

Relatives Energiedefizit im Sport (RED-S)

Anja Carlsohn

Energiemangel kann zu einem leistungslimitierenden Faktor werden. Daneben drohen zahlreiche gesundheitliche Probleme. Deshalb ist es wichtig, die Energiebilanz von ambitionierten Hobby- und Leistungssportlern genau im Blick zu haben.



Eine gesunde Ernährung ist Voraussetzung für optimale Leistungsfähigkeit im Sport (Quelle: J. Ermel).

Einleitung

Bei Athleten mit hoher metabolischer Beanspruchung bzw. nicht bedarfsdeckender Energiezufuhr sind diverse Energiesparmechanismen zu beobachten, die klinisch und leistungsphysiologisch relevant sein können. Sind bei Athleten physiologische und/oder psychologische Parameter im Zusammenhang mit einer unzureichenden Energiezufuhr beeinträchtigt, wird dies als relatives Energiedefizit (Relative Energy Deficiency in Sport, RED-S) bezeichnet [16] [18]. Dies umfasst beispielsweise einen abgesenkten Ru-

heumsatz, endokrinologische Veränderungen und menstruelle Dysfunktionen, eine verminderte Knochendichte mit erhöhtem Frakturrisiko, beeinträchtigte immunologische Funktionen, erhöhte kardiovaskuläre Risikofaktoren und Beeinträchtigungen der psychologischen Gesundheit [16][18].

Hervorzuheben ist, dass Athleten aufgrund der energieumsatzmindernden Adaptationen trotz relativen Energie-defizits ein konstantes Körpergewicht aufweisen können,

da die Energiebilanz (Energiezufuhr entspricht dem verminderten Energieverbrauch) ausgeglichen sein kann. Bei Athleten stellen eine ausgeglichene Energiebilanz sowie ein konstantes Körpergewicht im Normbereich (Body-Mass-Index zwischen 18,5 und 25 kg/m²) demnach keine geeigneten Indikatoren zur Beurteilung einer adäquaten Energiezufuhr dar. Aufgrund der nachfolgend dargestellten, sowohl gesundheitlich als auch leistungsphysiologisch relevanten Konsequenzen eines längerfristigen relativen Energiedefizits sollte bei Athleten regelmäßig – zum Beispiel im Rahmen der jährlichen Gesundheitsuntersuchungen – ein RED-S-Screening durchgeführt werden [18].

Female Athlete Triad und RED-S

Bereits in den 1960er Jahren wurde über das gehäufte Auftreten von menstruellen Störungen und/oder Stressfrakturen in Zusammenhang mit gestörtem Essverhalten bei sportlich aktiven Frauen berichtet [4]. Das American College of Sports Medicine (ACSM) bezeichnete 1997 den Symptomkomplex aus gestörtem Essverhalten, Amenorrhoe und Osteoporose als „Female Athlete Triad“ [20]. Unter Berücksichtigung der im Verlauf der sportlichen Karriere zu beobachtenden Variabilität zwischen physiologischen und pathologischen Zuständen bei betroffenen Athletinnen umfasst die neuere Definition der Female Athlete Triad die Syndrome (1) niedrige Energieverfügbarkeit, (2) menstruelle Dysfunktion und (3) niedrige Knochendichte mit weiteren assoziierten Faktoren wie kardiovaskuläre, gastrointestinale und psychologische Risiken [19] [20] (► **Abb. 1**).

Ein erhöhtes Risiko für die Female Athlete Triad weisen Athletinnen aus Sportarten mit hohem Energieumsatz (z. B. Ausdauersportarten), ästhetischen Sportarten (z. B. Turnen) und Sportarten, in denen ein niedriges Körpergewicht einen Leistungsvorteil darstellt (z. B. Hochsprung), auf [25]. Auch bei männlichen Athleten dieser Sportarten besteht das Risiko eines relativen Energiedefizits mit entsprechenden gesundheitlichen und leistungsbeeinträchtigenden Konsequenzen [4] [10] [16].

Das Internationale Olympische Komitee (IOC) veröffentlichte erstmals 2014 ein Konsensuspapier mit der neuen Begrifflichkeit RED-S, welches männliche Athleten und auf einem Energiedefizit beruhende gesundheitliche und leistungsrelevante Konsequenzen einschloss [18].

Beide Konzepte stehen aktuell – begleitet von anhaltendem wissenschaftlichen Diskurs – nicht deckungsgleich nebeneinander [4] [19] [27].

