

Bijna iedere sporter heeft wel eens een sportblessure opgelopen. De snelheid waarmee de belasting wordt opgebouwd is mogelijk een belangrijke oorzaak van (herhaalde) sportblessures. In dit artikel zal besproken worden hoe snel de belasting opgebouwd kan worden, zonder dat daarbij het blessurerisico drastisch toeneemt.

Een snelle toename van de belasting Belangrijkste oorzaak van sportblessures?

Bas Van Hooren

Arjen Robben, Michael Essien en Cesc Fabregas hebben twee dingen gemeen: het zijn professionele voetballers en ze hebben bijna evenveel tijd doorgebracht in de revalidatieruimte als op het voetbalveld. Langdurige en/of veelvuldige sportblessures blijven echter niet beperkt tot voetballers en professionele sporters. Vrijwel iedere trainer kan wel een sporter opnoemen die 'altijd' geblesseerd is, ondanks alle onderzoeken naar risicofactoren van sportblessures en naar de effecten van blessurepreventieve screenings.

Blessurepreventieve screenings

Blessures hebben een negatieve invloed op de sportprestatie. Blessurevrij blijven is dan ook belangrijk om optimaal te presteren.¹⁻³ Eén van de methoden die gebruikt wordt om blessures te voorkomen is blessurepreventieve screening: het detecteren van risicofactoren en/of symptomen van een blessure, zodat deze met een specifieke interventie behandeld kunnen worden voordat de blessure zich manifesteert. Een voorbeeld hiervan is het meten van de knie-abductiehoek tijdens de landing van een drop jump en het trainen op controle van de kniehoek bij sporters die een grote knie-ab-

ductie vertonen. Een grotere knie-abductie (valgus) tijdens de landing van een drop jump gaf in een onderzoek bij vrouwelijke sporters namelijk een grotere kans op letsel van de voorste kruisband⁴, al vond een recent onderzoek – met meer deelnemers – dat een grotere knie-abductiehoek slechts een zwakke voorspeller van voorste kruisbandletsel is.⁵ Een ander bekend voorbeeld van een blessurepreventieve screening is het functional movement screen (FMS). Hierbij wordt de uitvoering van zeven oefeningen beoordeeld op een schaal van 1-3 en vaak wordt een totaalscore van minder dan 14 punten gezien als een indicator voor een verhoogd blessurerisico.⁶

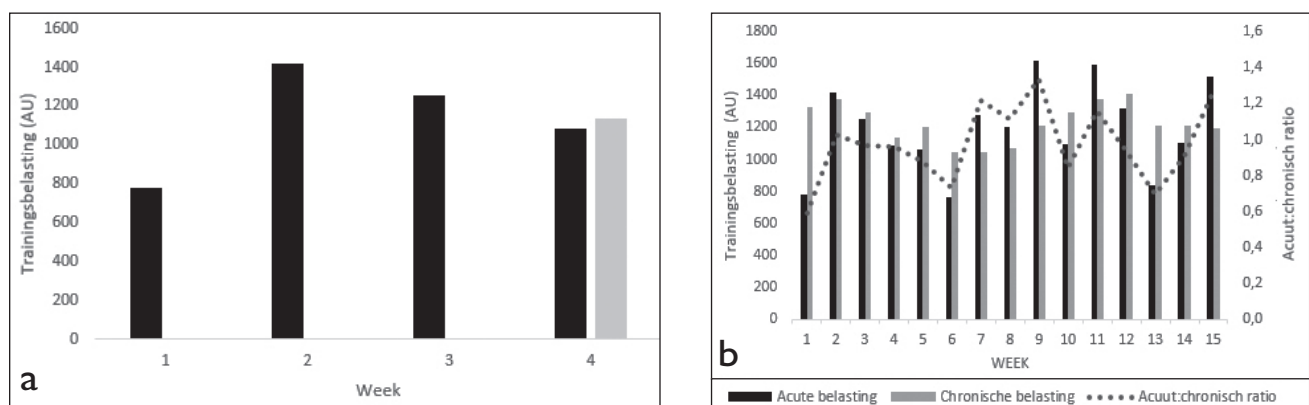
Beperkingen

Om een behaalde score (in de bovenstaande voorbeelden: het aantal graden knie-abductie respectievelijk het aantal behaalde punten op het FMS) snel te kunnen interpreteren wordt deze vaak afgezet tegen een statistisch bepaald afkappunt. Sporters die lager scoren dan dit afkappunt lopen dan een laag risico op een blessure en sporters die hoger scoren lopen een hoog risico (of andersom, afhankelijk van hoe de test is opgebouwd). Dit afkappunt is

