

Energieverfügbarkeit im Sport

Gerade in Sportarten mit einer gewichtsabhängigen Leistung kommt eine zu tiefe Energieverfügbarkeit immer wieder vor. Ihre Auswirkungen werden in diesem Hot Topic genauer unter die Lupe genommen.

Einleitung

Der Schutz der Gesundheit der Athleten ist eines der obersten Ziele des Internationalen Olympischen Komitees (IOK). Im Jahr 2005 erschienenen Consensus Statement des IOK war «The Female Athlete Triad» beschrieben als eine Kombination aus einer Essstörung oder einem gestörten Essverhalten und einer unregelmässigen Menstruation, welche zu gesundheitsschädigenden Folgen für verschiedene Körperfunktionen führen könnten¹. Dabei wurde erläutert, dass vor allem die endogene Östrogenkonzentration sowie andere Hormone wie auch die Knochendichte betroffen sein könnten². Im Laufe der Zeit erkannte die Wissenschaft, dass noch weitere Bereiche unserer Gesundheit von einer zu tiefen Energieverfügbarkeit durch ein gestörtes Essverhalten oder eine zu geringe Energieaufnahme betroffen sein könnten. So besteht während einem Training ein enger Zusammenhang zwischen der Energieeinnahme und dem Energieverbrauch, welcher wiederum Auswirkungen auf viele verschiedene Körperfunktionen haben kann. Nicht nur Hormonhaushalt und Knochendichte sind hierbei betroffen, sondern weitere wichtige Bereiche wie die Immunfunktion, Proteinsynthese sowie die kardiovaskuläre und psychische Gesundheit³⁻⁵. Die Problematik der zu tiefen Energieverfügbarkeit betrifft zudem nicht nur Frauen, sondern auch männliche Athleten und deren Gesundheit können dadurch massgeblich betroffen werden.

Vorkommen einer zu tiefen Energieverfügbarkeit

Essstörungen kommen im Elitesport sehr häufig vor. So sind zwischen 13 und 20 % der Frauen und 3 bis 8 % der Männer davon betroffen⁴. Wie hoch die Häufigkeit in den diversen Sportarten ist, hängt stark von den Rahmenbedingungen der Sportart selbst ab. Ästhetische Sportarten wie rhythmische Sportgymnastik, Ballett oder Eiskunstlauf sowie Ausdauersportarten wie Langstreckenlauf, Langlauf und Radfahren sind dabei die Sportarten mit einem häufigen Auftreten einer zu tiefen Energieverfügbarkeit bei Männern und Frauen.

Definition der Energieverfügbarkeit

Die Energieverfügbarkeit ist die Energiezufuhr in Abhängigkeit des Körpergewichts, um die Körperfunktionen aufrecht zu erhalten und zu einem optimalen Gleichgewicht aus Gesundheit und Leistung zu führen. Per Definition wird die Energieverfügbarkeit aus der Energieaufnahme sowie dem Energieverbrauch pro Trainingstag relativ zur fettfreien Masse berechnet.

$$\text{Energieverfügbarkeit} = \frac{\text{(Energieeinnahme pro Tag} - \text{Energieverbrauch durch Training)}}{\text{fettfreie Masse}}$$

Bei einem gesunden Erwachsenen sollte die resultierende Energieverfügbarkeit einen Wert von 45 kcal pro kg fettfreie Masse (FFM) pro Tag erreichen, damit man von einem gesunden Energiegleichgewicht sprechen kann⁶. Die Proteinsynthese kann aber bereits bei einer Energieverfügbarkeit von 30 kcal/kg FFM/Tag gestört sein, weshalb eine zu tiefe Ener-

gieverfügbarkeit bei Athleten meist als der Bereich unterhalb von 30 kcal/kg FFM/Tag definiert wird.

