SPORT gericht

Het is de nieuwste trend onder professionele duursporters: trainen met een glucosesensor op de bovenarm geplakt. Wat wordt hier gemeten en wat is de meerwaarde van deze informatie voor de sportprestatie?

Bloedglucose bij niet-diabetische sporters

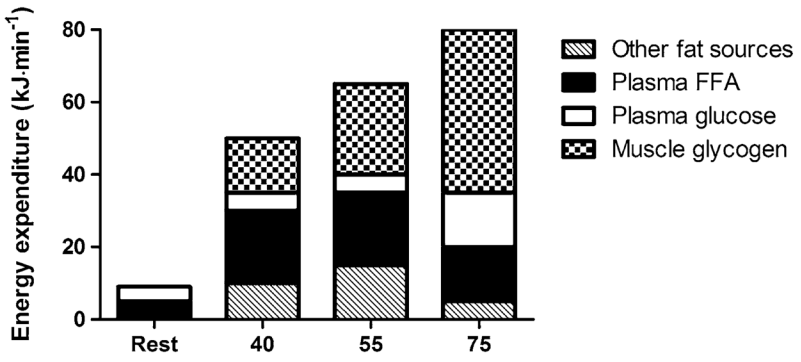
Zijn continue metingen zinvol?

Jurgen van Teeffelen

'Hè, heeft *sub2 marathonman* Eliud Kipchoge diabetes? En kijk, de Noorse triatlonkannibaal Kristian Blummenfelt ook al?' Het waren logische gedachten toen op de sociale media voor het eerst foto's verschenen waarop beide Olympische gouden medaillewinnaars al rennend en zwemmend met een dikke ronde pleister op hun bovenarm te zien waren. Dat deze pleisters inderdaad dezelfde sensoren bevatten als die waarmee mensen met diabetes hun bloedsuikerspiegel controleren, blijkt te kloppen. Alleen hebben Kipchoge en Blummenfelt helemaal geen diabetes. Waarom maken zij, net als bijvoorbeeld viervoudig Tourwinnaar Chris Froome en een aantal wielrenners van Team Jumbo-Visma, dan toch gebruik van dit hulpmiddel?

Voorkeursbrandstof

Het is algemeen bekend dat voor het leveren van veel topsportprestaties glucose en andere suikers (kortom: koolhydraten) de voorkeursbrandstof voor het lichaam zijn.[1,2] Terwijl tijdens laag- tot matig intensieve inspanning (~30-60% van de piek zuurstofopname) spieren nog prima hun energie uit vetverbranding weten te halen, gaat bij een hogere intensiteit de koolhydraatverbranding domineren (zie figuur 1).
Omdat de suikervoorraad in het lichaam - als glycogeen opgeslagen in de lever (~100 gram) en in de spieren zelf (~300-700 gram), plus 4 gram glucose circulerend in het bloed - eindig is en als zodanig voldoende energie kan leveren voor



Figuur 1 | Energieverbruik (y-as, in kJ/min) als functie van de inspanningsintensiteit (x-as, uitgedrukt als percentage van de maximale belasting), met de relatieve bijdrage van plasma glucose en vrije vetzuren, spierglycogeen en andere bronnen van vet (intramusculair plus triglyceriden uit lipoproteïnen). (bron: Cermak & Van Loon[1])

circa anderhalf tot twee uur intensieve inspanning, is het (met name bij langer durende inspanningen) essentieel om de suikerspiegels in het lichaam op peil te houden. Al in 1924 kwamen onderzoekers van Harvard tot dit inzicht toen zij na afloop van de marathon in hun stad (Boston) bij twaalf deelnemers bloed aftapten.[3] Vier van hen bleken een verontrustend lage concentratie glucose in hun bloed te hebben, in de buurt van 2,8 mmol/l. Hun lichamelijke toestand na de finish beschreef hoofdonderzoeker Samuel Levine als 'zorgelijk'. Zo zorgelijk zelfs dat de loper met de laagste glucosespiegel na de race 'buiten bewustzijn en helemaal slap door de politie moest worden weggedragen'. Het stond in schril contrast met winnaar Clarence de Mar, bijgenaamd 'Mr. DeMarathon'. Diens lichamelijke toestand na de race was namelijk prima, net als de glucoseconcentratie in zijn bloed die netjes in de buurt van de als gezond beschouwde 4 mmol/l was gebleven.

