

Momenteel is er veel discussie over het wel of niet toelaten van transgender en interseks individuen tot de vrouwencategorieën in de sport. Hoe groot zijn de man-vrouw verschillen in prestatie eigenlijk en welke fysiologische factoren spelen hierbij een rol?

Man-vrouw verschillen in sportprestaties

Jurgen van Teeffelen

‘Vrouwen zullen na 2000 net zo hard gaan lopen als de mannen.’ Zo luidde de kop van een stuk in de NRC van 16 januari 1992. Aanleiding voor het krantenartikel was een in Nature gepubliceerde brief van de fysiologen Brian Whipp en Susan Ward van de Universiteit van California.¹ Deze wetenschappers waren tot hun conclusie gekomen nadat ze de ontwikkeling van 's werelds beste tijden op alle bestaande loopnummers bij de mannen en de vrouwen hadden geanalyseerd. Hierbij kwam naar voren dat het tempo van de vrouwen dusdanig snel toenam in vergelijking met dat van de mannen, dat het een kwestie van tijd was tot de vrouwen de mannen zouden inhalen. De marathon was volgens Whipp & Ward het eerst aan de beurt: mocht de aanscherping van de wereldrecords in eenzelfde tempo doorgaan, dan zouden de snelste vrouw en de snelste man in 1998 precies even lang over de afstand van 42 kilometer en 195 meter doen: 2 uur, 1 minuut en 59 seconden.

Anno 2022 blijkt dat deze wetenschappers met hun prognose voor de vrouwen de plank behoorlijk hebben misgeslagen. Want hoewel Eliud Kipchoge op 25 september jongstleden het wereldrecord bij de mannen opnieuw verbeterde naar een tijd die inmiddels 50 seconden onder de voorspelling van Whipp & Ward voor 1998 uitkomt, blijven

de vrouwen hier nog ruimschoots van verwijderd. Weliswaar lukte het Brigid Kosgei twee jaar geleden om eindelijk het record van Paula Radcliffe uit 2003 uit de boeken te lopen, maar de tijd van de Keniaanse (2:14:04) is nog altijd ruim twaalf minuten langzamer dan de door Whipp & Ward voorspelde tijd.

Inhaalslag

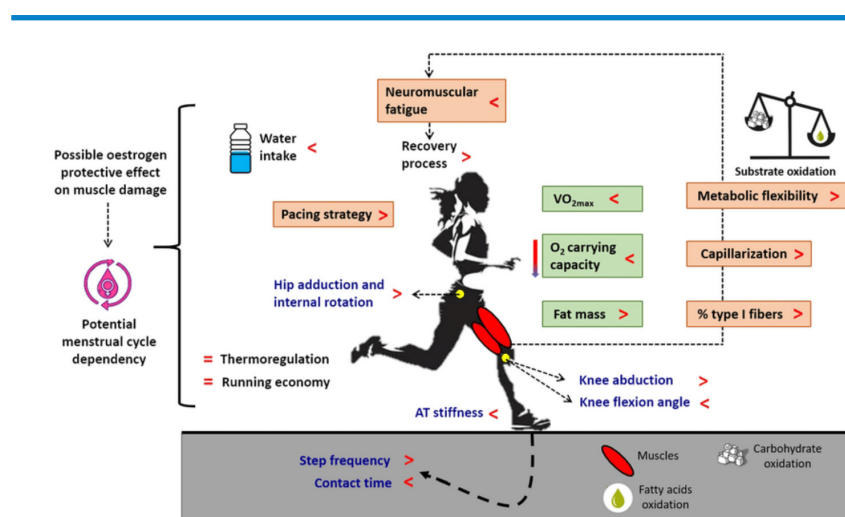
Het verschil in eindtijd tussen de snelste man en de snelste vrouw op de marathon blijft zo al jaren rond de 10 tot 15 procent hangen. Dit is weliswaar een gigantische afname ten opzichte van 50 jaar geleden (vrouwen werden vanaf het begin van de jaren '60 langzaam weer toegelaten bij wedstrijden; tot dan werd lange tijd gedacht dat hardlopen te ongezond voor ze zou zijn), maar dat dit gat in de toekomst nog veel verder gedicht gaat worden, is onwaarschijnlijk. Hardlopen heeft de laatste decennia namelijk al een flinke inhaalslag gemaakt onder vrouwen, waardoor het aantal vrouwelijke deelnemers aan een doorsnee marathon in de Verenigde Staten tegenwoordig rond de 50% ligt.²⁻⁵ Dit was ten tijde van de voorspelling van Whipp & Ward - in 1992 - nog niet het geval.

