

‘Hoe sterker je bent, des te explosiever en des te sneller je bent’. Inmiddels zijn fysiotherapeuten en fysiek trainers het er wel over eens dat deze uitspraak enige nuancering behoeft. In meerdere sportsettings zijn we op zoek naar de beste manieren om de explosiviteit en de snelheid van sporters te verbeteren.

Sporters explosiever maken

Opstellen, analyseren en toepassen van force-velocity profielen

Yvette Leeftink & Nick van der Horst

Zeer recent is er vanuit wetenschappelijk onderzoek nieuwe bruikbare kennis op dit gebied beschikbaar gekomen. In dit artikel nemen we u mee in het analyseren van de explosiviteit van het individu (tijdens sprinten en springen), als ook de link naar training en blessurepreventie.

Het force-velocity profiel (FVP)

Kracht - in snelheidsanalyses omschreven als ‘force’ - is slechts één onderdeel van explosiviteit. Naast kracht is snelheid/acceleratievermogen - in snelheidsanalyses omschreven als ‘velocity’ - minstens net zo belangrijk wanneer men de explosiviteit van een sporter wil analyseren en/of trainen. De relatie tussen kracht (F)

en snelheid (v) resulteert in het mechanisch vermogen (P) - in snelheidsanalyses omschreven als ‘power’ - van een sporter. In formulevorm: $P = F \cdot v$. De grafische weergave van deze relatie is te zien in figuur 1 en wordt ‘force-velocity profiel’ (FVP) genoemd.

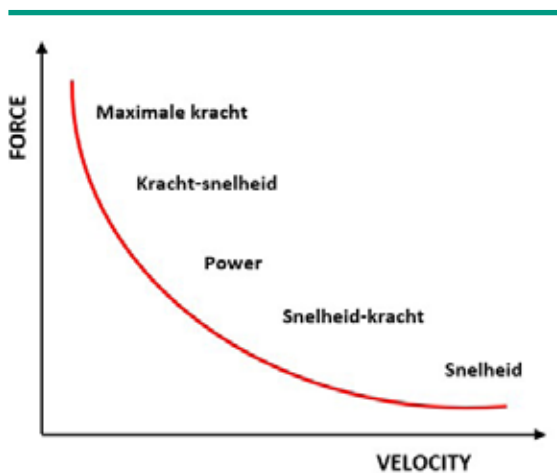
Apps

Voorheen was het opstellen en evalueren van een FVP duur en moest dit vaak in een laboratoriumsetting plaatsvinden. Recent zijn er echter twee apps ontwikkeld die in praktijksettings

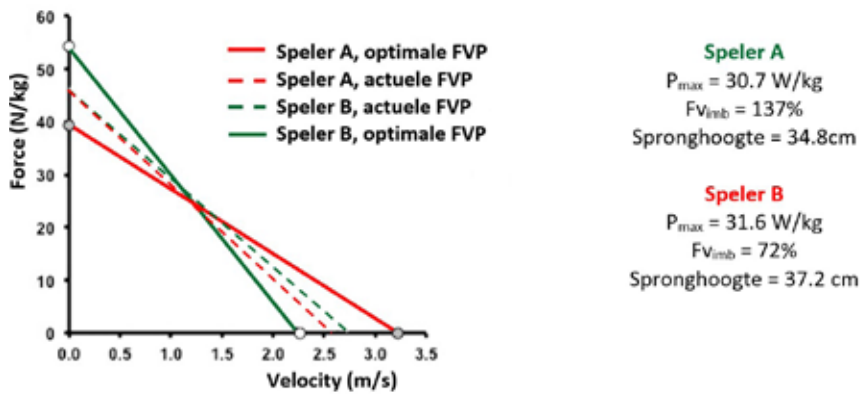
de force, velocity en power van een sporter kunnen berekenen.^{1,2} Hiervoor moet enkel via een smartphone een video-opname van een sprong en/of sprint gemaakt worden, waardoor het zeer tijdsefficiënt en bruikbaar is voor de dagelijkse praktijk. De uitkomst is een geïndividualiseerd FVP, waaruit de mate van (dis)balans tussen force en velocity kan worden afgelezen.

