

Factsheet herstelmethode

Juni 2024

Topsporters gebruiken vaak herstelmethode met het idee weer sneller op topniveau te kunnen presteren na intensieve inspanning. In deze factsheet lees je meer over het effect van veelgebruikte herstelmethode – massages, (koud)waterbaden, compressiekleding, lichttherapie en meer – op zowel herstel als adaptatie.

Herstel en adaptatie

Herstel en adaptatie zijn twee verschillende processen. Herstel is een veelzijdig proces dat zowel fysieke als mentale aspecten omvat en zorgt ervoor dat het lichaam weer in balans komt na vermoeidheid door inspanning [1]. Er zijn verschillende maten voor herstel:

- *Prestatie.* De belangrijkste zijn prestatie-maten, zoals sprint- en sprongtesten, om het functioneel herstel van sporters te meten. Na een intensieve inspanning kan de prestatie tijdelijk achteruitgaan. Wanneer sporters volledig hersteld zijn, bereiken ze weer hun oorspronkelijke prestatieniveau.
- *Fysiologie.* Ook zijn er fysiologische maten die inzicht geven in het lichamelijke herstel van sporters. Tijdens intensieve inspanning ontstaan kleine scheurtjes in spiervezels, wat leidt tot ontstekingsreacties. Hierbij komen stoffen vrij in het bloed, zoals creatinekinase en myoglobine (markers van spierschade) en C-actief proteïne (CRP) en interleukinen (ontstekingsmarkers). Sporters die beter hersteld zijn, hebben over het algemeen lagere waarden van deze markers in hun bloed.
- *Perceptie.* Tot slot zijn er perceptuele maten die ingaan op hoe sporters zich voelen. Spierpijn en vermoeidheid zijn voorbeelden van deze maten. Een probleem met perceptuele maten is dat ze sterk gevoelig zijn voor het placebo-effect. Door simpelweg te geloven in een herstelmethode kunnen sporters zich namelijk ook beter voelen, ook als er geen werkzame componenten zijn. Bij onderzoek naar herstelmethode kan een placebo-effect moeilijk worden uitgesloten, omdat sporters merken of ze in een koudwaterbad zitten, compressiekousen dragen of een massage krijgen.

Hoewel sporters er vaak naar streven om zo snel mogelijk te herstellen na intensieve inspanning, zijn de spierschade, ontstekingsreacties en bijbehorende vermoeidheid niet per definitie slecht. Ze stimuleren namelijk het lichaam om zich aan te passen en sterker te worden bij herhaalde trainingsprikkel [1]. Afhankelijk van de situatie is het daarom belangrijk om een afweging te maken tussen het bevorderen van het herstel op de korte termijn en het streven naar adaptatie om het prestatieniveau op de lange termijn te verbeteren.



Herstelmethoden

Thermische methoden

Koudwaterbad

Bij een koudwaterbad dompelen sporters zich na inspanning gedurende 10 tot 20 minuten onder in koud water met een temperatuur tussen de 8 tot 15 graden Celsius.

- *Prestatie.* Een koudwaterbad heeft geen eenduidig effect op het herstel van de prestatie.
- *Fysiologie.* Het leidt ook niet tot minder spierschade en ontstekingsreacties – op basis van bijvoorbeeld creatinekinase en C-reactief proteïne (CRP) – of een versnelde afvoer van lactaat in vergelijking met andere herstellvormen.
- *Perceptie.* Sporters ervaren wel minder spierpijn en vermoeidheid in de dagen na een koudwaterbad. Ook hebben sporters het gevoel sneller te herstellen.
- *Adaptatie.* Een koudwaterbad kan de spiereiwitsynthese remmen, waardoor de adaptatie kan achterblijven. Tijdens een trainingsperiode wordt het daarom afgeraden om regelmatig een koudwaterbad te nemen.

**Het nemen van een koudwaterbad kan wel een goede koelmethode zijn wanneer een sporter oververhit is geraakt na inspanning in de hitte. Meer over deze en andere koelmethode lees je in de factsheet koelen.*

Cryotherapie

Bij cryotherapie stellen sporters zich bloot aan extreme kou (-110 tot -190 graden Celsius). Deze temperaturen worden bereikt door het verdampen van vloeibare stikstof in een kamer, cabine of vat.

