelsel.



Figuur 3 | Gezondheidseffecten van Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): een uitgebreider concept dan de Female Athlete Triad, dat ook het voorkomen van gezondheidseffecten door lage energiebeschikbaarheid bij mannelijke sporters erkent.[2]

Eetstoornissen

De link tussen lage energiebeschikbaarheid en eetstoornissen is al

gauw gelegd. Zeker als je daar ook een topsportmentaliteit aan toevoegt. Topsporters zijn in staat om oogkleppen op te zetten en zich volledig te focussen op hun sport. Zij zijn bereid om hun leefstijl - en dus ook hun voedingspatroon - tot in de extremen aan te passen voor het hogere sportdoel. Eetstoornissen komen dan ook vaker voor bij sporters dan bij niet-sporters.[5] Het perfectionisme van topsporters kan hierbij in hun nadeel werken. *Less is not always more.*
Verstoord eetgedrag kan - naast de oorzaak - ook een gevolg zijn van RED-S. Het menselijke honger- en verzadigingssysteem is zo afgesteld dat we altijd een beetje meer eten dan ons lichaam nodig heeft. Dat hebben we overgehouden van vroeger, toen voedselzekerheid niet vanzelfsprekend was. Om te kunnen afvallen, moet je wilskracht sterker zijn dan je intuïtie. Een gewichtsgevoelige sport levert de externe motivatie om de natuurlijke processen te doorbreken.

Verstoorde hormoonbalans

Een ander veel voorkomend symptoom dat bij sporters met RED-S optreedt, is een verlaagde concentratie van de geslachtshormonen. Dit gebeurt bij zowel mannen als vrouwen, hoewel het bij vrouwen meer opvalt. Vrouwen produceren namelijk minder oestrogeen en progesteron waardoor, in extreme gevallen, de menstruatie achterwege blijft. Het lijkt erop dat er geen eenduidige kritische ondergrens is voor de hormoonconcentratie waarbij dit optreedt. Onderzoek toont wel aan dat hoe minder energie er beschikbaar is, des te meer er verstoringen in de menstruatie optreden.
Ook de hormoonbalans van mannen raakt verstoord door RED-S. Zij produceren onder andere minder testosteron als gevolg van lage energiebeschikbaarheid. Daardoor hebben ze een slechtere spermakwaliteit en een lager libido dan een gezonde man.
Bij jonge sporters kunnen lage concentraties geslachtshormonen ertoe leiden dat zij niet compleet in de puberteit komen. In een gezond lichaam reguleren geslachtshormonen de vorming van secundaire geslachtskenmerken tijdens de puberteit. Lage concentraties kunnen daarom leiden tot groeiachterstanden.

Schildklierhormonen

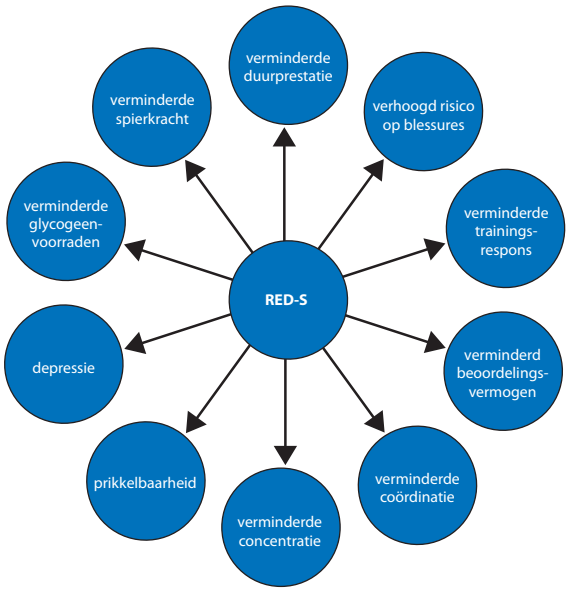
Naast de geslachtshormonen dalen ook de concentraties van andere hormonen als gevolg van de spaarstand van het lichaam. Het lichaam maakt dan minder hormonen die de schildklierfunctie reguleren. Hiermee beïnvloedt het onder andere de stofwisseling. Het lichaam produceert bijvoorbeeld minder leptine, het hormoon dat normaal gesproken de honger remt. Op deze manier stimuleert het lichaam dus juist het hongergevoel en probeert het zo weer meer energie te verkrijgen. Van het stresshormoon cortisol produceert het meer. Veel van deze hormonale veranderingen treden op om energie te sparen voor belangrijkere lichaamsfuncties of om de energiereserves van het lichaam te gebruiken voor vitale processen.
Een ander gevolg is het vertragen van verteringsstappen in het maag-darmkanaal, waardoor bijvoorbeeld constipatie kan optreden.[6]

Botmassa

Onder invloed van de geslachtshormonen oestrogeen en progesteron krijgen jonge sporters 'oude', zwakke botten als gevolg van lage energiebeschikbaarheid. Professor Drinkwater bestudeerde de botdichtheid van sporters waarvan de menstruatie uitbleef. Zij ontdekte dat ongeveer de helft van deze vrouwen een botdichtheid had van ten minste één standaarddeviatie onder de botdichtheid van normale vrouwen. Vanaf dat punt overwegen medici te starten met hormoontherapie, om te voorkomen dat de botten nog poreuzer worden.
Drinkwater: 'Jonge vrouwen hadden botten die overeenkwamen met de botten van 50- tot 60-jarige vrouwen. Niet alleen in de ruggengraat, maar overal waar we kijken hebben deze vrouwen aanzienlijk lagere botdichtheden.' Botdichtheid herstelt slechts gedeeltelijk, waardoor deze sporters hun leven lang een verhoogd risico op stressfracturen en botbreuken blijven houden.[7]
Oestrogeen verhoogt in een gezond lichaam de opname van calcium in het bloed. Op deze manier draagt het bij aan sterke botten. Een lage concentratie oestrogeen verhindert dus de botaanmaak, maar leidt ook tot het onttrekken van calcium uit de botten. Dit fenomeen is vergelijkbaar met vrouwen in de overgang, waar een lage oestrogeenspiegel ook leidt tot broze botten. Bij mannen zorgt een lage concentratie testosteron voor een lagere botdichtheid. Ook de toename van stresshormonen heeft een negatief effect op de sterkte van de botten.
Een lage botdichtheid is niet alleen een probleem op langere termijn, maar kan op kortere termijn leiden tot stressfracturen en botbreuken. Om hiervan te herstellen moet het trainingsschema worden aangepast. Dit betekent dat de sporter niet meer de optimale voorbereiding kan hebben naar bijvoorbeeld de Olympische Spelen of een ander belangrijk toernooi. Met een ongelukkige timing betekent dit zelfs dat deelname aan het toernooi niet mogelijk is.