Waardoor hun analyse zo de mist inging? Vanaf het moment dat aan vrouwen het groene licht werd gegeven om hun hardloopschoenen aan

te trekken, konden ze meteen profiteren van de kennis over training, voeding en herstel die eerder bij de mannen was vergaard. Dit verklaart dat het wereldrecord bij de vrouwen vanaf 1964 in een duizelingwekkend tempo werd aangescherpt (in twintig jaar met meer dan een uur), terwijl dat bij de mannen in diezelfde periode met een luttel vijf minuten gebeurde. Maar na die initiële vrije val vlakke ook de aanscherping van het wereldrecord bij de vrouwen snel af. Zo zijn sinds het jaar 2000 de records bij de mannen en de vrouwen met een vergelijkbare marge van om en nabij de vijf minuten verbeterd. Het procentuele tijdsverschil tussen mannen en vrouwen dat sinds de eeuwwisseling op de marathon gevonden wordt, geldt niet alleen voor de absolute wereldtop. Eenzelfde verschil wordt ook gevonden wanneer bijvoorbeeld de beste twintig jaartijden op een rij worden gezet.² En bovendien zijn ze niet uniek voor de marathon: op alle Olympische onderdelen in de atletiek lopen de snelste vrouwen gemiddeld 9 tot 12% langzamer dan de mannen, zoals tabel 1 laat zien.² Opvallend: het man-vrouw verschil is eigen aan de hardlopende mens. Uitslagen van de belangrijkste paarden- en hondenraces laten namelijk geen noemenswaardig verschil tussen mannelijke en vrouwelijke dieren zien.^{6,7} Bij de mens wordt het man-vrouw verschil in prestatie ook in andere sporten gevonden, zoals een vergelijking van de huidige wereld(uur)records in het zwemmen, schaatsen en wielrennen (zie tabel 1) laat zien.

Fysieke verschillen

Ten grondslag aan het prestatieverschil tussen mannelijke en vrouwelijke sporters liggen bovenal fysieke oorzaken.^{3,8} Zo laten metingen bij Amerikaanse sporters een verschil in lichaamslengte en -gewicht van respectievelijk 6% en 20% tussen mannen en vrouwen zien.⁷ Boven-



Figuur 1 | Schematische weergave van de belangrijkste man-vrouw verschillen tijdens het langeafstandslopen. Groen: mogelijk voordeel voor mannen; oranje: mogelijk voordeel voor vrouwen. > meer aanwezig in de vrouw; < minder aanwezig in de vrouw; = geen verschil tussen man en vrouw; AT = achillespees (bron: Besson et al.⁹).

dien bestaat het (gemiddeld lagere) lichaamsgewicht van vrouwen uit relatief minder spiermassa en relatief meer vetmassa dan bij mannen.⁷ Deze lichaamssamenstelling levert de gemiddelde vrouw een groter drijfvermogen en daarmee gepaard gaand een lagere weerstand in het water op dan de gemiddelde man. Bij zwemmen zien we dan ook dat de man-vrouw prestatieverschillen kleiner worden naarmate de afstand toeneemt, zoals ook geïllustreerd wordt in tabel 1.⁸ Aan de andere kant beschikken vrouwelijke sporters over 25-40% minder spiermassa, vooral in het bovenlijf. Dit laatste draagt eraan bij dat in het kajakken en kanovaren het prestatieverschil tussen mannen en vrouwen nog groter is dan in de sporten waarbij het hele lichaam of voornamelijk de benen ingezet worden.⁸ Daarnaast resulteert de kleinere hoeveelheid spieren waarover vrouwen beschikken niet alleen in minder spierkracht en vermogen. In combinatie met een kleiner cardiovasculair systeem leidt het er ook toe dat de absolute maximale zuurstofopname (VO₂max) in atletes lager is dan bij hun mannelijke collega's. Ook na correctie voor het

lichaamsgewicht blijkt dat nog steeds zo te zijn: gerapporteerde VO₂max waarden bij topmarathonlopers liggen tussen 70 en 85 milliliter per minuut per kilogram, terwijl dit bij elite loopsters tussen 67 en 74 ml/kg-min is.^{3,5} De relatieve beperking in zuurstoftransportcapaciteit bij vrouwen wordt toegeschreven aan een kleinere hoeveelheid hemoglobine en rode bloedcellen, en mogelijk ook kleinere longen en luchtwegen, ten opzichte van het lichaamsgewicht.^{3,5,8}