Um die Energieverfügbarkeit zu berechnen, wird ein Ess- sowie ein Trainingstagebuch geführt. Daraus kann die tägliche Energieeinnahme und der Energieverbrauch während des Trainings geschätzt werden. Für die Berechnung der fettfreien Masse wird in der Regel eine Messung mittels Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA) zur Bestimmung der Körperzusammensetzung durchgeführt⁶. Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Berechnung der Energieverfügbarkeit fehlerbehaftet sein kann (Über-/Unterschätzung der Energiezufuhr sowie Energieverbrauchs über «Schätzwerte» aus Trainings- und Ernährungstagebüchern) und somit nie als einziges Diagnosetool verwendet werden soll⁷.

Gründe für eine zu tiefe Energieverfügbarkeit

Das Essverhalten, der Trainingsumfang bzw. die Trainingsintensität sowie die fettfreie Masse sind alles Faktoren, welche den Energiehaushalt in ein Ungleichgewicht bringen können und somit potenziell eine zu tiefe Energieverfügbarkeit verursachen können. So sind zum einen auftretende Essstörungen, radikale Diäten mit sehr tiefer Energieaufnahme sowie schnelle Veränderungen der Körperzusammensetzung Risikofaktoren, welche zu einem Energiedefizit bzw. zu einer zu tiefen Energieverfügbarkeit führen können. Nicht immer liegt jedoch eine Essstörung oder ein gestörtes Essverhalten zu Grunde. Unwissen, schlechte Ernährungsplanung oder ein hoher Faseranteil der Ernährung können auch weitere Faktoren sein, welche die Energieverfügbarkeit im Sport reduzieren^{8,9}. Dabei spielen auch andere Faktoren wie die Kultur, die Familie, individuelle und genetische Faktoren eine entscheidende Rolle¹⁰. Zusätzlich können Diäten, welche die Leistung steigern sollen, Druck Gewicht zu verlieren, Übertraining oder wiederkehrende Verletzungen das Essverhalten und somit auch die Energieverfügbarkeit beeinträchtigen¹¹. Weiter kann eine zu tiefe Energieverfügbarkeit auch unbewusst auftreten, dadurch dass mit sehr hohen Trainingsumfängen trainiert wird und dabei nicht genügend Energie durch Nahrungsaufnahme zugeführt werden kann. Auch die Auswirkung einer sportlichen Belastung auf die Appetitregulation und das Hungergefühl gilt es zu berücksichtigen¹².

Auswirkungen einer zu tiefen Energieverfügbarkeit

Die Auswirkungen einer zu tiefen Energieverfügbarkeit sind sehr weitreichend und abhängig von der Dauer, wie lange man sich bereits in diesem Ungleichgewicht befindet (Abbildung 1). Athleten, welche beispielsweise schon sehr lange unter einer zu tiefen Energieverfügbarkeit leiden, zeigen häufig Mangelerscheinungen diverser Nährstoffe. Chronische Müdigkeit und ein erhöhtes Risiko für Infekte und Erkrankungen sind dabei nur zwei potenzielle Faktoren, welche die Gesundheit sowie die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können¹. Weitere physiologische und medizinische Komplikationen betreffen das Herz-Kreislauf-System, den Magen-Darm-Trakt, unsere Knochen und Muskulatur, den Hormonhaushalt sowie die Fortpflanzungsorgane/-funktion^{13,14}. Psychischer Stress kann dabei ein Grund für eine tiefe Energieverfügbarkeit, jedoch auch eine Auswirkung davon sein. Eine zu tiefe Energieverfügbarkeit betrifft dabei zum einen die

HOT TOPIC

Gesundheit wie auch leistungsrelevante Faktoren wie eine verminderte Muskelkraft, verschlechterte Trainingsanpassungen, reduzierte Muskelproteinsynthese eine erhöhte Verletzungsgefahr sowie Beeinträchtigungen der Konzentration sowie des mentalen Wohlbefindens^{4,15}.

