

Nutriënten voor vitale spieren

Het optimaal functioneren van (skelet)spieren wordt mede bepaald door een goede voedingsstatus. Spieren moeten in korte tijd een grote hoeveelheid mechanische energie kunnen leveren en ondervinden dan een sterke toename van oxidatieve stress. Een tekort aan essentiële voedingsstoffen kan tot een scala van spierklachten leiden. Vijf belangrijke nutriënten voor de spierwerking zijn magnesium, l-carnitine, co-enzym Q10, MSM en vitamine D.

Voor de opbouw, de energiestofwisseling en de antioxidant verdediging van spierweefsel is een aantal nutriënten onmisbaar. Een tekort aan één ervan kan leiden tot snellere spiervermoeidheid, spierpijn, spierzwakte, een grotere kans op blessures of vallen, een vertraagd herstel na intensieve belasting en toegenomen spieraftbraak (sarcopenie) met het ouder worden.

Spierkramp, restless legs en blessures

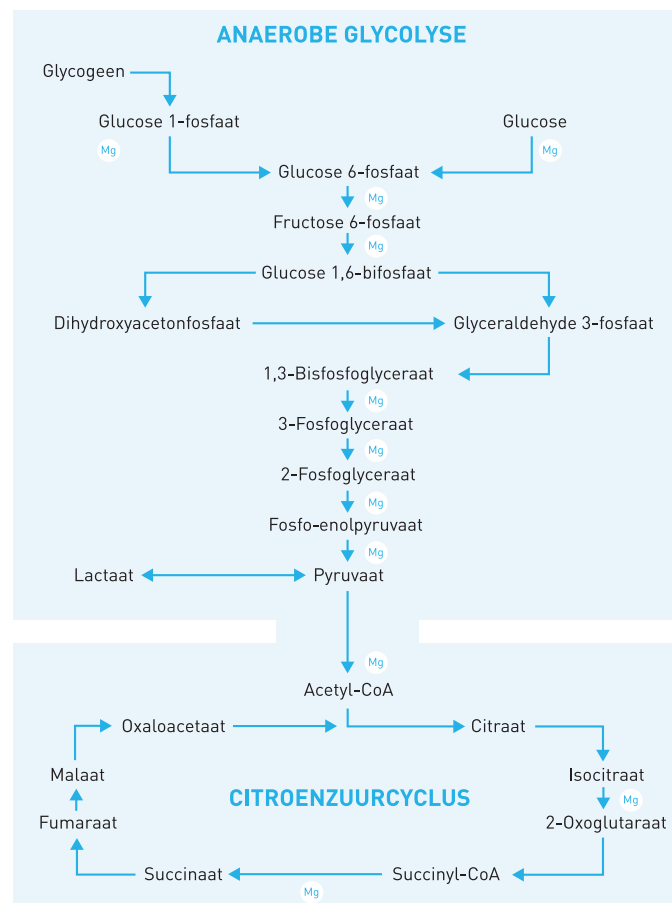
Spierklachten gaan meestal over pijn, vermoeidheid of kramp. Door inspanning of een ongebruikelijke beweging kan er ook schade aan een spier(groep) ontstaan. De sportblessure is berucht. Vooral oudere mensen worden makkelijk geplaagd door het verschijnsel restless legs; hun benen bewegen onwillekeurig en dat gaat vaak ten koste van nachtrust. Bij elk van deze klachten kan sprake zijn van magnesiumtekort. Spierweefsel heeft een hoog magnesiumgehalte. Magnesium is betrokken bij meer dan driehonderd enzymatische reacties in het lichaam. In spieren is magnesium onder meer van belang voor het energiemetabolisme (vorming en mobilisering creatinefosfaat, glycolyse, vetzuuroxidatie, stabiliseren van ATP), de eiwitsynthese en daarmee spieropbouw, spierontspanning, zenuwgeleiding en doorbloeding van het weefsel⁽¹⁾. Suppletie met magnesium – totale magnesiuminname uit voeding en suppletie van 8 mg per kg lichaamsgewicht – verbetert, net als chroom en zink, de spierkracht en het uithoudingsvermogen bij mensen met een niet-optimale inname van deze mineralen^(1,2). Sport, vooral duursport, leidt tot méér verbruik en verlies van magnesium via urine en zweet; dit wordt de dagen erna gecompenseerd, mits de magnesiuminname voldoende is. Extra magnesium kan dan zinvol zijn.

