

Voetbal kenmerkt zich als een aerobe sport met grote fluctuaties in hoog- en laagintensieve bewegingen. De vaak onvoorspelbare veranderingen worden in het spel gecombineerd met een scala aan onorthodoxe bewegingen en specifieke technische vaardigheden. De hierbij optredende vermoeidheid is mede bepalend voor de teamprestatie in een sport waarin de belangen groot zijn.

Vermoeidheid in het voetbal

Pim Koolwijk

Voetbal is 's werelds populairste sport. Het wordt gespeeld in bijna alle landen met naar schatting zo'n 265 miljoen beoefenaars. Iedere vier jaar kwalificeren de beste landen, met hun beste spelers, zich voor de FIFA World Cup, één van de grootste sportevenementen ter wereld. Het spel wordt gespeeld in twee helften van 45 minuten met 15 minuten rust ertussen. Tijdens het spel vinden willekeurige stopmomenten plaats door arbitraal ingrijpen en/of wanneer de bal buiten het speelveld is geraakt. Er moet energie geleverd worden voor laagintensieve aerobe bewegingen tot hoogintensieve anaerobe acties, waarbij zowel de duur van de acties als van de tijdsintervallen daartussen onvoorspelbaar zijn. Professionele voetballers dienen te beschikken over een diversiteit aan motorische vaardigheden, gecombineerd met snelle informatieverwerking om adequate keuzes te kunnen maken. Tot slot mogen voor het voetbal kenmerkende en mechanisch zeer belastende acties als tackelen, dribbelen, duelleren, koppen en schieten niet onderschat worden. De som van deze fysieke en motorische vaardigheden moet worden toegepast binnen een tactisch concept dat mede afhankelijk

is van de speelstijl en strategie van zowel het eigen team als de tegenstander.

Toegenomen belasting

Er is veel wetenschappelijke interesse om de prestatiebepalende parameters in het voetbal te analyseren. De sterk verbeterde analysemogelijkheden met zogeheten trackingsystemen, waarmee de looppatronen van de spelers op het veld kunnen worden gevolgd, hebben duidelijk gemaakt dat de huidige voetbalsport wezenlijk is veranderd ten opzichte van enkele decennia terug. Zo hebben Wallace & Norton¹ de FIFA wereldbekerfinale van 1966 t/m 2010 geanalyseerd. Die analyses laten een significante toename zien van o.a. balsnelheid, passing frequentie en spelerdichtheid op het veld. De laatstgenoemde variabele heeft fysiek verregaande consequenties voor de handelingsnelheid, de impactkrachten op het lichaam, het aantal acceleraties en deceleraties, het aantal richtingsveranderingen, de loopsnelheden en de informatieverwerkingsprocessen van spelers. Alleen al de arbeid-rust verhouding nam af van 1:4 in 1966 tot 1:1,5 in 2010. Hierbij werd overigens een afname van de effectieve speeltijd geconstateerd. Intensiever spel

brengt namelijk grotere fysieke risico's met zich mee, hetgeen zich uit in een stijging van het aantal en de duur van blessurebehandelingen.¹

Onderzoek in de Engelse Premier League competitie laat vandaag de dag significant grotere loopafstanden en een hoger niveau van de wedstrijdintensiteit zien in vergelijking met wedstrijden in de 70-er en begin 90-er jaren.^{2,3} De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat het voetbal zich in de loop van de tijd zodanig heeft ontwikkeld dat de fysieke en mentale belasting op de spelers is toegenomen.

