SPORT gericht

De 'ideale' pasfrequentie bij hardlopen is een controversieel onderwerp. Moet je inderdaad mikken op 180 passen per minuut, zoals vaak wordt gepropageerd? Kan een aanpassing van je pasfrequentie je hardlooprestatie verbeteren, of het risico op blessures verminderen? In dit artikel geef ik een overzicht van de laatste wetenschappelijke inzichten.

Wat is de ideale pasfrequentie voor hardlopers?

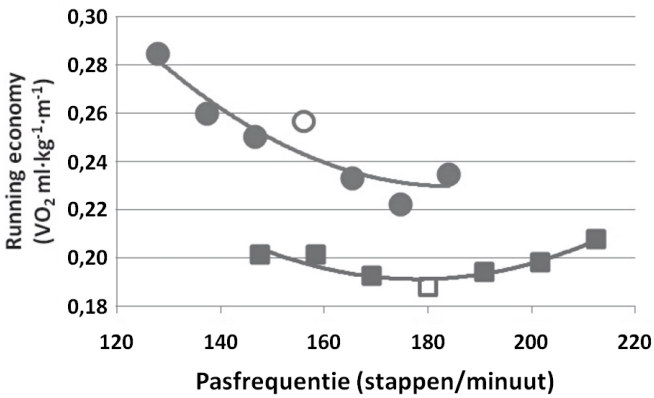
Loek Vossen

De pasfrequentie is het aantal stappen dat een loper per tijdseenheid (meestal minuut) zet tijdens het hardlopen. Door bijvoorbeeld gedurende één minuut te tellen hoe vaak je linkervoet de grond raakt en dat aantal te vermenigvuldigen met twee, weet je direct met welke pasfrequentie je loopt.

$$\text{Pasfrequentie} = \frac{\text{totaal aantal stappen (links + rechts)}}{\text{tijd in minuten}}$$

'Strides'

Veel sporthorloges, mobiele apps en *foot pods* zijn in staat om de pasfrequentie live te meten. Houd er echter wel rekening mee dat sommige technologieën, maar ook wetenschappelijke studies, de pasfrequentie uitdrukken in 'strides' per minuut in plaats van stappen per minuut. Met 'stride' wordt meestal (maar helaas ook weer niet altijd) een volledige cyclus van een linker- plus rechterpas bedoeld. In dit artikel bedoel ik met een pas of stap echter een enkelzijdige stap met het linker- of rechterbeen.



Figuur 1 | Voorbeeld van het zuurstofgebruik (y-as) bij verschillende pasfrequenties (x-as) op een constante loopsnelheid voor een onervaren loper (gesloten cirkel invoegen) en een ervaren loper (gesloten vierkant invoegen). De zelfgekozen voorkeurspasfrequenties zijn aangeduid met de open symbolen (bewerkt overgenomen uit: De Ruiter et al.[1]).

180 passen per minuut?

Zoals Jo de Ruiter en collega's al eerder uitlegden in een *Sportgericht* artikel[1] uit 2012 wordt de ideale (of optimale) pasfrequentie gedefinieerd als de frequentie waarbij de energiekosten bij een bepaalde loopsnelheid het laagst zijn. Let op: deze meest energie-efficiënte pasfrequentie hoeft niet ook de minst blessuregevoelige te zijn; dit onderwerp komt verderop in het artikel aan bod.

Vaak wordt een pasfrequentie van 180 stappen per minuut als 'ideaal' aangeraden. De oorsprong van dit getal ligt ten tijde van de Olympische Spelen van 1984 in Los Angeles, toen hardloopgoeroe Jack Daniels opmerkte dat slechts 1 van de 46 afstandslopers die hij had bestudeerd minder dan 180 stappen per minuut zette. Hij deelde deze observatie in zijn boek Daniels' Running Formula[2], dat nog altijd een van de populairste boeken over hardlooptraining is.

Mede hierdoor komt in menig ander boek, artikel of internetforum over hardlopen vaak nog de '180 stappen per minuut' regel voorbij. Een mythe was geboren. Zowel in de praktijk als in wetenschappelijk onderzoek blijkt echter, dat de door hardlopers gebruikte pasfrequenties er behoorlijk van kunnen afwijken en kunnen varieren tussen de 150 en zelfs meer dan 200 stappen per minuut.

