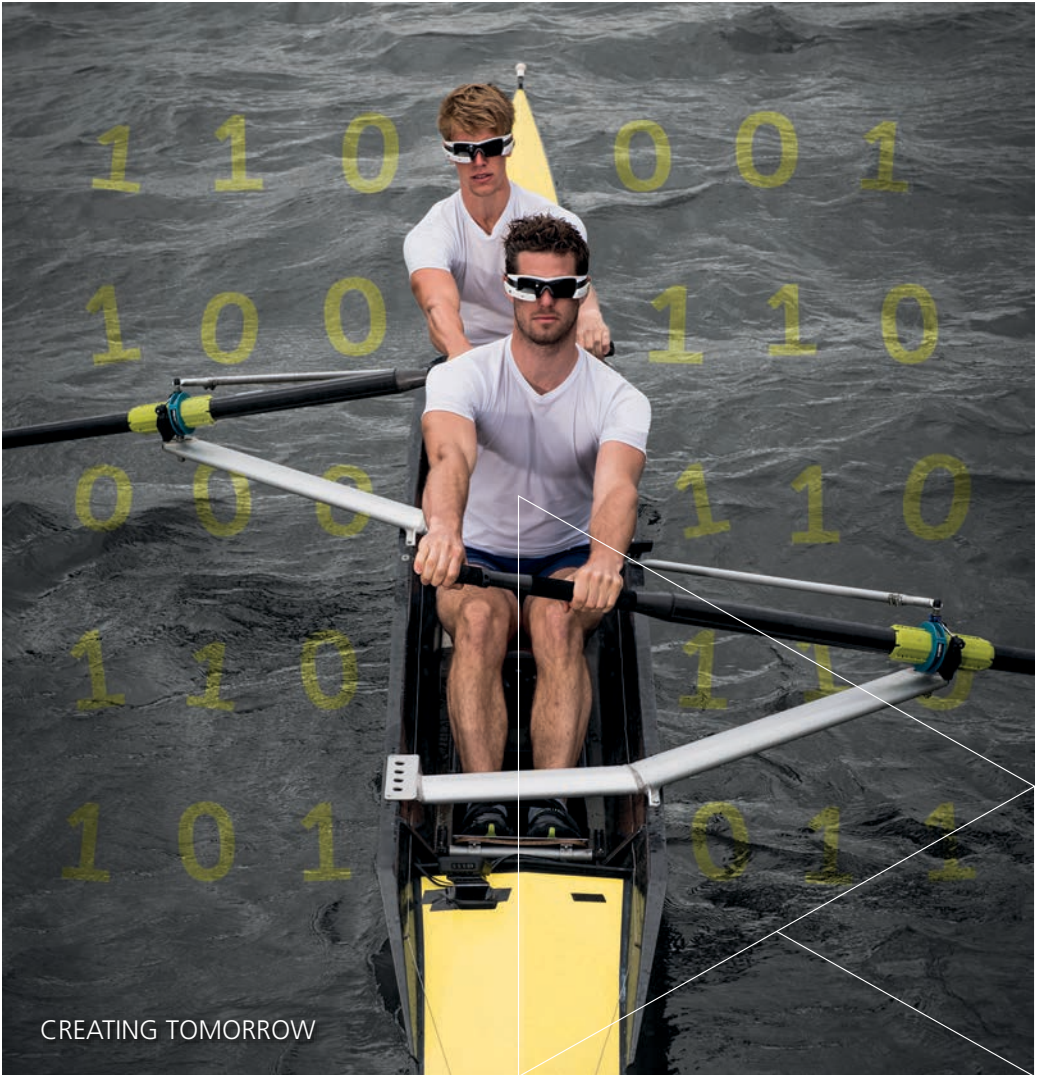


INNOVATIE IN SPORTPRESTATIE

Dr. Mathijs J. Hofmijster



CREATING TOMORROW

Innovatie in sportprestatie

Innovatie in sportprestatie

Lectorale rede

uitgesproken op dinsdag 27 september 2016

door

dr. Mathijs J. Hofmijster

lector Innovatie in Sportprestatie
aan de Hogeschool van Amsterdam
faculteit Beweging, Sport en Voeding



Hogeschool van Amsterdam

HvA Publicaties is een imprint van Amsterdam University Press.
Deze uitgave is tot stand gekomen onder auspiciën van de Hogeschool van Amsterdam.

Omslagillustratie: foto Merijn Soeters; beeldbewerking Merijn Soeters, Sjeep – Margot de Vries

Vormgeving omslag: Kok Korpershoek, Amsterdam
Opmaak binnenwerk: JAPES, Amsterdam

ISBN 978 90 5629 777 0
e-ISBN 978 90 4853 540 8 (pdf)

© Mathijs J. Hofmijster / HvA Publicaties, Amsterdam 2016

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Inleiding

Prestaties in de (top)sport zijn meestal het resultaat van vele uren training. Sporters en hun coaches hebben een niet-eenvoudige taak om in de voorbereiding zaken als training, rust en voeding optimaal af te stemmen op de individuele sporter, met als doel het verkrijgen van een maximaal resultaat. Dit resultaat wordt niet zelden beslist op honderdsten van secondes. Kleine verschillen hebben met andere woorden vaak heel grote consequenties; het verschil tussen een medaille en helemaal niets is vaak minder dan één procent.^{39,63} Deze minimale verschillen impliceren dat in de topsport relatief kleine verbeteringen in de voorbereiding grote gevolgen voor het eindresultaat kunnen hebben.

De prestatiedichtheid in de sport is de afgelopen jaren sterk toegenomen²³, in de toekomst zullen steeds grotere investeringen nodig zijn om steeds kleinere prestatieverbeteringen te kunnen realiseren. De realiteit van de hedendaagse sportpraktijk leert dat sporters veelal niet nóg meer kunnen gaan trainen; prestatieverbetering dient dus vooral gezocht te worden in het verhogen van het *rendement* van de trainingen. Dit vereist een gedegen aanpak, waarin innovaties en toepassingen van kennis en technologie een belangrijke rol zullen spelen.

Door een sport goed te analyseren en in te passen in theoretisch wetenschappelijke kaders kunnen we inzicht verkrijgen in waar verbeteringen gerealiseerd kunnen worden. Voor cyclische duursporten, waar het lectoraat Innovatie in Sportprestatie in gespecialiseerd is, geldt dat prestatieverbetering mogelijk is door het verhogen van het te leveren vermogen van de atleet en/of het verlagen van de vermogensverliezen waar de atleet 'last' van heeft. In theorie zijn er verschillende manieren waarop dit doel bereikt kan worden, bijvoorbeeld door een optimalisatie van de fysieke training door innovatieve trainingsmethodieken, door het geven van innovatieve feedback om de techniek te optimaliseren, of door het optimaliseren van de prestatie door materiaalinnovaties.⁵⁰

Deze laatste categorie springt vaak het meeste in het oog en is waarschijnlijk ook de categorie waar het eerste aan gedacht wordt bij de naam Innovatie in Sportprestatie. De klapschaats is misschien wel de bekendste sportinnovatie. Schaatsers kunnen met behulp van deze schaats tot 16% meer vermogen leveren.⁶⁵ Er zijn echter diverse andere voorbeelden te verzinnen van materiaalinnovaties die geleid hebben tot substantiële prestatieverbeteringen.

Enkele jaren geleden bedachten we met een aantal collega's de zogenaamde Superseat, die ook in deze categorie valt. De Superseat is een relatief eenvoudige aanpassing aan het zitje in een roeiboot. Roeiers kunnen met de Superseat tijdens de start gemiddeld 12% meer vermogen leveren⁶⁷, wat resulteert in een voor-sprong van bijna 2 meter, direct na de start.⁶⁸ Vanuit de internationale roeiwereld ontstond belangstelling voor deze innovatie. Helaas oordeelde de FISA, de interna-

tionale roeifederatie, negatief over het toelaten van de Superseat bij internationale wedstrijden.⁶² De FISA oordeelde op basis van hun reglementen³ dat deze innovatie zou leiden tot een toename van de complexiteit van het roeien en dat dit een onwenselijke ontwikkeling is in relatie tot de principes van de sport. Het is moeilijk om op een dergelijke motivatie een weerwoord te geven, omdat de interpretatie van 'de principes van de sport' altijd subjectief is. Maar zelfs als de Superseat zou worden toegestaan, dan nog is het de vraag of daarmee een Nederlands concurrentievoordeel bereikt had kunnen worden. In de reglementen van dezelfde FISA staat namelijk dat een 'significante innovatie' ruim voordat deze in gebruik wordt genomen tijdens competitie (commercieel) beschikbaar dient te zijn voor alle deelnemende landen.³ De meeste internationale sportbonden hebben een dergelijke clausule opgenomen in hun regelgeving.