Man versus vrouw

Vrouwen lijken vatbaarder voor eetstoornissen dan mannen.[5] Gemiddeld genomen over alle sporttypes heeft acht procent van de mannelijke sporters een eetstoornis. Bij vrouwen is dit aandeel twintig procent.
Verder blijkt dat het mannelijke lichaam beter bestand is tegen de effecten van lage energiebeschikbaarheid dan dat van vrouwen.[5] Er zijn meer ernstige verstoringen nodig voordat symptomen van RED-S bij mannen worden waargenomen. Ook lijkt in ieder geval de hormoonbalans van mannen zich sneller te



Figuur 4 | Mogelijke prestatie-effecten van RED-S.[2]

herstellen dan die van vrouwen. Voldoende energie-inname lijkt hierbij een cruciale rol te spelen.

Verminderde prestaties

Het hogere doel van trainen is beter presteren. Een sporter wil graag harder fietsen, eleganter dansen of beter judoën. In eerste instantie lijkt een lager gewicht dan voordelig. Echter, door bewuste of onbewuste beperking van de energiebeschikbaarheid kunnen de prestaties uiteindelijk verslechteren (zie figuur 4). Een tekort aan benodigde voedingsstoffen zorgt er namelijk voor dat het lichaam niet meer in staat is om adequaat te reageren op trainingsprikkels. Zwaardere of intensievere training zal dan zelfs afbreuk doen aan het lichaam. Het moet immers zijn energie ergens vandaan halen om te doen wat de sporter verlangt. Bovendien ontwikkelt de sporter op deze manier een chronische vermoeidheid en een verhoogd risico op infecties en ziekten. Deze symptomen kunnen allemaal de gezondheid en de prestaties schaden. Daarnaast verhoogt een lage energiebeschikbaarheid ook het risico op blessures.[8] Sporters kunnen minder gefocust trainen en hebben een trager reactievermogen. Daardoor zullen zij eerder fouten maken die leiden tot blessures. Je zou het kunnen vergelijken met vermoeid achter het stuur van een auto gaan zitten.

Op het eerste gezicht zijn de symptomen van RED-S vervelende, kortdurende kwaaltjes. Echter, in ernstigere gevallen kan een sporter zijn trainingen niet meer uitvoeren, omdat zijn lichaam zichzelf tegenwerkt. In de meest extreme gevallen houdt de sporter blijvende schade over aan RED-S, zoals een groeiachterstand of onvruchtbaarheid door lamgeslagen hormoonsystemen. Het herstel is simpel ingezet: blijf eten!

Voorkomen is beter dan genezen

Nog beter dan te herstellen van RED-S is het voorkomen ervan. Het IOC heeft daarom aanbevelingen geschreven die moeten bijdragen aan een gezonde populatie (top)sporters.[4] De allerbelangrijkste aanbeveling blijkt voorlichting aan zowel de sporter als zijn of haar omgeving. Creëer vervolgens een veilige omgeving voor de sporters, waarbij de nadruk niet ligt op lichaamsgewicht, maar op voeding en gezondheid als middel om prestaties te verbeteren. Door de sporter én zijn omgeving te voorzien van de juiste informatie over gezonde voeding en over de risico's van diëten, moet worden voorkomen dat sporters doorslaan. Het is belangrijk dat coaches zich naast de trainingsbelasting en technische vaardigheden ook bekommeren om het eetgedrag, het gewicht en de lichaamssamenstelling van hun sporter(s). Laat tenslotte een sporter niet aanmodderen, maar schakel tijdig een professional in die kan ondersteunen en/of behandelen.

Over de auteur

Dominique Vrouwenvelder (1994) behaalde in 2018 haar masterdiploma bewegingswetenschappen, specialisatie sport en voeding, aan de Universiteit Maastricht. Sinds kort heeft ze ook een diploma wetenschapsjournalistiek op zak. In haar vrije tijd is ze roeicoach, wielrenner en bestuurslid bij een wielerkoers in Nijmegen. Ze heeft een sterke interesse voor de interacties tussen gezondheid, voeding en beweging of sport en zoekt een baan waarin deze onderwerpen samenkomen.

1. Ackland TR et al. (2012). Current status of body composition assessment in sport. *Sports Medicine*, 42 (3), 227-249.
2. Souza MJ et al. (2014). 2014 Female Athlete Triad Coalition consensus statement on treatment and return to play of the Female Athlete Triad. *British Journal of Sports Medicine*, 48 (4), 289-289.
3. Nattiv A et al. (1993). The Female Athlete Triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Women in Sport and Physical Activity Journal*, 2 (1), 90-93.
4. Mountjoy M et al. (2014). The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad - relative energy deficiency in sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 48 (7), 491-497.
5. Souza MJ, Koltun KJ & Williams NI (2019). The role of energy availability in reproductive function in the Female Athlete Triad and extension of its effects to men: an initial working model of a similar syndrome in male athletes. *Sports Medicine*, 49 (S2), 125-137.
6. Mountjoy M et al. (2018). International Olympic Committee (IOC) consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28 (4), 316-331.
7. Skolnick AA (1993). 'Female Athlete Triad' risk for women. Journal of the American Medical Association, 270 (8), 921.
8. Vanheest JL et al. (2014). Ovarian suppression impairs sport performance in junior elite female swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46 (1), 156-166.

