

Déclaration de consensus du Comité International Olympique (CIO) de 2023 sur la déficience énergétique relative dans le sport (REDs)

Margo Mountjoy,^{1,2} Kathryn E Ackerman,³ David M Bailey,⁴ Louise M Burke,⁵ Naama Constantini,⁶ Anthony C Hackney,⁷ Ida Aliisa Heikura,^{8,9} Anna Melin,¹⁰ Anne Marte Pensgaard,¹¹ Trent Stellingwerff,^{8,9} Jorunn Kaiander Sundgot-Borgen,¹² Monica Klungland Torstveit,¹³ Astrid Uhrenholdt Jacobsen,¹⁴ Evert Verhagen,¹⁵ Richard Budgett,¹⁶ Lars Engebretsen,¹⁶ Uğur Erdener^{17,18}

RÉSUMÉ

Le syndrome de Déficit Énergétique Relatif lié au Sport (REDs) a été introduit pour la première fois en 2014 par le comité d'experts du Comité International Olympique, identifiant un syndrome avec des conséquences néfastes pour la santé et la performance des athlètes féminines et des athlètes masculins exposés à une faible disponibilité énergétique (LEA; apport énergétique insuffisant par rapport à la dépense énergétique liée à l'exercice). Depuis le consensus REDs de 2018, il y a eu plus de 170 publications de recherche originales faisant progresser la science dans le domaine du REDs, y compris des données émergentes démontrant le rôle croissant de la faible disponibilité en glucides, des preuves supplémentaires de l'interaction entre la santé mentale et le REDs et plus de données élucidant l'impact de la LEA chez les hommes. Notre connaissance des signes et symptômes des REDs a abouti à la mise à jour des Modèles Conceptuels de Santé et de Performance et au développement d'un nouveau Modèle Physiologique. Ce Modèle Physiologique est conçu pour démontrer la complexité de l'exposition à la LEA, qu'elle soit problématique ou adaptable, couplée à des facteurs modérateurs individuels, conduisant à des changements en termes de santé et de performance. Les lignes directrices pour une évaluation sûre et efficace de la composition corporelle afin de prévenir le REDs sont également décrites. Un nouvel outil d'évaluation clinique du REDs-Version 2 est introduit pour faciliter la détection et le diagnostic clinique du REDs basé sur des critères de gravité cumulés et la stratification des risques, avec des recommandations associées pour l'entraînement et la compétition. Les principes de prévention et de traitement du REDs sont présentés pour encourager les meilleures pratiques pour les organisations sportives et les cliniciens. Enfin, les meilleures pratiques méthodologiques pour la recherche sur le REDs sont décrites afin de stimuler des recherches futures de haute qualité pour combler les lacunes importantes en matière de connaissances.

INTRODUCTION

Mon corps se détériorait simplement parce qu'il travaillait plus dur, mais avec moins de nourriture. C'est un signe que tout était en train de s'arrêter. J'avais complètement perdu le contrôle de mon corps, mais je pensais toujours que c'était juste quelque chose que je devais traverser, car l'objectif ultime est un certain poids ou une certaine apparence.¹

Les athlètes sont poussés par une forte pression interne et externe pour atteindre des performances optimales. De nombreuses formes de pression liées à la performance contribuent à des scénarios qui, intentionnellement ou non, modifient l'apport énergétique (AE) et la dépense énergétique liée à l'exercice (DE), entraînant une faible disponibilité énergétique (LEA). La formule mathématique pour la disponibilité énergétique (EA) qui identifie la quantité d'énergie que le corps peut consacrer aux fonctions associées à la santé, au bien-être et à la performance est bien établie en science/médecine du sport ²⁻⁴ :

$$EA \text{ [Disponibilité Énergétique]} = \{AE \text{ Apport Énergétique (kcal)} - DE \text{ [Dépense Énergétique liée à l'Exercice (kcal)]}\} / MM \text{ [Masse maigre (kg) / jour]}$$

Les scénarios couramment rencontrés dans le sport incluent des volumes extrêmes d'une DE, des tentatives d'amélioration des rapports poids/puissance, le désir d'une maigreur excessive et des altérations physiques spécifiques au sport. Tous ces scénarios peuvent conduire à une LEA problématique (voir encadré Définitions 1), ce qui peut entraîner des implications négatives pour la santé et la performance connues sous le nom de 'Syndrome de Déficit Énergétique Relatif lié au Sport' (REDs). Le concept de REDs (modifié de l'acronyme original 'RED-S' pour une meilleure compréhension et diffusion), a été introduit pour la première fois par le Comité International Olympique (CIO) dans une déclaration de consensus en 2014,⁵ et a été mis à jour en 2018.⁶ Depuis 2018, il y a eu des avancées scientifiques considérables dans le domaine de la recherche sur le REDs, incluant ~178 publications de recherche originales sur le

► Du matériel supplémentaire additionnel est publié en ligne uniquement. Pour voir, veuillez visiter le journal en ligne (<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>).

Pour les affiliations numérotées, voir fin de l'article.

Correspondance :
Professeur Margo Mountjoy,
Médecine Familiale, Université
McMaster Michael G DeGroote
School of Medicine, Waterloo,
ON, Canada;
mountjm@mcmaster.ca

Accepté le 20 août 2023

© Auteur(s) (ou leur(s)
employeur(s) 2023.
Pas de réutilisation commerciale.
Voir droits et autorisations. Publié
par BMJ.

Pour citer: Mountjoy M, Ackerman
KE, Bailey DM, et al. Br J Sports
Med 2024; 57 :1073–10 98.

REDs et/ou LEA avec environ ~23822 participants ; (8 0% de femmes), avec ~62% de ces études utilisant un design transversal, ~14% des observations longitudinales et ~12 % des interventions longitudinales (voir le résumé de la littérature dans le fichier supplémentaire en ligne 1). Ces avancées scientifiques ont amélioré notre compréhension de la physiologie et de la psychologie sous-jacentes du REDs et des différentes présentations cliniques entre les sexes. Il existe une large variation dans la prévalence estimée rapportée des indicateurs de LEA/REDs chez les athlètes féminines (23%–79.5%^{7–16}) et les athlètes masculins (15%–70%^{12–20}) à travers une variété de sports en raison de l'absence d'un diagnostic définitif unique, de l'utilisation erronée des termes LEA et REDs comme interchangeable, du manque de standardisation et de précision des méthodologies de recherche (par exemple, des mesures d'EA inexactes), de la variation des exigences physiologiques parmi les populations étudiées et des biais de volontariat des participants à l'étude.²¹ En comparaison aux déclarations de consensus REDs précédentes, ce consensus REDs du CIO, mis à jour, est plus robuste dans sa méthodologie, incluant (1) la définition des critères d'inclusion du panel de consensus, les seuils pour atteindre le consensus via des déclarations de vote, et la provision pour la dissidence^{22 23} ; (2) soutenu par une édition dédiée de revues et éditoriaux connexes fournissant un contexte détaillé pour faciliter une meilleure compréhension^{21 24–30} ; et (3) présentant un mélange de science et de traduction des connaissances (en mettant en œuvre une approche centrée sur l'athlète et l'entraîneur). Le public cible principal de cette déclaration de consensus comprend les cliniciens et les chercheurs en REDs, avec des matériaux ifs secondaires développés pour les entraîneurs et les athlètes afin de soutenir la prévention primaire du REDs. Nous avons intentionnellement développé du contenu concret pour les cliniciens de l'équipe de santé et de performance des athlètes impliqués dans la prévention, le diagnostic et le traitement du REDs.^{25 27 29} Pour les scientifiques en REDs, en plus d'un résumé de la science sous-jacente dans le domaine, nous avons également fourni des suggestions pour de futures recherches mettant en œuvre des méthodologies recommandées.²¹ Les résultats de ce consensus sont axés sur le développement d'athlètes de niveau mondial (Tiers 2–5).³¹ Les objectifs de cette déclaration de consensus sont de (1) résumer les avancées scientifiques récentes dans le domaine du REDs; (2) introduire un nouveau modèle physiologique REDs et un outil d'évaluation clinique REDs validé - Version 2 (CAT2 REDs du CIO) ; et (3) fournir des conseils pratiques, cliniques et méthodologiques liés au REDs pour promouvoir la santé et le bien-être des athlètes, ainsi qu'une optimisation sécuritaire de la performance sportive. Ce consensus est organisé en cinq sections : (1) Qu'est-ce que le REDs?, (2) méthodologie et résultats du consensus, (3) avancées scientifiques clés depuis la déclaration de consensus REDs de 2018, (4) applications cliniques et (5) directives méthodologiques de recherche.

Encadré 1 Définitions : Faible Disponibilité Énergétique

Disponibilité énergétique

La disponibilité énergétique est l'énergie alimentaire restante et disponible pour le fonctionnement optimal des systèmes corporels après avoir pris en compte l'énergie dépensée par l'exercice. La disponibilité énergétique est exprimée en kcal/kg de masse maigre/jour, et est définie dans la littérature scientifique sous la forme d'une formule mathématique^{2–4} :

EA [Disponibilité Énergétique] = **[AE** [Apport Énergétique Alimentaire (kcal)] - **DE** [Dépense Énergétique liée à l'Exercice (kcal)]] / **MM** [Masse Maigre (kg)] / jour]

Faible Disponibilité énergétique (LEA)

La LEA est tout déséquilibre entre l'apport énergétique alimentaire et l'énergie dépensée lors de l'exercice qui laisse les besoins énergétiques totaux du corps non satisfaits, c'est-à-dire qu'il y a une énergie insuffisante pour soutenir les fonctions nécessaires au corps pour maintenir une santé et des performances optimales.⁶ La LEA se produit comme un continuum entre des scénarios où les effets sont bénins (*LEA adaptable*) et d'autres où il y a des altérations substantielles et potentiellement à long terme de la santé et des performances (*LEA problématique*).

LEA adaptable

La LEA adaptable est l'exposition à une réduction de la disponibilité énergétique associée à des effets bénins, y compris des changements légers et rapidement réversibles dans les biomarqueurs de divers systèmes corporels qui signalent un partitionnement adaptatif de l'énergie et la plasticité de la physiologie humaine. Dans certains cas, le scénario qui soutient la réduction de la disponibilité énergétique (par exemple, manipulation surveillée et consciente de la composition corporelle ou période programmée d'entraînement ou de compétition intensifiée) peut être associé à des bénéfices aigus pour la santé ou la performance (par exemple, augmentation du VO 2max). La LEA adaptable est généralement une expérience à court

terme avec un impact minimal (ou nul) sur la santé, le bien-être ou la performance à long terme. Des facteurs modérateurs peuvent également modifier l'expression des résultats.

LEA problématique

La LEA problématique est l'exposition à une LEA associée à une perturbation plus grande et potentiellement persistante de divers systèmes corporels, souvent accompagnée de signes et/ou de symptômes, et représente une réponse inadaptée. Les caractéristiques de l'exposition problématique à une LEA (par exemple, la durée, l'ampleur, la fréquence) peuvent varier selon le système corporel et l'individu. Elles peuvent être davantage affectées par l'interaction avec des facteurs modérateurs qui peuvent amplifier la perturbation de la santé, du bien-être et de la performance.

Facteurs modérateurs

Caractéristiques des athlètes individuels, de leur environnement ou de leurs comportements/activités qui peuvent amplifier ou atténuer l'effet de l'exposition à une LEA sur divers systèmes corporels. Les facteurs modérateurs pertinents (par exemple, le sexe, l'âge, la génétique) varient selon le système corporel. Ils peuvent offrir une protection ou un risque supplémentaire dans la progression de l'exposition à une LEA à l'expression de perturbations de la santé, du bien-être ou de la performance.

Troubles alimentaires

Maladies mentales diagnostiquées cliniquement en répondant à des critères définis caractérisés par des comportements alimentaires anormaux (par exemple, restriction auto-induite de la prise alimentaire, préoccupation pour la forme ou le poids du corps, frénésie alimentaire et purge (vomissements auto-induits, utilisation de laxatifs, exercice excessif, utilisation de diurétiques)).¹⁷²

Comportements alimentaires perturbés

Comportements alimentaires anormaux incluant des restrictions alimentaires, des compulsions alimentaires ou des habitudes alimentaires irrégulières ou inflexibles, un exercice physique excessif au-delà de l'entraînement assigné pour compenser l'apport alimentaire, et l'utilisation de purgatifs. Les comportements ne répondent pas aux critères cliniques d'un trouble alimentaire.