Nieuw inzicht

Levine en zijn collega's zagen een gelijkenis tussen deze bevindingen en een eerdere studie die ze op honden hadden gedaan. In de dieren zorgde een daling van de glucosespiegel er namelijk ook voor dat ze slap werden. Bij een forse daling legden ze zelfs het loodje. De onderzoekers suggereerden daarom dat 'tijdens een langdurende en heftige inspanning als een marathon de suikervoorraad in een mens kan opraken en dat het goed zou zijn om vóór en tijdens de wedstrijd suikers en andere koolhydraten in te nemen'. Dit was een heel nieuw inzicht, want in die tijd aten atleten rondom een wedstrijd vooral nog eiwitrijk voedsel, zoals kip, rundvlees en eieren.
Tijdens de Boston marathon het jaar erop namen de onderzoekers de proef op de som. Ze moedigden dezelfde lopers die ze het jaar ervoor onderzocht hadden aan om de dag voor de wedstrijd een koolhydraatrijke maaltijd te nuttigen en tijdens het lopen zelf snoepjes te eten. Na afloop van de race bleken Levine en zijn collega's het bij het rechte eind te hebben gehad. De lopers hadden normale glucosespiegels en ze voelden zich goed. En bijna allemaal liepen ze sneller dan het jaar ervoor.[4]

Man met de hamer

Bijna een eeuw later staan de inzichten van Levine en zijn collega's nog steeds aan de basis van de wetenschap rondom sportvoeding.[1] Wil een sporter een duurinspanning langere tijd kunnen volhouden, dan moet hij ervoor waken dat hij de glycogeenvoorraad niet te vroeg opsoupeert, om zo een daling van zijn bloedglucosespiegel uit te stellen. Wanneer dit niet lukt, is een aanval van vermoeidheid door de bekende 'man met de hamer' onvermijdelijk, zoals eerder in *Sportgericht* beschreven.[5] Door het leeg raken van de glycogeendepots worden de spieren in toenemende mate afhankelijk van de aanvoer van glucose vanuit het bloed. Als hiermee de bloedglucosespiegel teveel daalt, zorgt dit voor een verminderde activiteit van de motor cortex. Ook zullen de spieren in toenemende mate gaan overschakelen op de verbranding van vetten, die in vergelijking tot de 'superbenzine' glucose meer als 'diesel' voor het lichaam worden beschouwd. Per liter zuurstof levert de verbranding van vetzuren namelijk slechts 19,6 kJ aan energie, terwijl dit voor koolhydraten 21,1 kJ is.[5] Het gevolg: de atleet krijgt een waarschuwende tik en moet ruim terugschakelen in zijn intensiteit.

Denken aan koolhydraten

Het devies voor een duursporter is dan ook om aan de koolhydraten te denken. Dit kan zelfs letterlijk effect hebben als de inspanning niet te lang duurt. Wielrenners presteerden beter op een 40 km tijdrit in het laboratorium als ze van tevoren te horen hadden gekregen dat er suiker in hun bidon zat, ook al bleek dat niet zo te zijn.[6] Ook kan de smaak van suiker alleen al genoeg zijn om een sporter op te peppen tot een betere prestatie, zo tonen studies aan waarbij proefpersonen de opdracht kregen hun mond met suikerwater te spoelen en dit vervolgens weer uit te spugen.[7] Ondersteunende f-MRI metingen duiden erop dat specifieke receptoren in de mond reageren op de glucose. Zij sturen vervolgens een signaal naar beloningscentra in de hersenen, waarna de spieren geïnformeerd worden dat er suiker op komst is en zij daar alvast een voorschot op nemen in hun prestatie.[7]
Deze centrale prestatiebevorderende effecten van glucose zijn echter klein en niet eenduidig aangetoond. In de sportpraktijk blijft het daarom vooral zaak om koolhydraten echt in te nemen. Niet alleen voor en na de training of wedstrijd, maar wanneer de inspanning langer dan twee uur duurt, ook tijdens. Vanwege de beperkte opnamecapaciteit van de dunne darm zit hier wel een grens aan. Het betekent dat van de ingenomen glucose maximaal 1,1 gram per minuut door de spieren kan worden ingezet. Daarbovenop kunnen spieren, door de aanwezigheid van aparte fructosetransporters in de dunne darm, ook nog maximaal 0,6 gram fructose per minuut benutten voor de verbranding. Samen levert dit dan een haalbare suikeropname van 90-100 gram per uur op.[1]
Desondanks ligt bij een langdurige inspanning - veelal in combinatie met barre weersomstandigheden - de hongerklop nog steeds op de loer, ook bij professionals. Denk aan Erik Breukink, die in 1989 in de roze trui de Giro erdoor verloor.