echter één van de beperkingen van veel huidige testen.⁷ Naarmate een trainer of begeleider namelijk meer sporters met een toekomstige blessure wil ontdekken (de sensitiviteit van de screening neemt toe) zullen ook meer sporters ten onrechte als 'toekomstig geblesseerd' worden geclassificeerd (de specificiteit van de screening neemt af). Er zullen dus altijd sporters verkeerd geclassificeerd worden. Dit beperkt de bruikbaarheid van deze testen. Verder geven veel gebruikte statistische methodes, zoals sensitiviteit en specificiteit, 'odds ratio's' en 'positive and negative predictive values' geen adequate informatie over de bruikbaarheid van blessurepreventieve

het voorspellen van hamstringblessures aan de hand van de excentrische hamstringkracht tijdens isokinetische bewegingen (56% correct)^{7,12}, het gebruik van een pivot shift test om voorste-kruisbandletsel te diagnostiseren⁹ of het FMS om te voorspellen wie later geblesseerd raakt (58% correct).⁶ Tot slot geeft een screening alleen informatie over de huidige toestand van de sporter en niet over de toestand later in het seizoen, wanneer het juist belangrijk is om te weten hoe groot het blessurerisico is.⁹ Vanwege de beperkingen van blessurepreventieve screenings zijn verschillende sportwetenschappers op zoek gegaan naar betere methodes om bles-

trainer de belasting daarom het liefst zo snel mogelijk willen opvoeren. Aan het begin van een seizoen zal een voetbaltrainer bijvoorbeeld veel en hard willen trainen, omdat hij weet dat de hoeveelheid training die met een intensiteit boven 90% van de maximale hartslag wordt uitgevoerd en de totale afstand die met een snelheid boven de 14,4 km/u wordt afgelegd een sterke tot zeer sterke relatie heeft met de aerobe fitheid van voetballers.¹⁵ Ook na een blessure zal een trainer de sporter zo snel mogelijk weer volledig willen belasten om hem te laten terugkeren naar zijn oude prestatieniveau. Om blessures te voorkomen is het in beide gevallen echter belangrijk dat de



Figuur 1. De acute en chronische trainingsbelasting bij een hardloper: a) De gemiddelde (acute) trainingsbelasting per week (y-as, zwarte kolommen) voor een periode van 4 weken (28 dagen, x-as). Na week 4 kan de gemiddelde trainingsbelasting voor de afgelopen 4 weken (de chronische belasting) worden berekend (grijze kolom); b) De acute en chronische belasting en de verhouding (ratio) daartussen gedurende 15 weken. Iedere week schuift de periode van 4 weken waarover de chronische trainingsbelasting wordt berekend één week naar rechts op.

screenings.⁷ Statistische methodes zoals 'likelihood ratio's'^{8,9}, 'receiver operating characteristics' (ROC), 'curve analyses'¹⁰ en complexere methodes om dynamische systemen te analyseren¹¹ doen dit beter. Als de eerder genoemde knie-abductiehoek⁵ bijvoorbeeld geïnterpreteerd wordt aan de hand van een ROC-curve, blijkt dat deze test slechts 60% van de toekomstig geblesseerde en niet-geblesseerde sporters juist voorspelt. Daarmee voorspelt deze test nauwelijks beter dan het opgooien van een muntstuk, waarbij er 50% kans is op een goede voorspelling.⁷ Hetzelfde geldt voor

sures te voorspellen en te voorkomen. Eén van die mogelijk betere methodes voor (primaire en secundaire) blessurepreventie is het monitoren van de snelheid waarmee de belasting verandert, eventueel gekoppeld aan een statistisch model.¹³

Hoge belasting is beter presteren?