Factoren die de ideale pasfrequentie beïnvloeden

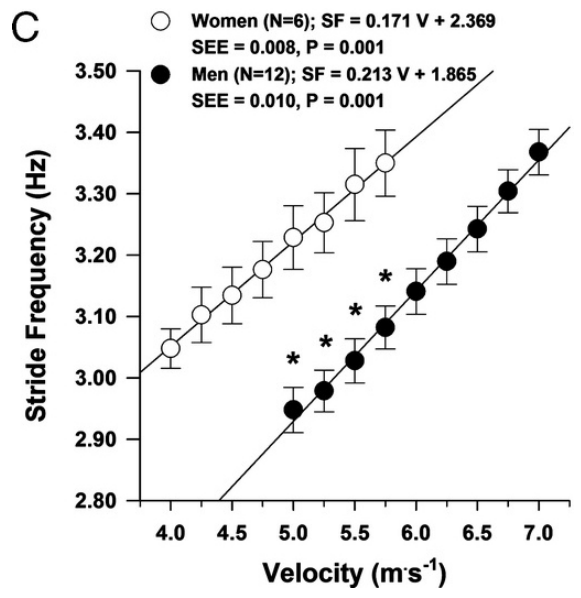
De ideale pasfrequentie is afhankelijk van een aantal factoren:

Loopsnelheid

Dat 180 stappen per minuut niet onder alle omstandigheden en voor iedereen de ideale pasfrequentie kan zijn, wordt snel duidelijk wanneer je bedenkt dat een gemiddelde marathonloper met een snelheid van nog geen 9 km/u rent, terwijl Femke Bol op de 400 meter voorbij snelt met een gemiddelde van bijna 30 km/u. De pasfrequentie wordt dan ook ten eerste beïnvloed door de hardloopsnelheid. Uit onderzoek blijkt dat hardlopers hun pasfrequentie van nature met gemiddeld zes stappen per minuut verhogen bij elke 1 m/s (= 3,6 km/u) die ze harder gaan lopen.[3] Dit zou kunnen verklaren waarom professionele atleten (bijvoorbeeld zoals tijdens de Olympische Spelen van 1984) een hogere zelfgekozen pasfrequentie hebben dan doorsnee hardlopers. Ze rennen nu eenmaal veel harder. Omdat de (ideale) pasfrequentie afhangt van de loopsnelheid, heeft het geen zin om deze te bespreken zonder de bijbehorende snelheid te vermelden.

(Been)lengte

Zoals ook te zien is aan het man-vrouw verschil in gebruikte pasfrequentie in figuur 2, is een andere factor die de pasfrequentie beïnvloedt de lichaamslengte, in het bijzonder de beenlengte. In het algemeen maken langere hardlopers bij eenzelfde loopsnelheid minder passen per minuut. Zo kwam uit onderzoek[3] van de VU, waarbij gebruik werd gemaakt van de Garmin data van 256 hardlopers, naar voren dat atleten - op groepsniveau - voor elke vijf centimeter extra beenlengte per minuut vier stappen minder hoeven te zetten. Uit recent onderzoek[5] bij 138 jeugdige (13,7 ± 2,7 jaar) langeafstandslopers blijkt dat ongeveer 50% van de variatie in de zelfgekozen pasfrequentie verklaard wordt door een combinatie van loopsnelheid en beenlengte. Deze bevindingen pleiten ervoor om - net als in het geval van de loopsnelheid - ook de beenlengte te vermelden wanneer gesproken wordt over de (ideale) pasfrequentie van een hardloper.



Figuur 2 | Elite afstandslopers (mannen ○, vrouwen ●) verhogen hun pasfrequentie naarmate ze sneller gaan lopen. De snelheid (op de x-as) varieert tussen de 4,0 en 7,0 m/s, overeenkomend met 14,4 tot 25,2 km/u. De pasfrequentie (op de y-as) is uitgedrukt in passen per seconde (Hz); 2,80 Hz komt overeen met 168 passen per minuut en 3,50 Hz met 210 passen per minuut.
* Significant verschil tussen mannen en vrouwen op dezelfde loopsnelheid (overgenomen uit: Chapman et al.[4]).