Vanuit het oogpunt van het verstevigen van de concurrentiepositie lijkt het dus niet erg rendabel om te investeren in materiaalinnovaties. Alhoewel materiaalinnovaties wel onderdeel kunnen zijn van het lectoraat Innovatie in Sportprestatie zal de focus van het lectoraat hier dan ook niet komen te liggen. Door te innoveren op het sturen van trainingen, in alle facetten, kan binnen de regels van de sport óók een verbetering van de concurrentiepositie gerealiseerd worden. Een verbetering waar de concurrentie bovendien veel minder zicht op heeft (én inzicht in heeft). In de onderstaande uiteenzetting zal duidelijk worden op welke wijze het lectoraat door middel van innovaties in techniek en kennis het trainingsproces in de prestatiesport wil helpen optimaliseren, waarbij verbetering van de prestatie altijd centraal zal staan.

Lectoraat Innovatie in Sportprestatie

Het lectoraat Innovatie in Sportprestatie stelt zich tot doel bij te dragen aan de sportprestatie door het helpen van het verhogen van het rendement van trainingen. Dit doet het door deel te nemen in, of samen te werken met verschillende projecten die ingrijpen op de fysieke training of de techniektraining. Speciale aandacht is er voor het 'vertalen' van trainingsdata en wetenschappelijke kennis naar de eindgebruiker, namelijk de atleet of de coach. Data in hun ruwe vorm bevatten weliswaar veel *potentiële* informatie, tegelijkertijd zijn ruwe data niet of nauwelijks te interpreteren zonder extra hulpmiddelen, zeker niet direct na een training en al helemaal niet realtime. Door data in bewerkte vorm te presenteren worden ze betekenisvol en kunnen nieuwe inzichten worden verkregen. Hierdoor blijven sporters en coaches betrokken bij de onderzoeksprogramma's en ontstaan belangrijke interdisciplinaire discussies. De interpretatie van data wordt gedaan vanuit een biofysisch perspectief. Dat wil zeggen dat het begrijpen en verklaren van

sportprestaties gedaan wordt met behulp van (bio)mechanische en fysiologische kennis.

Met het lectoraat zijn we voortdurend op zoek naar interactie met de sportwereld. Onderzoeken die onder begeleiding van of in samenwerking met het lectoraat uitgevoerd worden, hebben een sterk praktische component: veel van de uitgevoerde experimenten vinden plaats 'in het veld', bij voorkeur in de trainingssituatie. De onderzoeksvragen komen veelal rechtstreeks uit de (top)sportwereld.

Onderzoek heeft meestal een lange looptijd, terwijl sporters en coaches vaak snel duidelijkheid willen. Naast het feit dat experimenten dienen te leiden tot nieuwe kennis, producten en diensten, streven we zo veel mogelijk naar directe en snelle toepassingen voor sporters.

Een speciale positie voor de roeisport

Het lectoraat is gespecialiseerd in de mechanica en energetica van cyclische duursporten. Onder cyclische duursporten vallen in principe alle sporten waarbij het de bedoeling is om in een zo kort mogelijke tijd van start naar finish te komen. Het 'cyclische' slaat op het feit dat in deze sporten sprake is van een cyclus die herhaald wordt totdat de finish bereikt wordt. Bij het fietsen is dat een pedaalomwenteling, bij het zwemmen een complete zwemslag, bij het schaatsen de afzet met het linker en het rechterbeen, et cetera. Deze sporten lijken op het eerste gezicht erg van elkaar te verschillen, maar ze hebben met elkaar gemeen dat het behalen van een zo hoog mogelijke gemiddelde snelheid het ultieme doel is, en dat de sporter om dit te bereiken veel vermogen moet leveren en weinig vermogen mag verliezen.

Het roeien, ook een cyclische duursport, neemt binnen het lectoraat Innovatie in Sportprestatie een bijzondere plaats in. Vanuit wetenschappelijk perspectief is roeien een interessante sport: het is een boeiend samenspel tussen techniek en fysiologie, waarbij niet alleen de coördinatie van de individuele atleet³⁸, maar ook de coördinatie tussen de atleten onderling^{32,71} optimaal zal moeten zijn om tot een goede prestatie te komen. Met de roeisport heeft het lectoraat in de loop der jaren een intensieve samenwerkingsrelatie opgebouwd rond het toepassen van bewegingswetenschappelijke kennis in de sport.

Lang voor de oprichting van het lectoraat was ik al verbonden aan de Koninklijke Nederlandsche Roeibond (KNRB) als *embedded scientist*, met als belangrijkste taak het in de dagelijkse trainingspraktijk verspreiden en toepassen van wetenschappelijke kennis over de roeiprestatie. Nog steeds denkt het lectoraat Innovatie in Sportprestatie mee over het sportwetenschappelijk beleid van de KNRB en schrijft het mee aan de integrale beleidsvisie toproeien.

Het lectoraat werkt samen met het Prestatie Ondersteunend Specialisten Team (POST) van de KNRB, in het bijzonder met de prestatiearts en de huidige em-

bedded scientist. Veel van de onderzoeken waarbij het lectoraat betrokken is, vinden plaats bij het Olympisch Trainingscentrum voor roeiers aan de Bosbaan in Amsterdam.

Een speciale positie voor de Vrije Universiteit

Inhoudelijk heeft het lectoraat zijn grondslag bij de Vrije Universiteit (VU) Amsterdam, faculteit Gedrags- en Bewegingswetenschappen. In alle projecten die onder het lectoraat Innovatie in Sportprestatie uitgevoerd worden of waarbij het lectoraat betrokken is, is de VU een belangrijke kennispartner. Dit komt tot uiting door het feit dat ikzelf twee deeltijdfuncties bekleedt: als lector aan de Hogeschool van Amsterdam (HvA), en als Universitair Docent aan de VU. De afdeling Bewegingswetenschappen aan de VU herbergt kennis uit een breed scala aan wetenschappelijke disciplines die van grote toegevoegde waarde zijn bij projecten die onder begeleiding van en samen met het lectoraat uitgevoerd worden.

Rol in het Amsterdam Institute of Sport Sciences

Zowel de HvA als de VU en de KNRB hebben zich verbonden in het Amsterdam Institute of Sport Sciences (AISS). Deze in 2014 opgerichte organisatie richt zich voornamelijk op praktijkrelevant onderzoek naar prestatieverbetering, bewegen en gezondheid. AISS is een van de drie door SportInnovator (een initiatief van Topteam Sport, ZonMw en Kenniscentrum Sport in opdracht van het ministerie van VWS) erkende sportonderzoekscentra van Nederland en heeft een centrale plaats in het Nederlandse sportinnovatie 'ecosysteem'. Het AISS-onderzoek vindt voornamelijk plaats bij de verschillende fieldlabs, waarvan het Olympisch Trainingscentrum aan de Bosbaan er één is. Het lectoraat Innovatie in Sportprestatie zal samen met de gelijktijdig opgerichte lectoraten Leren en Presteren in Sport en Perceptueel-motorische Talentontwikkeling de fieldlabs die onder AISS vallen gaan bedienen.

Belang van innovatie en onderzoek in de prestatiesport

In 2010 werd door de Nederlandse sportkoepel NOC*NSF voor het eerst de ambitie uitgesproken om structureel bij de top tien best presterende sportlanden te horen.^{6,57} De Nederlandse staat ondersteunt deze ambitie, ook financieel⁴, omdat sportsuccessen bijdragen aan de nationale trots, een positieve voorbeeldfunctie hebben en economische activiteit stimuleren.^{14,50} De Algemene Rekenkamer re-

kende ooit uit dat de totale kosten van een olympische medaille in Beijing 2008 ongeveer 4,4 miljoen euro bedroegen.¹ Dat lijkt veel, maar gezien het ambitieuze plan om consequent in de top tien van het olympisch medailleklassement te eindigen, kan de vraag gesteld worden of het voor topsport beschikbare geld wel toereikend is,⁶⁹ zeker als bedacht wordt dat feitelijk alle direct aan de topsport gerelateerde investeringen onder dit bedrag vallen. Om de beschikbare middelen zo effectief mogelijk in te zetten heeft NOC*NSF gekozen voor het aanwijzen van elf focussporten, die samen 75% van de topsportinvesteringen te verdelen hebben.² Om te toetsen in welke mate investeringen in de (top)sport verband houden met sportief succes, ontwikkelden De Bosscher en collega's een model waarin zij een aantal determinanten voor sportief succes onderscheiden¹⁹, waaronder onderzoek en innovatie. Een deel van de Nederlandse investeringen in de focusporten is inderdaad hiervoor gereserveerd. Dit lijkt een verstandige strategie: topsportsucces en onderzoek en innovatie blijken hoog te correleren²³, wat suggereert dat topsportsucces 'maakbaar' is.²⁵ Tegelijkertijd blijkt Nederland met name op het gebied van innovatie in de topsport ten opzichte van andere landen nog een stap te kunnen maken.^{19,23} Gericht onderzoek naar innovatieve prestatieverbetering in de sport lijkt daarmee gelegitimeerd.