Een toename van de belasting (door het verhogen van de frequentie en/of omvang en/of intensiteit van de trainingen) zorgt doorgaans voor een verbetering van de sportprestatie.¹⁴ Om snel resultaat te boeken zou een

toename in de acute belasting niet te groot is.^{14,16-20}

Acute en chronische belasting

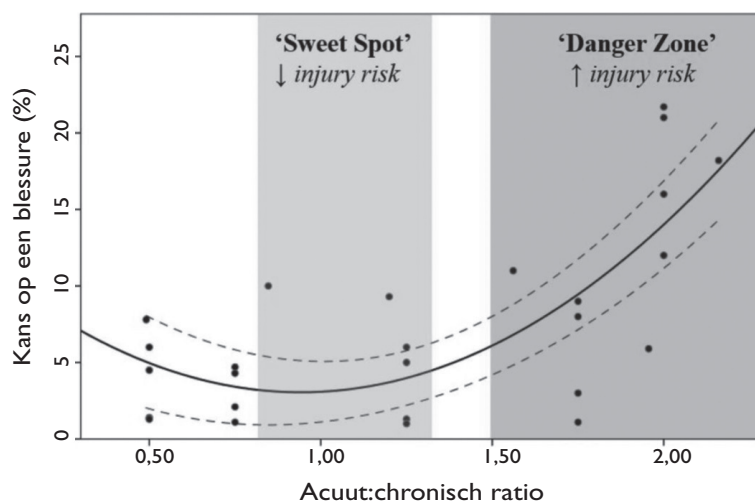
Om de snelheid waarmee de belasting verandert te monitoren moet de trainings- en wedstrijdbelasting van de afgelopen periode en van de huidige of komende periode bekend zijn. In enkele recente onderzoeken wordt de verandering in de belasting berekend als de verhouding (ratio) tussen de acute en de chronische belasting (A:C ratio). Daarbij is de acute belasting doorgaans gedefinieerd als de gemiddelde belasting van de afgelopen 7

dagen (1 week) en de chronische belasting als de gemiddelde belasting van de afgelopen 28 dagen (4 weken) (zie figuur 1).^{3,18-21} Een A:C ratio kleiner dan 1 geeft aan dat de acute belasting lager is dan de chronische belasting. Een duidelijk voorbeeld is de 'taper' die wordt toegepast als een sporter in topvorm wil komen. De trainingsomvang wordt dan sterk gereduceerd, waardoor de acute belasting afneemt en de A:C ratio onder 1,0 zakt. Er zal weinig (acute) vermoeidheid zijn en de sporter kan optimaal presteren. Een ratio hoger dan 1,0 geeft aan dat de acute belasting hoger is dan de chronische belasting, waardoor er (acute) vermoeidheid ontstaat en het risico op blessures toeneemt. Voorbeelden van zo'n situatie zijn 1) de eerste trainingsweek na een rustperiode of 2) een trainingskamp waar de belasting duidelijk hoger is ten opzichte van de voorgaande normale trainingsweken.

Ratio tussen acute en chronische belasting

In een recent artikel¹⁸ wordt beargumenteerd hoe groot de toename en afname in de acute belasting het beste kan zijn met het oog op blessurepreventie en dus indirect ook met het oog op optimale sportprestaties.¹⁻³ Blanch et al.¹⁸ modelleerden de belasting en de kans op een blessure aan de hand van gegevens uit cricket, Australian football en rugby. Hierbij bleek de kans op blessures het laagst bij een A:C ratio tussen 0,8 en 1,3. Bij een ratio hoger dan 1,5 nam het risico op blessures sterk toe (zie figuur 2).¹⁸ Bij een ratio lager dan 0,8 nam het risico echter ook toe, wat aangeeft dat een te lage belasting eveneens het blessurerisico verhoogt. Op basis van deze bevindingen suggereerden de auteurs dan ook dat de A:C ratio

Figuur 3. Hardlopen op hoge snelheid en de A:C ratio bij een hamstringblessure. Het ♦ geeft aan wanneer de sporter geblesseerd raakte. (Gegevens ontleend aan Blanch et al.¹⁸)