Ervaring, getraindheid en leeftijd

Over de jaren heen blijken hardlopers hun pasfrequentie bij eenzelfde snelheid te verhogen.[6] Ook maken getrainde hardlopers over het algemeen gebruik van een hogere pasfrequentie dan ongetrainde hardlopers, bij dezelfde absolute loopsnelheid en hetzelfde relatieve inspanningsniveau.[1,3] Het eerder in *Sportgericht* gepubliceerde artikel1 maakte duidelijk dat ongetrainde lopers niet alleen een lagere pasfrequentie hebben, maar dat ze ook verder verwijderd zijn van hun ideale pasfrequentie in vergelijking met getrainde atleten. Om op de ideale pasfrequentie uit te komen, dienden de ongetrainde proefpersonen hun pasfrequentie met gemiddeld 14 stappen per minuut te verhogen, aldus het onderzoek. Maar ook de ervaren lopers, die minimaal drie keer per week trainden en meededen aan wedstrijden op regionaal en internationaal niveau, zouden volgens dit onderzoek gemiddeld ruim vijf stappen per minuut extra moeten zetten voor een ideale pasfrequentie. Hieruit volgt dat wellicht elke hardloper beter af is met een (iets) hogere pasfrequentie dan zijn of haar huidige frequentie, maar dat met name beginnende hardlopers hiervan kunnen profiteren.

Naast een indirecte invloed via ervaring en getraindheid (zie hierboven) heeft de leeftijd van een hardloper ook een direct effect op de zelfgekozen pasfrequentie. Ouderen gebruiken tijdens het hardlopen een hogere pasfrequentie dan jongeren. Zo zet een 40-jarige gemiddeld 2,2 stappen per minuut meer dan een 30-jarige bij eenzelfde loopsnelheid, aldus het VU onderzoek op basis van Garmin data.[3] Wanneer we loopsnelheid, beenlengte en hardloopervaring combineren, blijkt 55% van de variatie in zelf-

gekozen pasfrequentie verklaard te worden door deze drie parameters.[5]

Overige factoren

Aanvullend is er nog een aantal andere factoren die van invloed blijken te zijn. Zo verhogen hardlopers hun pasfrequentie automatisch wanneer ze op een loopband rennen.[7] Een stijgend of dalend parcours blijkt daarentegen geen effect te hebben wanneer er gecorrigeerd wordt voor de loopsnelheid.[8] Ook het gebruikte schoeisel kan van invloed zijn op de gekozen pasfrequentie. Zo blijkt uit biomechanische metingen dat het huidige innovatieve schoeisel, met de dikkere zolen (met een maximaal toegestane dikte van 4 cm) en een carbonplaat erin verwerkt, zorgt voor een grotere paslengte en een afname van de pasfrequentie.[9] Logischerwijs kan dit verklaard worden door een toename in effectieve beenlengte, maar het veerkrachtige effect van de zool kan hierbij ook een rol spelen.

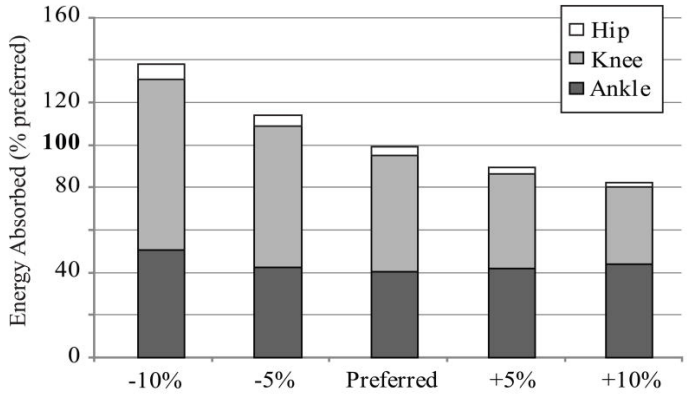
Tot slot blijkt de invloed van vermoeidheid op de gekozen pasfrequentie niet eenduidig. Zo bleken hardlopers hun pasfrequentie met gemiddeld twee stappen per minuut te verlagen wanneer ze een uur lang op een constante, bijna maximale hardloopsnelheid renden[10], maar verhoogden lopers in een ander onderzoek hun pasfrequentie juist met 5% tijdens een 24-urige hardloopsessie.[11] Eventuele aanpassingen in pasfrequentie zijn waarschijnlijk afhankelijk van het type vermoeidheid dat optreedt, al zijn er ook studies die aantonen dat vermoeidheid - zelfs tijdens een ultramarathon van 100 km - geen effect heeft op de pasfrequentie.[12]

Foto: Rob Pauel

Is de ideale pasfrequentie prestatiebepalend?