Syndrome de Déficit Énergétique Relatif lié au Sport (REDs)

Un syndrome de dysfonctionnement physiologique et/ou psychologique ressent par les athlètes féminins et masculins, causé par une exposition à une LEA problématique (prolongée et/ou sévère). Les conséquences néfastes incluent, mais ne sont pas limitées à, des diminutions du métabolisme énergétique, de la fonction reproductive, de la santé musculosquelettique, de l'immunité, de la synthèse du glycogène et de la santé cardiovasculaire et hématologique, qui peuvent toutes individuellement et de manière synergique conduire à une altération du bien-être, à un risque accru de blessure et à une diminution de la performance sportive.⁵

Qu'est-ce que le REDs ?

La théorie de l'histoire de la vie propose que divers processus biologiques liés à la croissance, à la santé, à l'activité et à la reproduction se disputent des ressources énergétiques limitées, avec des priorités différentes selon la phase du cycle de vie et d'autres circonstances.^{32–34} Dans la littérature scientifique sportive, l'EA pour répondre à diverses fonctions biologiques est la quantité d'énergie restante de l'AE après avoir pris en compte les besoins énergétiques de l'exercice. Un AE inadéquat ou un engagement énergétique accru pour un processus biologique favorise des compromis qui allouent l'énergie loin d'autres processus, en particulier la croissance, la reproduction ou le maintien des fonctions.³² En particulier, de telles pressions sélectives évolutives ont favorisé des adaptations qui allouent des réserves d'énergie limitées pendant les périodes de LEA (par exemple, les famines) à des processus biologiques qui soutiennent la survie immédiate, ainsi que le succès reproductif à long terme.³² Par conséquent, les humains, comme d'autres animaux, sont adaptés pour faire face aux périodes de LEA en régulant à la baisse les processus biologiques qui sont temporairement inutiles ou réductibles.³² Certaines de ces perturbations des systèmes physiologiques pourraient être considérées comme légères et/ou transitoires, représentant une plasticité physiologique³⁵ et pourraient être qualifiées de LEA adaptable (*voir la boîte Définitions 1*). Cependant, bien que les humains aient évolué pour être physiquement actifs, ils n'ont pas évolué pour tolérer certains programmes d'entraînement d'élite modernes³⁶ ou pratiques liées au sport. C'est particulièrement le cas dans les sports d'endurance (souvent >30 heures d'entraînement/semaine),³⁷ ce qui peut

parfois entraîner une DE extrême qui dépasse la capacité des apports alimentaires humains pour une absorption énergétique soutenue.³⁸ En effet, le spectre de l'exposition à la LEA peut inclure des scénarios (par exemple, durée significative, ampleur, fréquence—voir la [boîte Définitions 1](#)), qui, en conjonction avec des facteurs modérateurs (par exemple, sexe, âge, état de santé), sont associés à des effets négatifs sur divers systèmes physiologique de l'organisme. De tels scénarios, qualifiés de LEA problématique, se manifestent par des altérations de la santé et du bien-être, ainsi que par une interruption de l'entraînement (adaptation et amélioration des systèmes physiologiques via l'exposition au stress physiologique) ou de la compétition (démonstration de prouesses mentales et physiologiques optimales).³⁹ Dans le monde réel, les athlètes sont exposés à la LEA (volontairement ou involontairement) de diverses manières le long du continuum allant de l'adaptable au problématique.^{3,40} En effet, dans certaines circonstances, certaines pratiques associées à la LEA, telles que la manipulation de la composition corporelle, des périodes d'entraînement intensifié ou des charges de travail de compétition impliquant une DE prodigieuse, peuvent être périodisées de manière sûre et efficace dans le plan annuel d'un athlète (par exemple, la mise en œuvre est guidée par des experts, l'athlète dispose d'une préparation physique et psychologique, une récupération adéquate et la santé est maintenue).^{41,42} Le REDs est un syndrome multifactoriel diagnostiqué cliniquement, caractérisé par l'accumulation des effets délétères sur la santé et la performance résultant de l'exposition à une LEA problématique. Ainsi, compte tenu des avancées scientifiques significatives dans ce domaine, la définition mise à jour de REDs en 2023 est la suivante : *un syndrome de dysfonctionnement physiologique et/ou psychologique ressenti par les athlètes féminins et masculins, causé par une disponibilité énergétique basse problématique (prolongée et/ou sévère). Les conséquences néfastes incluent, mais ne se limitent pas à, des diminutions du métabolisme énergétique, de la fonction reproductive, de la santé musculo-squelettique, de l'immunité, de la synthèse du glycogène et de la santé cardiovasculaire et hématologique, qui peuvent toutes individuellement et de manière synergique conduire à une altération du bien-être, à un risque accru de blessure et à une diminution des performances sportives.*

Méthodologie et résultats du consensus

En plus de faciliter la synthèse des informations compilées, la méthodologie de consensus exploite également les connaissances des experts pour permettre de formuler des recommandations validées lorsque les preuves publiées vont de insuffisantes à adéquates. L'objectif des méthodes de consensus est de déterminer dans quelle mesure des experts indépendants et diversifiés s'accordent sur des questions nuancées et complexes dans un domaine thématique défini, tout en cherchant à surmonter certains des inconvénients associés à la prise de décision en groupes ou en comités, qui peuvent souvent être dominés par un individu ou des coalitions représentant des intérêts particuliers. Cette déclaration de consensus sur le REDs a utilisé la méthode d'appropriation RAND-UCLA (RAM).⁴³ Un panel diversifié (c'est-à-dire, genre, géographie localisation, expertise) d'experts a été invité, composé de médecins en médecine du sport, d'un endocrinologue du sport, de diététiciens sportifs agréés, de physiologistes du sport, de scientifiques du sport, d'un athlète, d'un entraîneur et d'un consultant en performance mentale. Les auteurs ont été invités en fonction de leur expertise, comme en témoignent leurs recherches antérieures, leurs expériences cliniques et/ou d'entraînement avec le REDs. Parmi l'ensemble des auteurs, des groupes de travail plus restreints d'experts ont été chargés de préparer des sous-thèmes spécifiques avant le consensus sous la forme de (1) un résumé référencé de la littérature scientifique existante et (2) des déclarations de vote basées sur des aspects nouveaux et potentiellement controversés identifiés dans la revue de la littérature. Ces résumés de la littérature et déclarations de vote ont été compilés, puis circulés pour un vote confidentiel en ligne (méthode Delphi⁴⁴). Les catégories de réponses allaient de fortement en désaccord, incertain, à fortement d'accord. Nous avons défini trois niveaux d'accord en fonction desquels des discussions ultérieures ont eu lieu :

1. Accord : ≥ 80 % des auteurs sont d'accord sur la déclaration de vote, sans qu'aucun auteur ne soit en désaccord.
2. Accord avec désaccord minoritaire : ≥ 80 % des auteurs sont d'accord sur la déclaration de vote, mais avec un ou plusieurs auteurs en désaccord.
3. Désaccord : $> 80\%$ des auteurs sont d'accord sur la déclaration de vote.

Les déclarations sans accord ont été discutées lors de la réunion suivante tenue à la Maison Olympique à Lausanne, Suisse (septembre 2022). Les auteurs étaient autorisés à rédiger une opinion minoritaire en cas de désaccord avec une déclaration lorsque le seuil de consensus était atteint. Les déclarations de vote ont été révisées après les discussions, puis soumises à un second tour de vote électronique confidentiel à la fin de la réunion (les détails complets des déclarations de vote, des résultats et des actions sont disponibles via les documents supplémentaires (fichiers supplémentaires en ligne 2–4)).

Résultats du consensus

Lors du premier tour de vote en ligne, nous avons présenté 135 déclarations de preuves au panel. Un accord complet a été atteint pour 76 déclarations. Nous avons décrit nos actions prises après des discussions en personne dans le [tableau 1](#). Lors du deuxième tour de vote confidentiel, 44 déclarations ont été présentées aux auteurs. Parmi celles-ci, 24 étaient des déclarations précédentes avec désaccord nécessitant un nouveau vote, et 20 étaient de nouvelles déclarations. Toutes les déclarations de vote ont atteint un accord ou un désaccord minoritaire après deux tours de vote, fournissant un total de 144 déclarations dont 27 sont restées avec un désaccord minoritaire (c'est-à-dire qu'un accord de 80 % a été atteint, mais une ou plusieurs personnes n'étaient pas d'accord avec la déclaration).

Déclaration sur l'équité, la diversité et l'inclusion

Un panel diversifié d'experts composé de médecins en médecine sportive, de diététiciens sportifs agréés, d'athlètes, d'entraîneurs, de physiologistes du sport, de scientifiques du sport et de consultants en performance mentale. Les auteurs ont été invités en fonction de leur expertise, démontrée par des recherches antérieures, des expériences cliniques et/ou d'entraînement avec le REDs. Au total, 10 femmes et 7 hommes de quatre continents ont participé.

Avancées scientifiques clés depuis la déclaration de consensus REDs de 2018

Il y a eu une croissance significative du nombre d'études montrant clairement que la LEA problématique est l'étiologie sous-jacente du REDs. Les nouvelles preuves sur ce sujet fournissent une compréhension fondamentale plus profonde de la manière dont la LEA problématique par rapport à la LEA adaptable, ainsi que ses facteurs modérateurs, influencent la santé et la performance des athlètes (voir [encadré Définitions 1](#)). Les points clés émergents sont (1) l'impact additif de la faible disponibilité en glucides (LCA) avec la LEA dans le développement du REDs ; (2) le chevauchement de la symptomatologie du REDs et du syndrome de surentraînement (OTS) ; (3) le délai de réponse des biomarqueurs à la LEA problématique dans le développement du REDs ; (4) une meilleure compréhension des associations santé mentale et REDs ; (5) des avancées dans les connaissances concernant le REDs chez les athlètes masculins et (6) les para-athlètes.

L'impact amplificateur de la LCA dans le contexte de REDs

La plupart des études d'intervention sur la LEA sont également accompagnées d'une réduction substantielle (25%–60%, selon l'ampleur de la LEA) de l'ingestion de carbohydrates (CHO), entraînant une faible disponibilité en glucides (LCA) concomitant.^{45–48} Dans le monde réel, l'ampleur de la LCA est probablement encore plus grande compte tenu de l'accent mis sur l'apport en protéines pendant les périodes de restriction calorique.^{49–51} Récemment, plusieurs enquêtes ont élucidé le rôle énergétique indépendant ou amplifiant des CHO dans les résultats de santé liés

aux REDs. Il y a eu plusieurs enquêtes à court terme (≤6 jours) chez des athlètes d'endurance masculins comparant les effets d'une disponibilité énergétique haute avec apport en CHO élevée, d'un régime pauvre en glucide (<3g CHO/kg /jour) mais riche en lipides (LCHF), ou de régimes à faible énergie avec une disponibilité en CHO faible à modérée sur les biomarqueurs osseux, immunitaires et de fer. Ces études ont rapporté des augmentations des biomarqueurs de résorption osseuse ^{52 53} avec une altération concomitante des biomarqueurs de formation osseuse, ⁵³ ainsi que des concentrations post-exercice accrues d'interleukine-6 (IL-6) et d'hepcidine après LCA. ⁵⁴ Ces résultats suggèrent des effets délétères sur les biomarqueurs osseux, immunitaires et de fer en raison de la LCA, parfois en l'absence de LEA. Plus récemment, une intervention de 3 jours chez de jeunes

femmes a également montré une augmentation de 264% de l'hepcidine avec un régime pauvre en apport énergétique et en CHO, contre seulement une augmentation de 69% de l'hepcidine avec un régime isocalorique pauvre en énergie mais plus riche en CHO. ⁵⁵ De plus, ~3,5 semaines de régime LCHF chez des athlètes d'endurance élite ont entraîné une altération des marqueurs de remodelage osseux à la fois au repos et autour de l'exercice (jusqu'à 3 heures post-exercice), ⁵⁶ et des concentrations post-exercice élevées d'IL-6 par rapport à un traitement isocalorique riche en CHO. ⁵⁷ Six études depuis 2019 ont montré un impact indépendant et/ou amplifiant de la LCA dans le développement accéléré des conséquences de REDs. ⁵²⁻⁵⁷ En conséquence, les études d'intervention sur la LEA doivent également contrôler et tenir compte de l'apport en CHO et doivent être de plus longue durée pour déterminer l'adaptation à long terme.