- *Prestatie.* Cryotherapie heeft geen effect op het herstel van de prestatie.
- *Fysiologie.* Het leidt ook niet consequent tot minder spierschade -op basis van creatinekinase en myoglobine- en ontstekingsreacties.
- *Perceptie.* Sporters ervaren wel minder spierpijn en vermoeidheid in de uren en dagen erna.
- *Adaptatie.* Het effect op adaptatie is amper onderzocht, maar doordat een koudwaterbad de adaptatie kan remmen bestaat er voor cryotherapie hetzelfde risico. Daarom moeten sporters oppassen met deze herstelmethode tijdens een trainingsperiode.

Warmwaterbad

Bij een warmwaterbad zitten sporters in water met een temperatuur rond de 38-40 graden Celsius.

- *Prestatie.* Een warmwaterbad heeft geen effect op het herstel van de prestatie [2-5].
- *Fysiologie.* Het leidt ook niet tot minder spierschade (creatinekinase) en ontstekingsreacties (CRP en interleukine-6) [3,4].
- *Perceptie.* Ook ervaren sporters evenveel spierpijn in de eerste uren en dagen als sporters die niets doen na inspanning [3,4].
- *Adaptatie.* Een warmwaterbad hindert waarschijnlijk niet de trainingsadaptatie [6], waardoor sporters gerust een warm bad kunnen nemen na inspanning.

Wisselbad

In een wisselbad, een vorm van contrasttherapie, zitten sporters enkele minuten afwisselend in koude en warme baden.

- *Prestatie.* Een wisselbad heeft geen eenduidig effect op het herstel van de prestatie.
- *Fysiologie.* Het leidt ook niet consequent tot minder spierschade (creatinekinase) en ontstekingsreacties (interleukine-6) [3].
- *Perceptie.* Sporters ervaren wel minder spierpijn, maar niet minder vermoeidheid na een wisselbad [3]. Het effect van een wisselbad op spierpijn is kleiner dan na een koudwaterbad [3,7].
- *Adaptatie.* Het is onbekend of een wisselbad invloed heeft op de adaptatie [8].

Sauna

In een sauna stellen sporters zich bloot aan een temperatuur die veelal varieert tussen de 70 tot 100 graden Celsius.

- *Prestatie.* Een sauna bevordert waarschijnlijk niet het herstel van de prestatie. Het is zelfs een extra belasting voor het lichaam, waardoor het risico bestaat dat een sauna het herstel van sporters op de korte termijn hindert [9].

- *Fysiologie.* Er zijn geen aanwijzingen dat een sauna na inspanning leidt tot minder spierschade of ontstekingsreacties. Voor herstel van de hartslag en snellere afvoer van lactaat is geen verbetering aangetoond [9].
- *Perceptie.* Ook voelen sporters zich na een sauna net zo vermoeid als zonder sauna [9].
- *Adaptatie.* Een sauna na inspanning kan helpen bij het wennen aan de warmte, oftewel acclimeren, en zal waarschijnlijk niet de adaptatie hinderen.

Compressie

Luchtcompressie

Compressie houdt in dat een sporter externe druk uitoefent op zijn of haar ledematen met bijvoorbeeld mouwen of laarzen met luchtkamers. Dit kan ook gecombineerd worden met kou, waarbij koude lucht de kamers instroomt.

- *Prestatie.* Luchtcompressie heeft geen effect op het herstel van de prestatie [10-24]. Ook niet in combinatie met kou; onderzoekers zien geen verschil in gemiddeld geleverd vermogen met of zonder compressie.
- *Fysiologie.* Ook op spierniveau is geen sneller herstel aantoonbaar. Indicatoren van spierschade en ontstekingsreacties, zoals creatinekinase en myoglobine, zijn vergelijkbaar met of zonder compressie [11-14,20,22]. Voor cardiovasculair herstel, zoals hartslag, en bloedlactaat is ook geen eenduidige verbetering aangetoond [12-16,18,21,22,24]. Ook voor compressie gecombineerd met kou zijn er geen fysiologische verbeteringen in het herstel zichtbaar.
- *Perceptie.* Sporters voelen zich na compressie even vermoeid als bij andere herstelmethode[n] [10,17,19,23], en spierpijn en pijntolerantie blijven onveranderd.
- *Adaptatie.* Het effect van luchtcompressie op adaptatie is niet onderzocht, maar het is onwaarschijnlijk dat het de adaptatie hindert omdat er geen veranderingen optreden op spierniveau.