Energieverfügbarkeit und klinisch relevante Cut-off-Werte

Wissenschaftlicher Konsens besteht jedoch darin, dass eine niedrige Energieverfügbarkeit der zugrunde liegen-

de Triggerfaktor für die Entstehung der Triade bzw. RED-S ist [7] [16] [27]. Zahlreiche Studien konnten belegen, dass eine niedrige Energieverfügbarkeit – induziert durch erhöhten sportbezogenen Energieumsatz, reduzierte Energiezufuhr oder deren Kombination –, nicht jedoch die sportliche Aktivität per se zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führt [10]. Als Energieverfügbarkeit wird dabei diejenige Energiemenge betrachtet, die dem Organismus pro Kilogramm fettfreie Masse (FFM) unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs beim Sport zur Verfügung steht [2] [11]:

$$\text{Energieverfügbarkeit (kcal/d/kg FFM)} = \frac{\text{Energiezufuhr (kcal/d)} - \text{Energieverbrauch beim Sport (kcal/d)}}{\text{fettfreie Masse (kg)}}$$

Eine Energieverfügbarkeit von mindestens 45 kcal/kg FFM/d wird derzeit als adäquat zur Aufrechterhaltung uneingeschränkter physiologischer Funktionalität bei Athleten betrachtet. Eine Energieverfügbarkeit unter 30 kcal/kg FFM/d wird als klinisch niedrige Energieverfügbarkeit mit erhöhtem Risiko für gesundheitliche Beeinträchtigungen definiert [10]. Über einen kurzen Zeitraum, z. B. während einer Gewichtsreduktion, ist eine subklinische Energieverfügbarkeit von 30–45 kcal/kg FFM/d möglicherweise tolerierbar [10]. Im Gegensatz dazu können kurz andauernde Phasen klinisch niedriger Energieverfügbarkeit (z. B. 5 Tage < 30 kcal/FFM/d) bereits erhebliche endokrine und metabolische Störungen hervorrufen [8] [9] [12].

Screening und Risikofaktoren für eine niedrige Energieverfügbarkeit und RED-S

Die Häufigkeit einer klinisch niedrigen Energieverfügbarkeit variiert in Abhängigkeit von der Untersuchungskohorte erheblich. Mit Prävalenzangaben zwischen 8 % und 100 % ist jedoch von einer hohen Rate betroffener Athleten insbesondere in gewichtssensitiven (z. B. Ausdauersportarten) und ästhetischen Sportarten auszugehen [10].

Ursachen einer niedrigen Energieverfügbarkeit können eine bewusst eingeschränkte Ernährung (z. B. im Rahmen des Gewichtsmanagements), gestörtes Essverhalten/Esstörungen oder eine unbeabsichtigt unzureichende Anpassung der Energiezufuhr an den trainingsbedingt erhöhten Energieumsatz darstellen. Zu betonen ist, dass RED-S unabhängig von gestörtem Essverhalten oder Essstörungen auftreten kann. Screening-Tools für Essstörungen sind demnach ungeeignet, um betroffene Athleten zu identifizieren. Für weibliche Athletinnen ist ein validiertes Screening-Instrument verfügbar, welches anamnestisch u. a. die Trainingsbelastung, Erkrankungen und Verletzungen, gastrointestinale Beschwerden und mögliche menstruelle Veränderungen im Zusammenhang mit der

► **Tab. 1** Risikofaktoren für eine niedrige Energieverfügbarkeit bei Athleten (nach [3][10][13][16])

Ernährungsverhaltensbezogene Risikofaktoren	Verhältnisbezogene Risikofaktoren
Niedrige Energiedichte der Nahrung/hohes Nahrungsvolumen (z. B. hoher Verzehr fettarm zubereiteter Salat- und Gemüseportionen)	Unzureichende Ernährungsbildung und/oder niedrige Ernährungskompetenz, um sich bedarfsgerecht zu ernähren
Besondere Ernährungsweisen, z. B. intermittierendes Fasten bzw. restriktives Essverhalten mit oder ohne Binge Eating, niedrige Kohlenhydratzufuhr bzw. Bestreben zur „Low Carb“-Ernährung, Ballaststoffzufuhr oberhalb der Empfehlungen (> 30 g/d)	Eingeschränkte Verpflegungsmöglichkeiten z. B. infolge limitierter finanzieller und/oder zeitlicher Ressourcen oder aufgrund von unzureichendem Verpflegungsangebot an der Trainingsstätte
Ausgeprägter Konsum künstlich gesüßter und ggf. aromatisierter Lebensmittel	Sportartspezifische Anforderungen an das Körpergewicht oder Körperschema
Hoher Konsum von energiefreien und/oder koffeinhaltigen Getränken	Auftreten von gestörtem Essverhalten, Essstörung oder LEA (geringe Energieverfügbarkeit) bei Teammitgliedern

sportlichen Belastung erfasst (LEAF-Q) [14]. Zusätzliche klinische, biochemische und/oder hormonelle Tests können notwendig sein [3]. Ein RED-S-Screening kann beispielsweise im Rahmen der Sporteingangsuntersuchungen sowie der jährlichen Gesundheitsuntersuchungen von Athleten durchgeführt werden. Insbesondere dann, wenn Athleten Symptome von Essstörungen/gestörtem Essverhalten, Gewichtsverlust, Normabweichungen in Wachstum und Entwicklung, endokrine Störungen, wiederholte Verletzungen oder Erkrankungen, eingeschränkte Leistungsfähigkeit oder Stimmungsschwankungen aufweisen, sollte ein RED-S-Screening durchgeführt werden [17].