Langeafstandslopen

Ondanks de verschillen in VO₂max kost het hardlopen op duursnelheid evenveel energie voor mannen en vrouwen. Bij een gelijke relatieve snelheid - bijvoorbeeld op 80% van de VO₂max tijdens een marathon - wordt in onderzoek namelijk eenzelfde zuurstofverbruik per kilometer, oftewel de looeconomie, gevonden.⁹ Wel zijn er nog andere factoren van invloed op de prestatieverschillen tussen mannen en vrouwen tijdens het langeafstandslopen, zo laat een overzichtsstudie van een groep Franse onderzoekers van begin dit jaar zien.⁹ Hun bevindingen zijn weergegeven in figuur 1.

Afstand (meters)	Vrouw	Tijd/afstand	Man	Tijd	Vershil
HARDLOPEN					
50	Irina Privalova	5,96	Donovan Bailey	5,56	7,2% *
60	Irina Privalova	6,92	Christian Coleman	6,34	9,1% *
100	Florence Griffith-Joyner	10,49	Usain Bolt	9,58	9,5%
200	Florence Griffith-Joyner	21,34	Usain Bolt	19,19	11,2%
400	Marita Koch	47,6	Wayde van Niekerk	43,03	10,6%
800	Jarmila Kratachvilová	01:53,28	David Rudisha	01:40,91	12,3%
1500	Genzebe Dibaba	03:50,07	Hicham El Guerrouj	03:26,00	11,7%
5000	Letesenbet Gidey	14:06,62	Joshua Cheptegui	12:35,36	12,1%
10000	Letesenbet Gidey	29:01,03	Joshua Cheptegui	26:11,00	10,8%
Halve marathon	Letesenbet Gidey	01:02:52	Jacob Kiplomo	57:31,00	9,3% #
Marathon	Brigid Kosgei	02:14:04	Eliud Kipchoge	02:01:09	10,7% #
50000	Desiree Linden	02:59:54	CJ Albertson	02:38:43	13,3% #
100000	Tomoe Abe	06:33:11	Nao Kazami	06:09:14	6,5% #
Werelduurrecord	Sifan Hassan	18930	Mo Farah	21330	12,7% ^
ZWEMMEN					
50	Sarah Sjöstrom	23,67	César Cielo	20,91	13,2%
100	Sarah Sjöstrom	51,71	David Popovici	46,86	10,3%
200	Federica Pellegrini	01:52,98	Paul Biedermann	01:42,00	10,8%
400	Ariarne Titmus	03:56,40	Paul Biedermann	03:40,07	7,4%
800	Katie Ledecky	08:04,79	Zhang Lin	07:32,12	7,2%
1500	Katie Ledecky	15:20,48	Sun Yang	14:31,02	5,7%
10000	Ana Marcela Cunha	01:59:30	Florian Wellbrock	01:48:33	10,1% \$
SCHAATSEN					
500	Lee Sang-Hwa	36,36	Pavel Koeliznikov	33,61	8,2%
1000	Brittany Bowe	01:11,61	Pavel Koeliznikov	01:05,69	9,0%
1500	Miho Takagi	01:49,83	Kjeld Nuis	01:40,17	9,6%
5000	Natalja Voronina	06:39,02	Nils van der Poel	06:01,56	10,4%
Werelduurrecord	Carien Kleibeuker	40570	Erik Jan Kooiman	43735	7,8% ^
WIELRENNEN					
200	Kelsey Mitchell	10,154	Michael Iakovlev	9,099	11,6%
500	Kristina Vogel	28,97	Chris Hoy	24,758	17,0%
Werelduurrecord	Ellen van Dijk	49,254	Filippo Ganna	56,792	15,3% ^

Tabel 1 | Huidige wereldrecords voor vrouwen en mannen in het hardlopen, zwemmen, schaatsen en wielrennen.