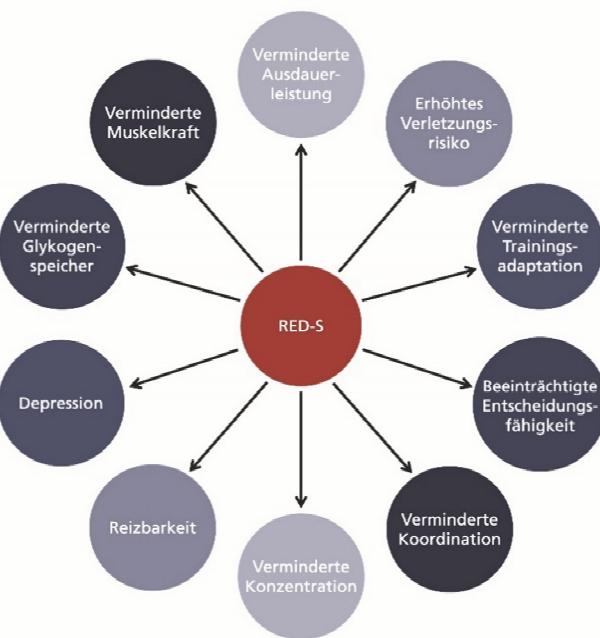


Abbildung 1: Auswirkungen einer tiefen Energieverfügbarkeit

Screening und Diagnose

Das Screening und die Diagnose eines relativen Energiedefizits sind sehr komplex und erfordern eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Besonders eine frühe Erkennung der Problematik kann helfen, Gesundheitsrisiken zu vermeiden und die Leistungsfähigkeit langfristig zu stabilisieren. Wichtig ist dabei, bereits während dem jährlichen medizinischen Check-up Faktoren wie Gewichtsveränderungen, Änderungen im Essverhalten, Wachstumsentwicklung, Menstruation bzw. menstruelle Dysfunktion, wiederkehrende Verletzungen und Erkrankungen, Leistungseinbussen sowie Stimmungsschwankungen zu erheben. Bei Verdacht auf eine zu tiefe Energieverfügbarkeit wird geraten, die Energieverfügbarkeit wie oben beschrieben zu analysieren. Auch Fragebögen können helfen, um eine Essstörung oder ein gestörtes Essverhalten zu detektieren³⁻⁵. Eine korrekte Diagnose kann jedoch nur über eine Fachperson in Psychologie oder Psychiatrie gestellt werden. Hilfreich ist zudem, bei Athletinnen den Verlauf der Menstruation über die letzten Jahre zu erfassen und zu dokumentieren. Durch die Einnahme der Pille kann jedoch ein «regelmässiger» Zyklus vorgetäuscht werden, welcher möglicherweise ein Energiedefizit maskiert. Eine medizinische Untersuchung sollte zudem die Anthropometrie (Grösse und Gewicht), die Pubertätsstufe, Anzeichen einer Essstörung sowie sekundäre Gründe für ein Fernbleiben der Menstruation beinhalten¹⁶. Laboruntersuchungen wie die Hämoglobinkonzentration sowie ein Hormonstatus (LH, FSH, Prolaktin, Östradiol, Schilddrüsenhormone, etc.) können Aufschluss über die Art und den Schweregrad des Energiedefizits geben. Weiter kann auch die Messung des Ruheenergieverbrauches (morgens, nüchtern) als weiteres Analyse- und Monitoringtool eingesetzt werden, denn bei einem Energiedefizit ist oft auch der Stoffwechsel in Ruhe reduziert¹⁴. Bei Athleten mit einer

tiefen Energieverfügbarkeit und/oder einer Essstörung sowie einem Fernbleiben der Menstruation wird empfohlen, jährlich eine Untersuchung der Knochendichte anhand einer DXA-Messung durchzuführen (siehe auch Hot Topic zu tiefe Knochendichte im Sport). All diese Untersuchungen wie auch die komplette Kranken- und Familiengeschichte des Athleten können helfen, eine umfassende und evidenzbasierte Diagnose zu stellen. Bereits in der Screeningphase lohnt es sich, ein funktionierendes interdisziplinäres Team rund um das Wohl des Athleten zu bilden. Dies ermöglicht ein fachspezifisches Screening der gesamten Ernährungsgewohnheiten (Fachperson Sporternährung), des Menstruationszyklus und der hormonellen Schwankungen (Fachperson in Gynäkologie), sportmedizinische Parameter wie die Verletzungshistorie, Laborparameter, EKG, Knochendichte und Gesundheitsstatus (Sportmedizin) sowie eine differenzierte psychologische Beurteilung der Gesamtsituation (Fachperson in (Sport-)Psychologie).