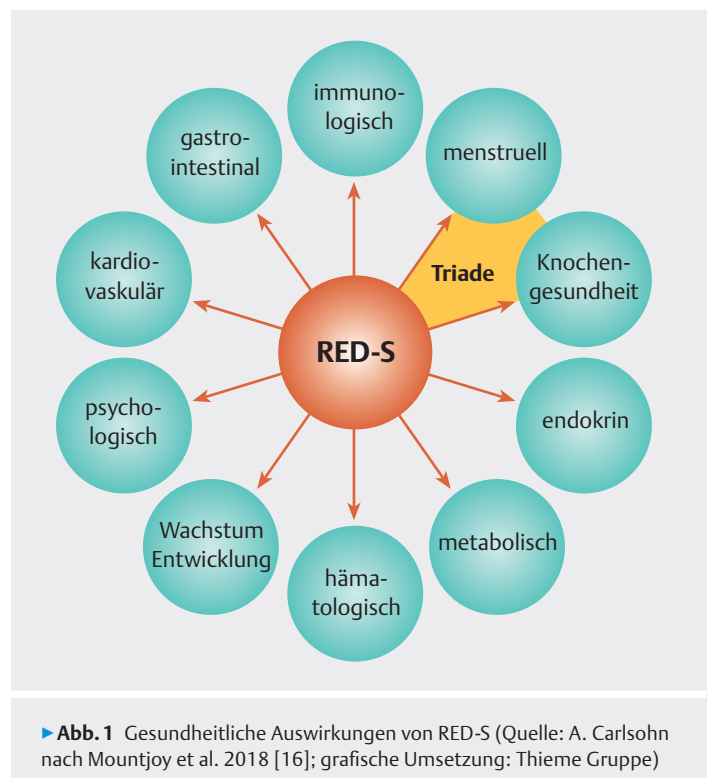
Zudem können in der ausführlichen Ernährungsanamnese durch Ernährungsfachkräfte verschiedene Faktoren auf ein erhöhtes Risiko einer klinisch niedrigen Energieverfügbarkeit hindeuten und bedürfen weiterer Diagnostik (► **Tab. 1**).

Gesundheitliche Aspekte von RED-S

Die gesundheitlichen Konsequenzen eines relativen Energiedefizits im Sport sind vielfältig, in hohem Maße miteinander assoziiert und teilweise irreversibel. Dies umfasst neben den „klassischen“ Symptomen der Triade (menstruelle Dysfunktionen, beeinträchtigte Knochengesundheit) weitere endokrine, metabolische, hämatologische, gastrointestinale, immunologische und psychologische Aspekte (► **Abb. 1**).

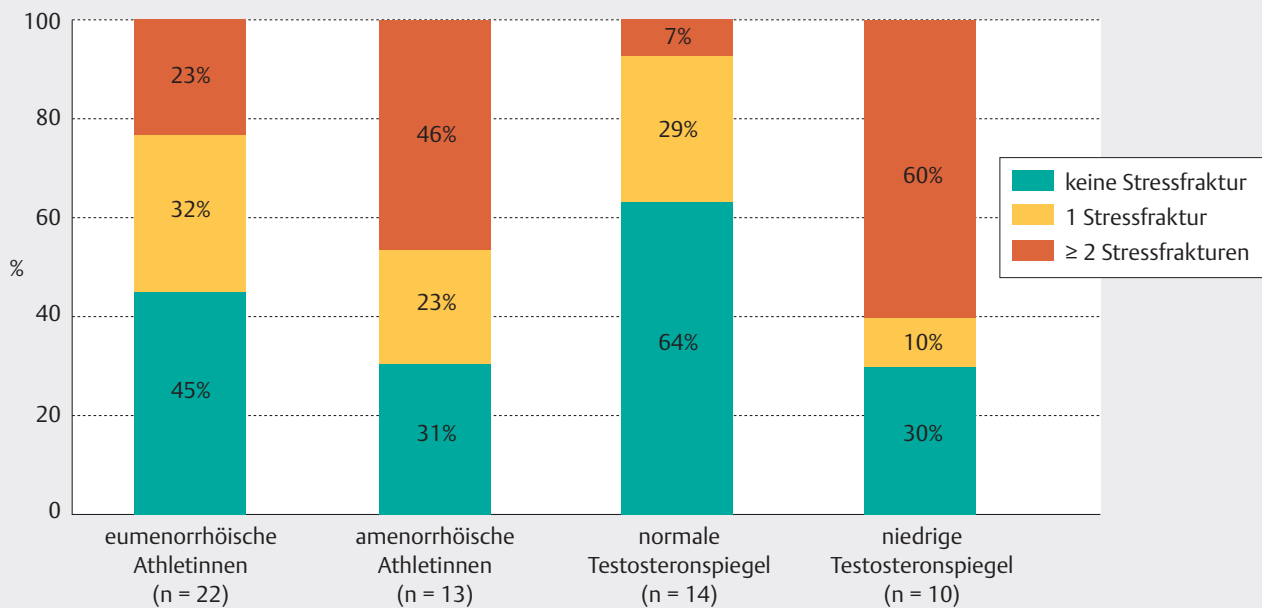
Endokrine Veränderungen und menstruelle Störungen