Compressiekleding

Compressiekleding is strakke kleding die ontworpen is om druk uit te oefenen op specifieke delen van het lichaam, zoals compressiekousen voor de benen.

- *Prestatie.* Compressiekleding kan het herstel van een duurprestatie bevorderen, maar helpt waarschijnlijk niet voor het herstel van explosieve sportprestaties, zoals springen of sprinten [25]. Op het herstel van kracht is er geen eenduidig effect van compressiekleding zichtbaar [25,26].
 - *Fysiologie.* Voor objectieve indicatoren van spierschade en ontstekingsreacties, zoals creatinekinase, interleukine-6 en C-reactief proteïne (CRP), is geen eenduidige verbetering van het herstel zichtbaar [25].
 - *Perceptie.* Sporters ervaren wel minder spierpijn na het dragen van compressiekleding tijdens herstel [25].
- Adaptatie.* Het is onwaarschijnlijk dat compressiekleding de trainingsadaptatie hindert.

Mechanische methoden

Massage

Een massage is het kneden van spieren en zacht weefsel door een gekwalificeerde professional [27].

- *Prestatie.* Een massage heeft geen effect op het herstel van kracht, sprong- of sprintprestatie en uithoudingsvermogen [27].
- *Fysiologie.* Het kan wel leiden tot lagere niveaus van objectieve markers van spierschade en ontstekingsreacties, zoals creatinekinase en interleukine-6 [3,28].
- *Perceptie.* Ook ervaren sporters minder spierpijn na een massage [3,27]. De resultaten over het effect van massage op de ervaren vermoeidheid zijn tegenstrijdig [3,27].
- *Adaptatie.* Het is onbekend of een massage de adaptatie hindert. Omdat een massage de spierschade en ontstekingsreacties mogelijk kan remmen, is voorzichtigheid geboden bij het regelmatig toepassen van massages tijdens een periode van trainingsopbouw.

Foam rollen

Met een foam roller kunnen sporters zelf hun spieren masseren.

- *Prestatie.* Foam rollen heeft geen effect op het herstel van kracht, sprong- en sprintprestatie [29].
- *Fysiologie.* Het is niet bekend of foam rollen invloed heeft op objectieve indicatoren van spierschade en ontstekingsreacties.
- *Perceptie.* Sporters ervaren wel minder spierpijn na foam rollen [29].
- *Adaptatie.* Het is onbekend of foam rollen de adaptatie hindert.

Rekken

Sporters rekken regelmatig uit als onderdeel van een cooling-down.

- *Prestatie.* Rekken heeft geen effect op het herstel van kracht [30].
- *Fysiologie.* Er zijn ook geen aanwijzingen dat het leidt tot minder spierschade of ontstekingsreacties.
- *Perceptie.* Ook ervaren sporters in de eerste dagen evenveel spierpijn als sporters die niet rekken.
- *Adaptatie.* Rekken heeft geen effect op de adaptatie.

Trillingstherapie

Er zijn twee vormen van trillingstherapie. Bij *local vibration therapy* krijgen sporters trillingen rechtstreeks op een specifiek deel van het lichaam, zoals een spier of pees, terwijl bij *whole-body therapy* sporters hun hele lichaam blootstellen aan trillingen, meestal door te staan of te zitten op een trillend platform. Er zijn weinig studies naar trillingstherapie als herstelmethode en de beschikbare resultaten zijn vaak tegenstrijdig.