SPORT gericht

Sporters met voorstekruisbandletsel: het blijft een hot topic. Vooral ook omdat de media op dit moment bij elke topsporter bovenop het revalidatieproces lijken te zitten. Wat is er op basis van wetenschappelijk bewijs over de revalidatie te zeggen? En wat wordt gepropageerd op basis van de mening van 'experts'?

De voorste kruisband van A tot Z

Deel 4: Weer (veilig) het veld op

Nicky van Melick & Robert van den Berg

Fase 3 is de eindfase van de revalidatie na een voorstekruisbandreconstructie (VKB-R). Deze is voor de (sport)fysiotherapeut zeer interessant, maar ook vol uitdagingen. Het doel is namelijk de sporter zodanig voor te bereiden op terugkeer naar sport, dat er zonder problemen aangesloten kan worden bij het eigen team of de eigen trainingsgroep. Om dit te bereiken wordt in deze eindfase veelzijdig doelgericht getraind om de combinatie van grondmotorische eigenschappen, die uit een analyse van de sport als noodzakelijk naar voren is gekomen, op het vereiste niveau te krijgen. Daarnaast zijn er uit de wetenschappelijke literatuur verschillende criteria voor terugkeer naar sport (*return to sport*, RTS) bekend die het risico op een recidief of een andere blessure minimaliseren. Dat is immers wat nagestreefd dient te worden: terugkeer naar sport op een veilige manier, met een zo laag mogelijk risico op nieuwe blessures.

Routekaart

De terugkeer naar sport begint al op het moment dat de sporter voor het eerst bij de (sport)fysiotherapeut komt. Op dat moment bepaal je namelijk samen met de sporter wat er nodig is om die sport weer te kunnen beoefenen en of dat reëel is. Tijdens de gehele revalidatie evalueer je herhaaldelijk hoe de sporter ervoor staat, bijvoorbeeld hoe ver de opbouw van de vereiste grondmotorische eigenschappen gevorderd is, maar ook hoe de sporter scoort op de diverse RTS-criteria.
Het afnemen van de RTS-testen kan grofweg elke twee maanden. Bij die frequentie zijn veranderingen in testuitslagen klinisch zinvol en krijgt de sporter regelmatig nieuwe accenten waar de komende periode aan gewerkt zal worden.[1] Zo kun je de sporter optimaal begeleiden en gemotiveerd houden tijdens het lange revalidatietraject.

Analyse van de sport

Voor de analyse van de sport zijn drie zaken belangrijk:
1. de acties tijdens een wedstrijd;
2. de grondmotorische eigenschappen;
3. de aard van het trauma.

Als voorbeeld wordt nu een rechtshandige handbalster gebruikt die tijdens een schijnbeweging haar linker VKB heeft gescheurd.
In een wedstrijd (2 x 30 minuten) zal een handbalster ongeveer vier kilometer rennen, waarvan circa 150 meters op sprintsnelheid, verdeeld over 20 sprintjes.[2] Daarnaast vinden er 15 tot 30 keer zijwaartse bewegingen van hoge intensiteit plaats, wordt er 18 tot 38 keer van richting veranderd en 10 tot 20 keer gesprongen. Dit alles is natuurlijk wel afhankelijk van de positie van de speelster, waarbij bijvoorbeeld een opbouwer vaker springt en van richting verandert dan een hoekspeelster of een cirkelspeelster.[2] Tijdens een teamtraining ligt er vaak een accent op één van de genoemde acties, zoals van richting veranderen of springen, en zal deze activiteit dus aanzienlijk vaker uitgevoerd worden dan tijdens een wedstrijd. Iets om rekening mee te houden!
Om te weten welk eindniveau voor de verschillende grondmotorische eigenschappen vereist is, kun je afgaan op je eigen ervaring in een bepaalde sport, de mening van een trainer of sporter vragen, of in de literatuur duiken om te lezen wat daar beschreven wordt. Voor onze handbalster zullen de volgende eindniveaus nodig zijn:
- Mobiliteit: sportspecifiek. Deze is als het goed is al behaald in fase 1 en 2 van de revalidatie.[3]
- Coördinatie: shaping.[3]
- Kracht: sportspecifiek.[3]
- Uithoudingsvermogen: anaeroob alactisch/shaping.
- Snelheid: acceleratie.

Het voorbeeld van de handbalster kan natuurlijk vrij gemakkelijk worden omgezet naar andere team- en contactsporten, zoals voetbal, basketbal, hockey of korfbal. Het enige dat daar-

		Onderste extremiteit (springen)	Bovenste extremiteit (werpen)
1. Veelzijdig doelgerichte kracht	a. concentrische versnellen b. excentrisch remmen c. prestretch (SSC)	squat jumps drop jumps counter movement jumps	concentric 1-arm pullovers dumbbell drops dumbbell drops → concentric 1-arm pullovers
2. Plyometrie		sportspecifieke sprongvormen	sportspecifieke werpvormen

Tabel 1 | Opbouw van sportspecifieke kracht / SSC.[4]

voor nodig is, is een nieuwsgierige en creatieve (sport)fysiotherapeut!

Grondmotorische eigenschappen snelheid en kracht

Het trainen van de grondmotorische eigenschap snelheid is gericht op het vergroten van de maximale reactie- en bewegingssnelheid. Hierbij kan een onderverdeling worden gemaakt in cyclische en a-cyclische snelheid.

A-cyclische snelheid

Voorbeelden van a-cyclische snelheid zijn sprong- en werpbewegingen. Kenmerkend voor deze vormen van a-cyclische snelheid is de stretch-shortening cycle (SSC): een aaneenschakeling van een excentrische beweging (*prestretch*) met direct aansluitend een concentrische beweging, die resulteert in een hoger vermogen (*power*) in de concentrische fase. De opbouw van de SSC is een belangrijk deel van de opbouw van specifieke kracht. Het is dan ook methodisch zuiverder om de opbouw van de SSC en daarmee a-cyclische snelheid als laatste deel van de opbouw van de grondmotorische eigenschap kracht te zien.