* op een indoorbaan gelopen; # op de weg gelopen; \$ open water zwemmen tijdens laatste Olympische Spelen; ^ werelduurrecord.

Allereerst de biomechanica: vrouwen vertonen tijdens het lopen over het algemeen een grotere zijwaartse beweging van het heup- en kniegewricht dan mannen. Volgens de onderzoekers is dit deels te verklaren vanuit de anatomie - bij vrouwen is het bekken over het algemeen wijder - maar een verschil in spierkracht kan hierbij niet uitgesloten worden. Terwijl bij hogere loopsnelheden (> 16 km/u) de gemiddeld kortere beenlengte van vrouwen ten opzichte van het lichaam zich vertaalt in een hogere pasfrequentie en kortere contacttijd met de grond (en daardoor een lagere *duty-factor*), verdwijnen deze verschillen wanneer er rekening wordt gehouden met de lagere maximale snelheid die vrouwen tijdens het lopen bereiken. Eenzelfde probleem dient zich aan bij de uitgevoerde studies waarin kinematische en EMG data tijdens het hardlopen bij mannen en vrouwen zijn verzameld en vergeleken: ze zijn meestal uitgevoerd bij eenzelfde absolute snelheid, maar daarmee niet bij eenzelfde belasting van het cardiovasculaire en musculoskeletale systeem. Daardoor zijn de gevonden verschillen lastig te interpreteren.⁹

Vetverbranding

Wat betreft het energieverbruik tijdens een duurinspanning suggereert het gedane onderzoek dat vrouwen ten opzichte van mannen over een grotere metabole flexibiliteit beschikken: de capaciteit om de energieproductie snel aan te passen aan de beschikbare brandstoffen. Ook weten vrouwen, in ieder geval tot een inspanning met een duur van twee uur, meer vet en minder koolhydraten en eiwitten te verbranden dan mannen.⁹ Een verklaring hiervoor is dat vrouwen relatief over meer type I spiervezels beschikken, die gekarakteriseerd worden door een hogere oxidatieve capaciteit en capillaire dichtheid. Het kan verklaren dat vrouwen, vooral op de langere afstanden, minder acute

neuromusculaire vermoeidheid vertonen en er ook minder spierpijn en -schade in de dagen erna wordt gevonden, waardoor het herstel na de inspanning sneller kan verlopen (zie figuur 1).⁹

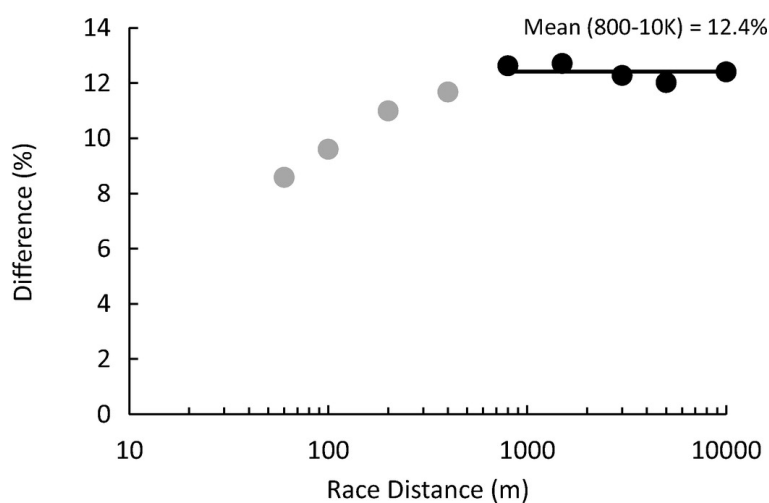
Of er aantoonbare man-vrouw verschillen zijn in thermoregulatie tijdens inspanning, daarover is het onderzoek momenteel nog verdeeld. Enerzijds gaat de aanwezigheid van minder spiermassa bij vrouwen gepaard met minder warmteproductie en hebben ze door hun kleinere lichaam een gunstigere verhouding van het huidoppervlak ten opzichte van hun gewicht. Anderzijds zouden ze de warmte mogelijk minder goed kwijt kunnen raken door een beperkte huiddoorbloeding en zweetcapaciteit.^{5,9} Wel is het zo dat vrouwen minder hoeven te drinken tijdens inspanning om hun vocht- en temperatuurbalans op peil te houden (zie figuur 1).