Een goede magnesiumstatus zorgt voor een efficiënte verbranding van koolhydraten en vetzuren tijdens inspanning; de opgenomen zuurstof wordt efficiënt benut voor de ATP-synthese en de lactaatproductie is beperkt. Een magnesiumtekort leidt bij spieractiviteit tot toename van het energie- en zuurstofverbruik door gedeeltelijke ontkoppeling van oxidatieve fosforylering in de mitochondriën; er is meer energie nodig voor dezelfde prestatie en het uithoudingsvermogen daalt. De hartslag en ademhalingsintensiteit nemen sterker toe tijdens inspanning en er komen meer zuurstofradicalen vrij in de mitochondriale stofwisseling met een toename van oxidatieve stress.

De gestegen lactaatproductie en een minder goede doorbloeding van het spierweefsel leiden tot snellere verzuring en kramp. Magnesium wordt aangedragen als middel om dit tegen te gaan. Echter, op dit moment zijn er nog geen grote interventiestudies beschikbaar die de werkzaamheid bevestigen. Magnesiumtekort heeft een negatieve invloed op spierkracht en conditie, bovendien neemt de kans op blessures toe. In rust kunnen de spieren te gespannen zijn of ongecontroleerd samentrekken; magnesium controleert de afgifte van acetylcholine in de zenuwen. Bij een negatieve magnesiumbalans daalt het magnesiumgehalte in skeletspieren eerder dan in serum en rode bloedcellen⁽³⁾.

COPD en vermoeidheid

Vrijwel iedereen kent het verschil tussen prettig vermoeide spieren en onaangename spiermoeheid. Na een gezonde



Afbeelding 1 Het belang van magnesium bij de anaerobe glycolyse

inspanning voelen armen en benen 'lekker loom' aan. COPD-patiënten (Chronic Obstructive Pulmonary Disease), die met elkaar gemeen hebben dat ze moeilijk ademen vanwege een chronische vernauwing van de ademhalingswegen, ervaren spiervermoeidheid heel anders. Zij kunnen slechts korte tijd een betrekkelijke inspanning leveren en zijn dan opgebrand. Gecombineerd met lichamelijke training kan carnitine de prestaties van COPD-patiënten verbeteren. L-carnitine, in kleine hoeveelheden aanwezig in (rood) vlees en zuivel, is een conditioneel essentiële voedingsstof. De aanmaak van L-carnitine vindt plaats in lever, nieren en hersenen, maar neemt vanaf het twintigste levensjaar geleidelijk af.

Carnitine wordt gevormd uit het aminozuur lysine. Betrokken bij deze synthese zijn S-adenosylmethionine, vitamine C, ijzer, vitamine B₆ en vitamine B₃. Circa 95% van alle carnitine concentreert zich in hart- en skeletspierweefsel; weefsels die voor hun energievoorziening (grotendeels) afhankelijk zijn van de bèta-oxidatie van vetzuren. Carnitine wordt door spiercellen uit het bloed opgenomen via actief transport dat wordt gestimuleerd door insuline. Carnitine vervult een essentiële rol in de vetzuuroxidatie; het zorgt voor het transport van langeketenvetzuren langs het binnenmembraan van mitochondriën. Daarnaast verwijdert carnitine overtollige vrije vetzuren (acetyl- en acylverbindingen) uit de mitochondriën. Carnitine ondersteunt de opbouw van mitochondriale membranen (het verhoogt de spiegel van cardiolipine, een mitochondriale fosfolipide) en helpt bij het op peil houden van belangrijke eiwitten en lipiden in mitochondriën. Daarnaast is carnitine belangrijk voor de insulinegevoeligheid van (spier)weefsel.