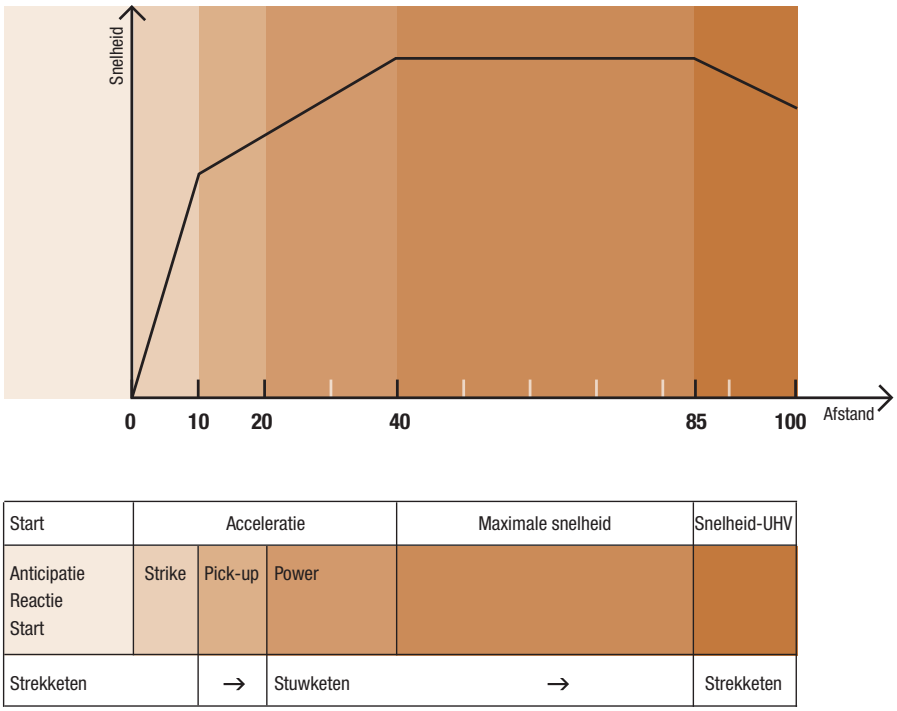
De opbouw van de SSC bestaat uit twee fasen (zie tabel 1). Eerst is er een opbouw van veelzijdig doelgerichte kracht, waarbij de opbouw van de SSC in de relevante bewegingsketen centraal staat. Daarna is er een opbouw van plyometrie en wordt de SSC belasting geïntegreerd in sportspecifieke bewegingen.[4]

Cyclische snelheid

Het waarschijnlijk meest typische voorbeeld van cyclische snelheid is een sprintloop. Voor toepassing in de revalidatie is het handig om de fasering van de 100 meter sprint te kennen (zie figuur 1). Tijdens de 100 meter sprint zijn twee bewegingsketens belangrijk:

1. de strekketen, met het accent op de gluteale musculatuur en de m. quadriceps femoris;
2. de stuwketen, waarbij de hamstrings (als heupstrekkers!) de *prime movers* zijn.

De pijltjes in figuur 1 geven de overgangen in dominantie van de bewegingsketens aan. Deze overgangen zijn gepredisponeerde blessuremomenten. Het is dan ook meer dan zinvol om in de context van revalidatie en preventie de voor de sport relevante overgangen te trainen.[5]

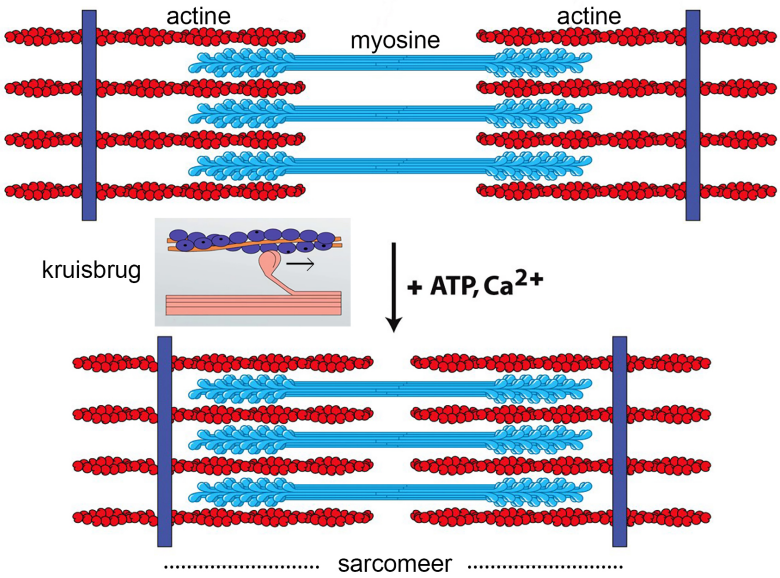


Figuur 1 | De opeenvolgende fases van de 100m sprint en de overgangen in dominantie van de bewegingsketens.[5]