Er zijn nog diverse andere parameters die mede bepalend zijn voor de totale fysieke arbeid die een speler tijdens een wedstrijd moet leveren. Voorbeelden zijn de stand in de wedstrijd, de tactiek van het eigen team en van de tegenstander, de positie in het veld, het niveau van de competitie en externe invloeden zoals de weersomstandigheden, de gesteldheid van het veld en de scheidsrechter.⁴⁻⁸

Fysiek profiel

Veelzijdigheid typeert het fysieke profiel van een voetbalprof. Loopafstanden tussen de 9-13 kilometer (en meer) zijn gangbaar tijdens wedstrijden in het hedendaagse professionele voetbal. Van de totaal afgelegde afstand wordt gemiddeld 'slechts' 1,2-2,4% (119-286 meter) met de bal gelopen.⁷ Spelers veranderen gemiddeld iedere 4-6 seconden van richting, waardoor het totaal aantal acties tijdens een wedstrijd de 1000 ruimschoots passeert. Daarnaast worden loopsnelheden van meer dan 30 km/u bereikt. Sprints langer dan 20 meter zijn zeldzaam en de totaal afgelegde sprintafstand gedurende een wedstrijd bedraagt zo'n 350-400 meter. Professionele voetballers hebben gemiddeld een maximale zuurstofop-

name ($VO_2\max$) tussen de 55-67 ml/kg/min. Tijdens wedstrijden wordt een gemiddelde hartslagwaarde van 85% en een piek hartslagwaarde van 98% ten opzichte van de maximale hartslag gehaald.⁹

Vermoeidheid

Onvermijdelijk treden in het voetbal vermoeidheidsverschijnselen op. Als definitie van vermoeidheid wordt dikwijls gehanteerd: 'Het niet kunnen opbrengen van de vereiste of verwachte power output'.¹⁰ Het vermogen dat de speler kan leveren is van groot belang bij voetbalspecifieke acties als tackelen, springen, schieten, draaien en veranderen van snelheid en richting. Ook de nauwkeurigheid van coördinatieve taken zoals bijvoorbeeld het overspelen van de bal worden negatief beïnvloed door toenemende spiervermoeidheid. De afname van het fysieke vermogen gedurende de wedstrijd wordt toegeschreven aan een afname van de glycogeenvoorraad in de beenspieren

een verminderde spiervezelrekrutering. Wedstrijdsimulaties laten een significante krachtsafname zien in de kniebuigers en -strekkers.¹¹

Drie momenten

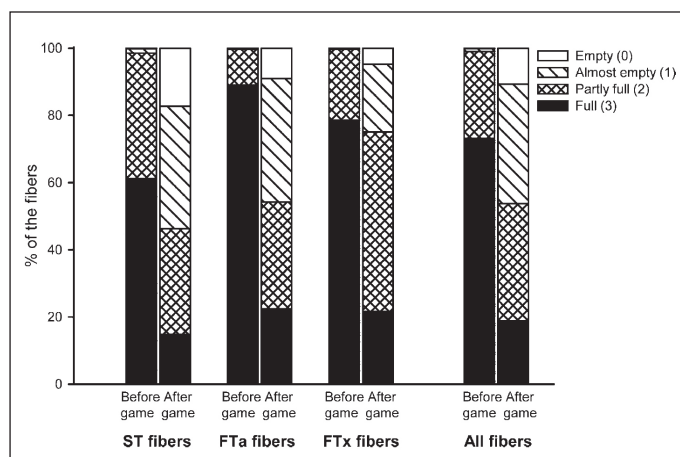
Spelers raken vermoeid op drie momenten tijdens een voetbalwedstrijd, ongeacht het competitieniveau en de positie in het veld. Het eerste moment treedt op na een periode van kortduurende hoogintensieve belasting. Deze vermoeidheid wordt ook wel tijdelijke vermoeidheid genoemd. Het tweede moment vindt plaats bij aanvang van de tweede helft wanneer spelers net een 15 minuten durende rustperiode gehad hebben. De derde fase treedt op in de slotfase van een wedstrijd, vanaf de 75^e minuut.¹⁰

Tijdelijke vermoeidheid

Tijdelijke vermoeidheid wordt gemeten door het verval te bepalen tussen de intensiefste fase van een wedstrijd en de daarop volgende fases en