Naast een indirecte bijdrage aan het maatschappelijk belang via het helpen vergroten van de winstkansen, zijn er ook meer directe maatschappelijke spin-offs van onderzoek en innovatie in de prestatiesport. In de topsport ontwikkelde technologie en kennis komen beschikbaar voor een breder publiek: de recreatiesporter en de Nederlander die gezond(er) wil bewegen. Het ontwikkelen en testen voor en met topsporters, die vaak extreem kritisch en veeleisend zijn, zorgt ervoor dat kennis en producten van hoge kwaliteit dienen te zijn om geaccepteerd te worden in deze wereld: de topsport genereert een hoogwaardige vraag, de topsporters zelf zijn de bèta-testers.⁵⁰ Vanuit dit perspectief ligt een vergelijking voor de hand met bijvoorbeeld de Formule 1, waar de soms razendsnelle ontwikkelingen om raceauto's sneller te maken helpen om het brandstofverbruik van 'gewone' consumentenauto's terug te dringen.

Het lectoraat Innovatie in Sportprestatie heeft de focus op het helpen verbeteren van de prestatie, maar zal waar mogelijk altijd streven naar bredere maatschappelijke spin-offs.

Theoretisch kader

De vermogensvergelijking

Cyclische sportprestaties zijn op uiteenlopende manieren te analyseren. Omdat sportprestaties over het algemeen afhankelijk zijn van veel verschillende factoren, uiteenlopend van moeilijk te kwantificeren eigenschappen als 'mentale hardheid'¹⁷ tot meer direct te meten factoren als de maximale zuurstofopname³¹, is het niet eenvoudig om een eenduidig antwoord te geven op de vraag waar de ideale topsporter aan moet voldoen om optimaal te presteren. De meest voor de hand liggende en eenvoudigste maat is uiteraard de einduitslag van de wedstrijd of de daaraan direct gerelateerde gemiddelde snelheid over de raceafstand. Deze uitkomstmaat zegt echter weinig over de onderliggende prestatiebepalende factoren.

In de wetenschappelijke literatuur zijn voor een breed scala aan sporten vele voorbeelden te vinden van studies naar de prestatiebepalende factoren. Alleen al voor de roeisport zijn er de afgelopen decennia veel reviews verschenen naar bepalende factoren voor de roei-prestatie.^{9,10,22,29,41,58,59,64} Het ligt voor de hand dat (al) deze prestatiebepalers niet alleen te relateren zijn aan de uiteindelijke sportprestatie, maar dat ze ook een onderlinge samenhang vertonen. Sommige relaties liggen erg voor de hand: grotere roeiers kunnen harder roeien¹⁵, roeiers met een hogere zuurstofopname zijn sneller over de 2000 m raceafstand¹⁶, sterkere roeiers kunnen een hoger piekvermogen leveren⁴², et cetera. Andere relaties zijn minder vanzelfsprekend. Zo blijken voor veel sporten een goed ontwikkeld sprint- en duurvermogen bepalend te zijn voor de sportprestatie, maar blijken ze lastig gelijktijdig te trainen te zijn.³⁰

Om de relatie van prestatiebepalende factoren met de sportprestatie en met name ook de samenhang tussen de verschillende factoren goed te duiden, helpt het om gebruik te kunnen maken van een generiek, oftewel 'allesomvattend' model. In het lectoraat Innovatie in Sportprestatie worden cyclische sportprestaties geanalyseerd vanuit het model van de vermogensvergelijking. Dit model is volledig gebaseerd op biofysische principes en werd als eerste beschreven door Van Ingen Schenau en Cavanagh in 1990.⁶⁶ Later heb ikzelf dit model uitgewerkt specifiek voor de roeisport.³⁶ Het model beschrijft dat de meeste cyclische sportprestaties onder gelijkblijvende externe omstandigheden volledig te verklaren zijn uit de hoeveelheid vermogen die bijdraagt aan de gemiddelde snelheid. De atleet heeft de taak om enerzijds zo veel mogelijk vermogen te leveren, en anderzijds zo min mogelijk vermogen te verliezen. Optimaliseren van de vermogensproductie kan bijvoorbeeld door optimaal te trainen en optimaal uit te rusten⁵¹, of de race optimaal in te delen.²⁷ Minimaliseren van de vermogensverliezen kan door het

toepassen van een optimale techniek. Zo geldt voor het roeien dat een aanzienlijke hoeveelheid energie verloren gaat tijdens de afzet.^{34,55,73} In tegenstelling tot bij de voortstuwing op land zet een roeier, maar ook een zwemmer of een kajaker, zich namelijk af tegen een bewegelijk medium: water. Tijdens de afzet komt het water noodgedwongen in beweging; de atleet stopt met andere woorden kinetische energie in het water. Het vermogen dat hiermee gepaard gaat, is niet gering, maar draagt niet bij aan de gemiddelde snelheid. In totaal bedraagt het circa 20% van het door de roeier geleverde vermogen.³⁷

Wie weleens een roeiwedstrijd heeft gezien zal het ongetwijfeld opgevallen zijn dat de bootsnelheid tijdens het varen verre van constant is. Dit komt doordat de roeiers maar voor ongeveer de helft van de tijd de boot aandrijven, en vooral doordat roeiers op een rollend zijje in de boot heen-en-weer bewegen. Dit zijje stelt roeiers in staat om hun beenspieren te gebruiken, maar het heen-en-weer bewegen zorgt er ook voor dat de boot, die vele malen lichter is dan de roeiers, tijdens een roeicyclus constant aan het versnellen en vertragen is.^{46,61} Omdat het vermogen, nodig om waterweerstand te overwinnen, exponentieel toeneemt bij hogere snelheid, is het ongunstig om grote fluctuaties in bootsnelheid te hebben. Vergelijken met het varen op een constante snelheid kosten deze fluctuaties ongeveer 5% extra vermogen.³⁷

Figuur 1 Een voorbeeld van innovatief sporten uit de vorige eeuw (1929)



Synchroon roeien wordt over het algemeen geassocieerd met optimaal presteren.⁷¹ In dit experiment proberen de roeiers juist asynchroon te bewegen. Het gevolg hiervan is dat de netto beweging van alle roeiers ten opzichte van de boot veel kleiner wordt, waardoor de boot op een veel constantere snelheid kan varen. Dit is energetisch efficiënter. Dat deze vorm van roeien nooit een succes is geworden komt waarschijnlijk omdat het moeilijk vol te houden is: mensen gaan automatisch in hetzelfde ritme bewegen⁵², al wijzen experimenten erop dat onder bepaalde omstandigheden wel degelijk een prestatievoordeel te behalen valt met asynchroon roeien.²⁰

Foto's beschikbaar gesteld door British Pathé

Techniek, vermogensproductie en vermogensverliezen hangen nauw samen. Het is niet zo dat de atleet die het meeste vermogen kan leveren automatisch het beste kan presteren.³⁸ Evengoed is het niet zo dat de atleet met de minste vermogensverliezen automatisch de beste atleet is. De beste prestatie wordt immers geleverd door de atleet die de beste balans heeft tussen vermogensproductie en vermogensverliezen, en wel zodanig dat het vermogen dat bijdraagt aan de gemiddelde snelheid maximaal is.³⁶

Het grote voordeel van een analyse van de sportprestatie vanuit het model van de vermogensvergelijking is dat het te allen tijde duidelijk is wat het optimum is: maximaal vermogen laten bijdragen aan de gemiddelde snelheid. Daarnaast geeft het model, in tegenstelling tot een analyse in alleen 'eindresultaattermen' zoals de gemiddelde snelheid, ook inzicht in de manier *waarop* de prestatie tot stand komt: een prestatieverandering kan altijd verklaard worden uit een verandering van de productie, de verliezen, of een combinatie van beide. Dit heeft een aantal aantrekkelijke praktische implicaties voor de sport. Zo geldt voor roeien dat er slechts weinig te variëren valt in de hoeveelheid energie die per slag geleverd kan worden.³⁷ Anders dan fietsers beschikken roeiers immers niet over verschillende verzetten. Wanneer een roeier meer vermogen wil leveren, kan hij dat dus vooral doen door het slagtempo te verhogen. Een verhoging van het slagtempo zorgt er echter ook voor dat de fluctuaties in snelheid groter worden, waardoor ook de vermogensverliezen toenemen.³⁷ Dit suggereert dat er een optimum is in het te varen slagtempo. Met name bij onervaren ploegen is dit duidelijk te zien als de eindsprint ingezet wordt: het slagtempo gaat omhoog, maar de snelheid neemt niet of nauwelijks toe. In dat geval nemen de vermogensverliezen veroorzaakt door snelheidsfluctuaties dus onevenredig toe. De roeiers worden moeër, maar ze gaan niet harder! Door atleten gericht informatie te geven en hun prestatie aan de vermogensbalans te relateren willen we met het lectoraat Innovatie in Sportprestatie sporters helpen sneller te leren en beter te presteren.

Betekenis geven aan data

Een bekende uitdrukking in het wetenschappelijk onderzoek is 'meten is weten'. De uitdrukking suggereert dat het kunnen bestuderen van variabelen die te maken hebben met de taak waarin men geïnteresseerd is, in dit geval de sportprestatie, automatisch zal leiden naar meer kennis over de taak.