Behandlung einer zu tiefen Energieverfügbarkeit

Die Behandlung einer zu tiefen Energieverfügbarkeit beinhaltet in der Regel eine Erhöhung der Energiezufuhr, eine Belastungsreduktion oder eine Kombination beider Faktoren³⁻⁵. Es wird empfohlen, die Energiezufuhr um ca. 300 bis 600 kcal pro Tag zu erhöhen⁴.

Bei einer fehlenden Menstruation scheint eine Zunahme des Körpergewichts ein entscheidender Faktor in der Wiederherstellung einer normalen Funktion der Reproduktionsorgane zu sein¹⁷⁻¹⁹. Das Ausmass der Gewichtszunahme bis zum Einsetzen der Gewichtszunahme kann nicht vorausgesagt werden. Ein individueller Therapieplan scheint notwendig. Dabei spielt wiederum eine adäquate Zufuhr an Protein und Kohlenhydraten pro Tag eine wichtige Rolle^{20,21}. Orale Verhütungsmethoden können das Auftreten einer zu tiefen Energieverfügbarkeit maskieren und sind deshalb mit Vorsicht einzusetzen²².

Verschiedene Strategien zur Verbesserung der Knochen gesundheit können angewendet werden (mehr dazu im Hot Topic Tiefen Knochendichte im Sport). Um nur einige wenige Faktoren aufzuzählen, ist sicherlich wiederum eine adäquate Energiezufuhr von zentraler Bedeutung. Weiter können spezifische Belastungen, welche die mechanische Belastung auf den Knochen erhöhen (Bsp. Sprünge), helfen, die Knochendichte zu steigern. Auch ist eine ausreichende Versorgung mit Vitamin D und Kalzium erforderlich, um die Knochendichte weiter erhöhen zu können. Es empfiehlt sich deshalb, den Vitamin D Status zu kontrollieren und gegebenenfalls mit einer Supplementation von 37 bis 50 µg/Tag (1500 bis 2000 I.E./Tag) an Vitamin D zu erhöhen^{23,24} (weitere Informationen finden sich im Supplementguide Faktenblatt Vitamin D). Auch bei Männern ist es von absolut zentraler Bedeutung, dass die Gründe für eine zu tiefen Knochendichte gefunden werden können. Anhand der Gründe kann eine Therapie festgelegt werden. Allenfalls muss der Testosteronspiegel medizinisch behandelt werden.

Wenn ein Athlet oder eine Athletin den Therapieplan nicht befolgen will oder kann, liegt oft ein psychologisches Problem zugrunde. Meist ist der Widerstand am grössten, wenn eine Essstörung der Grund für das Problem darstellt²⁵. Es empfiehlt sich die Zusammenarbeit mit einer Fachperson im Bereich der Psychologie anzustreben.

HOT TOPIC

Risikoabschätzung und «Return-to-Play»

Anhand des Screenings und der Diagnose soll basierend auf einem Risikoprofil³⁻⁵ abgeschätzt werden, ob sich der Athlet bzw. die Athletin in einem hohen, moderaten oder tiefen Risikobereich befindet. Bei einem hohen Risiko wird empfohlen, so lange auf Wettkämpfe zu verzichten, bis sich die medizinische Situation massgeblich verbessert hat. Zudem soll Training nur unter Aufsicht und Kontrolle erlaubt sein, um eine weiterhin zu tiefe Energieverfügbarkeit zu vermeiden. Steht der Athlet unter moderatem Risiko, sind Wettkämpfe unter medizinischer Kontrolle möglich, solange der Therapieplan eingehalten wird.