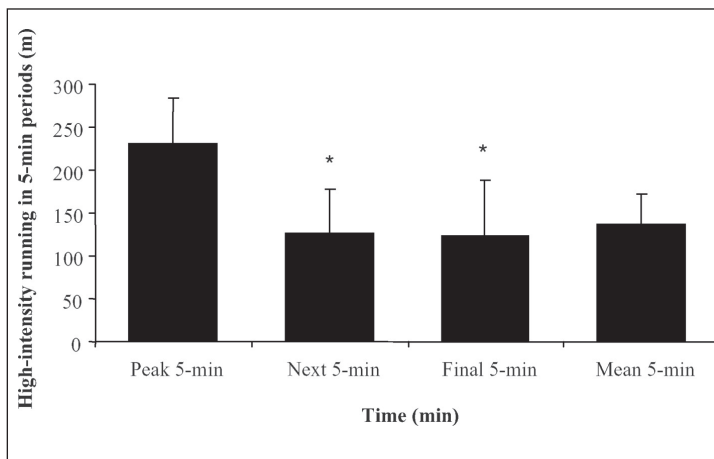
dit af te zetten tegen de gemiddelde wedstrijdintensiteit. Om de wedstrijdintensiteit te kwantificeren worden in een vastgestelde tijdsperiode (5 minuten) alle hoogintensieve loopafstanden ('high-intensity running') bij elkaar opgeteld, namelijk 'hardlopen' (14,4-19,7 km/u), 'tempolopen' (19,8-25,1 km/u) en 'sprinten' (>25,1 km/u).

Deze classificatie van verschillende loopsnelheden komt in de literatuur behoorlijk met elkaar overeen.^{2,6,7,12} De intensiefste periode wordt gevolgd door een fase waarin het aantal hoogintensieve acties afneemt tot onder het gemiddelde niveau van de wedstrijd (zie figuur 2). Dit kan een tactische en/of mentale oorzaak hebben, maar onderzoek toont aan dat na



Figuur 1. Relatieve glycogeenvoorraad in de spiervezeltypen ST, FTa en FTx vooraf en direct na een voetbalwedstrijd. De waarden zijn gemiddelden ($n=10$).⁸

(zie figuur 1), maar ook dehydratie en fysiologische veranderingen op celniveau spelen hierin een rol. Het afnemen van de spiercontractiekracht en -snelheid als gevolg van toenemende vermoeidheid wordt verklaard door



Figuur 2. De intensiefste fase van een wedstrijd (uitgedrukt in high-intensity running) uitgezet tegen respectievelijk de volgende 5 minuten, de laatste 5 minuten en de gemiddelde intensiteit van de wedstrijd.²

de 'piekintensiteit' in een wedstrijd het sprintvermogen bij spelers significant afneemt, waarna deze zich vervolgens herstelt.⁸ Als oorzaak voor tijdelijke vermoeidheid worden lactaataccumulatie, lagere spier pH-waarden en/of depletie van creatinefosfaat genoemd. De literatuur hierover is echter nogal eens tegenstrijdig en de bewijzen niet altijd hard genoeg om een sluitende verklaring te bieden.¹³

Beginfase tweede helft

De tweede fase waarin sprake is van vermoeidheid en verminderd presteren volgt aan het begin van de tweede helft. Tijdens de 15 minuten durende rust van een wedstrijd daalt de spiertemperatuur met zo'n 2°C.^{6,10} Diverse studies hebben in het verleden een relatie gelegd tussen deze afname van de spiertemperatuur en een afname van het aantal hoogintensieve acties. Mohr et.al¹⁰ pleiten dan ook voor het opnieuw uitvoeren van een warming-up in de laatste zeven minuten van de rust door bijvoorbeeld te fietsen. Een tweede voordeel hiervan is dat de zuurstofopname enigszins op peil blijft, waardoor hoogintensieve acties direct na de aftrap gemakkelijker 'verteerd' worden. Praktisch gezien brengt dit wel enkele problemen met zich mee, aangezien coaches tijdens de rust

hun team willen toespreken. Desalniettemin zie je bijvoorbeeld in de Nederlandse eredivisie steeds meer clubs gebruik maken van spinningbikes, zowel tijdens thuis- als uitwedstrijden. Bij FC Utrecht tracht de coach zijn praatje direct bij aanvang van de rust te doen, zodat er voor de spelers genoeg tijd en ruimte overblijft om zich klaar te maken voor de aanvang van de tweede helft.