Sportonderzoek dateert van zeker een eeuw terug.⁶⁰ Technologische ontwikkelingen sinds die tijd maken het mogelijk om steeds meer data te ontsluiten. Tot enige jaren terug was men voor sportwetenschappelijk onderzoek vaak aangewezen op het lab. Immers, meetapparatuur, signaalversterkers, data acquisitie hardware, et cetera, zijn over het algemeen duur, gevoelig en groot, en daarmee

niet geschikt voor metingen 'in het veld'.¹⁸ Metingen in het lab vinden bovendien plaats onder zo veel mogelijk gecontroleerde omstandigheden, zodat de factor 'toeval' zo veel mogelijk uitgeschakeld wordt.

De ontwikkelingen in sensortechnologie hebben de laatste jaren echter een enorme vlucht genomen, meetapparatuur is een stuk kleiner, lichter, gebruikersvriendelijker en goedkoper geworden. Het beste voorbeeld is misschien wel de smartphone, feitelijk een krachtige processor met schermoutput en een bewegingssensor.⁷² Deze ontwikkelingen hebben ertoe geleid dat het *kunnen* meten van allerlei aspecten die te maken hebben met de sportprestatie in veel gevallen niet meer de beperkende factor is. Met behulp van sensoriek kunnen potentieel gegevens verzameld worden op heel veel momenten en van heel veel verschillende prestatiebepalende factoren. De hoeveelheid verzamelde data bij prestatiesporten zal hiermee waarschijnlijk de komende jaren een exponentiële groei doormaken. Het is echter nog maar de vraag of deze data an sich tot nieuwe inzichten zullen leiden. De kans is vrij groot dat meer data in eerste instantie zullen leiden tot minder overzicht en zelfs verwarring, en dat men feitelijk door de bomen het bos niet meer gaat zien. In zulke gevallen leidt meten dus helemaal niet tot weten. Om te kunnen omgaan met grote datastromen – die vaak onder verre van ideale omstandigheden verkregen worden – is wetenschappelijke kennis en de juiste toepassing daarvan noodzakelijk. Het lectoraat Innovatie in Sportprestatie stelt zich tot doel om data betekenis te geven voor de eindgebruiker. Deze eindgebruiker is meestal de atleet en/of zijn of haar coach, die graag snel, vaak zelfs realtime, over informatie wil beschikken.

Om van data informatie te maken dient een aantal stappen te worden doorlopen. De data moeten beschouwd worden in een model dat de taak, in dit geval de sportprestatie, kan verklaren. Via het hierboven beschreven vermogensmodel vallen data te relateren aan vermogensverliezen, vermogensproductie of een combinatie van beide. Vervolgens dient de verkregen informatie op een inzichtelijke manier gepresenteerd te worden voor de coach of sporter. Ten slotte is het van belang dat data overzichtelijk worden opgeslagen, zodat evaluatie achteraf mogelijk is: voor de onderzoeker die met behulp van reeds verzamelde data nieuwe hypothesen wil gaan toetsen, voor de coach die het trainingsprogramma van het afgelopen jaar wil evalueren, en ook voor de atleet die inzicht wil krijgen in zijn of haar progressie. Omdat data potentieel (concurrentie)gevoelige informatie bevatten, is het essentieel dat de dataopslag veilig is.

Alle projecten waaraan het lectoraat Innovatie in Sportprestatie zich verbindt, dragen bij aan een of meerdere van de hierboven beschreven stappen voor het betekenisvol maken van data.

Projecten

Realtime betekenisvolle feedback: Smartview

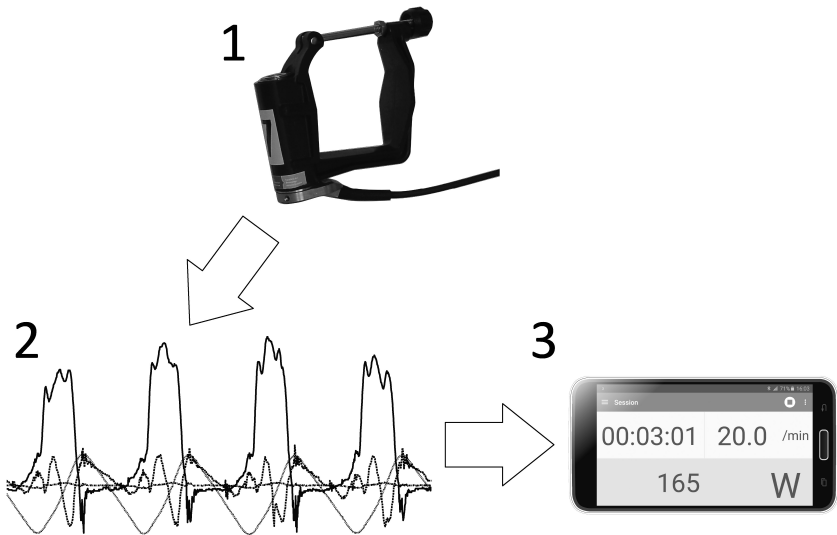
Trainen is een bijzondere vorm van leren. Atleten trainen omdat ze hun fysieke parameters – denk aan kracht, uithoudingsvermogen, piekvermogen, et cetera – willen verbeteren. Het tweede doel van training is het verbeteren van de techniek: het coördineren van de bewegingen. Om optimaal te kunnen leren is het niet alleen van belang dat de atleet terugkoppeling krijgt over het resultaat van de inspanning (in de literatuur wordt dit *knowledge of results* genoemd), maar ook over de aan het resultaat onderhevige factoren (*knowledge of performance*).⁵⁶ Uit veel onderzoek blijkt dat de beste leerresultaten behaald worden indien de tijd tussen de taak en de terugkoppeling over de uitvoering van die taak zo kort mogelijk is.⁵⁶

In veel sporten is objectieve informatie over de taak slechts sporadisch aanwezig. Roeiers bijvoorbeeld kunnen vaak alleen beschikken over informatie over het slagtempo (het aantal slagen per minuut) en soms de snelheid van de boot. In beide gevallen betreft het informatie over het gedrag van 'de boot als geheel'. In het geval van een meermansboot is het dus meestal onduidelijk wat de individuele bijdrage is. Door op verschillende plaatsen in en aan de boot te meten met microsensoren kunnen ook gedetailleerdere data worden verzameld. Deze data worden aan boord opgeslagen op een microcomputer. Tot voor kort waren deze data alleen achteraf beschikbaar: na afloop van de training werden ze overgebracht op een pc, waarna er een aantal berekeningen op losgelaten werd. Dit resulteerde in een aantal grafieken, die gepubliceerd werden in een rapport, dat vervolgens verdeeld werd over de roeiers. Aan de hand van dit rapport werd toelichting gegeven. Alhoewel deze vorm van informatievoorziening zeker waardevol is, kleven er wel een aantal nadelen aan. Naast het feit dat het proces van dataomzetting vrij bewerkelijk is, duurt het relatief lang voordat de informatie de eindgebruiker – in dit geval de roeier of de coach – bereikt. Het is bovendien niet eenvoudig om de verstrekte informatie op de juiste manier te interpreteren; enige instructie en toelichting is meestal noodzakelijk.

Met het project Smartview³³ hebben we getracht om deze informatie direct en begrijpelijk terug te koppelen naar de sporter. Niet toevallig hebben we de roeisport gekozen om het concept te demonstreren. Het smartviewplatform is een app die draait op een Android platform. De app verzamelt de sensordata en integreert en interpreteert deze data realtime. Via het platform kunnen de data gepresenteerd worden op het smartphonescherf, of rechtstreeks in het blikveld van de roeier op een projectiebril. Met behulp van wetenschappelijke kennis over de mechanica en energetica van het roeien én op basis van input van Nederlandse

toproeiërs en coaches, kunnen we uitkomstvariabelen genereren die direct van betekenis zijn voor de roeiers, en op basis waarvan de roeiers hun bewegingsuitvoering kunnen aanpassen. In voorbereiding naar de Olympische Spelen van 2016 in Rio de Janeiro is hiermee geëxperimenteerd en is feedback opgehaald bij roeiers en coaches. Het streven van zowel de KNRB als het lectoraat Innovatie in Sportprestatie is om deze technologie een integraal onderdeel van het trainingsprogramma te maken tijdens de volgende olympische cyclus in aanloop naar Tokyo 2020.

Figuur 2 Een voorbeeld van de omzetting van data naar informatie



(1) Met een sensor kunnen tijdens de sportbeoefening hoogfrequent en met een hoge mate van detail data geregistreerd worden. In dit voorbeeld is dit een roeisensor, die op de dol van de boot geplaatst kan worden en waarmee kracht en beweging geregistreerd kunnen worden. (2) De via deze sensor verkregen data zijn in hun ruwe vorm weinig informatief. De data worden daarom realtime naar een smartphone gestreamd. Met de juiste algoritmes worden deze data omgezet in voor de atleet betekenisvolle variabelen. Deze worden, eveneens realtime, vertoond aan de atleet op het smartviewscherm (3) of op een projectiebril, zodat de atleet zijn beweging eventueel kan aanpassen aan de hand van de feedback.

Met behulp van de smartviewtechnologie kunnen we in de huidige projecten waaraan het lectoraat zich verbonden heeft én in toekomstige projecten de effecten van directe feedback op de (roei)prestatie onderzoeken. De hypothese is dat

door middel van feedback de atleet beter kan leren om de vermogensbalans te optimaliseren.