- *Prestatie.* Trillingstherapie bevordert waarschijnlijk niet het herstel van kracht of de sportprestatie [31-37].
- *Fysiologie.* Het leidt mogelijk wel tot lagere niveaus van een objectieve marker van spierschade, creatinekinase [38].
- *Perceptie.* Ook ervaren sporters mogelijk minder spierpijn na trillingstherapie [38].
- *Adaptatie.* Het is onbekend of trillingstherapie de adaptatie hindert.

Actief herstel

Bij actief herstel bewegen sporters op lage intensiteit na inspanning.

- *Prestatie.* Actief herstel helpt niet bij het herstel van de sportprestatie in de daaropvolgende uren of volgende dag [39]. Er zijn zelfs aanwijzingen dat het de prestatie later diezelfde dag hindert. Dat geldt ook voor de daaropvolgende prestatie wanneer de rustperiode kort is (bijvoorbeeld <6 minuten), al zijn er enkele studies die wel voordelige effecten van actief herstel laten zien voor prestaties op de korte termijn [40].
- *Fysiologie.* Er is geen eenduidig effect op het herstel van spierschade en ontstekingsreacties, zoals creatinekinase.
- *Perceptie.* Het zorgt waarschijnlijk ook niet voor minder spierpijn of stijfheid.
- *Adaptatie.* Actief herstel hindert niet de adaptatie en kan het zelfs mogelijk verbeteren, omdat sporters zich langer inspannen.

Lichttherapie

Bij lichttherapie stellen sporters zich bloot aan specifieke golflengten van licht, meestal rood en bijna-infrarood licht. Er zijn weinig studies naar lichttherapie als herstelmethode en de beschikbare resultaten zijn vaak tegenstrijdig.

- *Prestatie.* Er zijn veel tegenstrijdige resultaten, en er ontbreekt momenteel overtuigend bewijs dat lichttherapie het herstel van de sportprestatie bevordert [41-44].
- *Fysiologie.* Ook voor objectieve indicatoren voor spierschade en ontstekingsreacties, zoals creatinekinase en interleukinen, zijn de resultaten tegenstrijdig.
- *Perceptie.* Het effect van lichttherapie of perceptuele maten van herstel, zoals ervaren spierpijn en vermoeidheid, is ook niet eenduidig.
- *Adaptatie.* Het is onbekend welk effect lichttherapie op de adaptatie heeft.

Neuromusculaire elektrische stimulatie

Bij neuromusculaire elektrische stimulatie (NMES) wordt stroom door het spierweefsel geleid via elektroden op de huid, waardoor spieren afwisselend aanspannen en ontspannen. Hierdoor neemt de doorbloeding in de spieren toe. Er is weinig onderzoek naar NMES als methode om het herstel na inspanning te bevorderen. Ook lopen de gebruikte protocollen uiteen wat betreft plaatsing van de elektroden, frequentie en intensiteit van de stroom en duur van de toepassing [52-55].

- *Prestatie.* Uit het beschikbare onderzoek blijkt er geen eenduidig effect van NMES op het herstel van prestaties [52-55].
- *Fysiologie.* Ook op spierniveau is geen eenduidig effect zichtbaar; indicatoren van spierschade, zoals creatinekinase, en bloedlactaat, zijn vergelijkbaar met of zonder NMES.
- *Perceptie.* Na NMES ervaren sporters wel minder spierpijn [52-55].
- *Adaptatie.* Het is onbekend of NMES de adaptatie beïnvloedt.

Hyperbare zuurstoftherapie

Hyperbare zuurstoftherapie is een medische behandeling waarbij mensen onder verhoogde omgevingsdruk 100 procent zuurstof inademen.

- *Prestatie.* Sporters die deze methode toepassen na inspanning bevorderen daarmee niet hun herstel van de sportprestatie [56].
- *Fysiologie.* Er is ook geen verbetering in herstel zichtbaar op basis van indicatoren voor spierschade en ontstekingsreacties, zoals creatinekinase, en evenmin op basis van bloedlactaat en hormonen zoals cortisol en testosteron [56].
- *Perceptie.* Sporters voelen zich na hyperbare zuurstoftherapie even vermoeid als zonder het gebruik van deze methode [56].
- *Adaptatie.* Het niet bekend of hyperbare zuurstoftherapie de adaptatie hindert, maar dat lijkt onwaarschijnlijk op basis van het bestaande onderzoek.