Figuur 2. Voorbeeld van de kans op een blessure (y-as) in relatie tot de ratio tussen de acute en de chronische belasting (A:C ratio, x-as). (Aangepast overgenomen uit Gabbett¹⁴)

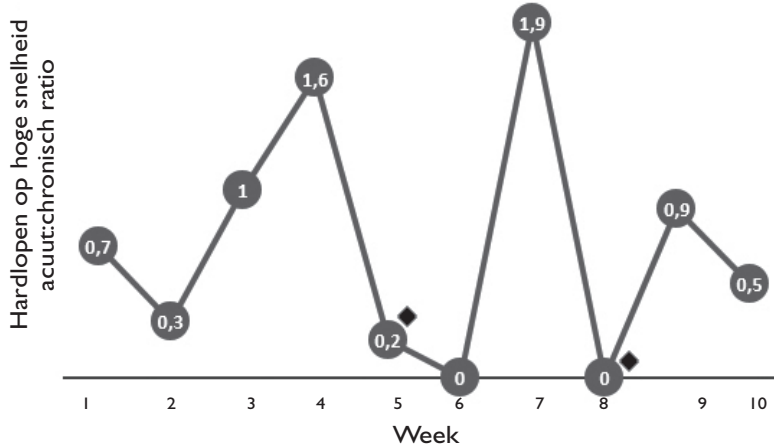
het beste tussen grofweg 0,8 en 1,3 zou moeten blijven, wat neerkomt op een wekelijkse verandering in de belasting van ongeveer 10%. Op deze manier kan er progressief belast worden om de benodigde trainingsadaptaties te blijven bewerkstelligen, terwijl het blessurerisico relatief klein blijft.

Het is belangrijk om te beseffen, dat deze 'ideale' ratio van 0,8-1,3 gebaseerd is op onderzoek bij (slechts enkele) teamsporten en dat een andere ratio kan gelden voor andere teamsporten en individuele sporten, maar ook voor individuele sporters binnen een team.^{14,18} Ook is het mogelijk dat de ratio verschilt per indicator van de belasting, zoals het aantal acceleraties, de totaal afgelegde afstand of de 'session rating of perceived exertion' (SRPE). Zo zou er een hoog blessurerisico kunnen zijn als het aantal acceleraties met een ratio van 1,4 toeneemt, terwijl deze ratio bij de totaal afgelegde afstand mogelijk nog steeds een nauwelijks verhoogd blessurerisico oplevert. Omdat de A:C ratio nog verschillende andere beperkingen kent, dient hij alleen gebruikt te worden als een grove richtlijn.

De A:C ratio kan in combinatie met verschillende testen gebruikt worden om bijvoorbeeld te bepalen of een geblesseerde teamsporter weer fit genoeg is om volledig met het team mee te trainen. Als bijvoorbeeld uit een test (zoals het pijnvrij uitvoeren van sprints over 20 meter) blijkt dat de atleet weer belastbaar genoeg is om de sport volledig op te pakken, kan

Toepassingen in de praktijk

De A:C ratio kan in combinatie met verschillende testen gebruikt worden om bijvoorbeeld te bepalen of een geblesseerde teamsporter weer fit genoeg is om volledig met het team mee te trainen. Als bijvoorbeeld uit een test (zoals het pijnvrij uitvoeren van sprints over 20 meter) blijkt dat de atleet weer belastbaar genoeg is om de sport volledig op te pakken, kan