Meerwaarde

Het feit dat ieder individueel FVP anders kan zijn op basis van verschillen tussen sporters is de grootste meerwaarde ten opzichte van andere methoden uit de trainingsleer voor het opstellen van trainingsschema's. Onderzoek heeft bewezen dat twee sporters van hetzelfde niveau met hetzelfde lichaamsgewicht en dezelfde leeftijd bijna dezelfde spronghoogte kunnen hebben, maar toch een compleet verschillend FVP tonen (zie figuur 2). Door een individuele training op te stellen aan de hand van hun persoonlijke FVP kunnen beide sporters op een effectievere manier verbeteren.³ Beide profielen moeten worden bepaald om een representatief FVP te creëren. Vooral bij topsporters is bewezen dat zowel het verticale als het horizontale FVP nodig is om de mechanische capaciteiten (dus force en velocity) van de onderste extremiteiten te bepalen. De vooruitgang kan gemonitord worden door de metingen te herhalen.



Figuur 1 | Force-velocity profiel. Afhankelijk van de verhouding tussen force en velocity kan een trainingsschema worden opgesteld met oefeningen gekoppeld aan de verschillende trainingszones.



Figuur 2 | Verticale FVP's van twee jonge (onder 19) profvoetballers (lichaamsgewicht speler A: 78 kg, speler B: 75,5 kg), verkregen door middel van maximale squat jumps (SJ) met externe gewichten van 0, 10, 20, 40 en 50 kg. Speler B heeft een tekort aan force, terwijl speler A juist een tekort aan velocity heeft. Afkortingen: P_{max} = maximale power; F_{vimb} = relatief verschil van force en velocity ten opzichte van optimaal FVP.

Daarnaast kan het 'gezonde' FVP van een geblesseerde sporter worden gebruikt als vergelijkingsmateriaal tijdens de revalidatie. Wanneer de speler dezelfde FVP waarden bereikt tijdens de revalidatie als toen hij nog niet geblesseerd was, kan dit een veilige return-to-play voorwaarde zijn. Een FVP is nu dus gemakkelijk op te stellen, maar de app geeft geen trainingsadviezen. In dit artikel koppelen we daarom trainingsadviezen aan de analyse van het FVP, om zo op een onderbouwde manier te werken aan het verbeteren van de explosiviteit van de individuele sporter.

Opstellen van een verticaal FVP

Om het verticale FVP van een sporter op te stellen moet deze enkele keren springen met verschillende externe gewichten. Zie voor een gedetailleerde beschrijving van deze procedure het eerdere Sportgericht artikel⁴ van Van Hooren & van der Horst. De sprongen worden in slow motion gefilmd, waarna de bestanden in de app (My Jump 2, Carlos Balsalobre, enkel beschikbaar voor iOS) kunnen worden ingeladen om de spronghoogte te bepalen. Hiervoor moeten voor elke sprong 1) het eerste moment waarop één van de voeten contact verliest met de grond en 2) het moment

waarop de voet weer contact maakt met de grond aangegeven worden. Deze waarden kunnen in combinatie met de gebruikte externe gewichten worden ingevoerd in een gratis online verkrijgbare Excel spreadsheet.⁵ Met deze variabelen kan een FVP van de speler worden opgesteld.

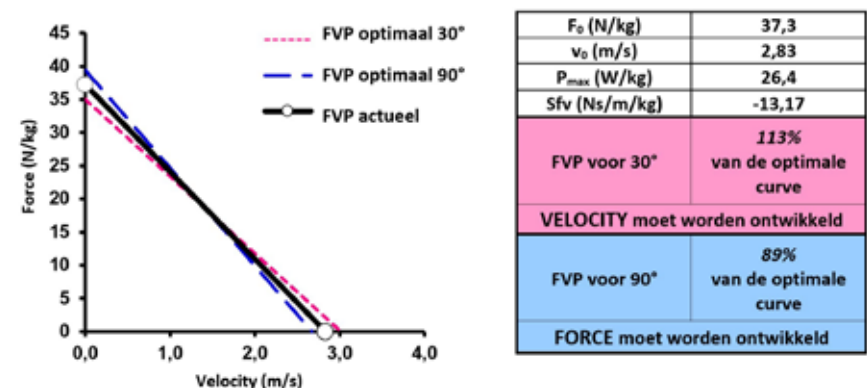
De resulterende grafiek (zie figuur 3) geeft naast de FVP van de sporter (zwarte lijn) nog twee andere curves weer:

- een rode lijn die staat voor de optimale FVP met als doel het verbeteren van de afzet bij een hoek van 30° met de horizontaal. Denk bijvoorbeeld aan het afzetten bij duiken of sprinten.