Die Effekte einer niedrigen Energieverfügbarkeit auf hormonelle und menstruelle Veränderungen sind gut belegt, obwohl die zugrunde liegenden Mechanismen teilweise unklar sind. Eine klinisch niedrige Energieverfügbarkeit geht mit Veränderungen der Ausschüttung des Gonadotropin freisetzenden Hormons (GnRH) im Hypothalamus einher, was die Freisetzung von luteinisierendem Hormon (LH) und follikelstimulierendem Hormon (FSH) in der Hypophyse und somit die Produktion von Östradiol und Pro-



gesteron beeinträchtigt [18]. Durch RED-S bedingte menstruelle Störungen können in Form von Lutealphasendefekten, anovulatorischen Zyklen (Zyklen ohne Eisprung), verlängerten und/oder unregelmäßigen Zyklen (Oligomenorrhoe) oder ausbleibender Menstruation für drei Monate oder länger (Amenorrhoe) auftreten. Eine Energieverfügbarkeit unter 30 kcal/kg FFM/d erhöht erheblich das Risiko für Störungen der hypothalamisch-hypophysären Achse, ist jedoch kein geeigneter Prädiktor für das Auftreten von Zyklusstörungen [12][21]. Inwieweit RED-S-assoziierte Störungen Auswirkungen auf die Reproduktivität aufweisen und reversibel sind, ist derzeit noch unklar.

Darüber hinaus gibt es Hinweise auf mit einer niedrigen Energieverfügbarkeit in Zusammenhang stehende Ver-



► **Abb. 2** Zusammenhang von Hormonstatus und Stressfrakturen bei Athletinnen (Quelle: A. Carlsohn nach Heikura et al. 2018 [7]; grafische Umsetzung: Thieme Gruppe)

änderungen der Schilddrüsenfunktion (z. B. reduzierte T3-Spiegel), Störungen in der hormonellen Appetitregulation (z. B. vermindertes Leptin und Oxytocin, erhöhtes Ghrelin und Adiponectin) und erhöhte Cortisolspiegel bei Athleten [18].

Beeinträchtigung der Knochengesundheit

Bei Athletinnen ist ein Zusammenhang zwischen Oligo-/Amenorrhoe oder diagnostizierter klinisch niedriger Energieverfügbarkeit und reduzierter Knochendichte, veränderter Knochenmikroarchitektur und Markern des Knochenumsatzes gut belegt. Stressfrakturen treten bei amenorrhoeischen Athletinnen und bei Athleten mit niedrigen Testosteronspiegeln häufiger und wiederholt auf verglichen mit eumenorrhoeischen Athletinnen sowie Athleten mit unauffälligen Testosteronspiegeln (► **Abb. 2**) [7]. Eine klinisch niedrige Energieverfügbarkeit kann möglicherweise über Reduktion der Wachstumshormonfreisetzung (Growth Hormone, Insulin-like Growth Factor) das Längenwachstum von Athleten mit RED-S beeinträchtigen, die Evidenzlage ist jedoch unzureichend [18]. Da die individuell höchste Knochenmasse mit Beginn der 3. Lebensdekade erreicht wird, ist eine RED-S-assoziierte unzureichende Knochenmineralisation als irreversibler Risikofaktor für eine frühzeitige Osteoporose zu betrachten.

Metabolische, hämatologische und kardiovaskuläre Veränderungen

Einhergehend mit endokrinologischen Veränderungen infolge einer niedrigen Energieverfügbarkeit wird in der Literatur wiederholt von signifikant reduziertem (ca. –10% resp. –150 kcal/d) Ruheumsatz bei Athleten berichtet. Diese „Energiekonservierung“ führt dazu, dass Athleten

mit niedriger Energieverfügbarkeit trotz Aufrechterhaltung eines hohen Trainingsumfangs in Kombination mit niedriger Energiezufuhr eine nur geringfügig negative Energiebilanz aufweisen können und Gewichtsreduktionen weniger erfolgreich sind, als anhand klassischer Berechnungen zu erwarten wäre [18].

Eisenmangel und Eisenmangelanämie können sowohl infolge einer klinisch niedrigen Energieverfügbarkeit auftreten als auch diese durch Appetitreduktion oder eingeschränkte metabolische Effizienz begünstigen (d. h. Erhöhung des Energieverbrauchs).