Tableau 1 Résultats de l'enquête Delphi en ligne et actions subséquentes

	Total	Accord	Désaccord minoritaire	Désaccord
Vote du premier tour	135	76	29	30
Action prise				
Supprimé	11	-	2	9
Formulation ajustée : revote	23	-	3	20
Formulation ajustée : pas de revote	23	23	-	-
Revote	1	-	-	1
Déclarations ajoutées	20	-	-	-
Vote du second tour	44	41	3	
Résultat global	144	117	27	
*Accord : ≥ 80% d'accord sans désaccord mais peut inclure des votes 'indécis'. †Désaccord minoritaire : ≥ 80% d'accord mais avec une ou plusieurs opinions divergentes. ‡Désaccord : <80% d'accord.				

Chevauchement symptomatologique entre REDs et OTS
REDs et OTS sont des syndromes impliquant l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et n'ont pas de biomarqueur diagnostique valide unique ; ils présentent un chevauchement complexe de symptômes qui reposent sur un diagnostic utilisant des critères d'exclusion ^{37 58} En conséquence, une revue narrative récente a trouvé que 18 des 21 études basées sur l'OTS identifiées ont montré des indications de LEA et LCA en raison de fortes augmentations de l'entraînement tout en ne compensant pas par une augmentation de l'AE, et peuvent donc avoir démontré des résultats de REDs plutôt que d'OTS. ³⁷ Il est important de noter que la LEA et/ou la LCA, bien que difficiles à évaluer, doivent être exclues d'un diagnostic d'OTS car la LEA est l'étiologie sous-jacente pour un diagnostic de REDs. ^{37 59}

Chronologie de la LEA entraînant des REDs
Bien que des périodes aiguës et légères de LEA ne conduisent pas toujours à des résultats défavorables, une exposition problématique à la LEA conduit au REDs. Notre compréhension scientifique de la chronologie de la LEA menant à des signes/symptômes physiologiques et psychologiques validés est encore en cours d'élaboration, en grande partie en raison des difficultés à évaluer et à contrôler avec précision l'EA dans les recherches prospectives. ²¹ Les définitions émergentes mettent en évidence la LEA à court terme comme quelques jours à quelques semaines, à moyen terme comme des semaines à des mois et à long terme comme des mois à des années ^{37 40} Cependant, les seuils de la chronologie nécessitent une validation scientifique supplémentaire, peuvent différer entre les hommes et les femmes et changer avec la gravité et la durée de la dose de LEA. Néanmoins, certains signes/symptômes et résultats de REDs qui semblent se présenter temporellement à diverses périodes d'exposition à la LEA ont émergé. Il est important de noter que

certains signes ou symptômes à court terme lors de l'évaluation aiguë peuvent seulement représenter un instantané d'un état actuel de LEA et nécessitent l'exclusion d'autres étiologies potentielles (diagnostics différentiels). De tels signes ou symptômes ne reflètent pas toujours une exposition problématique à la LEA menant aux REDs.

Conséquences sur la santé mentale des REDs
La communauté sportive a priorisé la santé mentale des athlètes de haut niveau, comme en témoigne une forte augmentation des déclarations de consensus ⁶⁰⁻⁶² et des études de prévalence ⁶³⁻⁶⁵ sur ce thème. Un axe parallèle a été la sensibilisation accrue aux facteurs de risque et aux conséquences des REDs, où les facteurs psychologiques contribuant à la LEA et les conséquences sur la santé mentale ont été mis en évidence, ⁵ bien que moins bien compris. ^{6 35 66} Des études qualitatives récentes ^{1 67} impliquant principalement des athlètes d'endurance sub-élites soutiennent cette prémisse, rapportant que la LEA d'origine intentionnelle (par exemple, régulation du poids) ou non intentionnelle (par exemple, ne pas augmenter consciemment l'AE avec l'augmentation de l'DE) peut être associée à des résultats positifs à court terme tels que des améliorations de performance ou une approbation sociale de l'entraîneur et de la culture sportive. ¹ Ces résultats 'positifs' à court terme rendent plus difficile pour les athlètes de reconnaître les implications potentielles à long terme sur la santé et la performance d'une exposition problématique à la LEA. L'alimentation dysfonctionnelle (DE), les troubles du comportement alimentaire (TCA) et/ou le REDs sont courants parmi certains groupes d'athlètes. ⁶⁸ Les comportements liés à la LEA et les DE, qui existent le long du spectre entre une nutrition optimisée et des TCA cliniques, peuvent survenir isolément ou ensemble. ⁶⁸ Des antécédents de DE ou de TCA peuvent perpétuer une sous-alimentation énergétique continue ¹ et doivent donc être considérés

comme un facteur de risque important pour développer un REDs. Une DE et les TCA peuvent être exacerbés par l'influence des réseaux sociaux, les pressions sociétales, l'entourage d'entraînement/de coaching de l'athlète, la croyance qu'un physique/poids/apparence spécifique améliorera la performance et/ou une insatisfaction générale du corps.⁶⁹ Étant donné les conséquences potentiellement graves des comportements de DE et des TCA, la prévention, l'identification précoce et les interventions en temps opportun doivent être prioritaires.^{60 70} Les indicateurs psychologiques associés à une LEA problématique et au REDs sont les perturbations/fluctuations de l'humeur,^{6 71 72} la restriction cognitive alimentaire,⁷³ la quête de minceur,^{74 75} la réduction de la qualité du sommeil^{50 76} et les tendances perfectionnistes.⁷⁷ Les symptômes dépressifs et les troubles affectifs,^{8 78 79} réduction subjective du bien-être,⁷³ dépendance/addiction à l'exercice primaire ou secondaire,^{80 81} anxiété liée à une blessure et/ou à la récupération, problèmes spécifiques au sport tels que la difficulté à faire face aux exigences de poids^{67 76} et le développement de TCA^{1 82} constituent d'autres conséquences négatives pour la santé mentale associées à une LEA et au REDs problématiques. Cependant, nous devons reconnaître que le tableau reste flou en ce qui concerne la dynamique de la santé mentale et des comportements de TCA selon le sexe et le niveau de compétition,⁸³ ainsi que chez les athlètes ayant des handicaps physiques.⁸⁴ De plus, des études sont nécessaires pour (1) déterminer pourquoi de nombreux athlètes éprouvent peu ou pas de conséquences négatives sur la santé mentale aux premiers stades de l'exposition à une LEA problématique^{20 72 85} et (2) mieux comprendre la fonction réciproque des différentes variables psychologiques.^{86 87} Comme le stress perçu semble être courant pour de nombreuses préoccupations de santé mentale liées à la LEA et au REDs, une attention accrue devrait être accordée au développement d'environnements psychologiquement sûrs entourant les athlètes. Les détails sur la création d'environnements sportifs sûrs sont décrits dans la déclaration de consensus du CIO sur la santé mentale des athlètes d'élite.⁶⁰

REDs chez les athlètes masculins

Bien que la déclaration de consensus du CIO sur les REDs de 2014⁵ et le document de mise à jour de 2018⁶ aient fait allusion à l'impact de la LEA et du REDs chez les athlètes masculins, les recherches disponibles sur les hommes à l'époque étaient rares. Depuis lors, bien que la communauté de recherche ait souligné la nécessité d'études chez les hommes, actuellement seulement 20 % des études originales de 2018 à 2022 incluent des athlètes masculins comme sujets (voir le résumé de la recherche bibliographique dans le fichier supplémentaire en ligne 1). Bien qu'un seuil universel de 30 kcal/kg MM/jour comme seuil de LEA conduisant à certains résultats de REDs chez les femmes soit débattu,⁸⁸ un tel seuil ou une telle plage à laquelle les hommes éprouvent des symptômes liés au REDs est encore moins compris,⁸⁹ mais semble être plus bas (par exemple, ~9 à 25 kcal/kg MM/jour).^{17 46 72 90 91} En effet, il existe des preuves que la plupart des hommes peuvent maintenir une EA plus basse avant que des perturbations physiologiques et psychologiques ne se manifestent. Néanmoins, une LEA problématique peut survenir chez les athlètes masculins et est associée à des effets négatifs sur l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique (HPG) et les hormones associées^{72 92-100}; des changements dans les hormones métaboliques^{46 101-103}; des altérations de la fonction immunitaire¹⁰⁴; des préjudices à la santé osseuse¹⁰⁵; ainsi que des résultats de performance négatifs^{18 90 104 106} et une diminution de la masse corporelle maigre.¹⁰⁷ Bien que les changements soient comparables à ceux des résultats de REDs observés chez les athlètes féminines, l'ampleur des effets sur certains paramètres physiologiques et le seuil auquel ces effets se manifestent semblent varier entre les sexes. Deux indicateurs potentiels émergents du REDs chez les hommes sont la présence d'une faible libido et la diminution des érections matinales, qui ont été identifiés comme des conséquences physiologiques de la LEA.¹⁰⁸⁻¹¹¹

REDs chez les athlètes paralympiques

La prévalence estimée de REDs chez les athlètes paralympiques est inconnue; cependant, il y a des préoccupations selon lesquelles les athlètes paralympiques pourraient être à un risque encore plus élevé de LEA problématique que les athlètes valides.¹¹² Parmi les athlètes paralympiques américains se préparant pour les Jeux Paralympiques, 62 % ont tenté de modifier leur poids ou

leur composition corporelle pour améliorer leurs performances, 32 % avaient des scores élevés sur l'échelle de comportement pathologique du Questionnaire d'Examen des Troubles Alimentaires (EDE-Q) et 44 % des athlètes féminines ont signalé des dysfonctionnements menstruels.¹¹³ Une autre étude sur les estimations de l'EA chez les athlètes en fauteuil roulant a rapporté que presque toute la cohorte remplissait les critères de LEA sur au moins une période de 24 heures au cours de l'étude d'une semaine.¹¹⁴ Que l'image corporelle négative, le risque de LEA et/ou les comportements de DE et les TCA soient liés à leur handicap, à leur statut d'athlète, à la pression compétitive, à l'environnement d'entraînement ou à une combinaison de facteurs reste à élucider. Une LEA problématique peut entraîner une altération de la santé osseuse et des blessures osseuses secondaires à des facteurs tels que la charge squelettique modifiée vécue par les para-athlètes (c'est-à-dire le manque de stimulus de charge ressenti par les athlètes en fauteuil roulant et/ou les sports à faible impact). De plus, chez les amputés unilatéraux, le membre affecté peut présenter une densité minérale osseuse (DMO) réduite.¹¹⁵ De plus, la présence d'une lésion neurologique centrale peut entraîner des altérations de l'axe HPG et de la fonction menstruelle de base, indépendamment de l'état énergétique.^{116 117} Le risque de blessure par stress osseux (BSI) est particulièrement préoccupant chez les athlètes ayant une lésion de la moelle épinière qui subissent une perte substantielle de DMO immédiatement après la blessure et ont donc une incidence élevée de faible DMO pour l'âge et/ou d'ostéoporose.¹¹⁸ La densitométrie osseuse à double énergie (DXA) est l'outil le plus accepté pour la mesure de la DMO, mais il existe des limitations à l'utilisation des rapports de comparaison de la population standard (par exemple, les scores Z); les ensembles de données de référence normatives sont déterminés à partir de mesures effectuées sur des populations valides et stratifiées par catégories d'âge, de sexe et de race/ethnicité limitées pour déterminer les seuils diagnostiques de 'faible DMO pour l'âge' et 'ostéoporose'.^{119 120} Par conséquent, il y a un besoin de recherche sur une grande variété d'athlètes paralympiques pour développer des techniques d'évaluation de la DMO et des plages de référence appropriées pour la population d'athlètes paralympiques.¹¹²

Modèles conceptuels de REDs

Les modèles conceptuels de REDs ont été développés pour sensibiliser les communautés des athlètes, des entraîneurs, des sciences du sport et de la médecine du sport à ce syndrome. La figure 1 (Modèle de santé REDs) et la figure 2 (Modèle de performance REDs) sont des modèles conceptuels qui démontrent la gamme de systèmes corporels pour lesquels il existe des preuves théoriques, empiriques et/ou cliniques d'altérations qui se manifestent de différentes manières. Sans aucun doute, ces résultats se produisent sur des périodes de temps différentes et avec une gravité et une signification différente pour l'athlète individuel en raison de divers facteurs modérateurs.²⁴

Contrairement aux modèles REDs précédents,⁵⁶ la LEA est placée au centre du noyau pour noter son rôle en tant que variable d'exposition. Des flèches graduées illustrent un continuum allant de l'exposition adaptable à la LEA à l'exposition problématique à la LEA, la première représentant des adaptations physiologiques bénignes aux fluctuations énergétiques (c'est-à-dire la plasticité physiologique),⁴⁴ tandis que la région extérieure du noyau note la gamme de préoccupations de santé et de performance qui peuvent être associées à la seconde. Un spectre de déséquilibres énergétiques, avec des conséquences de gravité variable, faisait partie du concept original de l'EA.²⁴ Cependant, le modèle mis à jour utilise des termes qualitatifs (adaptable, problématique) comme alternative à l'accent précédent sur les évaluations quantitatives avec des seuils de préoccupation universellement appliqués. Les séquelles les mieux documentées de l'EA problématique sont les altérations de la fonction reproductive et de la santé osseuse chez les athlètes féminins et masculins.¹²¹⁻¹²³ Les tableaux 2 et 3 résument ces conditions et bien d'autres associées à l'EA chez les athlètes et d'autres populations. Les mises à jour futures réviseront probablement la gamme des séquelles reconnues associées aux REDs à mesure que nous en apprendrons davantage sur les effets de l'allocation énergétique et la priorisation potentielle de divers systèmes corporels. Il est important de noter que les modèles conceptuels de santé et de performance des REDs ne sont pas des entités séparées; ils impliquent un chevauchement considérable. En effet, présenter cette information sous deux roues offre simplement à différents

publics une appréciation des questions les plus pertinentes pour eux. Chaque signe ou symptôme dans les Modèles Conceptuels de REDs peut survenir en raison d'étiologies autres que le LEA problématique (tableaux 2 et 3). Par conséquent, l'exclusion des étiologies primaires (diagnostics différentiels) doit se faire lors du diagnostic de REDs (voir la section Outil d'Évaluation Clinique ci-dessous).