Wat een stuk consistentier in studies wordt gevonden, is dat vrouwelijke en mannelijke atleten een andere strategie gebruiken om zichzelf te pacen.⁹ Op afstanden van vijf kilometer tot de marathon lopen vrouwen gemiddeld genomen namelijk een vlakker schema, zo laten

uitgebreide analyses van de doorlooptijden van zowel recreanten als toppers tijdens hardlooptwedstrijden zien.^{9,10}

Ultraraces

Een hogere vetverbranding, gelijkmatiger pacen, minder energieverbruik, relatief meer spiervezels die het lang volhouden en bestand zijn tegen vermoeidheid: het zijn eigenschappen die vooral van pas komen bij extremere duurinspanningen, zoals ultraraces met een duur van zes uur en langer.^{11,12} Passend bij deze voordelen is de observatie dat het verschil tussen de mannelijke en vrouwelijke wereldrecordhouder op de 100 kilometer hardlopen 'slechts' 6,5% bedraagt (zie tabel 1). En in *trailruns* - waar vrouwen nog altijd een minderheid van de deelnemers vormen - laat een vrouw af en toe zelfs alle mannen achter zich. Zo won de Britse Jasmin Paris in 2019 de gemengde 425 kilometer lange 'Montane Spine Race' met ruim twaalf uur voorsprong op de mannelijke nummer twee. Wel gaat het hier vaak om anekdotische observaties, zo waarschuwen wetenschappers.^{8,9,11,12} Niet altijd is bij een race het sterkste deelnemers-



Figuur 2 | Gemiddeld verschil in loopsnelheid (y-as) op afstanden tussen 60 meter en 10 kilometer (x-as, logaritmisch) voor topatleten (top 40 atleten in de jaren 2003-2018) (bron: McClelland & Weyand⁷).

veld aanwezig en bovendien hebben trailruns te maken met wisselende omstandigheden en een complex parcours, waardoor het lastig is om wedstrijden met elkaar te kunnen vergelijken.

Zelfs wanneer in de toekomst het aantal vrouwelijke deelnemers aan ultraruns helemaal gelijk getrokken zal worden aan het aantal deelnemende mannen, is het niet waarschijnlijk dat de vrouwen de mannen op de hele lange afstand zullen bijhouden. Dit geldt ook voor het wielrennen of de triatlon, ondanks het voordeel dat vrouwen bij triatlon hebben van een beter drijfvermogen en een betere stroomlijn in het water tijdens het zwemonderdeel. Dat voordeel lijkt zich voornamelijk alleen uit te betalen in een superieure prestatie ten opzichte van mannelijke zwemmers bij races in open water over afstanden boven de 30 kilometer.¹³

Sprint

Naast de aanwijzing dat de prestaties van vrouwen en mannen dichter naar elkaar kruipen wanneer de inspanning uren duurt, laat een recente analyse zien dat hetzelfde ook van toepassing is op de pure sprintnummers in de atletiek.⁷ Volgens de Amerikaanse auteurs kunnen de vrouwen hierbij namelijk deels profiteren van hun kleinere postuur. In tegenstelling tot de middellange en lange loopafstanden, waar vooral

het aerobe uithoudingsvermogen van belang is, draait het bij de sprint om de afzetkracht ten opzichte van het lichaamsgewicht. Hierbij is het handig om klein te zijn, want terwijl spierkracht grofweg samenhangt met de doorsnede van de beenspieren, doet het lichaamsgewicht dat met het totale volume.⁷ Het resultaat: kleinere atleten kunnen relatief meer kracht ten opzichte van hun lichaamsgewicht produceren. Dit effect is niet sterk genoeg om de fysiologische achterstand (vanwege hun kleinere spiermassa) van de vrouwen op de mannen volledig weg te werken, maar het zorgt wel voor een afname in het verschil wanneer de afstand korter dan 800 meter wordt, zoals geïllustreerd in figuur 2.