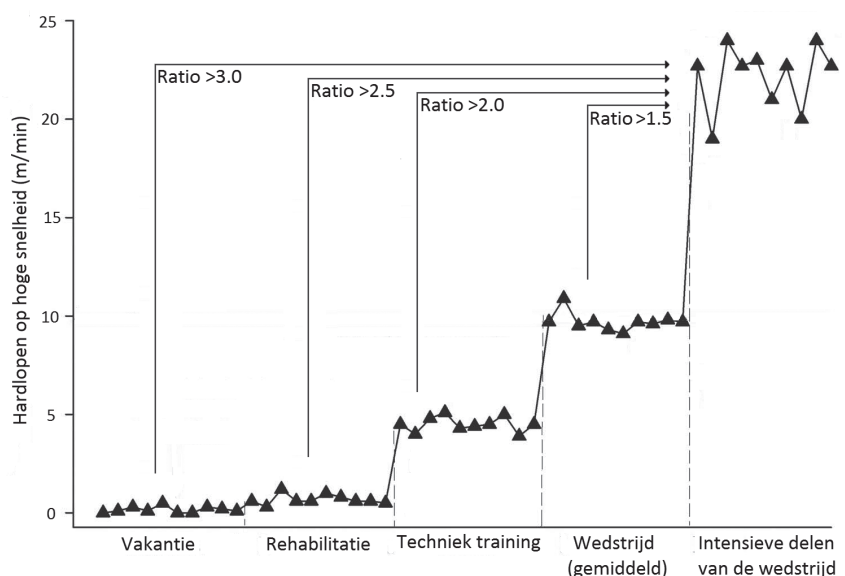
aan de hand van deze ratio bepaald worden hoe snel de belasting (zoals de sRPE score²² of het aantal acceleraties en deceleraties^{21,23}) weer mag oplopen. Door de ratio binnen veilige marges te houden (en de opbouw dus niet te snel te laten verlopen) kan een nieuwe blessure mogelijk voorkomen worden. Uit de praktijk blijkt bijvoorbeeld dat een rugbyspeler één week na een te snelle toename in de trainingsbelasting (ratio > 1.6) een hamstringblessure opliep en vervolgens opnieuw geblesseerd raakte nadat de trainingsbelasting in de revalidatie te snel was opgevoerd (ratio > 1.9, zie figuur 3).¹⁸ Een zelfde patroon was te zien bij een sporter die gediagnosticeerd werd met het intersectiesyndroom, ook wel bekend als de 'roeierspols'. Nadat de A:C ratio bij deze sporter twee keer flink boven de 1,5 kwam was er een blessure, terwijl de absolute belasting relatief laag was in vergelijking met de rest van het seizoen.²⁴ Deze bevindingen geven aan dat de A:C ratio beter gebruikt kan worden om blessures te voorkomen dan de absolute trainingsbelasting alleen. Door deze ratio tussen 0,8 en 1,3 te houden kan mogelijk voorkomen worden dat een sporter 1) geblesseerd raakt en 2) constant aan het revalideren is als gevolg van een te snelle verandering (vaak een toename) in de belasting tijdens de revalidatie.

Een goed begin is het halve werk

Bij veel (team)sporten is er voorafgaand aan het wedstrijdseizoen eerst een voorbereidingsperiode waarin bijna alleen maar getraind wordt. In het wedstrijdseizoen wordt er vervolgens minder getraind als gevolg van de vele wedstrijden. Bij de wedstrijden heeft de trainer weinig controle over de belasting en is het dus mogelijk dat sommige spelers ruim boven de 'veilige' ratio van 1,3 uitkomen, zeker als er meerdere wedstrijden in een week zijn.²⁵ Zo kunnen het aantal ac-

celeraties en deceleraties of de totaal afgelegde afstand in een voetbalwedstrijd veel hoger liggen dan normaal in een training, met een piek in de belasting en dus ook de A:C ratio tot gevolg (zie figuur 4). Om deze pieken en de hiermee geassocieerde blessures te voorkomen is het belangrijk om een goede voorbereiding te treffen, waarin ook rekening wordt gehouden met het 'worst-case scenario' in een wedstrijd. Als de spelers bijvoorbeeld al een aantal weken een toenemende aantal acceleraties en deceleraties hebben uitgevoerd in de training, dan hebben ze een hoge chronische belasting opgebouwd, waardoor de wedstrijden nauwelijks meer een piek in de belasting opleveren. In een onderzoek bij elite

ziektes, wanneer er geen grote veranderingen in de belasting zijn.^{3,17,20,27,28} Zo is bij rugby league spelers gevonden dat een hoge chronische belasting beschermt tegen blessures, maar dat grote pieken in de acute belasting bij een hoge chronische belasting juist geassocieerd zijn met een hoger blessurerisico.²⁷ Deze bevindingen geven aan dat het verstandig is om sporters goed voor te bereiden op de (maximale) eisen die er tijdens wedstrijden aan het lichaam gesteld worden. Wanneer deze hoge trainingsbelasting goed wordt opgebouwd, zorgt deze ervoor dat de sporters een lager blessurerisico lopen omdat ze veel fitheid hebben opgebouwd. Wanneer deze hoge belasting is bereikt is het echter nog