Of recenter nog Mathieu van der Poel, die anderhalf jaar geleden tijdens het WK wielrennen in Yorkshire op tien kilometer van de finish plotseling geparkeerd stond. Zou een energiemeter in de vorm van een glucosesensor bij zulke inspanningen een sporter van dienst kunnen zijn?

Diabeteshulpmiddel

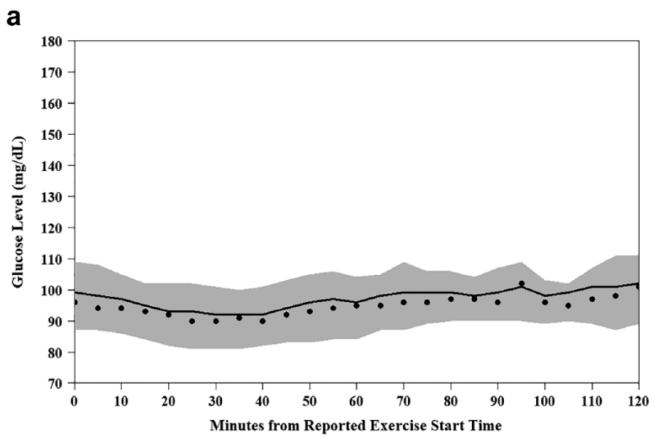
Aan het begin van deze eeuw werd voor mensen met diabetes het 'continue glucose monitoring' (CGM) systeem geïntroduceerd. Een flexibel dun naaldje wordt onderhuids ingebracht en vastgeplakt op de huid. In de interstitiële ruimte wordt enzymatisch de glucoseconcentratie gemeten, omgezet naar een stroomsignaal en (vandaag de dag) draadloos doorgegeven aan een app. Afhankelijk van het systeem wordt elke minuut tot elk kwartier informatie over de glucosespiegel gedeeld.[8]
Voor een diabeet is het grote voordeel van dit systeem dat hij zichzelf niet meer hoeft te prikken. Maar hij moet wel in zijn achterhoofd houden dat het gemeten getal niet één op één te vertalen is naar de glucoseconcentratie in het bloed.[9]
Sowieso lijkt de accuratesse van het CGM systeem in diabeten af te nemen tijdens inspanning.[10,11] Een recent standpunt van een grote mondiale groep diabetesonderzoekers omtrent het gebruik van het systeem tijdens het sporten waarschuwt voor een gemiddelde afwijking van de gemeten glucosewaarde ten opzichte van de echte waarde in het bloed van 14%.[12]