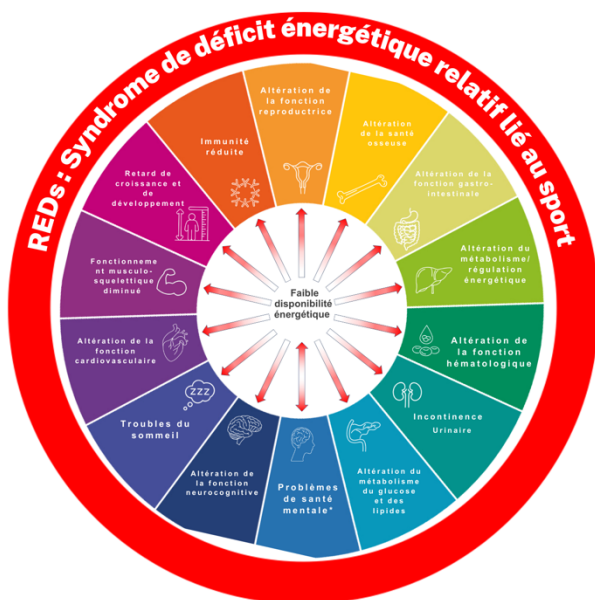


Figure 1 Modèle conceptuel de la santé REDs. Les effets de la LEA existent sur un continuum. Alors que certaines expositions à la LEA sont légères et transitoires, appelées LEA adaptable (flèche représentée en blanc), la LEA problématique est associée à une variété de résultats REDs défavorables (flèche représentée en rouge). *Les problèmes de santé mentale peuvent soit précéder les REDs, soit en être le résultat. LEA, faible disponibilité énergétique ; REDs, syndrome de déficit énergétique relatif lié au sport.

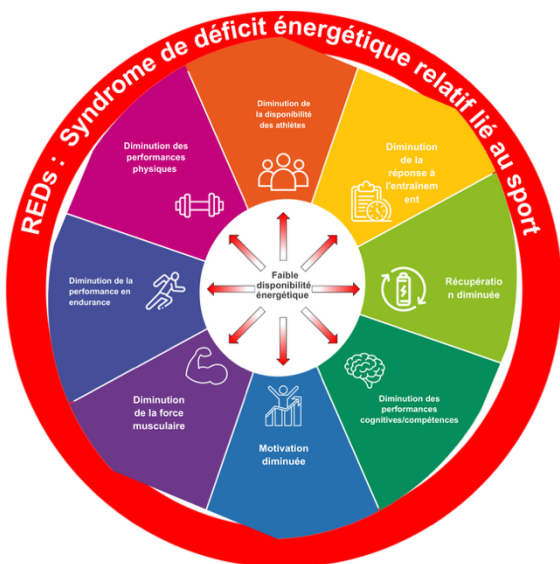


Figure 2 Modèle conceptuel de la performance REDs. Les effets de la LEA existent sur un continuum. Alors que certaines expositions à la LEA sont légères et transitoires, appelées LEA adaptable (flèche représentée en blanc), la LEA problématique est associée à une variété de résultats de performance REDs défavorables (flèche représentée en rouge). LEA, faible disponibilité énergétique; REDs, syndrome de déficit énergétique relatif lié au sport.

Modèle Physiologique de REDs

Les experts dans le domaine ont depuis longtemps réalisé que l'application de l'exposition au LEA (c'est-à-dire la gravité, la durée, la fréquence) sur les résultats à court, moyen et long terme du REDs est complexe et dépend de nombreux facteurs modérateurs. En conséquence, et nouveauté de cette mise à jour de consensus 2023, un modèle physiologique unificateur plus recherché et basé sur la clinique a été développé. Pour faire progresser le domaine scientifique du REDs, nous avons besoin de modèles physiologiques dynamiques intégrés qui peuvent aider à expliquer la complexité biologique et l'interaction au sein et entre les différents systèmes corporels, ainsi que les incohérences dans la manifestation des signes et symptômes de REDs résultant de la LEA problématique. Idéalement, des modèles physiologiques uniques peuvent être développés pour chaque système corporel au sein des Modèles Conceptuels de Santé (voir figure 1) avant d'être intégrés pour reconnaître les interactions physiologiques substantielles entre les systèmes.

Étape 1 dans le modèle physiologique de REDs pour chaque système corporel (figure 3) consiste à identifier la gamme de troubles spécifiques de la santé et de la performance qui pourraient survenir en raison de l'exposition à la LEA, ainsi que les détails des tests de critères et des métriques qui évaluent le mieux la présence de telles perturbations. Étape 2 consiste à se concentrer sur les caractéristiques de l'exposition à la LEA d'un athlète (voir figure 3 pour des exemples) qui pourraient créer un risque plus élevé de problèmes ; par exemple, la durée, l'ampleur ou l'origine du déséquilibre de la LEA (voir figure 3 pour des exemples). Étape 3 consiste à considérer les facteurs modérateurs dans la constitution, les comportements ou l'environnement d'un athlète individuel qui peuvent soit exacerber, soit protéger contre divers dysfonctionnements de santé et/ou de performance associés à la LEA en relation avec le système corporel spécifique. Une identification systématique de ces facteurs modérateurs est proposée (figure 3). Le développement d'un modèle physiologique pour chaque système corporel, soutenu par une 'mentalité de biologie des systèmes',¹²⁴ permettra une évaluation plus nuancée de l'athlète individuel et de savoir si leur combinaison spécifique d'exposition à la LEA et de modérateurs secondaires est susceptible de conduire à des résultats de santé et/ou de performance positifs, neutres ou négatifs.

Applications cliniques

Évaluation de l'EA

La recherche fondamentale^{45 125} sur l'EA chez les femmes habituellement sédentaires a identifié un continuum de zones allant du faible au haut risque de préjudice (par exemple, EA élevée pour le gain de masse et la croissance ≥ 45 kcal/kg MM/jour, EA adéquate pour le maintien du poids et le soutien de la fonction corporelle = ~ 45 kcal/kg MM/jour, EA réduite pour la perte de masse/graisse = $30-45$ kcal/kg MM/jour, et LEA causant des implications pour la santé ≤ 30 kcal/kg MM/jour).¹²⁶ Le concept du seuil de LEA (30 kcal/kg MM/jour), en dessous duquel des problèmes de santé surviennent, était basé sur des études de laboratoire élégantes mais à court terme qui ont étudié les changements progressifs de l'EA, les perturbations des hormones sexuelles^{45 127 128} et les changements dans les marqueurs du renouvellement osseux¹²⁵ dans un petit échantillon de femmes sédentaires. Bien que ce concept ait été conçu comme un guide, plutôt que comme un critère diagnostique définitif, des informations plus récentes tirées d'observations cliniques réelles, ainsi que des études à court terme,⁸⁸ des modèles théoriques et des défis méthodologiques dans l'évaluation, autour de la fragilité d'un seuil unique et universel,¹²⁹ ont identifié de grandes différences dans le niveau d'EA associé à des préoccupations de santé et de performance entre les individus, les sexes et parmi les différents systèmes corporels. Par conséquent, bien que les calculs d'EA puissent informer les interventions ou observations de recherche, il existe des risques dans l'établissement d'un seuil clinique défini de l'EA en raison de nombreux facteurs modérateurs. Malheureusement, la mesure de l'EA chez les athlètes vivant en milieu non contrôlé est compliquée par un niveau élevé de contraintes (par exemple, le temps, l'effort) pour le participant et l'évaluateur. De plus, les protocoles pour entreprendre des évaluations de l'EA ou des prescriptions diététiques basées sur l'EA continueront d'être compliqués par les erreurs associées à la mesure précise de l'AE, de la DE et d'autres composants contributifs (par exemple, la masse maigre, la dépense énergétique de repos (DER)),^{40 49 129} mais ceux-ci peuvent être mieux gérés à l'avenir en mettant en œuvre une approche standardisée. Des

protocoles qui réalisent un calendrier harmonisé pour l'évaluation et les composants individuels de l'EA peuvent aider dans les recherches futures de LEA et REDs L'utilisation future de méthodologies standardisées devrait aider à une meilleure

évaluation de l'EA, une interprétation plus nuancée des données passées et futures, et une meilleure réplication ou comparaison des travaux dans ce domaine.

Tableau 2 Conséquences potentielles sur la santé des REDs résultant d'une LEA problématique