Tiefe Energieverfügbarkeit oder Übertrainingssyndrom?

Vor allem im Elite-Ausdauersport kann ein hohes Trainingsvolumen sich, positiv oder negativ, auf den Erfolg der Athleten auswirken. Es kommt nicht selten zu einem Übertraining. Das Übertrainingssyndrom, wie es in Fachbereichen genannt wird, zeigt sehr ähnliche Auswirkungen auf unsere Körperfunktionen, die Gesundheit wie auch die Leistungsfähigkeit wie ein relatives Energiedefizit. Häufig wird wohl ein Übertraining aus der Kombination von hohem Trainingsvolumen und zu geringer Energiezufuhr ausgelöst. So zeigte sich beispielsweise in 84% der Studien, welche das Übertrainingssyndrom untersucht haben, dass dies in den Studien mit einer tiefen Energie- oder Kohlenhydratverfügbarkeit in Verbindung stand²⁶. Diese beiden Syndrome auseinanderzuhalten ist deshalb

schwierig. Wichtig ist, dass die Ursachen eruieren werden können, so dass der Trainingsumfang bzw. die Energiezufuhr auch entsprechend angepasst werden können. Gerade beim Übertrainingssyndrom ist eine gezielte Erholungsphase, teilweise bestehend aus einem kompletten Trainingsverbot, zentral, um wieder zur optimalen Leistungsfähigkeit zurückkehren zu können.

Fazit: Energieverfügbarkeit im Sport

Die ganze Thematik der Energieverfügbarkeit im Sport ist eine sehr komplexe Angelegenheit, welche in Zukunft noch mehr Wissen aus Studien verlangt. Bisherige Studien lassen vermuten, dass eine zu tiefe Energieverfügbarkeit verschiedene Körperfunktionen negativ beeinflussen kann, wobei Frauen wie auch Männer davon betroffen sein können. Die Zusammenarbeit eines interdisziplinären Teams aus Trainern, Sportmedizinern, Ernährungsberatern, Psychologen wie auch Sportwissenschaftlern ist von absolut zentraler Bedeutung bei der Diagnose wie auch Therapie einer zu tiefen Energieverfügbarkeit³. Erste Guidelines des IOK³⁻⁵ können dabei helfen, die bestmögliche Diagnose und Therapie für eine langfristige Heilung zu erarbeiten.