Het smartviewplatform is zodanig vormgegeven dat het flexibel is. Voor de eindgebruiker betekent dit, dat hij of zij zelf kan kiezen op welke manier welke feedback gepresenteerd wordt. Voor de softwareontwikkelaar betekent dit, dat het platform relatief eenvoudig geschikt te maken is voor andere toepassingen. Zo zijn er momenteel gesprekken gaande om smartview ook toe te passen in de hippische sport⁸ en in de schaatssport, twee sporten waarin Nederlandse sporters uitblinken op internationaal niveau, maar ook twee sporten waar het lastig is om informatie op een duidelijke en praktische manier aan de sporter terug te koppelen, en waar smartview dus van toegevoegde waarde kan zijn.

Meer informatie uit trainingen halen: Van Meten naar Weten

Het aantal trainingsuren dat de gemiddelde sporter maakt gedurende een week, benadert dat van de gemiddelde werkweek. Dat betekent dat gedurende een jaar het aantal trainingsuren de 1000 overschrijdt.²⁶ Voor sommige sporten geldt dat de cumulatieve tijd gedurende één wedstrijdseizoen waarin de atleet daadwerkelijk in competitie is, misschien nog niet eens een dagdeel bedraagt. Dit suggereert bijna dat er onevenredig veel tijd besteed wordt aan trainen. Het hoge niveau aan de top en de toenemende prestatiedichtheid legitimeren het disproportioneel lijkend aantal uren dat aan training besteed wordt. Immers, er kan van uitgegaan worden dat de concurrentie een vergelijkbare hoeveelheid trainingsarbeid verricht. Dit hoge trainingsvolume vereist een optimale afstemming tussen inspanning en herstel.

Trainingsadaptaties kunnen het best begrepen worden vanuit het supercompensatieprincipe⁴⁷: als gevolg van een trainingsprikkel wordt de homeostase in het lichaam, bijvoorbeeld in de spiercel, tijdelijk verstoord. Hierop volgt een herstelproces, waarbij na enige tijd een soort *overshoot* plaatsvindt: de supercompensatie.¹² Er heeft dus een verbetering plaatsgevonden, het lijf is beter geschikt voor het uitvoeren van de taak, bijvoorbeeld 2000 m zo hard mogelijk roeien. Het menselijk lichaam werkt echter via het *use it or lose it*-principe. Fysiologische aanpassingen als gevolg van training dienen onderhouden te worden, anders verdwijnen ze weer.²⁸ En waar verbeteringen bij een relatief ongetraind persoon snel optreden, wordt een asymptoot bereikt naarmate iemand beter getraind is.²⁸ Met andere woorden: voor kleine verbeteringen is een steeds grotere investering nodig. De vorm van deze investeringen kan bijna nooit een vergroting van het trainingsvolume of een toename van de intensiteit zijn. Atleten moeten immers voldoende tijd krijgen om te herstellen. Als zij dat niet doen, treedt er geen supercompensatie op, maar juist verslechtering, met in het extreme geval

zelfs overtraining, een langdurige aandoening waarbij het herstel maanden tot soms jaren kan duren.⁴⁸ Gegeven deze delicate balans tussen voldoende en te veel trainen, is het bewonderenswaardig dat coaches in staat zijn om een goed trainingsschema voor te schrijven aan hun atleten. Tegelijkertijd ligt het voor de hand dat een verbeterd inzicht in de dosis-responsrelatie van trainen – waarbij onder ‘dosis’ de trainingsprikkel verstaan wordt en onder ‘respons’ de sportprestatie – een belangrijke bijdrage kan leveren aan het verhogen van het rendement van de trainingen.

Om inzicht te krijgen in de fysiologische status van de sporter kunnen op regelmatige intervallen testen uitgevoerd worden. Zo kan tijdens een progressieve inspanningstest de zuurstofopname bepaald worden om een indruk te krijgen van de (duur)conditie van de atleet⁴⁰ en kan tijdens een 30 seconden *all-out* sprinttest, de zogenaamde Wingate test, een indruk verkregen worden van het sprintvermogen van de sporter.⁷ Via een van de projecten waaraan het lectoraat Innovatie in Sportprestatie is verbonden²¹ worden deze testen elke zes weken uitgevoerd bij de nationale roeiselectie. Informatie uit dergelijke testen is nuttig en verschaft inzicht in de fysieke status van de atleet, maar de testen zelf vormen een inbreuk in het reguliere trainingsschema van de sporters. De testen zijn daarnaast niet gevoelig genoeg om kleine maar relevante veranderingen als gevolg van een al-dan-niet succesvol trainingsprogramma op te sporen. Op zichzelf bieden dergelijke testen dus onvoldoende inzicht in de genoemde dosis-responsrelatie. Daar staat tegenover dat ook de reguliere trainingen potentieel erg veel informatie bevatten. Ook tijdens de training levert de sporter immers een prestatie, die in principe te meten is.

In het project Van Meten naar Weten – Betere prestaties door slim datagebruik in de (top)sport³⁵ helpen we sporters en coaches deze data te ontsluiten en om te vormen naar bruikbare informatie, zodat een beter inzicht in de dosis-responsrelatie van training verkregen kan worden. Dit doet het lectoraat in samenwerking met de KNRB, de Koninklijke Nederlandse Zwembond (KNZB), de VU, en met bedrijfspartners CapGemini en Lode. Voor het ontsluiten van informatie uit trainingen wordt een aantal stappen doorlopen. De eerste uitdaging is het continu en liefst hoogfrequent kunnen meten van factoren die te relateren zijn aan de prestatie, en wel op zo’n manier dat het niet beperkend is voor de reguliere uitvoering van de trainingen. Bij aanvang van het project was deze uitdaging voor een belangrijk deel reeds opgelost: zowel in de roei- als zwemsport is meetapparatuur beschikbaar. Bedrijfspartner Lode speelt een belangrijke rol in het ontwikkelen van de meetsensoriek: primair voor het zwemmen, maar toepassingen in de roeisport zijn voorzien. Stap twee is het betrouwbaar en overzichtelijk opslaan van deze data en de data die tijdens verschillende testen reeds verzameld worden. Bedrijfspartner CapGemini speelt een belangrijke rol in het ontwerpen en realiseren van

de hiervoor benodigde architectuur. Misschien wel de belangrijkste stap is het inzichtelijk maken van de honderden megabytes aan data door middel van visualisaties. Hiervoor bundelen we theoretische kennis – voor een belangrijk deel voortbordurend op het reeds genoemde model van de vermogensvergelijking – en ervaringskennis van met name de bij het project betrokken bondscoaches. Op basis van deze kennis worden Key Performance Indicators (KPI's) geïdentificeerd en worden algoritmes gegenereerd om deze KPI's uit de data te destilleren. Het einddoel van het project Van Meten naar Weten is een datadashboard waarin atleet, coach en begeleidende staf op een overzichtelijke manier verschillende KPI's in beeld kunnen krijgen, zodat coach en sporter verschillende responsen van atleten op het trainingsprogramma kunnen gaan relateren. Hiermee voldoen we aan een acute vraag uit de sportwereld. Daarnaast is de verwachting dat met het automatiseren van de databewerkingsroutines de staf, met name de *embedded scientist* en de prestatiearts, veel tijd bespaard kan worden: in eerste instantie bij de aangesloten sporten, maar bij een bredere uitrol van het product ook bij andere sporten.

Met het bereiken van dit doel hebben we bovendien een belangrijke voorwaarde geschapen voor vervolgonderzoek. De verwachting is dat de traditionele statistiek slechts een bescheiden rol zal spelen, aangezien deze per definitie uitgaat van data op groepsniveau. Met nieuwe technieken uit de datascience kan echter op zoek gegaan worden naar nieuwe verbanden tussen KPI's en dosis-responsrelaties op *individueel* niveau.⁵

Samenwerking met andere projecten

Naast de hierboven genoemde projecten Smartview en Van Meten naar Weten is het lectoraat Innovatie in Sportprestatie intensief betrokken bij diverse andere projecten waarbij het verbeteren van de prestatie door middel van innovatief trainen centraal staat. De projecten Optimalisatie van voortstuwing door en over water¹¹ en Trainingsoptimalisatie van sprint- en duurvermogen²¹ sluiten nauw aan bij de doelstellingen van het lectoraat.

In het project Optimalisatie van voortstuwing proberen we de voortstuwing bij zwemmen en roeien beter te begrijpen aan de hand van het model van de vermogensvergelijking. We onderzoeken of we de prestatie kunnen verbeteren door zwemmers en roeiers te voorzien van slimme feedback die te relateren is aan vermogensproductie en/of -verliezen. Door kennis van de hydrodynamica^{43,45} te combineren met kennis van het menselijk bewegingsapparaat en kennis over motorisch leren, worden nieuwe vormen van feedback ontwikkeld en vervolgens geëvalueerd. Tussen dit project en het smartviewproject bestaat een intensieve wisselwerking. Kennis opgedaan in het project Optimalisatie van voortstuwing

wordt direct geïmplementeerd in het project Smartview. De in het smartviewproject ontwikkelde smartphoneapplicatie wordt gebruikt bij de uitvoering van feedbackstudies in het project Optimalisatie van voortstuwing.