Wanneer het carnitinegehalte in spierweefsel te laag is, is de bèta-oxidatie van vetzuren in mitochondriën onvoldoende om in de energiebehoefte van spierweefsel te voorzien, waardoor spierkracht en uithoudingsvermogen dalen en vermoeidheid optreedt. Dit is het geval bij aangeboren afwijkingen van het carnitinemetabolisme met myopathie, spierkramp na inspanning, snelle spiervermoeidheid en vetstapeling in spiercellen. De spiercarnitinespiegel kan (sterk) verlaagd zijn bij ouderen en bij vegetariërs. Maar een lage spiegel kan ook samenhangen met een tekort aan nutriënten die voor de biosynthese van carnitine nodig zijn; bij nierdialyse, etalagebenen, chronisch vermoeidheidssyndroom, AIDS, leverziekten en hartaandoeningen als hartfalen en angina. De gebruikelijke therapeutische dosis is 1 - 4 g carnitine per dag ⁽⁴⁾. Bij oudere patiënten met matige tot ernstige COPD verbeterde carnitinesuppletie (2 g per dag) de conditie van de ademhalingspijnen en het uithoudingsvermogen als aanvulling op conditietraining ⁽⁵⁾. De lactaatspiegel bij inspanning (oorzaak van verzuring) daalde significant; bovendien waren bloeddruk en hartritme lager en was de maximale loopafstand gedurende zes minuten toegenomen, vergeleken met placebo.

Carnitine houdt mitochondriën jong

Of carnitinesuppletie prestatieverbeterend werkt als de spiercarnitinespiegel normaal is, wordt betwist. In een studie had carnitinesuppletie (4 g per dag gedurende drie maanden) geen effect op het spiercarnitinegehalte, de spierkracht en de conditie van jonge, gezonde proefpersonen; wel stegen de plasma- en urincarnitinespiegel significant. In een andere studie werd echter wel aangetoond dat carnitine een suprafysiologisch (conditie-verhogend) effect heeft en de vetzuuroxidatie bij tien gezonde volwassenen zonder carnitinetekort verbetert (3 g per dag gedurende tien dagen) ⁽⁶⁾. Training zorgt voor toename van het aantal mitochondriën en daarmee het carnitine gehalte in de spiercel; het is denkbaar dat mensen die intensief trainen baat hebben bij carnitinesuppletie als aanvulling op de lichaamseigen synthese. Bovendien zorgt carnitinesuppletie (2 - 3 g per dag) voor minder pijnlijke, vermoeide en gevoelige spieren na (excentrische) belasting en een sneller herstel, vooral bij mensen met een slechte conditie ⁽⁷⁾. Het werkingsmechanisme is onbekend; mogelijk heeft het te maken met het vaatverwijdende effect van carnitine. Carnitine heeft een verjongend effect op de celstofwisseling en energieproductie en gaat het aftakelingsproces van mitochondriën tegen, vooral in combinatie met alfa-liponzuur. Dit is in dieronderzoek aangetoond ⁽⁸⁾. Alfa-liponzuur beschermt het mitochondriale membraan tegen zuurstofradicalen die bij de energiestofwisseling vrijkomen en stimuleert de glucoseopname en glucoseverbranding in spiercellen. Andere synergisten van carnitine zijn co-enzym Q10, vitamine C, nicotinamide, riboflavine en pantotheenzuur.