Auch das kardiovaskuläre Risikoprofil kann sich bei Athleten mit RED-S bzw. niedriger Energieverfügbarkeit ungünstig gestalten. Atherogene Veränderungen des Lipidstoffwechsels (z. B. erhöhte LDL-Cholesterolverwerte, erhöhte Triglyzeridspiegel, endotheliale Dysfunktion oder frühzeitige Arteriosklerose) können bei Athletinnen mit erniedrigten Östrogenspiegeln auftreten. Amenorrhoeische Athletinnen weisen häufig eine erniedrigte Ruheherzfrequenz sowie niedrigen systolischen Blutdruck auf. Schwerwiegende kardiovaskuläre Störungen wie Arrhythmien, Bradykardien oder Perikarderguss werden u. a. auch bei Athleten mit Essstörungen beobachtet [24]. Die Datenlage zu metabolischen, hämatologischen und kardiovaskulären Risiken bei männlichen Athleten mit niedriger Energieverfügbarkeit ist derzeit allerdings sehr eingeschränkt.

Gastrointestinale und immunologische Effekte

Athletinnen mit klinisch niedriger Energieverfügbarkeit weisen ein erhöhtes Risiko für gastrointestinale Beschwerden auf. Dies umfasst verzögerte Magenentleerung, Ob-

► **Tab. 2** IOC-Stufenschema zur Risikoabschätzung (modifiziert nach Mountjoy et al. 2015) [17]

Stufen zur Beurteilung des RED-S-Risikos	Risikomodifikatoren	Kriterien	RED-S-spezifische Kriterien
Schritt 1: Evaluation des Gesundheitszustands	Medizinische Aspekte	• demografische Daten • Symptome • Anamnese/medizinische Vorgeschichte • spezifische Diagnostik • psychologische Gesundheit • (potenzieller) Schweregrad	• vgl. Einstufungen in Rot/Gelb/Grün (► Tab. 3) • Alter und Geschlecht • Diätverhalten, Menstruationsstatus, Knochengesundheit/Stressfrakturen • Gewichtsverlust/-verlauf • Hormon-, Elektrolyt- und metabolischer Status • EKG, Arrhythmien • psychische Gesundheit inkl. Essstörungen/gestörtes Essverhalten
Schritt 2: Beurteilung des Risikos einer uneingeschränkten Sportteilnahme	Sportspezifische Aspekte	• Sportart/Disziplin • ggf. Spielerposition • Wettkampfniveau (z. B. regional, national, international)	• gewichtssensitive Sportarten, Ausdauersportarten • Individual- vs. Teamsport • Elite- vs. Freizeitsport
Schritt 3: Entscheidungsfindung	Modifikatoren der Entscheidungen	• Timing im Rahmen der Wettkampfsaison • interner und externer Druck für den Athleten, am Sportgeschehen teilzunehmen • Erwartungsdruck externer Akteure • Interessenkonflikte • mögliche Rechtsstreitigkeiten (bei Ausschluss vom Wettkampf)	• Wettkampfsaison, Vorbereitungsphase oder Off-Season • Reisebelastungen, Umfeld • mentale Bereitschaft, am Wettkampf teilzunehmen • Unterstützung von Trainern, Team, Familie, Sponsoren, Geschäftsführung etc.

stipation oder einen beschleunigten gastrointestinalen Transit [1][16]. Diese Beschwerden sind daher Bestandteil des Screening-Tools für niedrige Energieverfügbarkeit bei Athletinnen (LEAF-Q) [14]. In einer Untersuchung mit 21 Läuferinnen wurden bei amenorrhoeischen Athletinnen häufiger Infekte der oberen Atemwege sowie erniedrigte Immunglobulin-A-Sekretionsraten beobachtet als bei eumenorrhoeischen Läuferinnen [22]. Bei einer Untersuchung mit australischen Spitzensportlerinnen zeigte sich bei denjenigen mit auffälligem LEAF-Q-Screening ebenfalls ein erhöhtes Krankheitsrisiko (Infekte der oberen Atemwege, gastrointestinale Beschwerden, Schmerzen, Kopfschmerz) verglichen mit im LEAF-Q-Screening unauffälligen Athletinnen [5]. Studien mit Daten zu gastrointestinalen und immunologischen Beschwerden bei männlichen Athleten mit RED-S liegen derzeit nicht vor.

Psychologische Aspekte

Inwieweit psychologische Besonderheiten bzw. Beeinträchtigungen Ursache oder Folge einer klinisch niedrigen Energieverfügbarkeit sind, ist schwer zu beurteilen. Athletinnen mit niedriger Energieverfügbarkeit weisen häufiger Formen milder Depressionen, psychosomatische Störungen und eine reduzierte Stresstoleranz auf [16]. Zudem sind bei Athletinnen mit Symptomen niedriger Energieverfügbarkeit häufiger auch Anzeichen sozialer Unsicherheit, Introvertiertheit und Angst vor Gewichtszunahme zu beobachten. Auch für männliche Athleten sind negative psychologische Effekte (z. B. bulimische Verhaltensweisen, Stimmungsschwankungen) einer niedrigen Energieverfügbarkeit beschrieben [6].