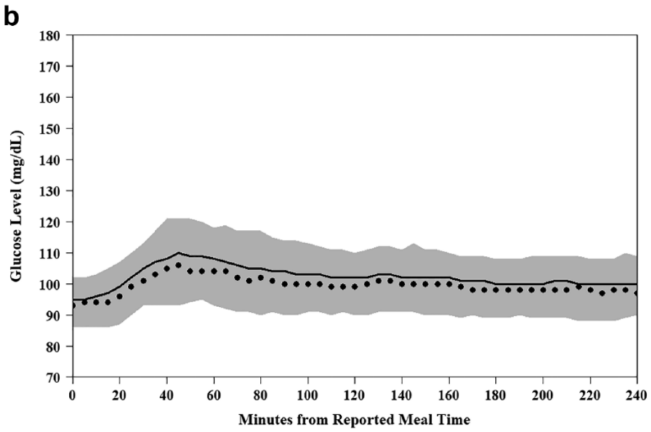
Homeostase

Terwijl het belang van zicht houden op de bloedglucosespiegel voor een diabeet helder is - te hoge concentraties (hyperglycemie) zijn op termijn schadelijk voor bloedvaten en zenuwen en een hypoglycaemie ('hypo') kan tot sufheid of erger leiden - kent een niet-diabeet deze zorgen niet. De regulatie van de bloedglucosespiegel naar een constante waarde van rond de 5 mmol/l is een strak en robuust systeem onder supervisie van het autonome zenuwstelsel en hormonen als insuline en glucagon.[13] Stijgt de spiegel na een koolhydraatrijke maaltijd, dan komt insuline in actie; daalt de spiegel, dan zorgt glucagon voor een herstel van de homeostase. En gaan we sporten, dan weet het systeem de bloedsuikerspiegel adequaat te handhaven, ondanks een tienvoudige toename in de verbranding van koolhydraten.[13] Dit dankzij een nauwkeurige afgifte van glucose vanuit de lever, al dan niet geholpen door de extra aanvoer van tijdens de inspanning ingenomen suikers.
Recent gepubliceerde CGM metingen in 153 gezonde mensen laten dit ook zien.[14] Tien dagen lang kregen de proefpersonen de sensor in hun buik geprikt en noteerden zij de tijdstippen waarop er gesport of gegeten werd. Zoals in figuur 2a te zien is, daalde de glucosespiegel tijdens inspanning gemiddeld genomen met slechts 0,8 mmol/l; er was geen verschil tussen krachttraining of duurinspanning. Zoals verwacht was de piek na het eten iets groter (~2 mmol/l, zie figuur 2b), maar werd deze ook snel weer weggewerkt.

Elite sporters

Ondanks de kritische noot dat - net als in diabeten - de CGM meting tijdens inspanning in gezonde mensen serieus kan afwijken van de echte bloedglucosewaarde[15], komen de patronen overeen met de verwachte tekstboekplaatjes





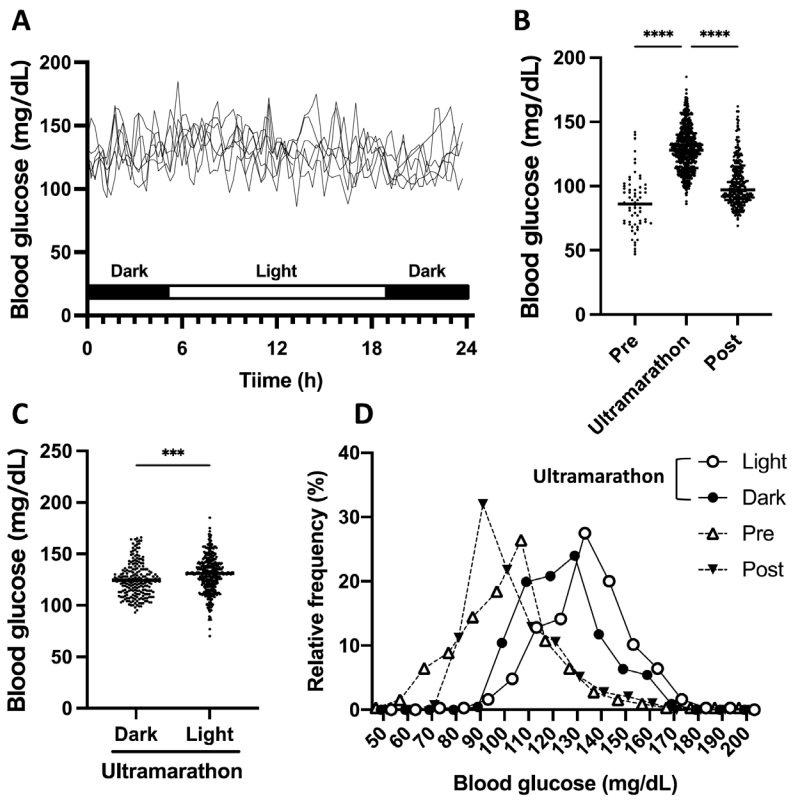
Figuur 2a | Glucoseconcentratie gedurende twee uur (in mg/dl; voor omrekening naar mmol/l moet de waarde vermenigvuldigd worden met 0,0555) tijdens inspanning (totaal van 451 sportsessies).