Tijdens het wereldkampioenschap hardlopen over 100 km van 2016 bleken de deelnemende lopers een zeer uiteenlopende gemiddelde pasfrequentie te hebben. Er waren lopers die gemiddeld 155 stappen per minuut zetten, maar ook lopers die gemiddeld aan 203 stappen per minuut kwamen.[12]

Als er onder toppers zoveel variatie is in pasfrequenties, kan deze dan eigenlijk wel een prestatiebepalende factor zijn? In het eerder in *Sportgericht* gepubliceerde artikel[1] bleek dat ongetrainde hardlopers gemiddeld 3 ml zuurstof per kilogram lichaamsgewicht per kilometer zouden kunnen besparen als ze hun zelfgekozen pasfrequentie zouden verhogen naar de ideale pasfrequentie. Afgaande op hun gemiddelde zuurstofverbruik van 239 ml zuurstof per kilogram lichaamsgewicht per kilometer is dit slechts een marginale winst, al waren er in dit onderzoek ook lopers die ruim 2 tot 4 keer zoveel winst konden boeken. Hoewel ook getrainde lopers volgens het onderzoek winst konden boeken, is dit in de praktijk verwaarloosbaar klein: de ideale pasfrequentie zou gepaard gaan met een verlaging van het zuurstofverbruik van 190 naar 189 ml/kg/km.



Figuur 3 | De knie- en heupbelasting (y-as) neemt af zodra een hardloper met een hogere pasfrequentie loopt (x-as) (overgenomen uit: Heiderscheit et al.[14]).

Invloed van pasfrequentie op blessures

Maar niet alleen het zuurstofverbruik is van belang. Mogelijk levert een verhoging van de pasfrequentie ook winst op vanuit blessurepreventief oogpunt. Sommige biomechanische studies suggereren inderdaad dat het verhogen van de pasfrequentie - bij eenzelfde loopsnelheid - blessures helpt voorkomen, vanwege de afname van de belasting op het lichaam

tijdens elke stap. Musgjerd et al.[13] vonden dat een verhoging van de pasfrequentie met 7,3% leidde tot een verlaging van de mechanische piekkrachten op het lichaam met 5,6%. Deze piekkrachten worden gerelateerd aan blessures als het mediaal tibiaal stress syndroom (MTSS), achillespeestendinopathie, fasciitis plantaris (voetzoolontsteking) en patellofemoraal pijnsyndroom (pijnklachten rond de knieschijf). Zo'n 56% van de recreatieve hardlopers krijgt te maken met dergelijke blessures. Aansluitend suggereert ander onderzoek dat ook de belasting op de knieën (-34%) en de heupen (-40%) verlaagd kan worden door de pasfrequentie met 10% te verhogen.[14] Of dit komt door een verhoogde pasfrequentie of door een verkorte paslengte is niet duidelijk, maar is voor de praktijk waarschijnlijk ook niet van belang.

In een aantal studies is een directe relatie tussen de (verandering in) pasfrequentie en het verminderen of juist het ontstaan van een specifieke blessure bevestigd. Het verhogen van de pasfrequentie met 10% bleek pijnklachten rondom de knieschijf binnen vier weken significant te kunnen verlagen, met een blijvend effect na drie maanden.[15] Hierbij ging het om hardlopers die al minimaal drie maanden last hadden van het patellofemoraal pijnsyndroom en daardoor hun trainingsomvang of -duur moesten aanpassen. Een ander onderzoek[16] liet zien dat hardlopers die met een pasfrequentie onder de 164 stappen per minuut lopen 6,7 keer meer kans hebben om hun scheenbeenblessure te behouden in vergelijking met hardlopers die 174 stappen per minuut zetten. Er zijn echter ook studies waarin geen relatie is gevonden tussen de gebruikte pasfrequentie en het krijgen of vermijden van blessures. Zo volgden Szymanek en collega's[16] 381 hardlopers gedurende negen maanden. Ze ontdekten dat de 16 lopers die geblesseerd raakten geen andere pasfrequentie hadden dan de hardlopers die niet geblesseerd raakten.