Figuur 4. Het aantal op hoge snelheid afgelegde meters (y-as) bij verschillende activiteiten (x-as) voor een elite rugby speler. De ratio's zijn een grove schatting. Een wedstrijd – en zeker de intensieve perioden daarin – betekent voor een sporter die net is gerevalideerd van een blessure een flinke stap (A:C ratio > 2,5). Ook vergeleken met techniektraining zijn de eisen die in een wedstrijd worden gesteld flink hoger (ratio > 2,0). Om blessures te voorkomen is het belangrijk dat sporters goed worden voorbereid op de te verwachten belasting. (Aangepast overgenomen uit Gabbett et al.²⁹)

rugby league spelers werd bijvoorbeeld gevonden, dat spelers die vaker aanwezig waren bij trainingssessies in de voorbereidingsperiode minder blessures hadden in het wedstrijdseizoen.²⁶ In verschillende andere onderzoeken is ook gevonden dat een matig tot hoge chronische belasting een beschermend effect heeft op blessures en

steeds verstandig om (binnen veilige marges) te blijven variëren, aangezien weinig variatie in de A:C ratio ook het blessurerisico verhoogt.²¹

Overbelastingblessures en acute blessures

In de literatuur wordt vaak een onderscheid gemaakt tussen 1) acute bles-

tures, die veroorzaakt kunnen worden door één plotselinge, verkeerde beweging en 2) overbelastingblessures, waarvan gedacht wordt dat ze veroorzaakt worden door opgebouwde microschade als gevolg van een langdurige disbalans tussen belasting en herstel. Beide soorten blessures kunnen ook (gedeeltelijk) verklaard worden aan de hand van de A:C ratio. Hierbij is het belangrijk om te bedenken, dat de belasting niet direct een blessure veroorzaakt.³⁰ Blessures worden mogelijk veroorzaakt doordat een piek in de belasting verschillende intrinsieke risicofactoren op een complexe manier beïnvloedt, waardoor er bij een volgende inspanning uiteindelijk een blessure kan ontstaan.^{30,31} Zo kan een te snelle toename in de sprintbelasting leiden tot vermoeidheid van de hamstrings, waardoor de kracht en coördinatie achteruit gaan en de controle over het bekken afneemt. Hierdoor kan tijdens het hardlopen een spierscheur ontstaan. Acute blessures worden mogelijk veroorzaakt door een grote toename in de acute belasting, terwijl overbelastingblessures mogelijk worden veroorzaakt door een langdurige hoge belasting en/of (kleinere) toenames in de belasting die resulteren in microschade zonder genoeg herstel. Zo kan een snelle toename in de totaal afgelegde hardlooppafstand mogelijk leiden tot een disbalans tussen belasting en herstel. Als het weefsel in de tijd tussen de trainingen onvoldoende gelegenheid heeft om te herstellen kan dit leiden tot overbelastingblessures, zoals achillespees tendinopathie. Als de belasting echter op een goede manier wordt opgebouwd zal de sporter weinig vermoeidheid ervaren en veel fitheid opbouwen. Een hoge belasting leidt dus niet per definitie tot blessures en kan soms zelf beschermend werken.^{3,17,20,27,28}

Beperkingen

Het gebruik van de A:C ratio heeft verschillende beperkingen. Zo is de keuze

voor de verhouding tussen 28 dagen (4 weken) en 7 dagen (1 week) grofweg gebaseerd op de tijd die botten, pezen en spieren nodig hebben om zich aan te passen aan een bepaalde belasting. In het verleden zijn echter ook al andere verhoudingen gebruikt, zoals 3-6 weken in relatie tot 1 week.³² Er is nog geen onderzoek uitgevoerd naar het aantal dagen dat het beste de verhouding tussen de acute en chronische belasting weergeeft, maar de verhouding 1:4 lijkt op basis van recente onderzoeken goed te werken en is handig in de praktijk, waar de microcyclus doorgaans 1 week duurt en de mesocycclus 4 weken.