Vergelijken we de sportanalyse van handbal met de fases van de 100 meter sprint, dan wordt meteen duidelijk dat voor een handbalster, naast anticipatie en reactie, vooral de eerste fase van acceleratie, de zogeheten *strike* fase, moet worden opgebouwd. Enerzijds afhankelijk van de spelpositie, maar ook in de context van preventie, moeten daarnaast de *pick-up* fase (en daarmee de wissel van strek- naar stuwketen) en wellicht ook de overgang naar de *power* fase (en daarmee het belasten in de stuwketen) worden opgebouwd.
Om tot de opbouw van cyclische snelheid over te kunnen gaan, moeten de coördinatieve voorwaarden hiervoor aanwezig zijn. Oefeningen uit het loop- en sprong-ABC moeten stabiel en ook met hoge frequentie technisch correct uitgevoerd kunnen worden. Verder moet het mogelijk zijn om de sporter realistisch te belasten op een snelheid overeenkomstig de anaerobe drempel. Deze voorwaarden zullen in de revalidatie na een VKB-R al bereikt worden in fase 2.[3]
Wanneer aan deze voorwaarden is voldaan, kan in fase 3 van de revalidatie begonnen worden met het opbouwen van de loopsnelheid. De eerste stap hierbij bestaat uit versnellingsloopjes. Bij deze vorm loopt de sporter langere 'sprint'-afstanden (gerelateerd aan de sport, voor handbal bijvoorbeeld afstanden van 20-30 meter) en speelt hij progressief met snelheid, in twee opzichten: de snelheid neemt binnen één herhaling toe, maar de eindsnelheid ook van herhaling tot herhaling.
Als de versnellingslopen goed gaan, worden ze omgebouwd tot lineaire starts: de snelheid wordt verder opgebouwd en de loopafstand verkort. De volgende stap is dan starts te combineren met bijvoorbeeld richtingswisselingen, stop en go bewegingen en zijwaartse starts. In eerste instantie ligt de focus heel duidelijk op de startsituatie zelf (sprint als doel), maar in loop van de opbouw verschuift de focus meer en meer naar extern, waardoor de sprint een middel is om tijdens het spel in een bepaalde positie te komen.

Grondmotorische eigenschappen uithoudingsvermogen en coördinatie

Binnen de grondmotorische eigenschap uithoudingsvermogen staat het trainen van weerstand onder vermoeidheid centraal. In deel 3 van deze reeks[3] is de opbouw van uithoudingsvermogen voor duursporters besproken. In deze opbouw was sprake van het gericht beïnvloeden van energiesystemen (het aerobe systeem en de anaerobe glycolyse). Nu staat echter de opbouw binnen explosieve sporten centraal. Het is de vraag of het creatinefosfaat systeem, maar ook de anaerobe glycolyse, op een vergelijkbare wijze kunnen adapteren in de revalidatie als het aerobe systeem. In de sportpraktijk wordt dit echter niet ter discussie gesteld en wordt bijvoorbeeld de methodiek van de Italiaanse sprintschool veelvuldig toegepast.[6,7]
Het is echter goed om ook kritisch te kijken naar het belang van mechanismen die buiten de energiesystemen liggen. Dit biedt de mogelijkheid een model te maken waarin de opbouw van de grondmotorische eigenschappen coördinatie, uithoudingsvermogen en snelheid met elkaar verbonden worden.
Centraal staat het ontwikkelen van een hogere neuromusculaire vermoeidheidstolerantie.[8] Meer specifiek gaat het hierbij om de processen die op het niveau van de spier cq. het contractiele systeem plaatsvinden, ook wel de perifere vorm van neuromusculaire vermoeidheid genoemd. Een oorzaak van deze vermoeidheid ligt wel bij de energiesystemen, maar wellicht in een andere richting dan verwacht wordt.[9]
De fysiologie beschrijft dat de mens voor zo goed als alle processen waarbij energie gevraagd wordt, teruggrijpt op ATP. Het probleem is echter dat de hoeveelheid ATP in de spier beperkt is. Daarom zijn er verschillende energiesystemen die ieder op hun eigen manier energie ter beschikking stellen voor de resynthese van ATP uit ADP. Alle systemen zijn weliswaar actief, maar afhankelijk van de snelheid waarmee ATP geproduceerd moet worden, worden het creatinefosfaat systeem, de anaerobe glycolyse of het aerobe systeem meer geactiveerd. Welk systeem actief moet en kan zijn, wordt op celniveau bepaald door verandering in de zogenaamde fosfaatpotentiaal.[10]
Er zitten enkele beperkingen in deze drie energiesystemen. Zo reageren ze bijvoorbeeld bij snelle veranderingen van de fosfaatpotentiaal wat trager. Om de hoeveelheid beschikbare ATP zeker te stellen en daarmee een 'energiecrisis' (tekort aan ATP) te voorkomen, wordt nu een ander energiesysteem geactiveerd: de myokinase reactie, die uit twee ADP-moleculen één ATP- en één AMP-molecuul vormt. De myokinase reactie is gekoppeld aan een andere reactie, de AMP-desaminase reactie. In deze reactie ontstaat naast ammoniak ook inosine-mono-fosfaat (IMP).[11]
Vooral IMP is heel interessant, omdat het direct het contractiele systeem en dan met name de binding van het myosinekopje aan actine beïnvloedt. Het myosinekopje heeft een heel hoge affiniteit voor IMP. Zodra het myosinekopje IMP gebonden heeft, is het echter niet meer in staat om een binding met actine aan te gaan.
Bij iedere snelle verandering van de fosfaatpotentiaal, oftewel bij iedere versnelling, stop en go beweging, et cetera, wordt via de hierboven beschreven weg IMP geproduceerd en wordt het contractiele vermogen van de spier steeds meer gereduceerd.



Figuur 2 | Spiercontracties komen tot stand door de vorming van crossbridges (kruisbruggen) tussen de 'kopjes' van de myosinefilamenten en de actinefilamenten. Als de myosinekopjes meer en meer bezet raken door IMP, neemt het aantal koppelmogelijkheden af en dus ook de kracht die de spier kan leveren.

Aangezien de halfwaardetijd van IMP ongeveer 40 minuten is, heeft de spier zo'n 4 uur nodig om IMP volledig af te bouwen.[12] Dit is dus veel langer dan een wedstrijd duurt! Het fysiologische nut van deze door IMP geïnduceerde reductie van bindingscapaciteit is dat de energievraag sterk gereduceerd wordt en daarmee het risico op een energiecrisis verlaagd wordt (negatieve feedback loop). De praktische consequentie van dit verhaal is dat de handbalster tijdens een wedstrijd steeds meer IMP opbouwt en daardoor steeds meer contractiel vermogen verliest. Op spierniveau zijn een sprong en een landing aan het begin van een wedstrijd dan ook een volledig andere situatie dan aan het einde van de wedstrijd. Aan het einde van de wedstrijd moet de landing feitelijk gestabiliseerd worden door veel minder spiermassa.
In deel 3 van deze artikelenreeks[3] is uitgebreid gesproken over de grondmotorische eigenschap coördinatie. De opeenvolgende stappen '(sport)specifieke training', 'agility' en 'shaping' laten zich perfect verbinden met het IMP-verhaal. Hetzelfde geldt voor het verhaal van de 'small sided games' binnen de grondmotorische eigenschap uithoudingsvermogen. In de methodische opbouw staat steeds het trainen van IMP-tolerantie centraal.