Leistungsbezogene Aspekte von RED-S

Zusammenhänge zwischen niedriger Energieverfügbarkeit oder einzelnen Komponenten der RED-S und dem Auftreten potenziell leistungsbeeinträchtigender Faktoren (z. B. Krankheit, Verletzungen, Eisenmangel und Eisenmangelanämie, eingeschränkte kognitive Leistungsfähigkeit) sind gut belegt [16]. Derzeit sind jedoch kaum Interventionsstudien verfügbar, die kausale Zusammenhänge zwischen Energieverfügbarkeit und Leistungsfähigkeit belegen. Allerdings ist anzunehmen, dass eine anhaltend niedrige Energieverfügbarkeit über verschiedene Mechanismen die Leistungsentwicklung und Leistungsfähigkeit (z. B. durch verletzungs- oder krankheitsbedingte Trainingsausfälle, reduzierte Trainingsqualität, Beeinträchtigung des Muskelaufbaus, unzureichende Regeneration der muskulären Glykogenspeicher) ungünstig beeinflusst. Beispielsweise korrelierten bei Gymnastinnen die Energieverfügbarkeit mit der im Wettkampf erreichten Platzierung negativ, das heißt, je höher die Energieverfügbarkeit, umso bessere Platzierungen wurden erreicht [23]. Sowohl bei männlichen und weiblichen Ruderern als auch bei Nachwuchsschwimmerinnen führte ein mehrwöchiges Training mit reduzierter Energieverfügbarkeit zu Verlusten in der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit [26][28].

Behandlung von RED-S und Return-to-Play-Entscheidungen

Bei Athleten, die unbeabsichtigt eine geringe Energieverfügbarkeit aufweisen (► **Tab. 1**), kann eine Ernährungsberatung und Stärkung der individuellen Ernährungskompe-

► **Tab. 3** Risikokategorien und Empfehlungen für die Return-to-Play-Entscheidung

Hohes Risiko keine Wettkampfteilnahme kein Training (schriftlich/vertraglich festhalten)	Moderates Risiko Wettkampfteilnahme nur bei medizinischer Begleitung Training nur bei Einhaltung des Behandlungsplans	Niedriges Risiko uneingeschränkte Teilnahme an Training und Wettkampf
Anorexia nervosa oder andere klinisch manifeste Essstörungen	Deutlich erniedrigter Körperfettanteil über einen längeren Zeitraum (mittels DEXA oder anthropometrischer Verfahren bestimmt) Deutlicher Gewichtsverlust (5–10% der Körpermasse in einem Monat) Beeinträchtigt Längenwachstum und Entwicklung bei Nachwuchsathleten	Adäquater Körperbau und entsprechende Körperfülle, die ohne besondere Anstrengungen oder gesundheitsgefährdendes Essverhalten bzw. übermäßiges Training aufrechterhalten werden können
Andere schwerwiegende klinische (psychologische oder physiologische) Symptome in Zusammenhang mit niedriger Energieverfügbarkeit	Lang anhaltende und/oder schwerwiegende niedrige Energieverfügbarkeit	Gesundes Essverhalten mit adäquater Energieverfügbarkeit
Extreme Gewichtsreduktionsmaßnahmen, die zu einer dehydratationsbedingten hämodynamischen Dysbalance oder anderen lebensgefährdenden Situationen führen können	Menstruelle Störungen; funktionale hypothalamische Amenorrhoe (> 3 Monate) Keine Menstruation bis zum Alter von 15 Jahren	Keine endokrinen Störungen
Schwerwiegende Abnormalitäten im EKG (z. B. Bradykardien)	Reduzierte Knochendichte (entweder im Vergleich mit vorherigen Messungen via DEXA oder Z-Score < -1 SD) Vorgeschichte mit ein oder mehr Stressfrakturen im Zusammenhang mit hormonellen/menstruellen Störungen und/oder einer niedrigen Energieverfügbarkeit	Adäquate Knochendichte in Bezug auf Alter, ethnische Zugehörigkeit und Sportart Keine muskuloskelettalen Beschwerden
	Physische und/oder psychologische Komplikationen im Zusammenhang mit niedriger Energieverfügbarkeit und/oder gestörtem Essverhalten Auffälligkeiten in (Screening-)Test auf niedrige Energieverfügbarkeit oder gestörtes Essverhalten	
	Niedrige Energieverfügbarkeit bzw. Energiedefizit über einen längeren Zeitraum Gestörtes Essverhalten, welches andere Teammitglieder negativ beeinflusst Fehlender Therapieerfolg und/oder fehlende Compliance	

DEXA = Dual-Röntgen-Absorptiometrie (Knochendichtemessung)
Z-Score = Standard Score; SD = Standardabweichung

tenz durch eine qualifizierte, auf Sporternährung spezialisierte Ernährungsfachkraft ausreichen, um eine optimale Energieverfügbarkeit herzustellen. Im Vordergrund steht hierbei die Erhöhung der Energiezufuhr. In Abhängigkeit von Trainings- und Ernährungszielen sowie der Symptomatik kann es notwendig sein, auch die Lebensmittelauswahl, Nährstoffrelation, Verteilung der Mahlzeiten über den Tag und weitere Aspekte individuell und periodisiert zu optimieren [16].