- een blauwe lijn die staat voor de optimale FVP met als doel het vergroten van de verticale spronghoogte, oftewel een afzet bij een hoek van 90° met de horizontaal. Denk hierbij aan sporten als volleybal en basketbal.

Interpretatie en toepassing van een verticaal FVP

Naast de F-v curve staat op het spreadsheet ook een tabel met verschillende uitkomstmaten (zie figuur 3). Dit complete overzicht vormt het FVP van de sporter. Hierin staat F_0 voor de maximale concentrische kracht, v_0 voor de maximale snelheid en P_{max} voor het maximale vermogen van de onderste extremiteiten tijdens het afzetten voor de sprong. Dit zijn theoretische waarden, afgeleid van de tijd en de snelheid waarmee de sporter de sprong uitvoert, waardoor deze iets hoger kunnen uitvallen dan de realiteit. De laatste variabele in de tabel, Sfv , geeft de individuele verhouding tussen kracht en snelheid weer, oftewel de steilheid van de F-v curve. Met andere woorden: hoe steiler de curve, des te negatiever deze waarde zal zijn en dus hoe meer krachtgeoriënteerd het FVP van de sporter is. Voor een snellere interpretatie zijn in het spreadsheet ook nog percentages gekoppeld aan zowel de 30° als 90° afzet. Afhankelijk van het doel van



Figuur 3 | Voorbeeld van een verticaal FVP na het invullen van de verschillende spronghoogtes met de corresponderende externe massa's in de eerder genoemde spreadsheet.

Resultaat FVP	FVP verschil met optimale waarde (%)	Verhouding tussen oefeningen uit verschillende F-v zones
Groot krachttkort	< 60	De helft van de training bestaat uit oefeningen gericht op maximale kracht, de overige training bestaat voor 2/3 uit oefeningen gericht op kracht-snelheid en voor 1/3 uit oefeningen gericht op vermogen.
Krachttkort	60 - 90	Gelijke hoeveelheid oefeningen voor maximale kracht, kracht-snelheid en vermogen.
Gebalanceerd	90 - 110	Alle facetten van de F-v curve moeten gebalanceerd getraind worden om de volledige curve te verbeteren. Met andere woorden: focus ligt op trainen van maximale kracht, kracht-snelheid, snelheid-kracht, snelheid en er kan iets meer aandacht besteed worden aan trainen van vermogen.
Snelheidstekort	110 - 140	Gelijke hoeveelheid oefeningen voor snelheid, snelheid-kracht en vermogen.
Groot snelheidstekort	> 140	De helft van de training bestaat uit oefeningen gericht op maximale kracht, de overige training bestaat voor 2/3 uit oefeningen gericht op kracht-snelheid en voor 1/3 uit oefeningen gericht op vermogen.

Tabel 1 | Trainingsopzet corresponderend met verschil (%) force en velocity ten opzichte van optimale verticale FVP.

de sporter, namelijk het verbeteren van de verticale sprong of van het schuin afzetten, kan met deze percentages een training worden opgesteld met de juiste verhouding tussen kracht, snelheid en vermogen om het persoonlijke FVP te optimaliseren (zie tabel 1).

Opstellen van een horizontaal FVP

Als aanvulling op de 30° afzet in het verticale FVP kan ook een horizontaal FVP worden opgesteld door het sprinten van een sporter te beoordelen. De sporter sprint over een bepaalde lengte door minimaal zes poortjes, bijvoorbeeld om de 5 meter over een lengte van 30 meter. Zie ook hier het eerdere Sportgericht artikel⁴ voor een gedetailleerde beschrijving van deze procedure. Bij de informatie in de app (My Sprint Mobile, Sprint Nextel Corporation, enkel beschikbaar voor iOS) staat een overzicht van de opstelling die moet worden uitgezet om de afstanden vanuit filmperspectief te laten kloppen. De sporter wordt gefilmd als hij door de poortjes sprint. In de app worden de splittijden tussen de poortjes bepaald door aan te geven wanneer de sporter een marker passeert. Deze variabelen kunnen vervolgens worden ingevoerd in een gratis online

verkrijgbare spreadsheet.⁶ Aan de hand van deze waarden wordt het FVP van de sporter opgesteld door middel van verschillende grafieken.