Fase 3

In fase 3 wordt veelzijdig doelgericht getraind (dus veel verschillende prikkels, maar wel sportspecifiek), met als einddoel de vereiste (combinatie van) grondmotorische eigenschappen zoals aangegeven in de sportanalyse. Eerst wordt er getraind zonder vermoeidheid (fase 2 van de revalidatie), maar in fase 3 wordt training onder vermoeidheid centraal gesteld. Allereerst natuurlijk zonder falen van de kwaliteit van bewegen, maar aan het einde van de revalidatie mag zelfs de kwaliteit van bewegen gaan lijden onder de vermoeidheid.

Grondmotorische eigenschappen en oefeningen

In verband met beperkt beschikbare ruimte en tijd is het aanbieden van veldtraining (eventueel in een groep) aan het einde van de revalidatie vaak een uitdaging voor de (sport)fysiotherapeut. Het is echter een essentieel onderdeel om de sporter voor te bereiden op het hervatten van trainingen met zijn eigen team.
Omdat de handbalster haar VKB scheurde tijdens een schijnbeweging, zal ook deze beweging weer getraind moeten worden ('train the trauma'), zowel om vertrouwen te krijgen in de knie, als om deze beweging weer in te slijpen, uiteindelijk ook onder vermoeidheid. Hieronder wordt beschreven hoe een veldtraining onder begeleiding van de (sport)fysiotherapeut er uit kan zien. Natuurlijk zijn er in de praktijkruimte al voorbereidende oefeningen gedaan en is dit niet de eerste keer dat de handbalster een schijnbeweging gaat uitvoeren. In de praktijkruimte is dit bijvoorbeeld al geoefend (eerst met een lagere snelheid) voor een pion of de stilstaande (sport)fysiotherapeut.
De warming-up bestaat uit vier delen:

1. algemene warming-up: joggen en loopvormen op eigen initiatief van de handbalster (ca. 10 minuten);
2. algemeen toniseren: 10x squatsprongen, 5x start over 10 meter;
3. specifiek toniseren: oefenvormen uit het loop-, sprong- en werp-ABC;
4. specifiek voorbelasten: spiegeloefening met de (sport)fysiotherapeut, waarbij de handbalster de (sport)fysiotherapeut nadoet (spiegelt) in een vak van 3x3 meter; 3 sets van 20 seconden.

De kern van de training is vervolgens gericht op het uitvoeren van de schijnbeweging alsof er aangevallen wordt. De (sport)fysiotherapeut is de 'tegenstander' en blijft in eerste

instantie nog stil staan. In de eerste set mag de handbalster zelf aanlopen, krijgt ze de bal aangespeeld van een collega revalidant, maakt ze de schijnbeweging (kiest zelf naar welke zijde) en rond ze af op doel. In set 2 en 3 stapt de (sport) fysiotherapeut naar één kant en zal de handbalster automatisch de andere kant moeten kiezen voor de schijnbeweging. Er worden dus 3 sets van circa 10 herhalingen (met 2-4 minuten pauze) uitgevoerd, waarbij er lichte vermoeidheid zal optreden, maar de kwaliteit van bewegen nog centraal blijft staan. Binnen de grondmotorische eigenschap coördinatie wordt nu getraind in de revalidatiemethode (sport) specifieke training, maar tegelijkertijd wordt de verbinding gemaakt met de grondmotorische eigenschap snelheid.
Wanneer deze stap goed uitgevoerd kan worden en de vermoeidheid na deze oefeningen afneemt (een eerste vorm van IMP-tolerantie), zal de volgende stap binnen de grondmotorische eigenschap coördinatie de revalidatiemethode agility zijn. In deze stap wordt bewust meer vermoeidheid opgebouwd, bijvoorbeeld door meer sprintwerk, stop en go bewegingen of richtingswissels

Figuur 3 | Biodex (foto: archief St. Anna Ziekenhuis/TopSupport)

direct voorafgaand aan de hierboven beschreven oefenvormen. Een andere mogelijkheid om meer vermoeidheid te creëren is de pauze tussen de sets te verkorten naar bijvoorbeeld 1-2 minuten. Ook in deze stap staat de kwaliteit van bewegen nog steeds centraal. Er wordt getraind in de revalidatiemethode agility, maar tegelijkertijd wordt de verbinding gemaakt met de grondmotorische eigenschappen snelheid en uithoudingsvermogen. Het stap voor stap opbouwen van de omvang voor specifiek loopwerk gecombineerd met de probleemoefening zorgt ervoor dat de IMP-tolerantie verder wordt opgebouwd.
De laatste stap in dit voorbeeld binnen de grondmotorische eigenschap coördinatie is de revalidatiemethode shaping, waarbij het agility programma verder wordt uitgebouwd naar het onder specifieke vermoeidheid imiteren van wedstrijdomstandigheden. Binnen de revalidatie betreft het vaak het doorspelen van de situatie rondom het trauma. Natuurlijk blijft in deze stap de kwaliteit van de bewegingsuitvoering belangrijk, maar het accent verschuift duidelijk naar de effectiviteit van handelen. De belastingvariabelen voor het vermoeidheidsprotocol worden afgeleid uit de wedstrijdanalyse. In deze laatste stap wordt uiteindelijk de maximale IMP-tolerantie gevraagd.