Die nichtpharmakologische Behandlung von RED-S kann zudem die Reduktion der Trainingsbelastung bzw. zeitweise eine vollständige Trainingspause erfordern.

Verschiedene Symptome der RED-S sind gezielt zu behandeln, jedoch im Zusammenhang mit RED-S zu betrachten. So ist beispielsweise die Verabreichung oraler Kontrazeptiva zur (Wieder-)Herstellung einer regelmäßigen Mens-

truation und/oder Unterstützung der Knochenmineralisation nicht empfehlenswert, da die Evidenz der Wirksamkeit nicht eindeutig ist und zudem das zugrunde liegende Problem (niedrige Energieverfügbarkeit) maskiert wird [16]. Athleten mit Essstörungen oder gestörtem Essverhalten bedürfen einer multidisziplinären Therapie.

Entscheidungen, ob Athleten mit RED-S am Trainings- und Wettkampfgeschehen teilnehmen bzw. wann ein Wiedereinstieg (Return-to-Play) möglich ist, sind individuell zu treffen. Das IOC-Stufenschema RED-S CAT (RED-S Clinical Assessment Tool) (► **Tab. 2**) und die nachfolgende Zuordnung in die Kategorien (1) Rot: keine Trainings-/Wettkampffreigabe, (2) Gelb: Trainings- oder Wettkampfteilnahme unter definierten Bedingungen und (3) Grün: uneingeschränkte Trainings- und Wettkampfteilnahme soll die Entscheidung erleichtern und transparent gestalten (► **Tab. 3**) [17].

Limitationen

Die Erfassung der Energieverfügbarkeit ist aufwendig, bedarf einer hohen Expertise und ist aufgrund der begrenzten Messgenauigkeit der Methoden (z. B. Erfassung der Energiezufuhr, Messung des Energieumsatzes beim Training, Bestimmung der fettfreien Masse) sowie der ausgeprägten intraindividuellen Variabilität fehleranfällig. Der Schwellenwert für klinisch niedrige Energieverfügbarkeit ($<30 \text{ kcal/kg FFM/d}$) von Athletinnen im habituellen Umfeld ist nur orientierend und kein sicherer Prädiktor für RED-S-assoziierte Outcomes, für männliche Athleten sind unzureichend Daten verfügbar. Auch für paralympische Athleten bzw. Athleten mit Beeinträchtigungen sind unzureichend Studien vorhanden, um Prävalenz, Ausmaß und Outcomes klinisch niedriger Energieverfügbarkeit beurteilen zu können. Zudem ist derzeit auch von ethnischen Differenzen hinsichtlich Prävalenz und RED-S-assoziierten Symptomen auszugehen [16].

TAKE HOME MESSAGE

- Eine niedrige Energieverfügbarkeit ($<30 \text{ kcal/kg FFM/d}$) kann bei Athleten zu diversen, teilweise irreversiblen gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen (hormonelle, metabolische, kardiovaskuläre, hämatologische, immunologische, gastrointestinale, psychologische Effekte sowie ungünstige Effekte auf die Knochengesundheit).
- Das relative Energiedefizit im Sport (RED-S) geht häufig über verschiedene Mechanismen (z. B. erhöhte Erkrankungs-, Verletzungs- und Beschwerderate, unzureichende Nährstoffzufuhr, psychologische Faktoren) mit einer beeinträchtigten Leistungsfähigkeit und -entwicklung einher.
- Die Erfassung einer niedrigen Energieverfügbarkeit ist aufwendig und fehleranfällig. Für Athletinnen steht mit dem LEAF-Fragebogen ein validiertes Screening-Tool zur Verfügung, welches in Kombination mit weiteren (diagnostischen) Tests zur Identifikation von RED-S-gefährdeten bzw. -betroffenen Athletinnen führen kann.
- Die Entscheidung darüber, ob Athleten mit RED-S trainings- und wettkampftauglich sind, sollte multifaktoriell erfolgen. Das klinische Assessment-Tool für RED-S (RED-S CAT) bietet hierfür ein Stufenschema zur erleichterten Return-to-Play-Entscheidung.
- Weitere Forschung insbesondere für männliche Athleten, Athleten mit Beeinträchtigungen sowie Athleten verschiedener ethnischer Herkunft ist notwendig.

Autorinnen/Autoren



Anja Carlsohn

Frau Prof. Dr. Anja Carlsohn ist Dipl.-Ernährungswissenschaftlerin (IOC Diploma in Sports Nutrition). Sie studierte und promovierte an der Universität Potsdam und war 2008–2013 an der Hochschulambulanz der Universität Potsdam als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Sportmedizin und Sportorthopädie sowie als Ernährungsberaterin für Athleten des Olympiastützpunkts Brandenburg tätig. Von 2013–2018 war sie an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd stellvertretende Sprecherin der Studiengänge der Gesundheitsförderung. Derzeit ist Frau Carlsohn Professorin für Ernährungswissenschaften an der Fakultät Life Sciences der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg. Zudem leitet sie die AG Sporternährung des Deutschen Olympischen Sportbundes (DOSB) und ist stellvertretende Sprecherin der AG Sporternährung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung.