Figuur 2b | Glucoseconcentratie gedurende vier uur na inname van een maaltijd (totaal van 306 eetmomenten). Zwarte lijnen laten het gemiddelde zien, zwarte punten de mediaan, en de grijze band de interkwartielafstand. (bron: DuBose et al.)[14]

van gezonde mensen. Maar wel van mensen die sport als een hobby zien, geen toppers. Bovendien zijn het gemiddelden; zoals de interkwartielafstand in figuur 2 (grijze band) aangeeft, reageert niet iedereen op eenzelfde manier.
Dat het lichaam van getrainde elite sporters net even anders in elkaar steekt, kwam al naar voren in een eerdere *Sportgericht* bijdrage.[16] Zweedse onderzoekers bekeken met CGM twee weken lang het 24-uurs glucoseprofiel in een groep van 15 professionele duursporters en 12 niet-sporters. Terwijl het gemiddelde tussen de groepen niet verschilde, kenden de topsporters langere periodes waarin de glucoseconcentratie boven de 8 en onder de 4 mmol/l lag. Volgens de onderzoekers een teken van een verminderde glucoseregulatie als gevolg van overbelaste mitochondriën.[16]
De spaarzame CGM data die momenteel gepubliceerd zijn laten zien dat de ene elite sporter een andere glucosehuishouding heeft dan de andere. Het gaat om Japans onderzoek onder enkele ultramarathonlopers. Terwijl 'loper A' tijdens een 100 kilometerwedstrijd minder koolhydraten innam dan 'loper B', liep de laatste na 80 kilometer toch tegen een serieuze hongerklop aan, zoals te zien was in een scherpe daling van zijn glucosespiegel.[17] Een grote variatie in koolhydraatinname en glucosespiegels was er ook bij zeven deelnemers aan een 160 kilometerwedstrijd; gemiddeld genomen nam de glucoseconcentratie in de zeven toe van ~5,8 naar ~9,1 mmol/l.[18]

Schommelingen

Opvallende variaties in de individuele glucosespiegel tijdens inspanning zijn ook duidelijk af te lezen aan de CGM data in figuur 3. Deze werden verzameld bij een deelneemster aan een ultramarathon waar ze 155,7 uur over deed.[19]
Luc van Loon, hoogleraar fysiologie van inspanning aan de Universiteit Maastricht, verbaast zich niks over deze variaties: 'Los van de vertraging in de meting omdat je nou eenmaal in het interstitium meet, weerspiegelt een verandering in de concentratie van glucose in het bloed niks anders dan een tijdelijke disbalans tussen enerzijds de flux van glucose vanuit de lever en anderzijds de opname in de spier. En omdat bij sporters de lever snel reageert wanneer glucose vrijgemaakt wordt, verwacht ik bij hen vaker een spike in het signaal. Vergelijk een topsporter met een Ferrari en een bankzitter met een Citroën 2CV. Wanneer ze zich beiden aan een bepaalde snelheid moeten houden, heeft de Ferrari daar de meeste moeite mee omdat een lichte druk op het gaspedaal al een enorme snelheidsboost geeft. Het gevolg is meer schommelingen. Wanneer je in een sporter dan ook nog elke minuut zijn glucosespiegel gaat bepalen, pik je logischerwijs die schommelingen nog vaker op. In diabeten wordt er daarom voor gekozen om de waarde over een langere periode te nemen en waar nodig te filteren, zodat ze niet bij elke spike insuline gaan spuiten. Ik neem aan dat ook het signaal voor de sporters nog gefilterd wordt, maar hoe ze dat precies doen, dat weet je vaak niet.'



Figuur 3 | Glucosefluctuaties (gemeten met CGM) binnen één sporter tijdens een zevendaagse ultramarathon. A. Dagelijkse patronen; elke lijn representeert een andere dag. B. Individuele CGM data voor, tijdens, en na de wedstrijd. C. Individuele data punten tijdens de nacht en overdag. D. Histogram van CGM fluctuaties voor, tijdens (dag en nacht) en na de ultramarathon. *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$. (bron: Ishihara K et al.)[19]

Locatie

Door het lokale karakter van de CGM meting hangt het er logischerwijs ook nog vanaf waar de