Criteria voor het hervatten van groepstraining

Om weer volledig (= met contact) de groepstraining te mogen hervatten, zal de sporter moeten voldoen aan een reeks RTS-criteria die kunnen worden onderverdeeld in criteria

Figuur 4 | Vertical jump

Figuur 5 | Hop for distance - landing

Figuur 6 | Side hop

voor de kwantiteit en kwaliteit van bewegen, psychologische criteria en tijd. Voor alle criteria is er wetenschappelijk bewijs voor een associatie tussen het resultaat van testen en het wel of niet optreden van een recidief.[13-16] Maar alle re-rupturen voorkomen is helaas niet mogelijk. De graft blijft immers een vervanging van andere kwaliteit dan de oorspronkelijke VKB.

Criteria voor de kwantiteit van bewegen

Krachttesten voor quadriceps en hamstrings zijn een belangrijk onderdeel van de kwantiteit van bewegen. Deze worden bij voorkeur afgenomen op een isokinetische dynamometer (bijvoorbeeld Biodex of Cybex), inclusief een duurtest van 20 herhalingen.
Als je in je eigen praktijk niet beschikt over dergelijke apparatuur, is het zinvol een samenwerking aan te gaan met een praktijk die wel zo'n systeem heeft staan. In veel VKB-netwerken bestaat die samenwerking gelukkig al.
Ook een hoptestbatterij is nodig om de kwantiteit van bewegen vast te leggen. De voorkeur gaat uit naar de batterij van Gustavsson et al.[17]. Deze bestaat uit drie eenbenige hoptesten: de *vertical jump*, de *single hop for distance* en de *side hop* als duurtest. Aanvulling met andere hoptesten is mogelijk, bijvoorbeeld de *triple crossover* of de *medial side triple hop for distance*.
De hoptestbatterij wordt het liefst uitgevoerd in een zogenaamd ecologische valide omgeving en onder vermoeidheid. Voor een handbalster wil dit zeggen: op het handbalveld, na een groepstraining.[18] Bij de kracht- en hoptesten wordt meestal de Limb Symmetry Index (LSI) als uitkomstmaat gehanteerd. Deze zou boven de 90% moeten zijn. Bij handballers zien we zelfs dat het dominante been (in dit geval het sprongbeen) duidelijk beter scoort dan het niet-dominante been op zowel kracht- als hoptesten.[19,20]
Onze handbalster was rechtshandig en is geopereerd aan haar linkerbeen (= sprongbeen). Daarom zou ze misschien wel een LSI boven 100% moeten scoren.
Een probleem met de LSI is dat ook het niet-geopereerde been achteruit gaat na de blessure en de operatie, waardoor de prestatie van het geopereerde been overschat kan worden.[21] Daarom is het zinvol om - indien deze beschikbaar zijn - gebruik te maken van preoperatieve waarden, of van referentiewaarden specifiek voor geslacht, leeftijd en sport.
Voor de handbalster weten we dan dat de isokinetische kracht gemeten op 60°/sec voor de quadriceps ongeveer 240 Nm/kg en voor de hamstrings ongeveer 140 Nm/kg zou moeten zijn.[20] Van de hoptesten is alleen een referentiewaarde voor de triple crossover hop for distance bekend uit de literatuur: deze zou 290-326 cm moeten zijn.[19]
Als derde optie zijn er agilitytesten, zoals bijvoorbeeld de T-test. Van de meeste agilitytesten zijn geen referentiewaarden beschikbaar, maar ze sluiten natuurlijk al iets meer aan bij de sportactiviteiten dan een kracht- of hoptest.

Figuur 7 | Hop-and-hold landing

Criteria voor de kwaliteit van bewegen

De kwaliteit van bewegen kan op twee manieren gemeten worden. Als eerste met het Landing Error Scoring System bij de eerste landing van een drop jump, bij voorkeur getest onder sportspecifieke vermoeidheid (bijvoorbeeld na een groepstraining, om zo de IMP-tolerantie te 'testen'), waarbij de score lager dan 6 moet zijn.[22] Als tweede kan een *single-leg hop-and-hold* test afgenomen worden.
Daarnaast is het belangrijk om tijdens de trainingen met de fysiotherapeut (zowel in de praktijkruimte, als op het veld) te beoordelen of de kwaliteit van bewegen optimaal is voor de te beoefenen sport. Hiervoor zijn geen objectieve criteria, maar het geoefende oog van de (sport)fysiotherapeut is hier uitermate geschikt voor.

Psychologische criteria

Terugkeer naar sport zou pas moeten plaatsvinden als de sporter er ook mentaal klaar voor is.[16] Dit kan vastgelegd worden met vragenlijsten zoals de ACL-RSI, die het vertrouwen in de geopereerde knie meet, of de PHOSA-ACLR, die angst voor bewegen vastlegt.[23,24] Helaas zijn voor deze vragenlijsten nog geen duidelijke afkapwaarden beschikbaar. Ze kunnen je echter wel helpen om met de sporter te praten over mogelijke belemmerende psychologische factoren. Deze zijn gedurende de revalidatie aan te pakken door bijvoorbeeld *graded exposure* toe te passen, of de sporter door te verwijzen naar een (sport)sportpsycholoog.

Tijd

Naast alle RTS-criteria op het gebied van kwantiteit van bewegen, kwaliteit van bewegen en psychologie, blijft ook de tijd na reconstructie belangrijk. Wetenschappelijk onderzoek wijst steeds meer in de richting van een revalidatieduur van 9 maanden voorafgaand aan het hervatten van volledige groeps-

training met het eigen team. De sporters die vóór 9 maanden terugkeren, hebben (ondanks het halen van criteria) namelijk een hoger risico op zowel een recidief, als een andere acute knieblessure.[14,25]

Hervatten van wedstrijden

Na het hervatten van de training blijft de (sport)fysiotherapeut de regie houden over het opbouwen van de wedstrijden, natuurlijk in overleg met de trainer/coach van de sporter. Dit opbouwen van wedstrijd-minuten gebeurt idealiter pas na minimaal vier weken volledige training.[26,27] Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de acute chronic workload ratio (ACWR): de ratio tussen de belasting in de afgelopen week en de gemiddelde weekbelasting in de afgelopen 28 dagen. Deze zou volgens Buckthorpe[26] lager moeten blijven dan 1,5. De handigste manier om de ACWR te berekenen voor amateursporters is bijvoorbeeld het werken met een schema waarin het aantal minuten training wordt vermenigvuldigd wordt met de BORG-score voor vermoeidheid aan het einde van de training. Dit kan een sporter voor elke training zelf bijhouden. Door de punten van alle trainingen (vergeet eventuele krachttraining niet!) van een week bij elkaar op te tellen, weet je de belasting van die week. Mocht de ACWR na vier weken nog hoger zijn dan 1,5, dan is het raadzaam om nog langer te trainen alvorens wedstrijden te hervatten.