Parlé	Exemple de déficience	Populations avec LEA (évaluées directement ou via des substituts) fournissant des preuves de déficience	Exemples de diagnostics différentiels (problèmes à exclure)
Fonction reproductrice altérée	<p>Femmes</p> <ul style="list-style-type: none"> Modification des concentrations ou de la pulsativité de la LH Réduction des oestrogènes et de la progestérone Réduction de la testostérone Aménorrhée primaire Oligoménorrhée/irrégularités menstruelles Aménorrhée secondaire (FHA) Défauts/déficience de la phase lutéale Cycles anovulatoires <p>Hommes</p> <ul style="list-style-type: none"> Réduction de la testostérone Anomalies des spermatozoïdes Dysfonction érectile <p>Femmes et hommes</p> <ul style="list-style-type: none"> Diminution de la libido 	<p>SF,⁴⁵ 127 173–175 FA^{176–179}</p> <p>SF,⁸⁸ FA¹⁶⁸ 180–184</p> <p>FA¹⁷⁸</p> <p>FA¹⁸⁵ 186</p> <p>SF,⁸⁸ FA¹⁸³ 187 188</p> <p>FA^{181–183} 187 189 190</p> <p>SF,⁸⁸ 174 FA¹⁸⁷</p> <p>SF,⁸⁸ FA¹⁸⁷</p> <p>MA¹⁸ 90 98 102 191–193</p> <p>MA¹⁹⁴</p> <p>MA⁸¹ 108 111</p>	<p>Femmes</p> <p>Aménorrhée primaire : puberté retardée constitutionnellement, divers syndromes génétiques, anomalies anatomiques</p> <p>Aménorrhée secondaire: grossesse, SOPK, masse pituitaire (par exemple, prolactinome), anomalies thyroïdiennes</p> <p>Autres dysfonctionnements menstruels: utilisation de méthodes de contraception hormonale, stress physiologique</p> <p>Hommes</p> <p>Hypogonadisme primaire (maladie gonadique),</p> <p>Hypogonadisme (par exemple, maladie hypothalamique /pituitaire), expositions toxiques, infection, dysfonctionnement neurologique psychosomatique</p>
Santé osseuse altérée	<p>Perte longitudinale de DMO/manque d'accumulation ou de maintien osseux attendu (populations plus jeunes) DMO plus faible/faible score Z Force osseuse ou microarchitecture altérée</p> <p>Blessures de stress osseux</p> <p>Changement/différences dans les biomarqueurs de remodelage osseux</p>	<p>ANF,¹⁹⁵ FA,¹⁹⁶ MA¹⁹⁷</p> <p>FA⁴⁹ 198–200 MA¹⁸ 49 200 201</p> <p>FA^{202–204} MA²⁰⁵</p> <p>FA,⁴⁹ 81 206–209 MA⁴⁹ 81 210</p> <p>SF,¹²⁵ FA,⁴⁷ 170 179 211 MA⁵³ 212 213</p>	<p>Faible DMO: désordres génétiques osseux (par exemple, ostéogenèse imparfaite), hyperparathyroïdie, faible apport en micronutriments (par exemple, calcium et vitamine D), troubles de malabsorption (par exemple, maladie coeliaque), malignités (par exemple, leucémie, lymphome, métastases), maladies rénales, médicaments (par exemple, stéroïdes anabolisants) Blessure de stress osseux :</p> <p>Raisons externes (par exemple, erreurs d'entraînement, surface, chaussures) ou problèmes internes (par exemple, constitution corporelle, prédispositions médicales comme ci-dessus)</p>
Fonction GI altérée	<p>Douleurs/crampes abdominales/ballonnements/altération des mouvements intestinaux</p>	<p>FA,⁸ 81 189 214 MA⁸¹</p>	<p>Maladies gastro-intestinales (par exemple, maladie coeliaque, maladie inflammatoire de l'intestin, <i>Helicobacter pylori</i>, reflux gastro-oesophagien, dyspepsie/constipation fonctionnelle), médicaments (par exemple, antidépresseurs, comprimés de fer, narcotiques, utilisation de laxatifs/cathartiques dans les TCA)</p>
Métabolisme énergétique/régulation énergétique altérés	<p>T3 bas subclinique ou clinique</p> <p>Faible DER/ratio DER</p> <p>Leptine réduite</p> <p>Cortisol augmenté</p>	<p>SF,¹²⁷ 165 215 216 FA,⁴⁹ 168 170 184 188 190 217 218</p> <p>MA⁴⁹ 192</p> <p>FA¹⁸² 189 190 217–222 MA¹⁰³ 191 223</p> <p>SF,⁴⁵ 160 FA,⁴⁷ 170 179 188 217 MA⁴⁶ 224</p> <p>SF,¹²⁷ 175 FA,¹⁷⁸ 179 184 222 225 MA⁸⁰ 102</p>	<p>Hypothyroïdie primaire ou centrale (secondaire et tertiaire), médicaments/suppléments</p> <p>Augmentation du cortisol: stress physiologique, maladie de Cushing, utilisation de stéroïdes</p>
Statut hématologique altéré	<p>Statut en fer faible</p> <p>Augmentation des</p>	<p>FA²²⁶</p>	<p>Perte de sang aiguë ou chronique (par exemple, cycle menstruel, saignement gastro-intestinal), destruction des</p>

	concentrations/réponse de l'hepcidine Réduction de l'absorption du fer Concentration/masse d'hémoglobine plus faible Réponse réduite à l'entraînement en altitude	SF, ⁵⁵ MA ^{171 227} MA ²²⁷ FA, ²²⁸ MA ⁷³ MA ²²⁹	globules rouges (par exemple, hémolyse, hémoglobinopathie, splénomégalie), faible apport en micronutriments (par exemple, fer, vitamine B 12, folate), maladies de la moelle osseuse
Incontinence urinaire	Incontinence urinaire	FA ^{230–232}	Incontinence urinaire persistante : traumatisme (par exemple, accouchement, chirurgie, radiothérapie), anomalies anatomiques, maladies neurologiques Incontinence urinaire temporaire : grossesse, infection urinaire, constipation, certains aliments et médicaments
Métabolisme du glucose et des lipides altéré	Réduction du glucose à jeun/24 heures Réduction de l'insuline à jeun/24 heures Élévation du cholestérol total/cholestérol LDL	SF, ¹²⁷ FA, ^{184 214 219} MA ²³³ SF, ¹²⁷ FA, ⁴⁷ MA ^{46 102 233 234} FA, ^{181 235 236} MA ^{72 192 193}	Métabolisme du glucose altéré : insulinoïme, maladie critique, médicaments, insuffisance surrénalienne Métabolisme des lipides altéré : hyperlipidémie familiale
Problèmes de santé mentale	Dépression Dépendance/addiction à l'exercice Alimentation dysfonctionnelle (DE)/TCA	FA, ^{8 78 79} MA ⁷⁹ FA, ^{81 237} MA ^{80 81} FA, ^{81 182 219} MA ^{80 81}	Troubles psychologiques/de l'humeur primaires
Fonction neurocognitive altérée	Mémoire réduite/altérée Prise de décision réduite/altérée Conscience spatiale réduite/altérée Mauvaise planification/flexibilité cognitive Fonction exécutive réduite	FA, ²³⁸ ANF ²³⁹ ANF ²⁴⁰ FA ²⁴¹ ANF ²⁴² FA ²³⁸	Démence (par exemple, maladie d'Alzheimer), carences en vitamines, infections, cancers, TDAH, troubles liés à l'utilisation de substances, troubles psychologiques/ de l'humeur primaires, traumatisme crânien
Troubles du sommeil	Troubles du sommeil (auto-déclarés)	FA, ⁷⁶ MA ⁵⁰	Troubles psychologiques/humeur primaires, travail posté, apnée obstructive du sommeil, douleur chronique/blessure, nycturie, médicaments/usage de substances, syndrome des jambes sans repos
Fonction cardiovasculaire altérée	Anomalies ECG (par exemple, bradycardie sinusale, prolongation du QT et dispersion du QT) Anomalies hémodynamiques (par exemple, hypotension et hypotension orthostatique, syncope) Fonction endothéliale altérée/réduction du flux sanguin Anomalies cardiaques (par exemple, PVM, diminution de la masse ventriculaire gauche, diminution de la fonction systolique ventriculaire gauche, fibrose myocardique)	FA, ^{189 243} MA, ^{72 244} ANM, ²⁴⁵ ANF ^{246 247} FA, ^{243 248} ANF, ²⁴⁹ MA ²⁴⁴ FA, ^{221 235 243 250–254} MA ²⁵⁵ ANF, ²⁵⁶ ANM ^{245 256}	Bradycardie: Génétique, entraînement ultra-endurance, hypothyroïdie, médicaments (par exemple, bêtabloquants), expositions toxiques, troubles électroconducteurs, anomalies électrolytiques <i>Hypotension</i> : maladie, médicaments, déshydratation
Fonction musculo-squelettique réduite	Taux réduit de synthèse des protéines musculaires Taux réduits de restauration du glycogène musculaire	FA, ^{257–259} SM, ²⁶⁰ MA ^{257 258} FA, ²⁶¹ MA ^{48 262}	Apport protéique insuffisant Apport insuffisant en glucides
Croissance et	IGF-1 réduit	SF, ^{127 215} FA, ^{168 170} MA ^{192 234 263 264}	Retard pubertaire constitutionnel, maladies chroniques, déficit en GH, hypogonadisme hypogonadotrope

développement altérés	Augmentation de GH/résistance à la GH Déviation de la courbe de croissance attendue	SF, ¹²⁷ FA, ¹⁷⁸ MA ^{102 264} FA, ¹⁸⁶ ANF, ^{265 266} ANM ^{267 268}	congénital ou acquis, défauts génétiques, hyperprolactinémie, usage prolongé de médicaments (par exemple, stéroïdes anabolisants, opioïdes, glucocorticostéroïdes)
Immunité réduite	Augmentation de la susceptibilité aux infections/maladies Changement des biomarqueurs immunitaires	FA, ^{10 269–271} MA ^{10 269 271} FA, ²⁷² MA ²⁷³	Déficience immunitaire primaire ou acquise (par exemple, chimiothérapie, infections virales) Exercice intensif sans LEA
Chacun de ces résultats peut survenir en l'absence de LEA, par conséquent le diagnostic différentiel doit être pris en compte dans l'évaluation et le diagnostic de la gravité et/ou du risque de REDs. Populations fournissant des types de preuves : SF : femmes sédentaires ; FA : athlètes féminines ; ANF : femmes atteintes d'anorexie mentale ; MA : athlètes masculins ; SM : hommes sédentaires ; ANM : hommes atteints d'anorexie mentale. TDAH, trouble du déficit de l'attention/hyperactivité ; CHO, glucide ; ECG, électrocardiogramme ; TCA, troubles du comportement alimentaire ; FHA, aménorrhée hypothalamique fonctionnelle ; GH, hormone de croissance ; GI, gastro-intestinal ; IGF-1, facteur de croissance analogue à l'insuline-1 ; LDL, lipoprotéine de basse densité ; LEA, faible disponibilité énergétique ; LH, hormone lutéinisante ; PVM, prolapsus de la valve mitrale ; TOC, trouble obsessionnel compulsif ; SOPK, syndrome des ovaires polykystiques ; DERdépense énergétique de repos ; T3, triiodothyronine.			

Évaluation et gestion de la composition corporelle

L'évaluation et la gestion de la composition corporelle sont importantes pour optimiser la santé et la performance athlétique, en particulier dans les sports sensibles au poids et exigeant la minceur.¹³⁰ Les athlètes peuvent ressentir une pression interne et/ou externe pour atteindre une 'apparence athlétique' (esthétique), ce qui peut potentiellement conduire à une insatisfaction corporelle et à une LEA, puis à des symptômes de REDs, des comportements de DE ou des TCA.^{76 131} Cela est préoccupant, surtout pour les jeunes athlètes, en raison des conséquences négatives physiques et psychologiques potentiellement durables. Ainsi, l'évaluation de la composition corporelle n'est recommandée qu'à des fins médicales pour les moins de 18 ans^{26 132 133} (voir [figure 4](#)). Des circonstances exceptionnelles peuvent exister où l'évaluation de la composition corporelle peut être justifiée pour les athlètes de moins de 18 ans. Néanmoins, une telle décision nécessite une considération attentive et un consensus parmi l'équipe de santé et de performance des athlètes et requiert le consentement du tuteur. De nombreux sports ont des cultures enracinées où les entraîneurs

et les membres de l'équipe de santé et de performance des athlètes exercent une pression subtile à extrême sur les athlètes pour réguler le poids et la composition corporelle.^{131 134} Malheureusement, de nombreux membres de l'entourage des athlètes semblent (1) manquer de connaissances sur la régulation sûre du poids et de la composition corporelle et sur la manière dont cela peut être utilisé pour améliorer les performances tout en maintenant la santé ; (2) ignorer la pertinence des différentes méthodes de composition corporelle et les effets négatifs potentiels sur la santé résultant d'une évaluation inappropriée et (3) ont des compétences de communication inadéquates, avec un manque de protocoles optimisés sur la manière de gérer et de mettre en oeuvre les données en toute sécurité pour promouvoir la santé et la performance sans le risque supplémentaire de développer des REDs, des comportements de DE ou des TCA. Dans certains cas, une mesure erronée et intensive de la composition corporelle pourrait conduire à des allégations de harcèlement et d'abus par les athlètes.^{132 135} Il est donc important d'identifier des méthodes fiables d'évaluation de la composition corporelle et développer des lignes directrices claires sur la manière d'interpréter, de gérer et de communiquer en toute sécurité avec les populations athlétiques.¹³²

Tableau 3 Potentiels résultats de performance REDs pouvant résulter d'une LEA problématique

Parlé	Exemple de déficience directe ou indirecte	Populations avec LEA (évaluées directement ou via des substituts) fournissant des preuves de déficience
Disponibilité réduite des athlètes (maladie et blessure)	Augmentation des jours d'entraînement perdus ou modifiés en raison de maladie ou de blessure (par exemple, préparation altérée) Incapacité à concourir lors des compétitions clés en raison de maladie ou de blessure	Niveau 4* FA (n=85) et MA (n=47) athlètes olympiques de 11 sports différents ¹⁰ Niveau 4 FA (n=55) et MA (n=26) athlètes olympiques de 11 sports différents ²⁶⁹ Niveau 4 athlètes d'endurance FA (n=45) ²¹⁴ Niveau 4 athlètes d'endurance FA (n=13) ²⁷⁴ Athlètes universitaires de niveau 3 FA (n=116) des sports d'endurance, de puissance et d'équipe ²⁷⁵ Athlètes de lycée de niveau FA non spécifié (n=163) des sports d'endurance, de puissance et d'équipe ²⁷⁶ Athlètes de lycée de niveau FA non spécifié (n=249) des sports esthétiques, d'endurance et d'équipe ²⁷⁷ Un mélange de niveaux 1 à 4 FA (n=833) ²⁷⁰ Patineurs artistiques de niveau 2 FA (n=137) ²⁷⁸ Athlètes d'endurance de niveau 4 FA (n=13) ²⁷⁴ Athlètes de lycée de niveau FA non spécifié (n=163) des sports d'endurance, de puissance et d'équipe ²⁷⁶