De ideale pasfrequentie?

Concluderend ligt de ideale pasfrequentie genuanceerder dan het veel gehoorde advies om 180 stappen per minuut te zetten. Mocht je benieuwd zijn wat, afgaande op het bestaande wetenschappelijk onderzoek, jouw 'ideale' pasfrequentie is op basis van je loopsnelheid en je beenlengte, ga dan door het scannen van de QR-code naar de *calculator* op mijn website.

Muziek

Mocht je je pasfrequentie willen verhogen of verlagen, dan is het luisteren naar muziek tijdens het hardlopen een goede optie. Hardlopers die luisterden naar muziek met een ritme dat 10% hoger was dan hun initiële pasfrequentie, bleken na zes weken hun zelfgekozen pasfrequentie van 165 stappen per minuut met 7,3% verhoogd te hebben.[17] Op Spotify staan verschillende afspeellijsten, zoals *Running Songs 170 bpm*. Hardlopen met een metronoom zorgt voor een vergelijkbare verhoging van de zelfgekozen pasfrequentie.[18] Het voordeel van een metronoom is dat je deze heel precies kunt instellen. Dat kan bijvoorbeeld met een mobiele app, maar er zijn ook sporthorloges met een metronoomfunctie. Het horloge piept of trilt dan op een ingesteld ritme. Sommige horloges kun je ook zo instellen dat ze alleen een signaal afgeven zodra de pasfrequentie te laag is.

Over de auteur

Loek Vossen is bewegingswetenschapper en helpt sporttechnologische bedrijven met hun digitale marketing en educatieve content. Op zijn website www.molab.me schrijft hij geregeld populair-wetenschappelijke blogs. E-mail: info@molab.me.

1. Ruiter J de, Werker W & Zuidema M (2012). Running economy en pasfrequentie. *Sportgericht*, 66 (3), 32-36.
2. Daniels J (1998). *Daniels' running formula.* Human Kinetics.
3. Oeveren BT van et al. (2019). Inter-individual differences in stride frequencies during running obtained from wearable data. *Journal of Sports Sciences*, 37 (17), 1996-2006.
4. Chapman RF et al. (2012). Ground contact time as an indicator of metabolic cost in elite distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44 (5), 917-925.
5. Taylor-Haas JA et al. (2022). Cadence in youth long-distance runners is predicted by leg length and running speed. *Gait & Posture*, 98, 266-270.
6. Nelson RC & Gregor RJ (1976). Biomechanics of distance running: a longitudinal study. *Research Quarterly*, 47 (3), 417-428.
7. Tao H et al. (2019). Spatiotemporal comparison of overground and treadmill running with pressure sensor insoles in division I collegiate runners. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14 (5), 731-739.
8. Vincent HK et al. (2019). Cadence impact on cardiopulmonary, metabolic and biomechanical loading during downhill running. *Gait & Posture*, 71, 186-191.
9. Teeffelen J van (2020). De hardloopschoenrevolutie. *Sportgericht*, 74 (3), 32-35.
10. Hunter I & Smith GA (2007). Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *European Journal of Applied Physiology*, 100 (6), 653-661.
11. Morin JB, Samozino P & Millet GY (2011). Changes in running kinematics, kinetics, and spring-mass behavior over a 24-h run. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (5), 829-836.
12. Burns GT, Zendler JM & Zernicke RF (2019). Step frequency patterns of elite ultramarathon runners during a 100-km road race. *Journal of Applied Physiology*, 126 (2), 462-468.
13. Musgjerd T et al. (2021). Effect of increasing running cadence on peak impact force in an outdoor environment. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16 (4), 1076-1083.
14. Heiderscheit BC et al. (2011). Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (2), 296-302.
15. Bramah C et al. (2019). A 10% increase in step rate improves running kinematics and clinical outcomes in runners with patellofemoral pain at 4 weeks and 3 months. *The American Journal of Sports Medicine*, 47 (14), 3406-3413.
16. Szymanek EB et al. (2020). Is step rate associated with running injury incidence? An observational study with 9- month follow up. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15 (2), 221-228.
17. Sellés-Pérez S et al. (2022). Using musical feedback increases stride frequency in recreational runners. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (7), 3870.
18. Baumgartner J et al. (2019). Increased stride-rate in runners following an independent retraining program: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29 (11), 1789-1796.