Interpretatie en toepassing van een horizontaal FVP

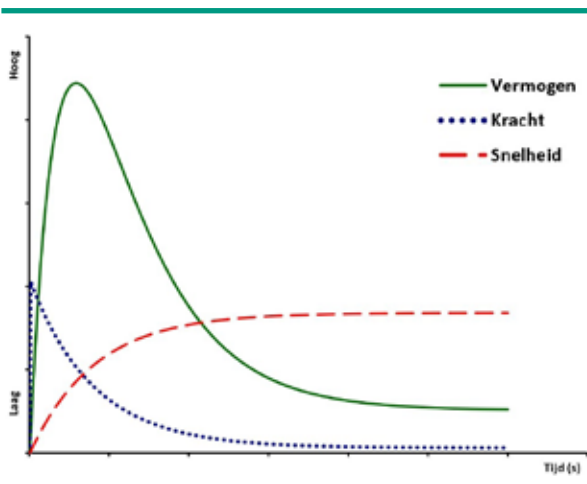
Na het invoeren van de sprinttijden in de spreadsheet worden waarden zoals weergegeven in tabel 2 gegenereerd. De belangrijkste uitkomstmaten vanuit praktisch oogpunt komen overeen met die van het verticale FVP. Daarbij staat F_0 voor de maximale kracht bij de eerste afzet, V_0 voor de maximale snelheid tijdens het sprinten en P_{max} voor het maximale vermogen tijdens de sprintversnelling. Evenals bij de verticale FVP zijn dit theoretische waarden. Dit verklaart het verschil tussen de maximale snelheid die tijdens de test is gesprint en de berekende v_0 waarde, die vaak iets hoger zal uitkomen. De verhouding tussen de horizontale krachtproductie (F) en de sprintsnelheid (v) wordt als percentage weergegeven in de Drf variabele. Deze dient als volgt te worden geïnterpreteerd: hoe steiler de curve, des te negatiever de waarde en dus hoe sneller de krachtproductie

afneemt tijdens de sprintversnelling (en vice versa).

De toepassingen van het horizontale FVP zijn op dit moment nog minder concreet dan bij het verticale FVP. De focus voor onderzoek ligt voornamelijk op het trainen van de kracht om sneller te worden door middel van sprintraining onder weerstand, bijvoorbeeld met sleepgewichten of met weerstandbanden. Tijdens een sprint zonder weerstand bereikt een sporter na enkele seconden zijn maximale power (P_{max}). Vervolgens nemen zowel de P_{max} als de kracht af, terwijl de snelheid toeneemt (zie figuur 4). Het trainen van de P_{max} moet daarom onder hoge weerstand gebeuren, zodat de sporter kracht moet blijven leveren en geen hoge snelheid kan bereiken. Om dit te waarborgen wordt aangeraden om op een optimale snelheid te trainen in plaats van met een optimaal gewicht. Deze optimale snelheid (vopt) wordt weergegeven in de tabel op de spreadsheet en staat gelijk aan de helft van de maximale sprintcapa-

F_0 (N/kg)	V_0 (m/s)	P_{max} (W/kg)	FV steilheid
10,30	8,66	22,31	-1,2
RF max (%)	Drf (%)	V_{opt} (m/s)	Max snelheid (m/s)
50%	-10,93%	4,33	8,38

Tabel 2 | Voorbeeld van de FVP tabel na het invullen van de eerdergenoemde spreadsheet.



Figuur 4 | Een combinatie van de verschillende grafieken uit het FVP spreadsheet voor sprinten. Na enkele seconden sprinten wordt het maximale vermogen, ook wel Pmax, bereikt. De kracht is hoog explosief bij de start, maar neemt af in de tijd en wordt stabiel. Het omgekeerde geldt voor de snelheid.

citeit (v_0) van de sporter: $v_{opt} = v_0/2$. Door tijdens weerstandstraining deze snelheid aan te houden, kan het externe gewicht blijven worden opgevoerd, zodat de Pmax daadwerkelijk getraind wordt.⁷

Het is belangrijk te benadrukken dat een veilige en efficiënte sprinttechniek de basis vormt, ook als een FVP aangeeft dat er een force of velocity deficiëntie is. Voor sommige sporters kan het dus van belang zijn om eerst de techniek aan te pakken door middel van looptraining alvorens specifieke FVP componenten te gaan trainen.

Praktische overwegingen

Een individueel FVP kan worden opgesteld door het sprinten en/of springen van een sporter te analyseren. Op basis van dit individuele FVP kan bepaald worden of force en/of velocity aandacht vereisen tijdens de training om de explosiviteit in horizontale of verticale richting te verbeteren.