Réponse à l'entraînement diminuée	<p>Performance diminuée plutôt qu'augmentée du protocole de tapis roulant après 4 semaines d'entraînement intensifié plus 2 semaines de récupération</p> <p>Performance réduite sur 5 km d'aviron sur l'eau après une période d'entraînement intensifié</p> <p>Vitesse de nage réduite lors d'un essai chronométré de 400 m après 12 semaines d'entraînement</p> <p>Réduction auto-déclarée de la réponse à l'entraînement</p> <p>Diminution de la performance aérobie (essai chronométré de 4000m) et anaérobie (15s) après 2 semaines d'entraînement intensifié incluant un apport énergétique insuffisant</p>	<p>Coureurs d'endurance de niveau 2 de club FA (n=16)⁷¹</p> <p>Rameurs de niveau national 4 MA (n=5) et FA (n=5)²⁷⁹</p> <p>Nageurs de niveau national junior 3 FA (n=10)¹⁶⁸</p> <p>FA de niveau mixte non spécifié (n=1000)³</p> <p>Cyclistes sur route de niveau 3 MA (n=13)¹⁰⁶</p>
Récupération diminuée	<p>Direct : échec auto-déclaré de récupération entre les séances d'entraînement</p> <p>Indirect : synthèse réduite de glycogène</p> <p>Indirect : synthèse réduite de protéines musculaires</p> <p>Indirect : récupération réduite de PCr</p>	<p>Rameurs poids légers de niveau 4 FA (n=8) et MA (n=4)⁷⁶</p> <p>Coureurs d'endurance de niveau 3 MA (n=7)⁴⁸</p> <p>Athlètes d'endurance de niveau 1 MA (n=6) et FA (n=7)²⁶¹</p> <p>FA (n=7) et MA (n=8) entraînés en résistance de niveau non spécifié²⁵⁷</p> <p>Athlètes d'endurance de niveau 2 FA (n=19)²⁸⁰</p>
Diminution des performances cognitives /compétences	<p>Temps de réaction réduit</p> <p>Jugement altéré auto-déclaré et diminution de la coordination et de la concentration</p>	<p>Athlètes d'endurance de niveau 4 FA (n=30)¹⁸⁴</p> <p>FA de niveau non spécifié (n=1000)³</p>
Diminution de la motivation	<p>Diminution du bien-être</p> <p>Augmentation de la perturbation totale de l'humeur (par exemple, fatigue, vigueur)</p> <p>Augmentation auto-déclarée de l'irritabilité et de la dépression</p> <p>Labilité émotionnelle</p> <p>Augmentation de l'irritabilité</p> <p>Augmentation de la perturbation totale de l'humeur et du stress général</p> <p>Diminution auto-déclarée de l'humeur, de l'autorégulation émotionnelle, de la concentration, de l'interaction sociale, de l'anxiété alimentaire</p>	<p>Athlètes d'endurance de niveau 3 MA (n=18)⁹⁰</p> <p>MA de niveau national de niveau 4 (n=5) et rameurs FA (n=5)²⁷⁹</p> <p>FA de niveau non spécifié (n=1000)³</p> <p>Mélange de sports de niveau 2–4 FA (n=8)⁵⁷</p> <p>Endurance de niveau 3 FA (n=10) et MA (n=2)⁶⁷</p> <p>Cyclistes sur route de niveau 3 MA (n=13)¹⁰⁶</p> <p>Rameurs légers de niveau 4 FA (n=8) et MA (n=4)⁷⁶</p>
Diminution de la force musculaire	<p>Diminution de la force neuromusculaire</p> <p>Diminution de la puissance explosive (saut avec contre-mouvement)</p> <p>Diminution de la puissance explosive (saut avec contre-mouvement, saut réactif)</p> <p>Diminution du couple de pointe concentrique des ischio-jambiers</p> <p>Diminution de la force isométrique au développé couché</p> <p>Diminution du squat, développé couché, soulevé de terre à une répétition maximale</p> <p>Diminution de la force de pointe concentrique et excentrique</p>	<p>Niveau 4 athlètes d'endurance FA (n=30)¹⁸⁴</p> <p>Niveau 3 athlètes d'endurance MA (n=18)⁹⁰</p> <p>Niveau 2–3 culturiste MA (n=1)²⁸¹</p> <p>Niveau 2 junior élite skieurs de fond FA (n=19)²⁸²</p> <p>Niveau 2–3 culturiste MA (n=1)⁸⁵</p> <p>Niveau 2–3 compétiteurs de fitness FA (n=27)¹⁸⁸</p> <p>Niveau 2–3 culturiste MA (n=1)²⁴⁴</p> <p>Niveau 2–3 athlète de physique FA (n=1)²⁸³</p>

Diminution de la performance d'endurance	<p>Diminution de la performance sur le protocole de course sur tapis roulant</p> <p>Réduction de la performance en aviron sur 5 km</p> <p>Diminution de l'endurance neuromusculaire</p> <p>Réduction auto-déclarée de la performance en endurance</p> <p>Diminution du VO 2 max</p> <p>Sous-performance apparente au seuil de puissance fonctionnelle de 60 min par rapport à la charge d'entraînement</p> <p>Diminution de la performance lors d'un contre-la-montre de 4000 m</p> <p>Diminution auto-déclarée de la performance en aviron</p>	<p>Coureurs d'endurance de niveau 2 de club FA (n=16)⁷¹</p> <p>Rameurs de niveau national 4 MA (n=5) et FA (n=5)²⁷⁹</p> <p>Athlètes d'endurance de niveau 4 FA (n=30)¹⁸⁴</p> <p>Athlètes FA de niveau non spécifié (n=1000)⁵⁴</p> <p>Athlètes d'endurance FA de niveau 3–4 (n=33)²⁸⁴</p> <p>Cyclistes sur route MA de niveau 3 (n=50)¹⁸</p> <p>Cyclistes sur route de niveau 3 MA (n=13)¹⁰⁶</p> <p>Rameurs légers FA (n=8) et M (n=4) de niveau 4 ⁷⁶</p>
Diminution de la performance	<p>Réduction de la vitesse lors d'un contre-la-montre de 400 m en natation</p> <p>Diminution de la performance anaérobie (Wingate)</p> <p>Diminution du nombre de lancers lors d'un test de fitness spécifique au judo</p> <p>Diminution de la performance lors d'un sprint de 15 s en cyclisme</p>	<p>Nageurs de niveau national junior 3 FA (n=10)¹⁶⁸</p> <p>Bodybuilder MA de niveau 2–3 (n=1) 50</p> <p>Athlètes de Judo ceinture noire deuxième et troisième Dan de niveau 2 MA (n=11)¹⁰⁴</p> <p>Cyclistes sur route de niveau 3 MA (n=13)¹⁰⁶</p>
<p>Chaque résultat peut survenir en l'absence de LEA ; par conséquent, un diagnostic différentiel doit toujours être envisagé dans l'évaluation de la gravité et/ou du risque de REDs.</p> <p>* Système de classification selon McKay <i>et al.</i> ³¹</p> <p>FA, athlète féminine ; MA, athlète masculin ; PCr, créatine phosphorylée ; VO 2 max, consommation maximale d'oxygène.</p>		

Choisir une méthode appropriée d'évaluation de la composition corporelle implique de prendre en compte son exactitude, sa répétabilité, son utilité et son coût. Certaines méthodes faciles à utiliser sont « doublement indirectes », s'appuyant sur des équations de régression pour estimer un pourcentage de graisse corporelle ; elles ne fournissent pas de données valides, utilisent des hypothèses fallacieuses et/ou sont grandement influencées par la présentation de l'athlète (par exemple, les niveaux d'hydratation).¹³⁶ À l'inverse, avec une formation de l'opérateur et un échantillonnage de plusieurs sites, des évaluations fiables des épaisseurs de tissu adipeux sous-cutané peuvent être obtenues via les plis cutanés (compressés et peau inclus) et la méthode par ultrasons en mode luminosité (mode B) (non compressée) démontrant une bonne précision et sensibilité, en particulier pour les individus maigres.¹³⁷ Bien que plus coûteux, le DXA est une méthode fiable pour évaluer la DMO et estimer les masses graisseuses et maigres, à condition que des protocoles de test standard soient utilisés.^{138–140} En résumé, l'utilisation des plis cutanés, du DXA et des ultrasons en mode B sont les méthodes d'évaluation de la composition corporelle proposées disponibles au moment de la publication. Pour les para-athlètes, des ajustements du protocole d'évaluation et de l'analyse des résultats peuvent être nécessaires. Si cela est impossible, l'évaluation ne doit pas se poursuivre. Pour minimiser le risque de comportements problématiques de LEA et de DE, l'évaluation de la masse corporelle et de la composition corporelle est mieux réalisée par l'équipe de santé et de performance de l'athlète qui est formée aux méthodes spécifiques et est compétente pour soutenir l'athlète et l'entraîneur dans la prise de décisions éclairées « la santé d'abord

– la performance ensuite » concernant la manipulation de la composition corporelle.^{26 132} Cela devrait inclure un préscreening pour évaluer les préoccupations liées à l'image corporelle et les comportements alimentaires problématiques, ainsi que la mise en oeuvre d'interventions diététiques appropriées et le suivi ultérieur de l'athlète. Enfin, les données sur la composition corporelle sont considérées comme des données de santé et doivent être gardées confidentielles avec des niveaux appropriés de protection des données. En conséquence, chaque évaluation de la composition corporelle et rapport de résultats nécessite le consentement éclairé de l'athlète et ne doit être partagé qu'avec ceux que l'athlète autorise à connaître les résultats.⁶⁸

Outil d'évaluation clinique REDs du CIO-Version 2 (CAT2 REDs du CIO)

Des progrès scientifiques significatifs dans l'évaluation de la gravité et des risques associés au REDs ont été réalisés depuis la publication de l'outil d'évaluation clinique REDs du CIO (CAT) original en 2015.¹⁴¹ Étant donné que la LEA problématique est l'étiologie sous-jacente des résultats de santé et de performance de REDs, divers indicateurs de LEA (signes et symptômes) ont émergé comme la meilleure pratique actuelle pour l'évaluation clinique et les recherches. Ces indicateurs sous-tendent le nouveau CAT2 REDs du CIO ²⁵ (figures 5 et 6, et tableaux 4 et 5), qui a subi une validation de déclaration par vote d'experts internes (voir les fichiers supplémentaires en ligne 2–4) et une validation croisée clinique par des experts externes en REDs.²⁵

Système corporel

ÉTAPE 2 : Identifier les caractéristiques de l'exposition LEA qui sont les plus importantes pour ce système corporel – voir la liste

ÉTAPE 3 : Identifier les facteurs modérateurs susceptibles de modifier les effets du LEA sur le système corporel et d'affecter les résultats en matière de santé ou de performance – voir la liste

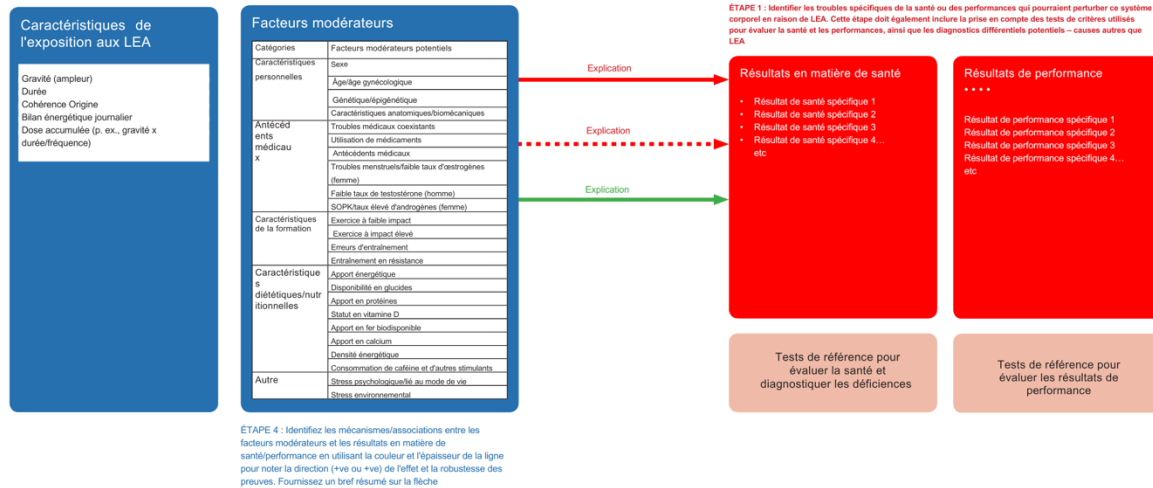


Figure 3 Modèle physiologique clinique intégré pour montrer comment une exposition problématique à la LEA, avec divers facteurs modérateurs associés, peut conduire à divers résultats REDs, représentés par des dysfonctionnements des systèmes corporels/de la santé et des potentielles altérations de performance. Ce modèle décrit quatre étapes pour adapter et mettre à jour le modèle à mesure que la science future de la LEA/REDs évolue. Des exemples de facteurs modérateurs sont également fournis (étape 3). LEA, faible disponibilité énergétique faible ; REDs, syndrome de déficit énergétique relatif lié au sport.