Interview met Armand Bettonviel, high performance expert voeding bij NOC*NSF

'In 2020 ben ik door het bedrijf Abbott benaderd of ik interesse had om bij mijn atleten glucose te meten. De vraag is voor mij dan allereerst wat deze meting ons kan brengen. Ik zag CGM als een bruikbare tool om de biochemische puzzel, die elke atleet is, verder te leren begrijpen. Want wat ik wil weten is: "Als ik dit doe bij mijn atleten, wat gebeurt er dan in hun lichaam?". Met CGM hoopte ik dat op het vlak van glucose te kunnen zien.
Aan Eliud Kipchoge heb ik uitgelegd dat ik de eerste maanden alleen maar naar het glucosesignaal ging kijken en verder niks zou aanpassen. Het heeft een week of vier geduurd voordat ik begreep wat ik zag. Toen ben ik pas een gericht protocol bij hem gaan testen. Dit deed ik tijdens drie vaste trainingen: op de baan, tijdens de fartlektraining en tijdens de lange duurloop. De vraag die ik wilde beantwoorden was: "Wat gebeurt er als ik Eliud wel of niet voeding aanbied, hoe effectief reageert zijn lijf op nuchter trainen en hoe effectief op de suppletie van koolhydraten?" De ene keer trainde hij daarom nuchter, de andere keer niet. Bij dit laatste ging ik ook nog variëren met de samenstelling van de voeding zelf.
Tijdens de NN mission marathon op het vliegveld van Twente (18 april 2021) heeft Eliud de sensor voor het eerst tijdens een wedstrijd gedragen en kon ik monitoren wat er precies in zijn lijf gebeurt tijdens een race. Pas daarna ben ik met hem gaan zitten en hebben we samen alle resultaten besproken. Het heeft uiteindelijk een stukje van de puzzel opgeleverd om zijn voedingsprotocol te *finetunen*, onder andere tijdens de Olympische marathon in Tokio. Uiteraard ken ik de bezwaren van de CGM meting. Nee, bij Eliud heb ik nog geen bloedmonsters genomen om ze naast de CGM getallen te leggen, maar dit staat wel op de planning. Ik kijk ook niet naar de losse piekjes, maar naar het overall plaatje. Dat vergelijk ik bovendien met wat Eliud zelf rapporteert over hoe comfortabel hij zich tijdens een training of wedstrijd voelt. Eliud is een atleet die namelijk echt alles voelt. Ik herinner me dat hij na de race in Monza (waar Kipchoge zijn eerste sub2 poging waagde, maar niet slaagde, JvT) aangaf dat het drinkpunt niet ideaal was omdat het op een verhoging lag. Terwijl Nike er op basis van de informatie die zij verzameld hadden van overtuigd was dat het vlak was, bleek bij nadere inspectie dat Eliud het gewoon bij het rechte eind had.
De glucosepatch lieten we twee weken bij Eliud zitten, daarna moest die vervangen worden. We hebben de patch soms op zijn linkerarm en soms op zijn rechterarm geplakt. Tussen die twee locaties zag ik nauwelijks verschil. Het is zoals met ferritine of vitamine D metingen in het bloed: die kun je niet klakkeloos overnemen voor elke persoon, maar moet je leren interpreteren. Dit geldt ook voor CGM data.
Ik ben nu met CGM metingen bezig bij een andere Keniaanse atleet en daar zie ik totaal iets anders dan bij Eliud. Het lijkt erop dat het drinkprotocol en de samenstelling ervan op deze loper een heel ander effect heeft. Het laat zien dat de biochemische processen die in de wetenschappelijke literatuur zijn onderzocht en uitgetekend, bij elke topatleet net weer even een ander verloop kennen. Ik vergelijk het graag met het mengpaneel van een dj: daar gaat tijdens het optreden ook niet ieder schuifje één voor één omhoog, ze veranderen allemaal iets.'

'CGM heeft me geholpen om de biochemische puzzel van Eliud Kipchoge verder te begrijpen'

sensor geplaatst is, en of de dichtst bijliggende spiergroep actief is of niet. Van Loon: 'Ik verwacht bij wielrenners bijvoorbeeld meer hyperglycemische pieken in de armen dan in de benen. Als de beenspieren aan het werk zijn, gaat de lever meer glucose afgeven aan het bloed. De armen krijgen dit verhoogde aanbod ook, maar zij zullen als het ware zeggen: "Die glucose, die hoeven we niet hier". De benen daarentegen willen die glucose maar al te graag. Maar of dit zich vertaalt in een lager glucosesignaal hangt er weer vanaf in hoeverre het aanbod matcht met het verbruik in de beenspieren. Je weet dus nooit precies wat er aan de hand is. Ik zie meteen een goed experiment voor me: op beide armen en benen een CGM en dan signalen verzamelen tijdens inspanning van 1) alleen de armen, 2) alleen de benen of 3) het hele lijf.'