Slotfase

De derde en meest logische fase van vermoeidheid treedt op naarmate het einde van de wedstrijd nadert. De intensiteit van het lopen en het aantal meters dat wordt afgelegd nemen af² (zie figuur 3). De afname van de glycogeenvoorraad wordt als primaire oorzaak van de optredende vermoeidheid gezien.

Pacing

Pacing (vrij vertaald: het verdelen van je energie over de duur van de wedstrijd) is een term die bekend is in sporten als atletiek en schaatsen, maar niet echt doorgedrongen in het voetbal. Toch zijn onderzoekers zich recent gaan afvragen of voetballers pacingstrategieën hanteren om zodoende een wedstrijd te kunnen uitspelen zonder dat hun energievoorraad hen

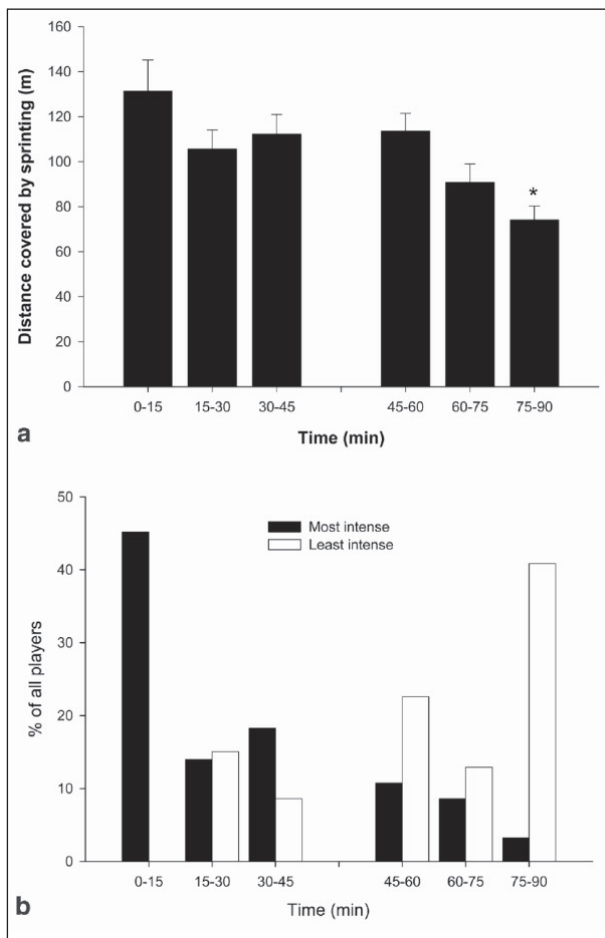
in de steek laat. Het onderzoek is nog schaars, maar het is bekend dat spelers die voor rust beduidend minder arbeid in hun spel stoppen na de rust het minste verval vertonen.²

Coaches reiken tijdens een wedstrijd-bespreking – doorgaans onbewust – vaak een pacingstrategie aan. Bijvoorbeeld door spelers duidelijk te maken dat wanneer je een periode achter de bal hebt aangelopen (door balbezit van de tegenstander) of wanneer een tegenstander veel druk op de bal geeft, je als team 'slim' moet zijn door de bal in bezit te houden en een hoge balcirculatie te bewerkstelligen. Echter, indien er daadwerkelijk sprake is van pacing dan zou je van veel spelers een 'eindsprint' verwachten in de slotfase van een wedstrijd. Hier is nauwelijks bewijs voor te vinden.