Door middel van de ontwikkelde apps en spreadsheets is het laagdrempelig mogelijk om sporters te meten, trainen en monitoren en zo hun prestatie te verbeteren. Het resulterende individuele FVP zorgt voor een effectievere en doelgerichte training ten opzichte van andere (beperkte) methodes uit de trainingsleer, zoals bijvoorbeeld het veel gebruikte één herhalingsmaximum (1RM). Vanuit praktisch oogpunt dient overwogen te worden dat het uitvoeren en analyseren van de testen enige

oefening vereist. Een aantal regels dienen gerespecteerd te worden om een accurate meting te krijgen. Zo moet de sporter altijd vanuit dezelfde positie beginnen met de sprong en begint de sprinttest bij het allereerste moment van bewegen. Vaak is dit het optillen van de knie. Het is belangrijk dat deze regels goed nageleefd worden, daarom staan ze duidelijk vermeld en uitgelegd in zowel de app als de spreadsheets voor het verwer-

ken van de data. Het opstellen en analyseren van het F-v profiel kost, na een aantal keren oefenen, ongeveer 8 minuten.

Uit een onderzoek onder verschillende sporten⁸ is gebleken dat de eigenschappen in de beoefende sport naar voren komen op basis van de uitkomsten van het FVP. Zo scoren sporters waarbij sprinten een belangrijk onderdeel is - denk aan voetbal en atletiek - hoger op alle waarden van de horizontale FVP in vergelijking met sporters waarbij dit een minder belangrijk onderdeel is, zoals bijvoorbeeld volleybal en bodybuilding. Dit bevestigt dat geïsoleerde kracht- en sprongtraining van de onderste extremiteiten niet per se invloed heeft op een grotere horizontale krachtproductie tijdens sprinten.

Conclusie

Force-velocity profielen (FVP) zijn een innovatieve en wetenschappelijk onderbouwde manier om de explosiviteit van een sporter op individuele basis te meten. Het FVP is makkelijk in de praktijk te meten. Daarnaast biedt het FVP inzicht in welke eigenschappen (kracht of snelheid/acceleratievermogen) bij een sporter verbeterd dienen te worden om explosiever te worden.

Over de auteurs

Yvette Leeftink zal dit najaar haar master Bewegingswetenschappen aan de Vrije Universiteit Amsterdam voltooien. Tijdens haar studie was zij actief in meerdere topsportomgevingen, waaronder betaald voetbalclub Go Ahead Eagles, de KNVB en de KNBSB. Na het afronden van haar studie wilt zij verder werken aan de toepassing van wetenschap en data in sport. E-mail: yve.leeftink@gmail.com.

Dr. Nick van der Horst promoveerde in 2017 aan de Universiteit Utrecht. Bij het Voetbal Medisch Centrum van de KNVB begeleidt hij als (sport-)fysiotherapeut primair het revalidatieproces van geblesseerde profvoetballers. Daarnaast is hij actief betrokken bij voetbalmedische kennisontwikkeling en -deling door middel van onderzoek en onderwijs. E-mail: nick@soccerdoc.nl.

1. Samozino P et al. (2015). A simple method for measuring Power, Force, Velocity Properties, and Mechanical Effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26, 648-658.
 2. Samozino P et al. (2008). A simple method for measuring Force, Velocity and Power Output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41 (14), 2940-2945.
 3. Jiménez-Reyes P, Samozino P & Morin J (2019). Optimized training for jumping performance using the Force-Velocity imbalance: Individual Adaptation Kinetics. *PlosOne*, 14 (5), 1-20.
 4. Van Hooren B & Horst N van der (2019). Symposium 'Diagnostiek van voetbalblessures'. Speciale aandacht voor F-v Profileren. *Sportgericht*, 73 (2), 30-33.

5. <http://jbmorinsportscience.blogspot.com/2017/10/a-spreadsheet-for-jump-force-velocity.html>
 6. <http://jbmorinsportscience.blogspot.com/2017/12/a-spreadsheet-for-sprint-acceleration.html>
 7. Morin J et al. (2018). Resisted sprinting: Known and unknowns. Opgehaald van website van J.B. Morin: <https://jbmorin.net/2018/11/21/resisted-sprint-methodology/>
 8. Jiménez-Reyes P et al. (2018). Relationship between vertical and horizontal Force-Velocity-Power Profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937.