Verder heeft het gebruik van een gemiddelde trainingsbelasting ook beperkingen. Een gemiddelde kan namelijk op verschillende manieren bereikt worden en deze verschillen worden niet meegenomen in de huidige methode om de A:C ratio te berekenen.³³ Recent is echter gesuggereerd dat zogeheten 'exponentially weighted moving averages' dit probleem deels oplossen door meer gewicht te geven aan recentere belastingen, waardoor de manier waarop een gemiddelde wordt bereikt gedeeltelijk wordt meegenomen in de berekening.³⁴

De A:C ratio zal ook altijd geïnterpreteerd moeten worden in combinatie met de absolute belasting.^{20,27} Een pitcher die bijvoorbeeld een chronische belasting van 6 worpen en een acute belasting van 18 worpen heeft zal een 'gevaarlijk hoge' ratio vertonen (namelijk 3,0), terwijl niet op voorhand vaststaat dat een absolute toename van 12 worpen inderdaad gevaar oplevert. Voorts is het belangrijk om de trainingsbelasting te monitoren met de juiste methodes. Hoewel de interne subjectieve belasting alle inspanningen meerekent en hierdoor wellicht een betere indicatie geeft van het blessurerisico dan de externe belasting, is een combinatie van beide methodes het beste.^{20,22} In een eerder artikel in *Sportgericht* is

toegelicht hoe de belasting, stress en monotonie gemonitord kunnen worden aan de hand van de subjectieve belasting met de sRPE methode en wat de beperkingen van deze methode zijn.²² Tot slot is het belangrijk om de A:C ratio op individuele basis te monitoren. De belasting van een individu kan namelijk nogal afwijken van het gemiddelde van een groep en sommige individuen hebben wellicht een groter blessurerisico dan andere. Sporters die veel zelfverwijt hebben zouden bijvoorbeeld de belasting te snel kunnen willen opvoeren na een verplichte rustperiode, een verloren wedstrijd of een blessure, waardoor ze een groter risico lopen op een (herhaalde) blessure.³⁵ Ook jonge sporters lopen een verhoogd blessurerisico, bijvoorbeeld als ze de overgang maken van een jeugdteam naar een volwassenenteam met een hogere belasting.²⁵

Conclusie

Blessurepreventieve screening heeft diverse beperkingen. Het monitoren van de belasting en de snelheid waarmee deze verandert, is wellicht een betere blessurepreventieve methode. Vaak wordt echter alleen de absolute belasting gemonitord en van week tot week geïnterpreteerd. Het monitoren van de verhouding tussen de acute en chronische belasting (A:C ratio) kan een beter inzicht geven in de fitheid en de vermoeidheid (= risico op blessures) van sporters.

Op basis van recente onderzoeken naar de A:C ratio kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Monitor de interne en externe belasting en doe dit op individuele basis.
- Varieer, maar voorkom pieken in de belasting en de daarmee geassocieerde blessures door wekelijkse veranderingen in de belasting < 10% te houden en de A:C ratio grofweg tussen 0,8 en 1,3.
- Werk toe naar een matige tot hoge chronische belasting, zodat er een

- goede basis is om eventuele pieken in de belasting op te vangen.
- Verminder de belasting na een piek, zodat de kans op een blessure wordt verminderd.
 - Als een hoge belasting verwacht wordt tijdens een trainingskamp of een wedstrijd kan hier het beste op voorbereid worden door de belasting al langzaam op te bouwen naar de te verwachten belasting.
 - Voorkom zowel over- als onderbelasting (bijvoorbeeld tijdens de vakantie), want beide verhogen het blessurerisico.