Verbod

Voor de internationale wielerunie UCI is het al een uitgemaakte zaak: de continue glucosemeting zorgt voor ongelijkheid in de koers en een 'Formule 1-achtige' stijl van wielrennen. Gebruik van het CGM systeem tijdens wedstrijden op de fiets is dan ook verboden. Het lijkt een voorbarig besluit, want er zijn gerede twijfels over de accuraatheid van de meting tijdens inspanning, terwijl de glucoseconcentratie in het bloed zelf überhaupt weinig zegt over de beschikbaarheid van koolhydraten in het lichaam. De huidige glucosesensor gedraagt zich daarom bij lange na nog niet als een betrouwbare energiemeter van het lichaam. Het betekent dat de huidige CGM metingen in sporters niet eenvoudig te interpreteren zijn. Wie zich eraan wil wagen, moet vooral van puzzelen houden (zie kader).

Over de auteur

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

1. Cermak NM & Loon LJ van (2013). The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Medicine*, 43 (11), 1139-1155.
2. Hargreaves M & Spriet LL (2020). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, 2, 817-828.
3. Levine SA et al. (1924). Some changes in the chemical constituents of the blood following a marathon race: with special reference to the development of hypoglycemia. *Journal of the American Medical Association*, 82 (22), 1778-1779.
4. Gordon B et al. (1925). Sugar content of the blood in runners following a marathon race with special reference to the prevention of hypoglyemia: further observations. *Journal of the American Medical Association*, 85 (7), 508-509.
5. Burgerhout W (2018). Visies op vermoeidheid. Deel 3: Perifere factoren - vermoeidheid op spierniveau. *Sportgericht*, 72 (1), 12-17.
6. Clark VR et al. (2000). Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (9), 1642-1647.
7. Chambers ES, Bridge MW & Jones DA (2009). Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *Journal of Physiology*, 587 (8), 1779-1794.
8. Galindo RJ & Aleppo G (2020). Continuous glucose monitoring: The achievement of 100 years of innovation in diabetes technology. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 170, 108502.
9. Freckmann G et al. (2013). Performance evaluation of three continuous glucose monitoring systems: comparison of six sensors per subject in parallel. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 7 (4), 842-853.
10. Muñoz Fabra E et al. (2021). A comprehensive review of continuous glucose monitoring accuracy during exercise periods. *Sensors (Basel)*, 21 (2), 479.
11. Moser O, Yardley JE & Bracken RM (2018). Interstitial glucose and physical exercise in type 1 diabetes: Integrative physiology, technology, and the gap in-between. *Nutrients*, 10, 93.
12. Moser O et al. (2020). Glucose management for exercise using continuous glucose monitoring (CGM) and intermittently scanned CGM (isCGM) systems in type 1 diabetes: position statement of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and of the International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) endorsed by JDRF and supported by the American Diabetes Association (ADA). *Diabetologia*, 63, 2501-2520.
13. Wasserman DH (2009). Four grams of glucose. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 296 (1), E11-21.
14. DuBose SN et al. (2021). Effect of exercise and meals on continuous glucose monitor data in healthy individuals without diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 15 (3), 593-599.
15. Clavel P et al. (2022). Concurrent validity of a continuous glucose monitoring system at rest, during and following a high-intensity interval training session. *International Journal of Sports Physiology and Performance* (in voorbereiding).
16. Teeffelen J van (2021). De keerzijde van te veel trainen: overbelaste mitochondriën. *Sportgericht*, 75 (3), 24.
17. Sengoku Y et al. (2015). Continuous glucose monitoring during a 100-km race: a case study in an elite ultramarathon runner. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10 (1), 124-127.
18. Ishihara K et al. (2020). Application of continuous glucose monitoring for assessment of individual carbohydrate requirement during ultramarathon race. *Nutrients*, 12 (4), 1121.
19. Ishihara K et al. (2021). Contribution of solid food to achieve individual nutritional requirement during a continuous 438 km mountain ultramarathon in female athlete. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 5153.

(advertentie)