Antioxidanten

Antioxidanten zijn stoffen die beschermen tegen celschade en komen voor in diverse voedingsmiddelen zoals fruit, groenten en noten.

- *Prestatie.* Er lijkt een positief effect van verschillende antioxidanten op het herstel van sportprestaties [57-61].
- *Fysiologie.* De spierschade en ontstekingsreactie lijken, afgaande op markers zoals creatinekinase en interleukine-6, minder te zijn [57,60,62].
- *Perceptie.* Sporters ervaren bovendien minder spierpijn en vermoeidheid. *Adaptatie.* Hoewel antioxidanten het kortetermijnherstel kunnen ondersteunen, kunnen hoge doses antioxidanten adaptatie op de lange termijn hinderen [63]. Overleg met een voedingspecialist wordt daarom aangeraden voor gebruik.

Tot slot

Voor de meeste herstelmethode is er weinig wetenschappelijk bewijs dat ze de prestatie of het lichamelijke herstel van sporters bevorderen in de uren of dagen erna. Onderzoekers rapporteren met name positieve effecten op perceptuele/subjectieve maten van herstel, zoals spierpijn en vermoeidheid, die gevoelig zijn voor het placebo-effect. Om het herstelproces te bevorderen na inspanning kunnen sporters zich beter focussen op goede voeding, met name koolhydraten en eiwitten. Hiervan is bekend dat ze energievoorraden aanvullen en opgelopen spierschade herstellen. Daarnaast is voldoende slaap een bewezen methode om het herstelproces te bevorderen.

Als sporters toch herstelmethode willen toepassen, is het belangrijk om een afweging te maken tussen herstel op de korte termijn en adaptatie op de lange termijn. Tijdens een toernooi waar sporters snel weer optimaal moeten presteren, kunnen bepaalde herstelmethode wellicht enige ondersteuning bieden. Tijdens een periode van trainingsopbouw moeten sporters echter voorzichtig zijn met herstelmethode die de adaptatie kunnen belemmeren, zoals een koudwaterbad, cryotherapie of hoge dosis antioxidanten.

Met medewerking van Inge van Schouwenburg, Bas van Hooren en Willem-Paul Wiertz.