In het project Trainingsoptimalisatie proberen we erachter te komen hoe we duurvermogen en sprintvermogen het best kunnen ontwikkelen. Dit lijkt triviaal, maar met name adaptaties op celniveau die leiden tot een beter duurvermogen staan haaks op adaptaties die leiden tot een beter sprintvermogen, en vice versa.^{24,44,49} Intuïtief is dit wel aan te voelen: een 100 m sprinter heeft een heel andere fysiek dan een marathonloper.^{13,54} De trainingsprogramma's van beide soorten atleten zullen daarom ook erg verschillen. Atleten die voor hun sport moeten beschikken over een goed duur- én een goed sprintvermogen hebben hier echter een uitdaging. Dit geldt bijvoorbeeld voor alle 'middellange afstand'-sporten, zoals de in het trainingsoptimalisatieproject betrokken sporten langebaanschaatsen, roeien⁵³ en baanwielrennen. Een belangrijk onderdeel van dit project is het profileren en periodiek monitoren van sporters door het afnemen van sprint- en duurtesten. Door deze data structureel op te slaan in de database die wordt ontwikkeld in het project Van Meten naar Weten, willen we een goed longitudinaal beeld verkrijgen van de fysiologie van topsporters door de jaren heen.

De toekomst

Het optimaliseren van de vermogensbalans bij prestatiesporten zal een belangrijk thema blijven vormen in het lectoraat. Ook in de toekomst zullen we ons blijven richten op het helpen maximaliseren van de vermogensproductie van sporters en het minimaliseren van vermogensverliezen. Het project Optimalisatie van voortstuwing en het project Trainingsoptimalisatie lopen over circa anderhalf jaar ten einde; we hebben de ambitie om beide projecten een vervolg te geven.

In de komende periode gaan we proberen het toepassingsgebied van de in het project Smartview ontwikkelde technologie te vergroten – in eerste instantie in het schaatsen en het paardrijden – en om de technologie te vermarkten. Daartoe voeren we gesprekken met verschillende potentiële afnemers.

Daarnaast willen we ons gaan richten op het voorkomen van blessures in de roeisport. Circa één op de drie roeiers loopt vroeg of laat een blessure aan de lage rug op.⁷⁰ Samen met een kledingfabrikant, roeiers en sportartsen willen we onderzoeken of het mogelijk is om met innovatieve ondersteunende kleding dit hoge aantal blessures terug te dringen. Een projectplan hiervoor is reeds geschreven en ligt momenteel ter beoordeling bij SportInnovator.

In alle toekomstplannen blijven we zoeken naar kruisbestuivingen tussen wetenschap, bedrijfsleven en sport enerzijds, en tussen sporten onderling anderzijds, waarbij het ondersteunen van de AISS sport fieldlabs een centrale rol zal (blijven) vervullen.

Dankwoord

Sportprestaties zijn vaak het gevolg van een jarenlange intensieve inzet van de atleet in kwestie. Een goede ondersteuning daarbij is cruciaal voor het slagen van de missie. Het oprichten van dit lectoraat vertoont grote gelijkenissen daarmee. Vanaf het prille begin van mijn wetenschappelijke carrière heb ik mij hard gemaakt voor het toepassen van wetenschappelijke kennis in de prestatiesport. En bij deze missie heb ik altijd kunnen rekenen op hulp en ondersteuning van enthousiaste en gedreven mensen, van wie ik er een aantal hier specifiek wil noemen.

Allereerst dank aan het College van Bestuur, Huib de Jong, Jacomine van Ravensbergen en Peter Beek voor het in mij gestelde vertrouwen bij de oprichting van het lectoraat. Jacomine: je enthousiasme voor toegepast onderzoek doen in de sport en je werklust werken aanstekelijk; het is een voorrecht om met dit lectoraat een vast onderdeel van het AISS te mogen zijn. Peter: ongeveer vanaf het moment dat ik mijn promotie aan het afronden was, had jij ook een missie, namelijk het Amsterdamse sportonderzoek een prominente rol geven in de Nederlandse (prestatie)sport. Vanaf het prille begin heb je mij onderdeel gemaakt van die missie, en daar ben ik je nog steeds dankbaar voor. Knoek van Soest mag in dit rijtje ook niet ontbreken. In het dankwoord van mijn proefschrift heb ik je mijn mentor genoemd, en in sommige aspecten ben je dat misschien nog steeds, al zie ik je tegenwoordig liever als mijn belangrijkste inhoudelijke sparringpartner.

Veel dank gaat uit naar de 'werkpaarden' in de verschillende projecten. Zonder jullie zou er niet veel gebeuren, jullie zijn het fundament én de bouwstenen van het lectoraat Innovatie in Sportprestatie, of je er nou direct onderdeel van bent of er via een van de projecten mee samenwerkt. Lotte, Koen, Richard, Dennis, Peter, Rens: ik weet hoeveel er af en toe van jullie gevraagd wordt door collega's, kennisgebruikers (coaches!) en door mijzelf – ik heb niets dan waardering voor jullie inzet en harde werken.

Collega (sport)lectoren bij de faculteit Bewegen, Sport en Voeding: ik voel mij bevoorrecht deel uit te mogen maken van deze groep gedreven, ondernemende onderzoekers. Ik zie uit naar toekomstige samenwerkingen, die er ongetwijfeld gaan komen.

Een belangrijk deel van de voldoening van mijn werk haal ik uit het *embedded* zijn in de topsport. Dat is lang niet altijd makkelijk: topsporters en topcoaches zijn

(terecht!) extreem kritisch en zetten mij voortdurend op scherp. Dank aan de roeiers en coaches van het Aegon Nationaal Roeiteam hiervoor. Speciale dank is er voor de technisch directeur van de KNRB, Hessel Evertse. Hessel: ook jij veel dank voor het in mij gestelde vertrouwen. Het maakt mij trots om te zien hoe goed de hierboven genoemde medewerkers opgenomen zijn in het Olympisch Trainingscentrum. Het maakt mij minstens zo trots dat de KNRB en het lectoraat een gedeelde visie hebben op de wetenschappelijke innovatie in de roeisport. Charlie Urbanus: dankzij de financiële ondersteuning van het CTO Amsterdam is het mogelijk om daadwerkelijk *embedded* te zijn bij de KNRB. Ook daarvoor uiteraard dank.

In alle projecten spelen externe projectpartners een belangrijke rol. Zonder uitzondering vertonen zij een hoge mate van enthousiasme en inzet in de verschillende projecten: KNRB, KNZB-NZA, NOC*NSF, CapGemini, Lode, Ordina, Equimoves, Birch Consultancy, IXA: het is fijn samenwerken met zulke betrokken partners!

De laatste alinea van dit dankwoord is voor het thuisfront: pa en ma, dank voor jullie niet-aflatende ondersteuning en altijd oprechte interesse en betrokkenheid bij mijn werk. Jullie onvoorwaardelijke steun betekent heel veel voor me. Froukje: meer dan de helft van mijn leven (!) ben je nu mijn partner: ik ben er supertrots op hoe jij en ik onze drukke en verantwoordelijke carrières weten te combineren met ons actieve gezinnetje. Ik had het niet beter kunnen treffen dan met jou. Fleur en Jip: het allerallerallertroutst ben ik erop jullie vader te zijn. Dank dat jullie er zijn!