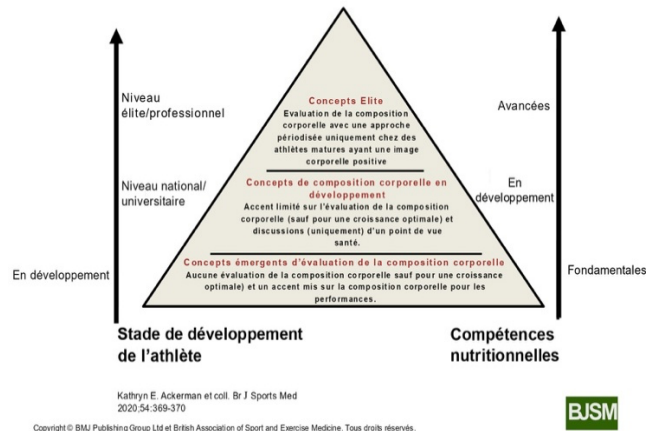


Figure 4 Un cadre conceptuel sur la mise en œuvre des évaluations de la composition corporelle (par exemple, taille, poids, anthropométrie, plis cutanés) dans le contexte du stade de développement de l'athlète et de ses compétences en préparation nutritionnelle¹³² (reproduit avec la permission de BJSM).

Le CAT2 REDs du CIO consiste en un processus en trois étapes (figure 5) :

Étape 1 : mise en œuvre de questionnaires de dépistage REDs validés spécifiques à la population et/ou d'entretiens cliniques, qui sont moins sensibles et objectifs mais peu coûteux et faciles à mettre en œuvre pour l'identification initiale des athlètes à risque; Étape 2 : mise en œuvre de l'évaluation de la gravité/du risque CAT2 REDs du CIO (tableaux 4 et 5) et de la stratification avec les directives de participation sportive (figure 6). Ces outils sont basés sur l'accumulation de divers indicateurs de risque primaires et secondaires (par exemple, biomarqueurs, DMO, antécédents de blessures (tableaux 4 et 5), ce qui entraîne la stratification de la gravité et du risque d'un athlète en tant que feu vert, jaune, orange ou rouge; et Étape 3 : un diagnostic par un médecin expert incluant

un plan de traitement intégrant idéalement une équipe multidisciplinaire collaborative (voir la boîte Définitions 2).

Le CAT2 REDs du CIO²⁵ introduit une catégorisation de la gravité/du risque en quatre couleurs, contrairement à la stratification en trois couleurs du CAT RED-S de 2015,¹⁴¹ en raison de la reconnaissance que la zone jaune de 2015 avait une gamme de gravité/risque clinique très étendue allant de très faible (quelques symptômes mineurs) à très élevée (quelques indicateurs avant le retrait du sport). De plus, chaque résultat du feu tricolore REDs est associé à des recommandations de gravité/risque et de participation sportive variables (figure 6), allant de la participation complète à l'entraînement et à la compétition (vert) à une surveillance continue (jaune) à des interventions médicales intensives et une surveillance (orange) jusqu'à un soutien médical complet accompagné d'une considération pour le retrait de la compétition et de l'entraînement (rouge). Le CAT2 REDs du CIO fournit également un cadre scientifique plus concret et, lorsque cela est scientifiquement prouvé, un système de notation identifié pour chaque indicateur. Il est important de noter que malgré les progrès diagnostiques, il n'existe pas de méthode diagnostique validée unique pour le REDs, car le syndrome présente une mosaïque complexe de signes et de symptômes, nécessitant l'exclusion d'autres étiologies potentielles dans le diagnostic différentiel pour chaque indicateur de REDs. Au fil du temps, le CAT2 REDs du CIO sera modifié pour refléter les avancées des connaissances scientifiques et les retours d'expérience issus de son utilisation généralisée.

Prévention et traitement des REDs

Prévention primaire et secondaire des REDs

La prévention primaire consiste à lutter contre le manque de sensibilisation et de connaissances sur les conséquences en termes de santé et de performance du REDs et sur la nutrition sportive parmi les athlètes^{113 142–144} et leur entourage (par exemple, les entraîneurs,^{145–147} les parents, la santé et l'équipe de performance).^{142 148 149} Par exemple, moins de la moitié des entraîneurs et des médecins interrogés ont pu identifier les trois composantes de la triade de l'athlète féminine^{147 148 150 151}; d'autres études ont rapporté des lacunes similaires parmi les

physiothérapeutes et les entraîneurs sportifs.^{142 145} Les programmes d'éducation à court terme, utilisant diverses méthodes de diffusion et se concentrant sur les facteurs associés aux désordres et troubles du comportement alimentaire et au REDs, ont montré qu'ils amélioraient les connaissances nutritionnelles et réduisaient les signes de restriction énergétique et les préoccupations liées à l'image corporelle chez les athlètes féminines et les athlètes masculins.^{70 152–158} De plus, l'identification

précoce des symptômes à l'aide d'outils de dépistage, d'entretiens individuels de santé et d'évaluations objectives des biomarqueurs du REDs peut être utile comme prévention secondaire.²⁵ Cependant, le domaine de la recherche sur l'éducation au REDs et sur la modification des comportements est peu développé, et des programmes d'éducation spécifiques au REDs ciblant les athlètes et d'autres personnels clés nécessitent une exploration et une validation supplémentaires.²⁷

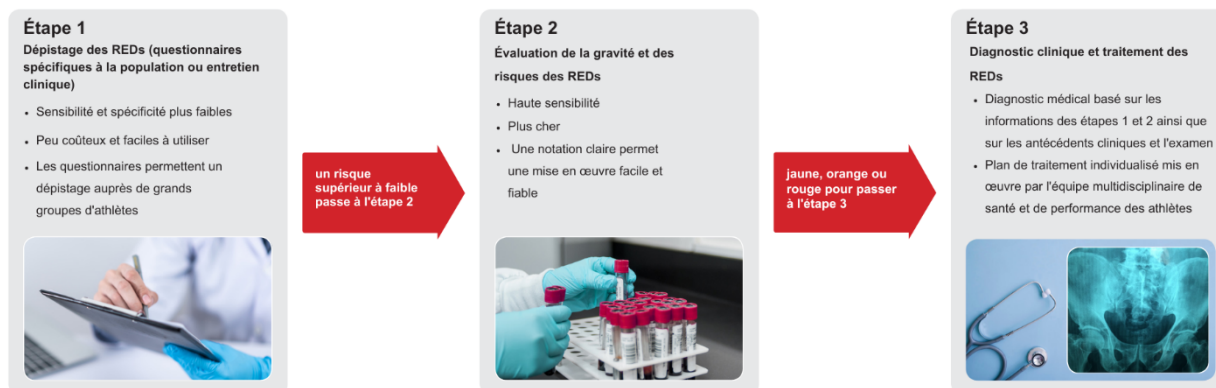


Figure 5 Le protocole en trois étapes du REDs du CIO comprenant : Étape (1) dépistage ; Étape (2) évaluation et stratification de la gravité et des risques ; et Étape (3) diagnostic clinique et traitement. CAT, Outil d'Évaluation Clinique ; CIO, Comité International Olympique ; REDs, syndrome de déficit énergétique relatif lié au sport.

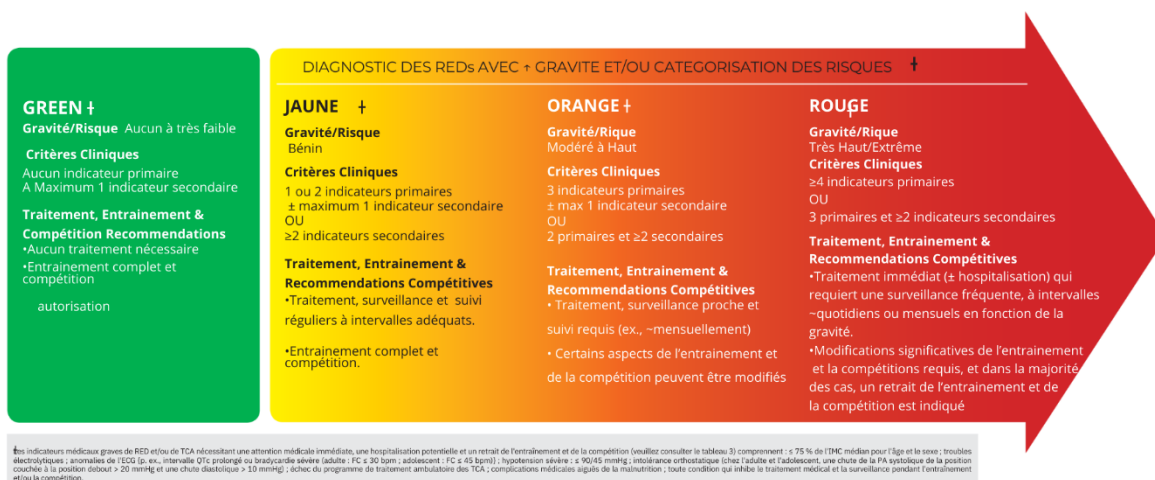


Figure 6 CAT2 REDs du CIO Sévérité et Stratification des risques avec des recommandations pour la participation sportive mettant en œuvre l'outil d'évaluation de la sévérité et du risque de REDs du CIO (voir tableau 4), avec des recommandations de gestion clinique variées. Veuillez consulter le fichier supplémentaire en ligne 5 pour l'outil CAT2 REDs du CIO. Avertissement : ces recommandations ne doivent pas être utilisées isolément et ne doivent pas être utilisées uniquement pour le diagnostic. De plus, ces recommandations sont moins fiables lorsqu'il est impossible d'évaluer tous les indicateurs du tableau 4. Ces directives ne remplacent pas un diagnostic clinique professionnel, des conseils et/ou un traitement d'une équipe d'experts en REDs dirigée par un médecin. En complément de l'évaluation de l'état de santé présentée ici, la stratification de la sévérité et du risque et les décisions de participation sportive doivent être prises en tenant compte de différents facteurs, tels que le niveau de performance de l'athlète, le type de sport, le risque de participation, le conflit d'intérêts, les pressions de l'athlète/entraîneur, le calendrier et la saison.²⁸⁵ bpm, battements par minute; IMC, indice de masse corporelle; TA, tension artérielle; ECG, électrocardiogramme; TCA, troubles des conduites alimentaires ; FC, fréquence cardiaque; REDs, syndrome de déficit énergétique relatif lié au sport.