Degeneratieve ziekten en schade door duursport

Oudere mensen en patiënten met ernstige ziekten zoals degeneratieve spier- of zenuwziekten, laten een lage serumspiegel co-enzym Q10 zien. Suppletie komt de spieren met de hoogste energiebehoefte ten goede. Ook duursporters hebben baat bij aanvulling van co-enzym Q10. Spiervezels hebben te lijden onder oxidatieve stress en stijging van de intracellulaire calciumspiegel door (duur) training; co-enzym Q10 voorkomt oxidatieve beschadiging en zorgt dat het celmembraan niet verhoogd doorlaatbaar wordt voor calcium. Het vetoplosbare co-enzym Q10 is net als carnitine een conditioneel essentiële voedingsstof; de cel maakt co-enzym Q10 uit tyrosine (of fenylalanine) en mevalonaat. De synthese daalt geleidelijk na het twintigste jaar, met de sterkste afname in spierweefsel; daarnaast is de Q10-spiegel verlaagd bij het gebruik van statines en bij verschillende ziekten, zoals kanker, cardiomyopathie, degeneratieve spierziekten, neurodegeneratieve ziekten en het chronisch vermoeidheidssyndroom ⁽⁹⁾. Aanvulling met co-enzym Q10 is alleen mogelijk via supplementen; vermoedelijk is minimaal 100 mg per dag nodig om de serumspiegel van co-enzym Q10 significant te verhogen en duurt het enige tijd voordat co-enzym Q10 in de weefsels is opgenomen ⁽¹⁰⁾. Co-enzym Q10 is in hoge concentraties aanwezig in weefsels met een hoge energiebehoefte zoals

het hart en de skeletspieren. Het concentreert zich vooral in het binnenmembraan van mitochondriën, waar het als cofactor elektronen transporteert van complex 1 en 2 naar complex 3 in de ademhalingsketen. Daarnaast heeft de stof een membraanstabilerende werking, fungeert het als antioxidant en recyclet het andere antioxidanten (vitamine C, vitamine E). Co-enzym Q10 reguleert de genexpressie in spiercellen, gaat apoptose tegen en houdt het spierweefsel jong door mitochondriën te beschermen tegen oxidatieve beschadigingen het energiemetabolisme te ondersteunen⁽⁹⁻¹¹⁾.

Een groep ouderen gebruikte vier weken 300 mg co-enzym Q10 per dag alvorens een heupoperatie te ondergaan. Uit onderzoek van quadricepsbiopten bleek dat het spierweefsel van de supplementgroep vergeleken met de placebogroep significant meer (snelle, krachtige) type-IIb-vezels bevatte en naar verhouding minder (langzame) type-I-vezels zoals bij ouderen gebruikelijk is. Het spierweefsel leek meer op dat van jongere mensen. Supplement met co-enzym Q10 leidt, vooral bij mensen met een verlaagde co-enzym Q10-status, tot verbetering van het energiemetabolisme en toename van spierkracht en zuurstofconsumptie. Daarnaast beschermt co-enzym Q10 het spierweefsel tegen (acute) trainingsgeïnduceerde beschadiging⁽¹²⁾. Herhaaldelijke spiercontracties leiden tot beschadiging van spiervezels waardoor spierspecifieke eiwitten – creatinekinase, lactaatdehydrogenase – in de bloedcirculatie komen. Uit dierenonderzoek is gebleken dat co-enzym Q10 deze trainingsgeïnduceerde stijging van serum eiwitten voorkomt.

Spierpijnen, RSI en ontstekingen

Spierpijn die gepaard gaat met een ontsteking kan heel goed bestreden worden met de organische zwavelverbinding MSM (methylsulfonylmethaan). Zwavel, als belangrijk structureel bestanddeel van alle typen bindweefsel, bevordert de soepelheid en sterkte van spierweefsel. MSM komt in kleine hoeveelheden in voedsel voor. Het wordt als supplement veelvuldig ingezet bij pijn, irritatie en ontsteking van het bewegingsapparaat: artritis, artrose, lage rugpijn, spierkramp, spierpijn, sportblessures, RSI, fibromyalgie, tendinitis, bursitis en carpaaltunnelsyndroom^(13, 14). De artsen en MSM-pioniers Jacob en Lawrence zien dat MSM helpt bij pijnlijke, gespannen en beschadigde spieren en het herstel bespoedigt. MSM heeft vermoedelijk een ontstekingsremmende werking en remt pijnprikkels langs zenuwvezels; daarnaast zorgt het voor spierontspanning en verbetert het de celmembraanpermeabiliteit en doorbloeding van geïrriteerd en ontstoken spierweefsel. Zwavel is onderdeel van co-enzym A, een essentiële stof in de citroenzuurcyclus.