Referenties

1. *Topsport in Nederland*. 2008 [geraadpleegd 10 juli 2016]; te raadplegen op: http://www.rekenkamer.nl/Publicaties/Onderzoeksrapporten/Introducties/2008/09/Topsport_in_Nederland#top.
2. *NOC*NSF brengt focus aan in topsportbeleid*. 2012 [geraadpleegd 10 juli 2016]; te raadplegen op: <http://www.nocnsf.nl/cms/showpage.aspx?id=12549>.
3. *FISA Rulebook*. 2013, Fédération Internationale des Sociétés d'Aviron. p. 330.
4. *Rijksbegroting 2016*. 2016, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport: 's Gravenhage. p. 319.
5. *Skating faster thanks to data science*. 2016 [geraadpleegd 10 juli 2016]; te raadplegen op: <http://www.universiteit leiden.nl/en/news/2016/04/skating-faster-thanks-to-data-science>.
6. *Sport en Bewegen – Topsport*. 2016 [geraadpleegd 10 juli 2016]; te raadplegen op: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/sport-en-bewegen/inhoud/topsport>.
7. Ayalon, A., O. Inbar, & O. Bar-Or, *Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power*, in *International Series on Sport Science 1: Biomechanics IV*, M.C. Nelson RC, red. 1974, University park press: Baltimore, MD. p. 527-532.
8. Back, W. & M. Hofmijster, *Saddles and seats in animal and human sports: Where is your smart, wearable, real-time feedback?* Vet J, 2016. 207: p. 4-5.
9. Baudouin, A. & D. Hawkins, *A biomechanical review of factors affecting rowing performance*. Br J Sports Med, 2002. 36(6): p. 396-402.
10. Baudouin, A. & D. Hawkins, *Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance*. J Biomech, 2004. 37(7): p. 969-76.
11. Beek, P.J., H.J.H. Clercx, J. Westerweel, & A.J. van Soest, *Optimalisatie van voortstuwing door en over water*. 2012, STW, onderzoeksprogramma Sport: Amsterdam, Delft, Eindhoven. p. 29.
12. Bergstrom, J. & E. Hultman, *Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in man*. Nature, 1966. 210(5033): p. 309-10.
13. Billat, V.L., A. Demarle, J. Slawinski, M. Paiva, & J.P. Koralsztein, *Physical and training characteristics of top-class marathon runners*. Med Sci Sports Exerc, 2001. 33(12): p. 2089-97.
14. Bottenburg, M., A. Elling, P. Hover, S. Brinkhof, & D. Romijn, *De Maatschappelijke Betekenis van Topsport, Literatuurstudie in opdracht van het Ministerie van VWS*. 2011, Departement voor Bestuurs- en Organisatiewetenschap (USBO), Universiteit Utrecht; Mulier Instituut. p. 73.
15. Bourgois, J., A.L. Claessens, J. Vrijens, R. Philippaerts, B. Van Renterghem, M. Thomis, ... J. Lefevre, *Anthropometric characteristics of elite male junior rowers*. Br J Sports Med, 2000. 34(3): p. 213-6; discussion 216-7.
16. Cosgrove, M.J., J. Wilson, D. Watt, & S.F. Grant, *The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test*. Journal of Sports Sciences, 1999. 17(11): p. 845-852.
17. Crust, L., *Mental toughness in sport: A review*. International Journal of Sport and Exercise Psychology, 2007. 5(3): p. 270-290.

18. Dal Monte, A. & A. Komor, *Rowing and skulling mechanics*, in *Biomechanics of sport*, C.L. Vaughan, Editor. 1989, CRC Press: Boca Raton, FL.
19. De Bosscher, V., P. De Knop, M. Van Bottenburg, & S. Shibli, *A Conceptual Framework for Analysing Sports Policy Factors Leading to International Sporting Success*. European Sport Management Quarterly, 2006. 6(2): p. 185-215.
20. de Brouwer, A.J., H.J. de Poel, & M.J. Hofmijster, *Don't rock the boat: how antiphase crew coordination affects rowing*. PLoS One, 2013. 8(1): p. e54996.
21. de Koning, J., R.T. Jaspers, C.J. de Ruiter, A. de Haan, W.J. van der Laarse, & M.J. Hofmijster, *Trainingsstrategieën voor optimaal piek- en duurvermogen van schaatser en roeiers*. 2012, STW, onderzoeksprogramma Sport: Amsterdam. p. 28.
22. Di Prampero, P.E., G. Cortili, F. Celentano, & P. Cerretelli, *Physiological aspects of rowing*. J Appl Physiol, 1971. 31(6): p. 853-7.
23. Dijk, B., V. de Bosscher, & M. van Bottenburg, *Top sportbeleid in relatie tot prestaties, in Rapportage Sport 2014*, Tiessen-Raaphorst, red. 2015, SCP-publicaties: Den Haag. p. 224-248.
24. Docherty, D. & B. Sporer, *A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training*. Sports Med, 2000. 30(6): p. 385-94.
25. Dooremalen, v., *'Top sportsucces is maakbaar'*, Interview met topsportonderzoekers Maarten van Bottenburg en Veerle de Bosscher, in *Sociologie Magazine*. 2011.
26. Fiskerstrand, Å. & K.S. Seiler, *Training and performance characteristics among Norwegian International Rowers 1970-2001*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2004. 14(5): p. 303-310.
27. Foster, C., M. Schrager, A.C. Snyder, & N.N. Thompson, *Pacing strategy and athletic performance*. Sports Med, 1994. 17(2): p. 77-85.
28. Garber, C.E., B. Blissmer, M.R. Deschenes, B.A. Franklin, M.J. Lamonte, I.M. Lee, ... D.P. Swain, *American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuro-motor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise*. Med Sci Sports Exerc, 2011. 43(7): p. 1334-59.
29. Hagerman, F.C., *Applied physiology of rowing*. Sports Med, 1984. 1(4): p. 303-26.
30. Hickson, R., *Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance*. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 1980. 45(2): p. 255-263.
31. Hill, A.V. & H. Lupton, *Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen*. QJM, 1923. os-16(62): p. 135-171.
32. Hill, H., *Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis*. Journal of Sports Sciences, 2002. 20(2): p. 101-117.
33. Hofmijster, M., J. De Koning, & W. Back, *Smartview Through Glass*. 2014, STW Demonstrator: Amsterdam.
34. Hofmijster, M., J. De Koning, & A.J. Van Soest, *Estimation of the energy loss at the blades in rowing: common assumptions revisited*. J Sports Sci, 2010. 28(10): p. 1093-102.
35. Hofmijster, M. & M.J. Truijens, *Van Meten naar Weten; Betere prestaties door slim data-gebruik in de (top-)sport*. 2016, SportInnovator / ZonMW: Amsterdam. p. 11.

36. Hofmijster, M.J., *Mechanics and Energetics of Rowing*, in *Faculty of Human Movement Sciences*. 2010, VU University Amsterdam: Amsterdam. p. 153.
37. Hofmijster, M.J., E.H. Landman, R.M. Smith, & A.J. van Soest, *Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing*. *J Sports Sci*, 2007. 25(4): p. 403-11.
38. Hofmijster, M.J., A. van Soest, & J. de Koning, *Rowing skill affects power loss on a modified rowing ergometer*. *Med Sci Sports Exerc*, 2008. 40(6): p. 1101-10.
39. Hopkins, W.G., J.A. Hawley, & L.M. Burke, *Design and analysis of research on sport performance enhancement*. *Med Sci Sports Exerc*, 1999. 31(3): p. 472-85.
40. Howley, E.T., D.R. Bassett, Jr., & H.G. Welch, *Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary*. *Med Sci Sports Exerc*, 1995. 27(9): p. 1292-301.
41. Lawton, T.W., J.B. Cronin, & M.R. McGuigan, *Strength testing and training of rowers: a review*. *Sports Med*, 2011. 41(5): p. 413-32.
42. Lawton, T.W., J.B. Cronin, & M.R. McGuigan, *Strength, power, and muscular endurance exercise and elite rowing ergometer performance*. *J Strength Cond Res*, 2013. 27(7): p. 1928-35.
43. Leroyer, A., S. Barré, J.-M. Kobus, & M. Visonneau, *Experimental and numerical investigations of the flow around an oar blade*. *Journal of Marine Science and Technology*, 2008. 13(1): p. 1-15.
44. Leveritt, M., P.J. Abernethy, B.K. Barry, & P.A. Logan, *Concurrent strength and endurance training. A review*. *Sports Med*, 1999. 28(6): p. 413-27.
45. Marinho, D.A., T.M. Barbosa, V.M. Reis, P.L. Kjendlie, F.B. Alves, J.P. Vilas-Boas, ... A.I. Rouboa, *Swimming Propulsion Forces Are Enhanced by a Small Finger Spread*. *Journal of Applied Biomechanics*, 2010. 26(1): p. 87-92.
46. Martin, T.P. & J.S. Bernfield, *Effect of stroke rate on velocity of a rowing shell*. *Med Sci Sports Exerc*, 1980. 12(4): p. 250-6.
47. McArdle, W.D., F.I. Katch, & V.L. Katch, *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Exercise Physiology. 2015: Lippincott Williams & Wilkins.
48. Meeusen, R., M. Duclos, C. Foster, A. Fry, M. Gleeson, D. Nieman, ... A. Urhausen, *Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM)*. *European Journal of Sport Science*, 2012. 13(1): p. 1-24.
49. Nader, G.A., *Concurrent strength and endurance training: from molecules to man*. *Med Sci Sports Exerc*, 2006. 38(11): p. 1965-70.
50. Nauta, F., M. Gielen, & S. de Boer, *Olympisch goud, economisch goud, een innovatie-systeem voor de Nederlandse sport*. 2011, Lectoraat Innovatie in de Publieke Sector, Hogeschool Arnhem-Nijmegen. p. 39.
51. Plisk, S.S. & M.H. Stone, *Periodization Strategies*. *Strength & Conditioning Journal*, 2003. 25(6).
52. Richardson, M.J., K.L. Marsh, R.W. Isenhower, J.R. Goodman, & R.C. Schmidt, *Rocking together: dynamics of intentional and unintentional interpersonal coordination*. *Hum Mov Sci*, 2007. 26(6): p. 867-91.
53. Riechman, S.E., R.F. Zoeller, G. Balasekaran, F.L. Goss, & R.J. Robertson, *Prediction of 2000 m indoor rowing performance using a 30 s sprint and maximal oxygen uptake*. *Journal of Sports Sciences*, 2002. 20(9): p. 681-687.