Verfasser: Dr. Joëlle Flück

Datum: Dezember 2021, Version 3.0

Gültigkeit: bis Dezember 2024

Literatur

1. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc*. Oct 2007;39(10):1867-82. doi:10.1249/mss.0b013e318149f111
2. Drinkwater BL, Nilson K, Ott S, Chesnut CH, 3rd. Bone mineral density after resumption of menses in amenorrheic athletes. *JAMA*. Jul 18 1986;256(3):380-2.
3. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Jul 1 2018;28(4):316-331. doi:10.1123/ijsnem.2018-0136
4. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). Consensus Development Conference *Br J Sports Med*. Apr 2014;48(7):491-7. doi:10.1136/bjsports-2014-093502
5. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. RED-S CAT. Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) Clinical Assessment Tool (CAT). Editorial. *Br J Sports Med*. Apr 2015;49(7):421-3. doi:10.1136/bjsports-2015-094873
6. Loucks AB. Energy balance and body composition in sports and exercise. *Review. J Sports Sci*. Jan 2004;22(1):1-14. doi:10.1080/0264041031000140518
7. Burke LM, Lundy B, Fahrenholtz IL, Melin AK. Pitfalls of Conducting and Interpreting Estimates of Energy Availability in Free-Living Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Jul 01 2018;28(4):350-363. doi:10.1123/ijsnem.2018-0142
8. Wells KR, Jeacocke NA, Appaneal R, et al. The Australian Institute of Sport (AIS) and National Eating Disorders Collaboration (NEDC) position statement on disordered eating in high performance sport. *Br J Sports Med*. Nov 2020;54(21):1247-1258. doi:10.1136/bjsports-2019-101813
9. Kuikman MA, Mountjoy M, Stellingwerff T, Burr JF. A Review of Nonpharmacological Strategies in the Treatment of Relative Energy Deficiency in Sport. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Jan 19 2021;31(3):268-275. doi:10.1123/ijsnem.2020-0211
10. Stice E, South K, Shaw H. Future directions in etiologic, prevention, and treatment research for eating disorders. Review. *Journal of clinical child and adolescent psychology : the official journal for the Society of Clinical Child and Adolescent Psychology, American Psychological Association, Division 53*. 2012;41(6):845-55. doi:10.1080/15374416.2012.728156
11. Sundgot-Borgen J, Meyer NL, Lohman TG, et al. How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. Consensus Development Conference *Br J Sports Med*. Nov 2013;47(16):1012-22. doi:10.1136/bjsports-2013-092966
12. Holtzman B, Ackerman KE. Measurement, Determinants, and Implications of Energy Intake in Athletes. *Nutrients*. Mar 19 2019;11(3):doi:10.3390/nu11030665
13. Dipla K, Kraemer RR, Constantini NW, Hackney AC. Relative energy deficiency in sports (RED-S): elucidation of endocrine changes affecting the health of males and females. *Hormones (Athens)*. Mar 2021;20(1):35-47. doi:10.1007/s42000-020-00214-w
14. Areta JL, Taylor HL, Koehler K. Low energy availability: history, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *Eur J Appl Physiol*. Jan 2021;121(1):1-21. doi:10.1007/s00421-020-04516-0
15. Areta JL, Burke LM, Camera DM, et al. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. Apr 15 2014;306(8):E989-97. doi:10.1152/ajpendo.00590.2013

HOT TOPIC

- 
16. Javed A, Tebben PJ, Fischer PR, Lteif AN. Female athlete triad and its components: toward improved screening and management. Review *Mayo Clin Proc.* Sep 2013;88(9):996-1009. doi:10.1016/j.mayocp.2013.07.001
 17. Fredericson M, Kent K. Normalization of bone density in a previously amenorrheic runner with osteoporosis. Case Reports. *Med Sci Sports Exerc.* Sep 2005;37(9):1481-6.
 18. Arends JC, Cheung MY, Barrack MT, Nattiv A. Restoration of menses with nonpharmacologic therapy in college athletes with menstrual disturbances: a 5-year retrospective study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* Apr 2012;22(2):98-108.
 19. Mallinson RJ, Williams NI, Olmsted MP, Scheid JL, Riddle ES, De Souza MJ. A case report of recovery of menstrual function following a nutritional intervention in two exercising women with amenorrhea of varying duration. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10:34. doi:10.1186/1550-2783-10-34
 20. Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab.* Jan 2003;88(1):297-311. doi:10.1210/jc.2002-020369
 21. Loucks AB, Verdun M, Heath EM. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *J Appl Physiol* (1985). Jan 1998;84(1):37-46. doi:10.1152/jappl.1998.84.1.37
 22. Blythe MJ, Diaz A. Contraception and adolescents. Review. *Pediatrics.* Nov 2007;120(5):1135-48. doi:10.1542/peds.2007-2535
 23. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* Jul 2011;96(7):1911-30. doi:10.1210/jc.2011-0385
 24. Heber D, Greenway FL, Kaplan LM, Livingston E, Salvador J, Still C. Endocrine and nutritional management of the post-bariatric surgery patient: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline. Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* Nov 2010;95(11):4823-43. doi:10.1210/jc.2009-2128
 25. Thompson A, Petrie T, Anderson C. Eating disorders and weight control behaviors change over a collegiate sport season. *J Sci Med Sport.* Sep 2017;20(9):808-813. doi:10.1016/j.jsams.2017.03.005
 26. Stellingwerff T, Heikura IA, Meeusen R, et al. Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared Pathways, Symptoms and Complexities. *Sports Med.* 11 2021;51(11):2251-2280. doi:10.1007/s40279-021-01491-0