MSM is een goed alternatief voor reguliere pijnstillers en kan zowel korte als langere tijd worden ingenomen. Bij acute spierkramp wordt geadviseerd iedere vier uur 1 - 1,5 g MSM in te nemen tot de klachten verminderd zijn. Bij chronische

klachten is een dosis van 1 - 3 g per dag gebruikelijk. Indien nodig wordt de dosis geleidelijk opgebouwd. Niet ongebruikelijk zijn doses van 20 - 30 g per dag. MSM wordt ook wel preventief ingenomen om spierpijn en spierkramp door sport te voorkomen. Wetenschappelijk onderzoek met MSM richt zich vooral op pijnbestrijding bij (osteo)artritis. In een pilot studie (vijftig proefpersonen, leeftijd 40 tot 76 jaar) is aangetoond dat supplement met 6 g MSM per dag gedurende twaalf weken pijn en bewegingsbeperking door (knie)osteoartritis significant vermindert⁽¹⁵⁾. MSM vermindert pijn en ontsteking van het bewegingsapparaat nog beter in combinatie met glucosamine (zie ook I-GLU).

Niet-specifieke pijn in het bewegingsapparaat

In een Amerikaanse studie werden 150 patiënten (kinderen, volwassenen) met aanhoudende, niet-specifieke pijn in het bewegingsapparaat getest. Van hen had 93% een te lage serumcalcidiolspiegel⁽¹⁶⁾. Deze studie leert dat mensen met aanhoudende onverklaarde pijn van het bewegingsapparaat moeten worden getest op vitamine D. Klassieke risicogroepen voor een tekort aan vitamine D zijn ouderen, chronisch zieken, gesluierde vrouwen en mensen met een getinte huidskleur. Toch komt een niet-optimale vitamine D-status veel wijdverbreider voor dan we meestal denken. Spierweefsel bezit vitamine D-receptoren: vitamine D is in spierweefsel nodig voor het calcium- en fosfaattransport, het fosfolipidenmetabolisme en de regulatie van celdeling en -differentiatie. Uit onderzoek is gebleken dat de spierfunctie optimaal is bij een serumcalcidiolspiegel boven circa 60 - 90 nmol/l per liter. Dit betekent dat de huidige aanbevelingen voor vitamine-D supplementie ontoereikend zijn voor een optimale spierfunctie⁽¹⁷⁾.

Een vitamine D-tekort veroorzaakt bij jong en oud verlies aan spierkracht, (diffuse) spierpijn, een slechte balans en coördinatie en snelle vermoeidheid. Ouderen kunnen klagen over een zwaar gevoel in de benen; ze hebben moeite met traplopen, opstaan uit een stoel en ze hebben meer kans op vallen. Pijn in gewrichten en botten, paresthesie en lage rugpijn zijn eveneens signalen van een vitamine D-tekort. Opmerkelijk is dat supplement met (actieve) vitamine D bij ouderen zorgt voor toename van het percentage (snelle) type-II-vezels in spierweefsel⁽¹⁸⁾. Deze snel reagerende, sterke spiervezels worden het eerst aangesproken om in balans te blijven en niet te vallen. Het optimaliseren van de vitamine D-status leidt tot verbetering van spierkracht, spiermassa en spierfunctie. Sarcopenie (verlies aan spiermassa en spierfunctie vanaf vijftig jaar) is vermoedelijk mede te wijten aan een slechte vitamine D-status. Waarschijnlijk nóg belangrijker is de (levenslange) oxidatieve belasting van spierweefsel. Ouderen doen er goed aan voldoende te bewegen om in conditie te blijven en sarcopenie en osteoporose tegen te gaan. Zij zijn daarnaast gebaat bij supplement met anti-oxidanten zoals alfaliponzuur, co-enzym Q10, vitamine E en vitamine C.