Trainingsrespons

Tot slot: ondanks de toegenomen deelname van vrouwen aan sport en wedstrijden, is het merendeel van het sportwetenschappelijk onderzoek uitgevoerd bij mannen. Volgens een analyse uit 2014 was de verhouding

tussen mannelijke en vrouwelijke proefpersonen in sport- en inspanningsonderzoek 65:35.¹⁴ Bovendien werd tot de jaren '80 van de vorige eeuw aangenomen dat de fysiologische respons op inspanning niet wezenlijk verschilde tussen mannen en vrouwen.⁵ Dit betekent dat er vanuit het wetenschappelijk onderzoek nog weinig kennis is over mogelijke man-vrouw verschillen in de fysiologische aanpassingen aan inspanning en training, zoals bijvoorbeeld de invloed van de menstruatiecyclus en het gebruik van orale anticonceptie hierop.¹⁵ Dat vrouwen hierbij niet eenvoudigweg als 'kleine mannen' reageren, laat een meta-analyse uit 2019 zien.¹⁶ Hierin werd gevonden dat een standaard trainingsprogramma, gericht op het verbeteren van het uithoudingsvermogen, bij mannen consistent voor een grotere toename in VO_2max zorgt dan bij vrouwen. Ook zijn er aanwijzingen dat het vrouwenhart zich beperkter aanpast aan een langdurig trainingsprogramma dan een mannenhart.¹⁷

Over de auteur

Dr. Jurgen van Teeffelen (1968) is sinds 2014 freelance wetenschapsjournalist. Tot die tijd werkte hij als gepromoveerd fysioloog aan universiteiten in Nederland (Amsterdam (AMC), Maastricht) en de Verenigde Staten (Yale). Hij schrijft graag over wetenschap in relatie tot sport en bewegen en was recent als redacteur voor het derde seizoen betrokken bij de TV-documentaireserie Sportlab Sedoc (NPO).
E-mail: info@jurgenvanteeffelen.nl, website: www.jurgenvanteeffelen.nl, podcast: <https://slimmer-presteren-podcast.nl/>.

1. Whipp BJ & Ward SA (1992). Will women soon outrun men? *Nature*, 355 (6355), 25.
2. Hallam LC & Amorim FT (2022). Expanding the gap: an updated look into sex differences in running performance. *Frontiers in Physiology*, 12, 804149.
3. Joyner MJ (2017). Physiological limits to endurance exercise performance: influence of sex. *Journal of Physiology*, 595 (9), 2949-2954.
4. Hunter SK et al. (2011). Is there a sex difference in the age of elite marathon runners? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (4), 656-664.
5. Santisteban KJ et al. (2022). Sex differences in VO_2max and the impact on endurance-exercise performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (9), 4946.
6. Senefeld JW et al. (2021). Sex-based limits to running speed in the human, horse and dog: The role of sexual dimorphisms. *FASEB Journal*, 35 (5), e21562.
7. McClelland EL & Weyand PG (2022). Sex differences in human running performance: smaller gaps at shorter distances? *Journal of Applied Physiology*, 133 (4), 876-885.
8. Sandbakk O, Solli GS & Holmberg HC (2017). Sex differences in world record performance: the influence of sport discipline and competition duration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13, 1-23.
9. Besson T et al. (2022). Sex differences in endurance running. *Sports Medicine*, 52 (6), 1235-1257.

10. Hanley, B (2016). Pacing, packing and sex-based differences in Olympic and IAAF World Championship marathons. *Journal of Sports Sciences*, 34 (17), 1675-1681.
11. Besson T et al. (2021). Sex differences in neuromuscular fatigue and changes in cost of running after mountain trail races of various distances. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53 (11), 2374-2387.
12. Tiller NB et al. (2021). Do sex differences in physiology confer a female advantage in ultra-endurance sport? *Sports Medicine*, 51 (5), 895-915.
13. Knechtle B, Rosemann T & Rüst CA (2015). Women cross the 'Catalina Channel' faster than men. *Springerplus*, 4, 332.
14. Costello JT, Bieuzen F & Bleakley CM (2014). Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research? *European Journal of Sport Science*, 14 (8), 847-851.
15. Bruinvels G et al. (2017). Sport, exercise and the menstrual cycle: where is the research? *British Journal of Sports Medicine*, 51, 487-488.
16. Diaz-Canestro C & Montero D (2019). Sex dimorphism of VO_2max trainability: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49, 1949-1956.
17. Howden EJ et al. (2015). Females have a blunted cardiovascular response to one year of intensive supervised endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 119 (1), 37-46.