Auteur

Nikki Kolman

Bronnen

- [1] Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018 Feb 1;13(2):240-245.
- [2] Chaillou T, Treigyte V, Mosely S, Brazaitis M, Venckunas T, Cheng AJ. Functional impact of post-exercise cooling and heating on recovery and training adaptations: application to resistance, endurance, and sprint exercise. *Sports Med Open*. 2022;8(1):37.
- [3] Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2018 Apr 26;9:403.
- [4] Jackman JS, Bell PG, Van Someren K, Gondek MB, Hills FA, Wilson LJ, Cockburn E. Effect of hot water immersion on acute physiological responses following resistance exercise. *Front Physiol*. 2023 Jul 5;14:1213733.
- [5] Versey NG, Halson SL, Dawson BT. Water immersion recovery for athletes: effect on exercise performance and practical recommendations. *Sports Med*. 2013 Nov;43(11):1101-30.
- [6] Fuchs CJ, Smeets JSJ, Senden JM, Zorenc AH, Goessens JPB, van Marken Lichtenbelt WD, Verdijk LB, van Loon LJC. Hot-water immersion does not increase postprandial muscle protein synthesis rates during recovery from resistance-type exercise in healthy, young males. *J Appl Physiol* (1985). 2020 Apr 1;128(4):1012-1022.
- [7] Moore E, Fuller JT, Bellenger CR et al. Effects of Cold-Water Immersion Compared with Other Recovery Modalities on Athletic Performance Following Acute Strenuous Exercise in Physically Active Participants: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Sports Med*. 2023 Mar;53(3):687-705.
- [8] Hyldahl RD, Peake JM. Combining cooling or heating applications with exercise training to enhance performance and muscle adaptations. *J Appl Physiol* (1985). 2020 Aug 1;129(2):353-365.
- [9] Skorski S, Schimpchen J, Pfeiffer M, Ferrauti A, Kellmann M, Meyer T. Effects of Postexercise Sauna Bathing on Recovery of Swim Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019 Dec 22;15(7):934-940.
- [10] Chan YY, Yim YM, Bercades D, Cheng TT, Ngo KL, Lo KK (2016). Comparison of different cryotherapy recovery methods in elite junior cyclists. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2016;25:17-23.
- [11] Cochrane DJ, Booker HR, Mundel T, Barnes MJ. Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise? *Int J Sports Med*. 2013;34:969-974.
- [12] Collins R, McGrath D, Horner K, Eusebi S, Ditroilo M. Effect of external counterpulsation on exercise recovery in team sport athletes. *Int J Sports Med*. 2019;40:511-518.
- [13] Haun CT, Roberts MD, Romero MA et al. Does external pneumatic compression treatment between bouts of overreaching resistance training sessions exert differential effects on molecular signaling and performance-related variables compared to passive recovery? An exploratory study. *PLoS One*. 2017;12:e0180429.
- [14] Haun CT, Roberts MD, Romero MA et al. Concomitant external pneumatic compression treatment with consecutive days of high intensity interval training reduces markers of proteolysis. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117:2587-2600.
- [15] Heapy AM, Hoffman MD, Verhagen HH et al. A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running – an extended study. *Res Sports Med*. 2018;26:354-364.
- [16] Hoffman MD, Badowski N, Chin J, Stuempfle KJ. A randomized controlled trial of massage and pneumatic compression for ultramarathon recovery. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016;46:320-326.
- [17] Martin JS, Friedenreich ZD, Borges AR, Roberts MD. Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *J Strength Cond Res*. 2015;29:2900-2906.
- [18] Northey JM, Rattray B, Argus CK, Etxebarria N, Driller MW. Vascular occlusion and sequential compression for recovery after resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2016;30:533-539.
- [19] Overmayer RG, Driller MW. Pneumatic compression fails to improve performance recovery in trained cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13:490-495.
- [20] Roberts LA, Caia J, James LP, Scott TJ, Kelly VG. Effects of External Counterpulsation on Postexercise Recovery in Elite Rugby League Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019 Nov 1;14(10):1350-1356.