Conclusie

In de eindfase (fase 3) van de revalidatie na VKB-R ligt het accent op het hervatten van sportdeelname. De verschillende grondmotorische eigenschappen (coördinatie, kracht, uithoudingsvermogen en snelheid) staan in deze fase nog veel meer met elkaar in verbinding dan tijdens de voorgaande fasen van de revalidatie en worden getraind met het sportspecifieke einddoel in gedachten. Naast deze sportspecifieke einddoelen spelen algemene criteria, zoals kwantiteit van bewegen, kwaliteit van bewegen, psychologische eigenschappen van de sporter en tijd na de reconstructie een rol. Door al deze doelen en criteria te combineren, kan de (sport)fysiotherapeut bepalen wanneer het juiste moment is aangebroken om die zo geliefde sport weer te hervatten.

Over de auteurs

Dr. ***Nicky van Melick*** is freelance consultant sportfysiotherapie en docent bij KneeSearch en onderzoeker sportorthopedie bij het Kenniscentrum Sport & Bewegen van het St. Anna Ziekenhuis Geldrop.

Robert van den Berg MSc. is inspanningsfysioloog en statisticus en werkzaam als universiteitsdocent in Wenen (Oostenrijk) en Bazel (Zwitserland) en als onderzoeker voor het Divers Alert Netwerk (DAN-Europe). Verder is hij mededirecteur van ESP Science & Education.

1. Bodkin SG et al. (2020). How much time is needed between serial "return to play" assessments to achieve clinically important strength gains in patients recovering from anterior cruciate ligament reconstruction? *American Journal of Sports Medicine*, 48 (1), 70-77.
2. Taylor JB et al. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 47 (12), 2533-2551.
3. Melick N van & Berg R van den (2020). De voorste kruisband van A tot Z. Deel 3: Een kritische blik op de revalidatie. *Sportgericht*, 74 (6), 40-48.
4. Berg R van den (2018). Kapitel 4.3.5 Rehakreis Kraft. In: Bant H et al. (eds), *Sportphysiotherapie*. Stuttgart: Thieme Verlag.
5. Berg R van den (2018). Kapitel 4.3.6 Rehakreis Schnelligkeit. In: Bant H et al. (eds), *Sportphysiotherapie*. Stuttgart: Thieme Verlag.
6. Goolberg T van de (2018). De lijn uithoudingsvermogen. In: Goolberg T van de (ed), *De rehaboom*. Zeist: Publish & more.
7. Berg R van den (2018). Kapitel 4.3.4 Rehakreis Ausdauer. In: Bant H et al. (eds), *Sportphysiotherapie*. Stuttgart: Thieme Verlag.
8. Wan JJ et al. (2017). Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Experimental & Molecular Medicine*, 49 (10), e384.
9. Finsterer J (2012). Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, 218.
10. Berg JM et al. (2019). Biochemistry (9th edition). New York: WH Freeman.
11. Hancock CR et al. (2006). Protecting the cellular energy state during contractions: role of AMP deaminase. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 57 (Suppl 10), 17-29.
12. Carroll TJ et al. (2016). Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122 (5), 1068-1076.
13. Grindem H et al. (2020). Activity and functional readiness, not age, are the critical factors for second anterior cruciate ligament injury - the Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 54 (18), 1099-1102.
14. Beischer S et al. (2020). Young athletes who return to sport before 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction have a rate of new injury 7 times that of those who delay return. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 50 (2), 83-90.
15. Kyritsis P et al. (2016). Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (1), 946-951.
16. McPherson AL et al. (2019). Psychological readiness to return to sport is associated with second anterior cruciate ligament injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 47 (4), 857-862.
17. Gustavsson A et al. (2006). A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 14 (8), 778-788.
18. Melick N van et al. (2019). Fatigue affects quality of movement more in ACL-reconstructed soccer players than in healthy soccer players. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 27 (2), 549-555.
19. Setuain I et al. (2019). Horizontal jumping biomechanics among elite female handball players with and without anterior cruciate ligament reconstruction: an ISU based study. *BMC Sports Science Medicine and Rehabilitation*, 11, 30.
20. Risberg MA et al. (2018). Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite, handball and football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32 (8), 2314-2323.
21. Wellsandt E, Failla MJ & Snyder-Mackler L (2017). Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 47 (5), 334-338.
22. Padua DA et al. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: the JUMP-ACL study. *American Journal of Sports Medicine*, 37 (10), 1996-2002.
23. Slagers AJ, Reininga IHF & Van den Akker-Scheek I (2017). The Dutch language anterior cruciate ligament return to sport after injury scale (ACL-RSI) - validity and reliability. *Journal of Sports Sciences*, 35 (4), 393-401.
24. Lankveld W van et al. (2017). Measuring individual hierarchy of anxiety invoking sports related activities: development and validation of the Photographic Series of Sports Activities for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (PHOSA-ACLR). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18 (1), 287.
25. Grindem H et al. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (13), 804-808.
26. Buckthorpe M. (2019). Optimising the late-stage rehabilitation and return-to-sport training and testing process after ACL reconstruction. *Sports Medicine*, 49 (7), 1043-1058.
27. Bengtsson H et al. (2020). Few training sessions between return to play and first match appearance are associated with an increased propensity for injury: a prospective cohort study of male professional football players during 16 consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*, 54 (7), 427-432.