Korrespondenzadresse

Anja Carlsohn

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg,
Deutschland
Fakultät Life Sciences, Department für Ökotrophologie
Ulmenliet 20
21033 Hamburg
E-Mail: anja.carlsohn@haw-hamburg.de

Literatur

- [1] Ackerman KE, Holtzman B, Cooper KM et al. Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport. *Br J Sports Med* 2019; 53(10): 628–633
- [2] Braun H, Carlsohn A, Großhauser M et al. Energy needs in sports. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE). *Ernährungs Umschau* 2019; 66(8): 146–153
- [3] 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* 2018; 28(4): 350–363
- [4] De Souza MJ, Williams NI, Nattiv A et al. Misunderstanding the female athlete triad: Refuting the IOC consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med* 2014; 48(20): 1461–5
- [5] Drew MK, Vlahovich N, Hughes D et al. A multifactorial evaluation of illness risk factors in athletes preparing for the Summer Olympic Games. *J Sci Med Sport* 2017; 20(8): 745–750
- [6] Fagerberg P. Negative consequences of low energy availability in natural male bodybuilding: A review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018; 28(4): 385–402
- [7] Heikura IA, Uusitalo ALT, Stellingwerff T et al. Low energy availability is difficult to assess but outcomes have large

- impact on bone injury rates in elite distance athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018; 28(4): 403–411
- [8] Ihle R, Loucks AB. Dose-response relationships between energy availability and bone turnover in young exercising women. *J Bone Miner Res* 2004; 19(8): 1231–40
- [9] Koehler K, Achtzehn S, Braun H et al. Comparison of self-reported energy availability and metabolic hormones to assess adequacy of dietary energy intake in young elite athletes. *Appl Physiol Nutr Metab* 2013; 38(7): 725–33
- [10] Logue D, Madigan SM, Delahunt E et al. Low energy availability in athletes: A review of prevalence, dietary patterns, physiological health and sports performance. *Sports Med* 2018; 48(1): 73–96
- [11] Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *J Sports Sci* 2011; 29, 7–15
- [12] Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab* 2003; 88(1): 297–311
- [13] Melin A, Tornberg ÅB, Skouby S et al. Low-energy density and high fiber intake are dietary concerns in female endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2016; 26(9): 1060–71
- [14] Melin A, Tornberg AB, Skouby S et al. The LEAF questionnaire: A screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *Br J Sports Med* 2014; 48(7): 540–5
- [15] Melin AK, Heikura IA, Tenforde A, Mountjoy M. Energy availability in athletics: Health, performance, and physique. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2019; 29(2): 152–164
- [16] Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM et al. IOC consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 update. *Br J Sports Med* 2018; 52(11): 687–697
- [17] Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L et al. RED-S CAT. Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) Clinical Assessment Tool (CAT). *Br J Sports Med* 2015; 49(7): 421–3
- [18] 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). *Br J Sports Med* 2014; 48(7): 491–7
- [19] Nattiv A, Loucks AB, Manore MM et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(10): 1867–82
- [20] Otis CL, Drinkwater B, Johnson M et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29(5): i–ix
- [21] Reed JL, De Souza MJ, Mallinson RJ et al. Energy availability discriminates clinical menstrual status in exercising women. *J Int Soc Sports Nutr* 2015; 12: 2015
- [22] Shimizu K, Suzuki N, Nakamura M et al. Mucosal immune function comparison between amenorrheic and eumenorrheic distance runners. *J Strength Cond Res* 2012; 26(5): 1402–6
- [23] Silva MR, Paiva T. Poor precompetitive sleep habits, nutrients' deficiencies, inappropriate body composition and athletic performance in elite gymnasts. *Eur J Sport Sci* 2016; 16(6): 726–35
- [24] Spaulding-Barclay MA, Stern J, Mehler PS. Cardiac changes in anorexia nervosa. *Cardiol Young* 2016; 26(4): 623–8
- [25] Torstveit MK, Sundgot-Borgen J. The female athlete triad: Are elite athletes at increased risk? *Med Sci Exerc* 2005; 37(2): 184–93
- [26] Vanheest JL, Rodgers CD, Mahoney CE, De Souza MJ. Ovarian suppression impairs sport performance in junior elite female swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 2014; 46(1): 156–66
- [27] Williams NI, Statuta SM, Austin A. Female athlete triad: Future directions for energy availability and eating disorder research and practice. *Clin Sports Med* 2017; 36(4): 671–686
- [28] Woods AL, Garvican-Lewis LA, Lundy B et al. New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. *PLoS One* 2017 Mar 15; 12(3): e0173807

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1130-9563>
 Sportphysio 2020; 8: 59–66
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 ISSN 2196-5951