54. Ross, A. & M. Leveritt, *Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering*. Sports Med, 2001. 31(15): p. 1063-82.
55. Sanderson, B. & W. Martindale, *Towards optimizing rowing technique*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1986. 18(4): p. 454-468.
56. Schmidt, R.A. & C.A. Wrisberg, *Motor Learning and Performance: A Situation-based Learning Approach, 4th Edition*. 2008, Campaign, IL: Human Kinetics. 399.
57. Schotanus, F., *Nederland in de top 10; naar een winnend topsportklimaat*. 2010: Arnhem. p. 188.
58. Secher, N.H., *The physiology of rowing*. Journal of Sports Sciences, 1983. 1(1): p. 23-53.
59. Secher, N.H., *Physiological and Biomechanical Aspects of Rowing: Implications for Training*. Sports Medicine, 1993. 15(1): p. 24-42.
60. Seiler, S. (2011) *A Brief History of Endurance Testing in Athletes*. Sports Science 15, 40-86.
61. Senator, M., *Why sliding seats and short stroke intervals are used for racing shells*. J Biomech Eng, 1981. 103(3): p. 151-9.
62. Smith, M., *Response to Mathijs Hofmijster 310315*. 2015: Lausanne, Switzerland. p. 2.
63. Smith, T.B. & W.G. Hopkins, *Measures of Rowing Performance*. Sports Medicine, 2012. 42(4): p. 343-358.
64. Steinacker, J.M., *Physiological aspects of training in rowing*. Int J Sports Med, 1993. 14 Suppl 1: p. S3-10.
65. Van Ingen Schenau, G., G. De Groot, A. Scheurs, H. Meester, & J. De Koning, *A new skate allowing powerful plantar flexions improves performance*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1996. 26(4): p. 531-535.
66. van Ingen Schenau, G.J. & P.R. Cavanagh, *Power equations in endurance sports*. J Biomech, 1990. 23(9): p. 865-81.
67. van Soest, A.J. & M.J. Hofmijster, *Strapping rowers to their sliding seat improves performance during the start of ergometer rowing*. J Sports Sci, 2009. 27(3): p. 283-9.
68. van Soest, A.J. & M.J. Hofmijster, *Strapping rowers to their sliding seat improves performance during the start of on-water rowing*. Journal of Sports Sciences, 2016. 34(17): p. 1643-1649.
69. Verheij, W., C.G. Cornelisse, K. de Kruijf, P.E. Lubach, G.J. Mol, M.J.C. van der Werf, & E.M.M. Willegen, *Topsport in Nederland*. 2008, Algemene Rekenkamer: Den Haag.
70. Wilson, F., C. Gissane, J. Gormley, & C. Simms, *A 12-month prospective cohort study of injury in international rowers*. Br J Sports Med, 2010. 44(3): p. 207-14.
71. Wing, A.M. & C. Woodburn, *The coordination and consistency of rowers in a racing eight*. Journal of Sports Sciences, 1995. 13: p. 187-197.
72. Wu, W., S. Dasgupta, E. Ramirez, C. Peterson, & G. Norman, *Classification accuracies of physical activities using smartphone motion sensors*. Journal of Medical Internet Research, 2012. 14(5): p. e130.
73. Zatsiorsky, V.M. & N. Yakunin, *Mechanics and Biomechanics of Rowing: A Review*. International Journal of Sport Biomechanics, 1991. 7: p. 229-281.

Curriculum vitae

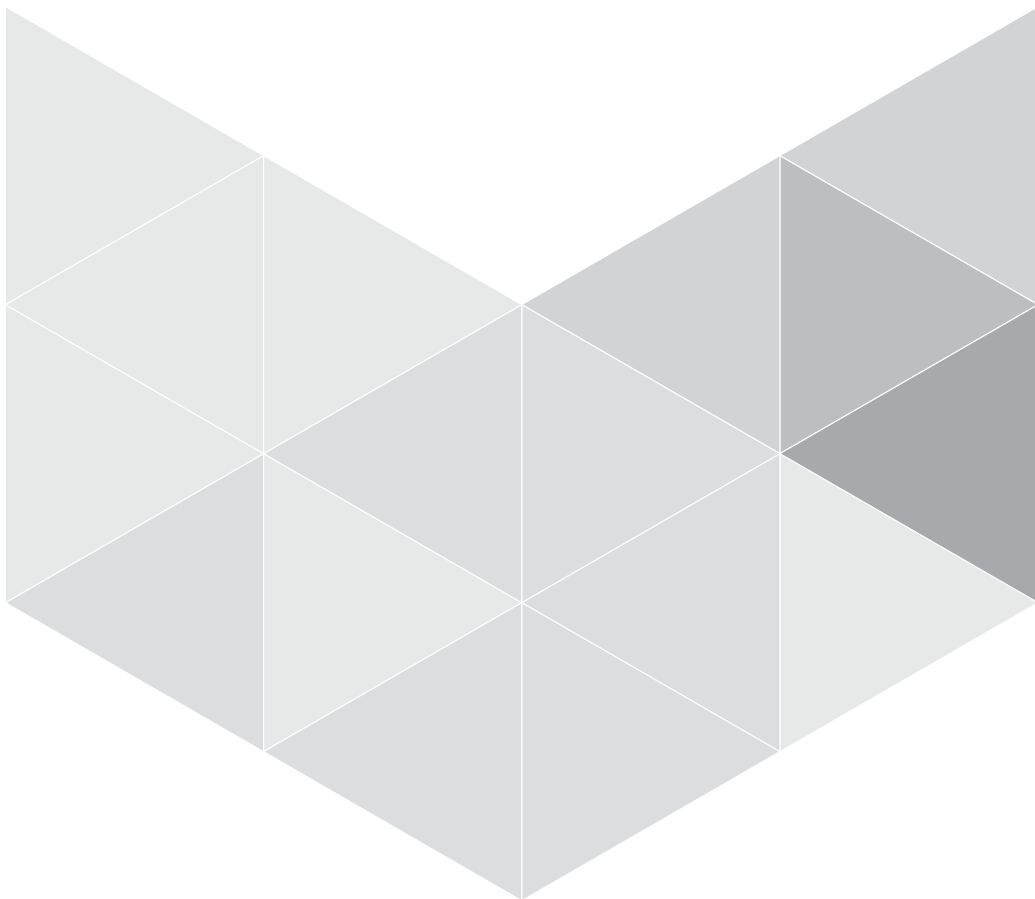
Dr. Mathijs Hofmijster is in 2010 gepromoveerd op het onderwerp Mechanica en energetica van het roeien. Gedurende zijn promotie was hij gedetacheerd bij de Koninklijke Nederlandsche Roeibond (KNRB), als *embedded scientist*. Vanuit deze functie had hij de taak om specifieke wetenschappelijke kennis toe te passen in de topsportpraktijk. Samen met twee collega's bedacht hij in 2008 de Superseat, een aangepast rolbankje in de roeiboort. Wanneer roeiers zich met een (veilige) klittenband-gordel aan dit bankje vastmaken, kunnen zij tot 15% meer vermogen leveren bij de start. De Superseat eindigde in 2008 als runner-up tijdens de Nationale Sport Innovatieprijs.

Na zijn promotie is Hofmijster actief gebleven bij de KNRB; als senior *embedded scientist* is hij er momenteel medeverantwoordelijk voor het wetenschaps- en kennisprogramma. Vanuit die functie werkt hij intensief samen met mensen uit verschillende disciplines: coaches, trainers, wetenschappers en (para-)medici. Hij is medeauteur van de sportwetenschappelijke paragrafen van de integrale beleidsvisie 2016 van de KNRB.

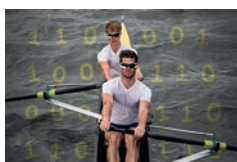
In het RoeiCoachCockpit (RCC) InnoSportNL project, gestart in 2010, werkte Hofmijster intensief samen met technici en wetenschappers en met roeiers en coaches. De RCC stond aan de basis van het project Smartview. Deze technologie zal in de komende olympische cyclus ingezet worden tijdens trainingen van de Nederlandse toproeiers.

Sinds 2015 is Hofmijster werkzaam aan de Hogeschool van Amsterdam (HvA), waar hij sinds september 2015 lector is van het lectoraat Innovatie in Sportprestatie. Dit lectoraat zal, tezamen met de lectoraten Leren en Presteren in Sport en Perceptueel-motorische Talentontwikkeling, de Amsterdamse sport fieldlabs van het Amsterdam Institute of Sport Science (AISS) gaan bedienen.

Momenteel vervult Hofmijster een sleutelrol in vier projecten die georganiseerd zijn rond het optimaliseren van topsportprestaties. In het project Optimalisatie van voortstuwing door en over water is hij de dagelijks begeleider van een van de promovendi. In het project Trainingsstrategieën voor optimaal piek- en duurvermogen begeleidt hij een van de postdocs. Van de projecten Smartview en Van Meten naar Weten is hij projectleider. Deze projecten kenmerken zich door het ontwikkelen en toepassen van (fundamenteel) wetenschappelijke kennis in de *high-performance* realiteit van de topsport.



HVA PUBLICATIES



AFBEELDING
Margot de Vries



Amsterdam
Institute
of Sport
Science



9 789056 297770