Het spierweefsel heeft immers te maken met zowel leeftijdsgerelateerde afname van de antioxidantverdediging als leeftijdsgerelateerde toename van oxidatieve stress. Spiertraining verhoogt de opname van voor spieren bedoelde voedingssupplementen.

17. Hollis, B.W., Circulating 25-Hydroxyvitamin D Levels Indicative of Vitamin D Sufficiency: Implications for Establishing a New Effective Dietary Intake Recommendation for Vitamin D. *The Journal of Nutrition*, 2005. 135(2): p. 317-322.
18. Montero-Odasso, M. and G. Duque, Vitamin D in the aging musculoskeletal system: An authentic strength preserving hormone. *Molecular Aspects of Medicine*, 2005. 26(3): p. 203-219.

Referenties

1. Lukaski, H.C., Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, 2004. 20(7â€“8): p. 632-644.
2. Lukaski, H.C., Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. *Am J Clin Nutr*, 2000. 72(2 Suppl): p. 585S-93S.
3. Lukaski, H.C. and F.H. Nielsen, Dietary Magnesium Depletion Affects Metabolic Responses during Submaximal Exercise in Postmenopausal Women. *The Journal of Nutrition*, 2002. 132(5): p. 930-935.
4. Kelly, G.S., L-Carnitine: therapeutic applications of a conditionally-essential amino acid. *Altern Med Rev*, 1998. 3(5): p. 345-60.
5. Borghi-Silva, A., et al., L-carnitine as an ergogenic aid for patients with chronic obstructive pulmonary disease submitted to whole-body and respiratory muscle training programs. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2006. 39: p. 465-474.
6. Muller, D.M., et al., Effects of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adults. *Metabolism*, 2002. 51(11): p. 1389-91.
7. Volek, J.S., et al., L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2002. 282(2): p. E474-82.
8. Kumaran, S., et al., Age-associated deficit of mitochondrial oxidative phosphorylation in skeletal muscle: Role of carnitine and lipoic acid. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 2005. 280(1-2): p. 83-89.
9. Linnane, A.W., et al., Human Aging and Global Function of Coenzyme Q10. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2002. 959(1): p. 396-411.
10. Kwong, L.K., et al., Effects of coenzyme Q10 administration on its tissue concentrations, mitochondrial oxidant generation, and oxidative stress in the rat. *Free Radical Biology and Medicine*, 2002. 33(5): p. 627-638.
11. Linnane, A., G. Kopsidas, and C. Zhang, Cellular Redox Activity of Coenzyme Q 10 : Effect of CoQ 10 Supplementation on Human Skeletal Muscle. *Free Radical Research*, 2002. 36(4): p. 445-453.
12. Shimomura, Y., et al., Protective effect of coenzyme Q10 on exercise-induced muscular injury. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 1991. 176(1): p. 349-355.
13. Jacob, S. and Appleton, MSM The Definitive Guide: a comprehensive review of the science and therapeutics of methylsulfonylmethane. 2003: Freedom Press.
14. Jacob, S. and J. Appleton, Chronic Pain Syndromes. *Alternative and Complementary Therapies*, 2003. 9(2): p. 86-88.
15. Kim, L.S., et al., Efficacy of methylsulfonylmethane (MSM) in osteoarthritis pain of the knee: a pilot clinical trial. *Osteoarthritis Cartilage*, 2006. 14(3): p. 286-94.
16. Plotnikoff, G.A. and J.M. Quigley, Prevalence of Severe Hypovitaminosis D in Patients With Persistent, Nonspecific Musculoskeletal Pain. *Mayo Clinic Proceedings*, 2003. 78(12): p. 1463-1470.