- [21] Sands WA, McNeal JR, Murray SR, Stone MH. Dynamic Compression Enhances Pressure-to-Pain Threshold in Elite Athlete Recovery: Exploratory Study. *J Strength Cond Res.* 2015 May;29(5):1263-72.
- [22] Valenzuela PL, Montalvo Z, Torrontegi E, Sánchez-Martínez G, Lucia A, de la Villa P. Enhanced External Counterpulsation and Recovery From a Plyometric Exercise Bout. *Clin J Sport Med.* 2020 Jul;30(4):416-419.
- [23] Valenzuela PL, Sánchez-Martínez G, Torrontegi E, Montalvo Z, Lucia A, de la Villa P. Enhanced External Counterpulsation and Short-Term Recovery From High-Intensity Interval Training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018 Sep 1;13(8):1100-1106.
- [24] Winke M, Williamson S. Comparison of a Pneumatic Compression Device to a Compression Garment During Recovery from DOMS. *Int J Exerc Sci.* 2018 May 1;11(3):375-383.
- [25] Leabeater AJ, James L, Driller M. Tight margins: Compression garment use during exercise and recovery—A systematic review. *Textiles.* 2022;2(3):395-421.
- [26] Leabeater A, Vickery-Howe D, Perrett C, James L, Middleton K, Driller M. Evaluating the effect of sports compression tights on balance, sprinting, jumping and change of direction tasks. *Sports Biomech.* 2024 Jan 8:1-17.
- [27] Davis HL, Alabed S, Chico TJA. Effect of sports massage on performance and recovery: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020 May 7;6(1):e000614.
- [28] Guo J, Li L, Gong Y, Zhu R, Xu J, Zou J, Chen X. Massage Alleviates Delayed Onset Muscle Soreness after Strenuous Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2017 Sep 27;8:747.
- [29] Wiewelhoeve T, Döweling A, Schneider C, Hottenrott L, Meyer T, Kellmann M, Pfeiffer M, Ferrauti A. A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Front Physiol.* 2019 Apr 9;10:376.
- [30] Afonso J, Clemente FM, Nakamura FY, Morouço P, Sarmento H, Inman RA et al. The Effectiveness of Post-exercise Stretching in Short-Term and Delayed Recovery of Strength, Range of Motion and Delayed Onset Muscle Soreness: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Front Physiol.* 2021 May 5;12:677581.
- [31] Carrasco L, Sañudo B, de Hoyo M, Pradas F, Da Silva ME. Effectiveness of low-frequency vibration recovery method on blood lactate removal, muscle contractile properties and on time to exhaustion during cycling at VO_2 max power output. *Eur J Appl Physiol.* 2011 Sep;111(9):2271-9.
- [32] Christie AD, Miller NR. Tendon vibration does not alter recovery time following fatigue. *Med Sci Sports Exerc.* 2015 May;47(5):931-6.
- [33] Cochrane DJ. Effectiveness of using wearable vibration therapy to alleviate muscle soreness. *Eur J Appl Physiol.* 2017 Mar;117(3):501-509.
- [34] Edge J, Mündel T, Weir K, Cochrane DJ. The effects of acute whole body vibration as a recovery modality following high-intensity interval training in well-trained, middle-aged runners. *Eur J Appl Physiol.* 2009 Feb;105(3):421-8.
- [35] Fuller JT, Thomson RL, Howe PR, Buckley JD. Vibration Therapy Is No More Effective Than the Standard Practice of Massage and Stretching for Promoting Recovery From Muscle Damage After Eccentric Exercise. *Clin J Sport Med.* 2015 Jul;25(4):332-7.
- [36] Timon R, Tejero J, Brazo-Sayavera J, Crespo C, Olcina G. Effects of whole-body vibration after eccentric exercise on muscle soreness and muscle strength recovery. *J Phys Ther Sci.* 2016 Jun;28(6):1781-5.
- [37] Manimmanakorn N, Ross JJ, Manimmanakorn A, Lucas SJ, Hamlin MJ. Effect of whole-body vibration therapy on performance recovery. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015 Apr;10(3):388-95.
- [38] Lu X, Wang Y, Lu J, You Y, Zhang L, Zhu D, Yao F. Does vibration benefit delayed-onset muscle soreness?: a meta-analysis and systematic review. *J Int Med Res.* 2019 Jan;47(1):3-18.
- [39] Van Hooren B, Peake JM. Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. *Sports Med* 2018; 48: 1575–1595.
- [40] Ortiz RO Jr, Sinclair Elder AJ, Elder CL, Dawes JJ. A Systematic Review on the Effectiveness of Active Recovery Interventions on Athletic Performance of Professional-, Collegiate-, and Competitive-Level Adult Athletes. *J Strength Cond Res.* 2019 Aug;33(8):2275-2287.
- [41] Ailioaie LM, Litscher G. Photobiomodulation and Sports: Results of a Narrative Review. *Life (Basel).* 2021 Dec 3;11(12):1339.
- [42] Bezerra LO, de Macedo LES, da Silva MLA et al. Effects of photobiomodulation therapy on the functional performance of healthy individuals: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2023 Dec 27;39(1):17.