Referenties

1. Hagglund M et al. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47 (12), 738-742.
2. Raysmith BP & Drew MK (2016). Performance success or failure is influenced by weeks lost to injury and illness in elite Australian track and field athletes: A 5-year prospective study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19 (10), 778-783.
3. Williams S et al. (2016). Time loss injuries compromise team success in Elite Rugby Union: a 7-year prospective study. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (11), 651-656.
4. Hewett TE et al. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33 (4), 492-501.
5. Krosshaug T et al. (2016). The vertical drop jump is a poor screening test for ACL injuries in female elite soccer and handball players: A prospective cohort study of 710 athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 44 (4), 874-883.
6. Dorrel BS et al. (2015). Evaluation of the Functional Movement Screen as an injury prediction tool among active adult populations: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, 7 (6), 532-537.
7. Bahr R (2016). Why screening tests to predict injury do not work-and probably never will ...: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (13), 776-780.
8. Whiteley R (2016). Screening and likelihood ratio infographic. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (14), 837-838.
9. Whiteley R (2016). 'Moneyball' and time to be honest about preseason screening: it is a sham making no inroads on the 1 billion dollar injury costs in baseball. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (14), 835-836.
10. Pepe MS et al. (2004). Limitations of the odds ratio in gauging the performance of a diagnostic, prognostic, or screening marker. *American Journal of Epidemiology*, 159 (9), 882-890.
11. Cook C (2016). Predicting future physical injury in sports: it's a complicated dynamic system. *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
12. Dyk N van et al. (2016). Hamstring and quadriceps isokinetic strength deficits are weak risk factors for hamstring strain injuries: A 4-year cohort study. *American Journal of Sports Medicine*, 44 (7), 1789-1795.
13. Gabbett TJ (2010). The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (10), 2593-2603.
14. Gabbett TJ (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50 (5), 273-280.
15. Jaspers A et al. (2016). Relationships between training load indicators and training outcomes in professional soccer. *Sports Medicine*, Epub ahead of print.
16. Rogalski B et al. (2013). Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16 (6), 499-503.
17. Cross MJ et al. (2016). The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11 (3), 350-355.
18. Blanch P & Gabbett TJ (2016). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (8), 471-475.
19. Gabbett TJ et al. (2016). High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (8), 444-445.
20. Hulin BT et al. (2014). Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *British Journal of Sports Medicine*, 48 (8), 708-712.
21. Bowen L et al. (2016). Accumulated workloads and the acute:chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
22. Van Hooren B (2015). Praktisch kwantificeren van de trainingsbelasting. Mogelijkheden en beperkingen van de sRPE-methode. *Sportgericht*, 69 (5), 23-31.
23. Ehrmann FE et al. (2016). GPS and injury prevention in professional soccer. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30 (2), 360-367.
24. Drew MK & Purdam C (2016). Time to bin the term 'overuse' injury: is 'training load error' a more accurate term? *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
25. Soligard T et al. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (17), 1030-1041.
26. Windt J et al. (2016). Training load--injury paradox: is greater preseason participation associated with lower in-season injury risk in elite rugby league players? *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
27. Hulin BT et al. (2016). The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (4), 231-236.
28. Veugelers KR et al. (2016). Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19 (1), 24-28.
29. Gabbett TJ et al. (2016). If overuse injury is a 'training load error', should undertraining be viewed the same way? *British Journal of Sports Medicine*, 50 (17), 1017-1018.
30. Windt J & Gabbett TJ (2016). How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model. *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
31. Bittencourt NFN et al. (2016). Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition--narrative review and new concept. *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
32. Banister EW et al. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Australian Journal of Sports Medicine*, 7 (3), 57-61.
33. Menaspa P (2016). Are rolling averages a good way to assess training load for injury prevention? *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
34. Williams S et al. (2016). Better way to determine the acute:chronic workload ratio? *British Journal of Sports Medicine*, Epub ahead of print.
35. Timpka T et al. (2015). The psychological factor 'self-blame' predicts overuse injury among top-level Swedish track and field athletes: a 12-month cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 49 (22), 1472-1477.

Over de auteur

Bas Van Hooren heeft zijn bachelor behaald aan Fontys Sporthogeschool en zijn master bewegingswetenschappen aan de Universiteit van Maastricht. Hij is op freelance basis werkzaam als sportwetenschappelijk adviseur en fysieke trainer voor topsporters en topsporttalenten en is vaste medewerker van *Sportgericht*. E-mail: basvanhooren@hotmail.com.