Carling & Bloomfield¹⁴ hebben in een kleinschalig onderzoek gekeken naar de fysieke consequenties wanneer een team snel – na ongeveer 5 minuten in een wedstrijd – met 10 spelers komt te spelen als gevolg van een rode kaart. Het tiental liet grotere loopafstanden en meer hoogintensieve acties zien dan wanneer men met 11 spelers op het veld stond. Klaarblijkelijk zoeken spelers niet altijd de grenzen van hun eigen fysieke vermogen op.

Discussie

In dit artikel ligt de nadruk op wat er tijdens een voetbalwedstrijd gebeurt. Daarnaast is het net zo interessant om te monitoren hoe vermoeidheid zich uit gedurende een voetbalseizoen. Wedstrijdanalyses ondersteund met resultaten van de YoYo intermittent recovery test laten zien, dat spelers fysiek het best presteren aan het einde van het seizoen. Als mogelijke verklaring wordt gegeven dat de wedstrijd-dichtheid in deze fase van het seizoen het laagst is. Tijdens een seizoen hebben veel clubs te maken met dubbele wedstrijdprogramma's in weken waarin naast de reguliere competitie ook (in-



Figuur 3. Sprintafstanden uitgedrukt in blokken van 15 minuten bij wedstrijden op internationaal niveau (A, n=18) en de verdeling van de meest (■) en minst (□) intensieve wedstrijdperiode (B, n=93).¹⁰

ter)nationale (beker)wedstrijden op het programma staan.⁵

Medebepalend voor het vroeger of later optreden van vermoeidheid in een wedstrijd is een goede voorbereiding of tapering. Onderzoek waarbij spierbiopten werden genomen van de m. vastus lateralis voorafgaand, halverwege en direct na afloop van wedstrijden toont aan, dat spelers die de dag ervoor hard getraind hadden beduidend lagere glycogeenvoorraden hadden voorafgaand aan de wedstrijd, vergeleken met hun ploeggenoten die de dag ervoor rust hadden.¹⁵ Daarnaast speelt goede voeding en de juiste timing hiervan een belangrijke rol in het vermoeidheidsproces.

Tot slot: dit artikel geeft vooral een uiteenzetting van feiten en getallen op teamniveau. Minstens zo interessant is

dat de huidige analysemethoden een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan het kiezen van de trainingsinhoud en het opstellen van positiespecifieke spelersprofielen.

Referenties

- Wallace JL & Norton KI (2013). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport*, E-publicatie voorafgaand aan druk. [doi: 10.1016/j.jsams.2013.03.016]
- Bradley PS et al (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27 (2), 159-168.
- Reilly T (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *Journal of Sports Sciences*, 23 (6), 561-572.
- Carling C (2011). Influence of opposition team formation on physical and skill-related performance in a professional soccer team.

European Journal of Sport Science, 11 (3), 155-164.

- Rampinini E et al. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 1018-1024.
- Bradley PS & Noakes TD (2013). Match running performance fluctuations in elite soccer: Indicative of fatigue, pacing or situational influences? *Journal of Sports Sciences*, 1, 1-12.
- Di Salvo V et al. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 222-227.
- Krustrup P et al. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38 (6), 1165-1174.
- Hoff J & Helgerud J (2004). Endurance and strength training for soccer players; physiological considerations. *Sports Medicine*, 34 (3), 165-180.
- Mohr M, Krustrup P & Bangsbo J (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23 (6), 593-599.
- Rahnama N et al. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 21 (11), 933-942.
- Mohr M, Krustrup P & Bangsbo J (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21 (7), 519-528.

13. Bangsbo J, Mohr M & Krustrup P (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24 (7), 665-674.

14. Carling C & Bloomfield J (2010). The effect of an early dismissal on player work-rate in a professional soccer match. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 126-128.

15. Drust B, Atkinson G & Reilly T (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37 (9), 783-805.

Over de auteur

Pim Koolwijk is bewegingswetenschapper en strenght & conditioning trainer (CSCS) en is als inspanningsfysioloog verbonden aan FC Utrecht. Daarnaast is hij werkzaam als sportconsultant.