- [43] Luo WT, Lee CJ, Tam KW, Huang TW. Effects of Low-Level Laser Therapy on Muscular Performance and Soreness Recovery in Athletes: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Health*. 2022 Sep-Oct;14(5):687-693.
- [44] Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, Leal-Junior ECP. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2018 Jan;33(1):181-214.
- [45] Broderick V, Uiga L, Driller MW. Flotation-restricted environmental stimulation therapy improves sleep and performance recovery in athletes. *Perform Enhance Health*. 2019 Nov; 7(1-2): 100149
- [46] Morgan PM, Salacinski AJ, Stults-Kolehmainen MA (2013). The acute effects of flotation restricted environmental stimulation technique on recovery from maximal eccentric exercise. *J. Strength Cond. Res.*, 27: 3467-3474.
- [47] Caldwell LK, Kreamer WJ, Post EM, Volek JS, Focht BC, Newton RU, et al. Acute floatation-REST improves perceived recovery after a high-intensity resistance exercise stress in trained men. *Med Sci Sports Exerc*. 2022 Aug; 54(8): 1371-1381.
- [48] Kraemer WJ, Caldwell LK, Post EM, Beeler MK, Dickerson RM, Kennett MJ, et al. Recovery using “float” from high intensity stress on growth hormone-like molecules in resistance trained men. *Growth Horm IGF Res*. 2020 Dec; 55: 101355.
- [49] Börjesson M, Lundqvist C, Gustafsson H, Davis P. Flotation REST as a stress reduction method: the effects on anxiety, muscle tension, and performance. *J Clin Sport Psychol*. 2018, 12:333-346.
- [50] Kjellgren A, Westman J. Beneficial effects of treatment with sensory isolation in flotation-tank as a preventive health-care intervention – a randomized controlled pilot trial. *BMC Complement Altern Med*. 2014 Oct 25;14:417.
- [51] Van Dierendonck D, Te Nijenhuis J. Flotation restricted environmental stimulation therapy (REST) as a stress-management tool: A meta-analysis. *Psychol Health*, 2005, 20:405-412.
- [52] Babault N, Cometti C, Maffiuletti NA, Deley G. Does electrical stimulation enhance post-exercise performance recovery? *Eur J Appl Physiol*. 2011 Oct; 111(10): 2501-2507.
- [53] Cullen MFL, Casazza GA, Davis BA. Passive recovery strategies after exercise: a narrative literature review of the current evidence. *Curr Sports Med Rep*. 2021 Jul; 20(7): 351-358.
- [54] Day JT & Newman J. The effect of neuromuscular electrical stimulation on function outcome measures following muscle fatigue: a systematic review. *Curr Orthop Pract*. 2020 Jul; 31(4): 394-399.
- [55] Malone JK, Blake C, Caulfield BM. Neuromuscular electrical stimulation during recovery from exercise: a systematic review. *J Strength Cond Res*. 2014 Sep; 28(9): 2478-2506.
- [56] Huang X, Wang R, Zhang Z, Wang G, Gao B. Effects of Pre-, Post- and Intra-Exercise Hyperbaric Oxygen Therapy on Performance and Recovery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2021 Nov 23;12:791872.
- [57] Ammar A, Bailey SJ, Chtourou H, Trabelsi K, Turki M, Hökelmann A, et al. Effects of pomegranate supplementation on exercise performance and post-exercise recovery in healthy adults: a systematic review. *Br J Nutr*. 2018 Dec; 120(11): 1201-1216.
- [58] Canals-Gorzón C, Guisado-Barrilao R, Martínez-García D, Chirisa-Ríos IJ, Jerez-Mayorga D, Guisado-Requena I. Effect of antioxidant supplementation on markers of oxidative stress and muscle damage after strength exercise: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb; 19(3): 1803.
- [59] Carey CC, Lucey A, Doyle L. Flavonoid containing polyphenol consumption and recovery from exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2021 Jun; 51(6): 1293-1316.
- [60] Kimble R, Jones K, Howatson G. The effect of dietary anthocyanins on biochemical, physiological, and subjective exercise recovery: a systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2023; 63(9): 1262-1276.
- [61] Rickards L, Lynn A, Harrop D, Barker ME, Russell M, Ranchordas MK. Effect of Polyphenol-Rich Foods, Juices, and Concentrates on Recovery from Exercise Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2021 Aug 27;13(9):2988.
- [62] Santos de Lima K, Barreto Schuch F, Camponogari Righi N, Chagas P, Hemann Lamberti M, Orione Puntel G, et al. Effects of the combination of vitamins C and E supplementation on oxidative stress, inflammation, muscle soreness, and muscle strength following acute physical exercise: meta-analyses of randomized controlled trials. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2023; 63(25): 7584-7597.
- [63] Pastor R, Tur JA. Antioxidant Supplementation and Adaptive Response to Training: A Systematic Review. *Curr Pharm Des*. 2019;25(16):1889-1912.