Principes de traitement (prévention tertiaire) des REDs

Le traitement clinique des cas de REDs diagnostiqués (stratifiés par risque dans les catégories jaune, orange et rouge) devrait prévenir l'apparition de nouvelles séquelles à long terme sur la santé et les performances.²⁷ Ce traitement peut inclure parfois une prise en charge adjuvante des dysfonctionnements des systèmes corporels (par exemple, faible DMO, dysfonctionnement GI, dépression (voir figures 1 et 2)). En parallèle, il vise à inverser la LEA problématique et ses diverses causes sous-jacentes.⁶⁹ L'approche principale pour traiter le REDs devrait être une restauration d'une EA optimale via des approches non

pharmacologiques, y compris des changements de régime alimentaire et d'entraînement pour atteindre une EA optimale associée à des apports appropriés de macronutriments et de micronutriments.¹⁵⁹ Les études sur l'exposition à la LEA ont mis en évidence un effet quelque peu plus prononcé d'un faible AE, plutôt que d'une DE excessive, dans la cause de la plupart des perturbations physiologiques.^{127 160} Des études d'intervention à long terme sur le REDs, contrôlant le régime alimentaire et/ou l'exercice physique sont nécessaires, mais de nombreux défis pratiques et méthodologiques existent. En effet, dans le seul essai clinique d'intervention randomisé contrôlé de 12 mois qui a mis en œuvre des changements alimentaires pour augmenter l'AE chez

les femmes pratiquant un exercice physique avec des biomarqueurs liés aux REDs, un taux d'abandon élevé a été observé (57%). Certains symptômes ont été améliorés (par exemple, reprise de la fonction menstruelle chez certaines participantes),¹⁶¹ mais cela n'a pas été le cas de tous les symptômes (par exemple, incapacité à ralentir la perte osseuse).¹⁶² Ces résultats pourraient indiquer que les interventions alimentaires optimales n'ont pas encore été identifiées, que les changements alimentaires sont difficiles à accepter ou à mettre en œuvre, que les séquelles des REDs évoluent à des rythmes différents, que la gravité de la LEA influence le temps de récupération, ou encore qu'une combinaison de ces facteurs, ainsi que d'autres, est en jeu. Il existe certaines approches pharmacologiques et psychologiques utiles émergentes pour traiter les problèmes cliniques associés aux REDs.²⁷ Un exemple d'intervention est l'utilisation d'un patch transdermique de 17β-oestradiol en continu, associé à une administration orale cyclique de progestérone micronisée. Cette approche a démontré une augmentation significative des Z-scores de DMO après 12 mois d'intervention chez des athlètes d'endurance atteintes d'oligoménorrhée, avec des gains de 2,75 % au niveau de la colonne vertébrale, 5,25 % au col du fémur et 1,85 % à la hanche. En comparaison, les participantes randomisées sous pilules contraceptives orales combinées (éthinyloestradiol et désogestrel) ou sans traitement présentaient des résultats de DMO inférieurs¹⁶³.

Il est recommandé d'adopter une approche pluridisciplinaire intégrant l'équipe de santé et de performance de l'athlète, composée de professionnels en médecine sportive, nutrition, psychologie et sciences du sport, avec la participation active de l'entraîneur et de la famille. Cette approche collaborative est particulièrement cruciale pour les athlètes souffrant de REDs sévères liés à une alimentation dysfonctionnelle ou de TCA avéré^{27 68 164}. Les objectifs du traitement doivent garantir une pratique sportive sécurisée tout en assurant une prise en charge et une surveillance à long terme, incluant une stratification des risques pour évaluer la faisabilité de poursuivre une activité sportive en toute sécurité.

Tableau 4 Outil d'évaluation CAT2 du CIO de la sévérité/du risque de REDs selon des indicateurs primaires, secondaires et potentiels d'après le système de feu tricolore décrit dans la figure 6	
Indicateur de REDs	Références
Indicateurs primaires sévères (comptent pour 2 indicateurs primaires)	
Aménorrhée primaire (femmes : l'aménorrhée primaire est indiquée lorsqu'il y a eu absence de menstruation à l'âge de 15 ans en présence d'un développement sexuel secondaire normal (deux écarts-types au-dessus de la moyenne de 13 ans), ou dans les 5 ans suivant le développement mammaire si cela se produit avant l'âge de 10 ans); ou aménorrhée secondaire prolongée (absence de 12 cycles menstruels consécutifs ou plus) due à une FHA	6 141 286–288
Testostérone libre ou totale cliniquement basse (hommes : en dessous de la plage de référence)	49 92 121 289–291
Indicateurs primaires	
Aménorrhée secondaire (femmes : absence de 3 à 11 cycles menstruels consécutifs) causée par une FHA	6 141 286 287
Testostérone totale ou libre subcliniquement basse (hommes : dans les 25% les plus bas (quartile) de la plage de référence)	49 92 95 121 289–291
T3 total ou libre subcliniquement ou cliniquement bas (dans ou en dessous des 25% les plus bas (quartile) de la plage de référence)	49 219 290

Antécédents de ≥1 fracture de fatigue à haut risque (col du fémur, sacrum, bassin) ou ≥2 fractures de fatigue à faible risque (toutes les autres localisations de fractures de fatigue) au cours des 2 dernières années ou absence de ≥6 mois d'entraînement en raison de fractures de fatigue au cours des 2 dernières années	206 286 292
Femmes préménopausées et hommes <50 ans : Z-score de la DMO* <-1 au niveau de la colonne lombaire, de la hanche totale ou du col fémoral ou diminution du Z-score de la DMO par rapport aux tests antérieurs	119 120 123 293
Enfants/adolescents : Z-score de la DMO* <-1 au niveau de la colonne lombaire ou du TBLH ou diminution du Z-score de la DMO par rapport aux tests antérieurs (peut résulter d'une perte osseuse ou d'une accumulation osseuse inadéquate)	
Une déviation négative de la trajectoire de croissance précédente (taille et/ou poids) d'un athlète pédiatrique ou adolescent	294 295
Un score élevé pour l'EDE-Q global (>2,30 chez les femmes ; >1,68 chez les hommes) et/ou un trouble du comportement Alimentaire (TCA) défini par le DSM-5-TR cliniquement diagnostiqué (un seul indicateur principal pour l'un ou l'autre des résultats)	68 80 276 296–298
Indicateurs secondaires	
Oligoménorrhée causée par l'AFH (>35 jours entre les périodes pour un maximum de 8 périodes/an)	6 141 286 287
Antécédents d'une fracture de fatigue à faible risque (voir définition de haut vs faible risque ci-dessus) au cours des 2 dernières années et absence de <6 mois d'entraînement en raison d'une fracture de fatigue au cours des 2 dernières années	206 286 292
Cholestérol total ou LDL élevé (au-dessus de la plage de référence)	191 235 299
Dépression et/ou anxiété cliniquement diagnostiquées (un seul indicateur secondaire pour l'un ou l'autre ou les deux résultats)	296 300 301
Indicateurs potentiels (non notés, émergents) ††	
IGF-1 subcliniquement ou cliniquement bas (dans ou en dessous des 25% les plus bas (quartile) de la plage de référence)	11 168 290
Glycémie cliniquement basse (en dessous de la plage de référence)	11 80
Insuline sanguine cliniquement basse (en dessous de la plage de référence)	45 127 290
Paramètres du fer chroniquement bas ou baisse soudaine (par exemple, ferritine, fer, transferrine) et/ou hémoglobine	169 302–304
Absence d'ovulation (via détection urinaire de l'ovulation)	287 305–307
Cortisol urinaire de repos du matin ou sur 24 heures élevé (au-dessus de la plage de référence ou changement significatif pour un individu)	45 127 179 290

Incontinence urinaire (femmes)	230 308 309
Dysfonctionnement gastro-intestinal ou hépatique/symptômes gastro-intestinaux indésirables au repos et pendant l'exercice	8 214 310
DER réduit ou faible <30 kcal/kg MM/jour ou ratio DER <0,90	9 219 311 312
Libido/désir sexuel réduit ou faible (surtout chez les hommes) et diminution des érections matinales	108–111
Hypotension orthostatique symptomatique	294 313 314
Bradycardie (FC <40 chez les athlètes adultes ; FC <50 chez les athlètes adolescents)	294 295 313
Pression artérielle systolique ou diastolique basse (<90/60mm Hg)	315 316
Troubles du sommeil	50 76 317
Symptômes psychologiques (par exemple, augmentation du stress, de l'anxiété, des changements d'humeur, insatisfaction corporelle et/ou dysmorphie corporelle)	8 68 296 300 301 318
Dépendance/addiction à l'exercice	68 80 319 320
IMC faible	286 294 295

Chaque indicateur ci-dessus nécessite la prise en compte d'un diagnostic différentiel non médié par la LEA. Tous les indicateurs s'appliquent aux femmes et aux hommes, sauf indication contraire. Le statut du cycle menstruel et les niveaux d'hormones sexuelles endogènes ne peuvent pas être évalués avec précision chez les athlètes qui prennent des médicaments modifiant les hormones sexuelles (par exemple, les contraceptifs hormonaux), et les indicateurs du statut hormonal thyroïdien ne peuvent pas être évalués avec précision chez les athlètes qui prennent des médicaments thyroïdiens. Toutes les valeurs de laboratoire doivent être interprétées dans le contexte des plages de référence appropriées à l'âge, au sexe et spécifiques au laboratoire. La plupart des données REDs et des seuils associés ont été établis chez les adultes préménopausées/andropausés, sauf indication contraire. Avertissement : cet outil ne doit pas être utilisé isolément ni uniquement pour le diagnostic, car chaque indicateur nécessite une considération clinique d'un diagnostic différentiel non médié par la LEA. De plus, l'outil est moins fiable dans les situations où il est impossible d'évaluer tous les indicateurs (par exemple, le statut du cycle menstruel chez les femmes utilisant une contraception hormonale). Cet outil ne remplace pas un diagnostic clinique professionnel, des conseils et/ou un traitement par une équipe de santé et de performance spécialisée dans le REDs, dirigée par un médecin. Adolescent se réfère à <18 ans. *Densité minérale osseuse (DMO) évaluée par DXA dans les ≤6 mois. Dans certaines situations, l'utilisation d'un Z-score d'un autre site squelettique peut être justifiée (par exemple, le tiers distal du radius lorsque d'autres sites ne peuvent pas être mesurés ou inclure des mesures fémorales proximales chez certains adolescents plus âgés (>15 ans) pour lesquels une surveillance longitudinale de la DMO jusqu'à l'âge adulte est indiquée).^{119 321} Une véritable diminution de la DMO (par rapport aux tests antérieurs) est idéalement évaluée en comparaison avec le LSC du DXA des installations individuelles, basé sur le coefficient de variation calculé des installations (%CV). Comme établi par l'ISCD, au minimum, le LSC devrait être de 5,3%, 5,0% et 6,9% pour la colonne vertébrale, la hanche et le col du fémur afin de détecter un changement clinique.^{120 321} †Les indicateurs potentiels sont intentionnellement vagues dans leur quantification, en attendant des recherches supplémentaires pour quantifier plus précisément les paramètres et les seuils. DMO, densité minérale osseuse; IMC, indice de masse corporelle; TA, tension artérielle; LSI, lésions de stress osseux; DSM-5-TR, Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, cinquième édition, révision du texte; DXA, absorptiométrie biphotonique à rayons X; EDE-Q, Questionnaire d'examen des troubles du comportement alimentaire; MM, masse maigre; FHA, aménorrhée hypothalamique fonctionnelle; GI, gastro-intestinal ; FC, fréquence cardiaque; IGF-1, facteur de croissance analogue à l'insuline 1; ISCD, Société internationale de densitométrie clinique; LDL, lipoprotéine de basse densité; LSC, changement minimal

significatif; DER, métabolisme de base; T3, triiodothyronine; T, testostérone; TBLH, corps entier moins la tête.

Recommandations méthodologiques de recherche sur le REDs

Bien que les recherches initiales sur le REDs aient mis en œuvre des essais cliniques randomisés avec un contrôle strict de la EA en laboratoire chez des femmes habituellement sédentaires,^{45 125 127 160 165} la plupart des recherches ont impliqué des études transversales investiguant la prévalence de divers indicateurs de LEA (indirectement via des questionnaires ou directement via des indicateurs).^{8 11 21 49 78 166 167} Les résultats ont confirmé que l'étiologie des REDs est une LEA problématique. Ils montrent également des réponses individualisées significatives en ce qui concerne le type, la prévalence et la gravité des dysfonctionnements de divers systèmes corporels associés à cette exposition.^{8 11 49 78 166 167} Enfin, ils mettent en évidence une absence de seuil universel d'EA en dessous duquel des problèmes sont observés.⁸⁸

Tableau 5 Indicateurs médicaux graves de REDs et/ou de TCA nécessitant une attention médicale immédiate, une hospitalisation potentielle et un arrêt de l'entraînement et de la compétition (adapté des recommandations de gestion clinique des TCA, des articles pédiatriques et adultes sur les TCA et des articles de consensus sur la santé cardiovasculaire des athlètes).^{294 295 313 315 316 322 323}

Avertissement : cette liste ne doit pas être utilisée isolément et doit être basée sur une évaluation clinique approfondie qui prend en compte la gravité de la santé physique et mentale de l'athlète.

Indicateurs médicaux graves

- ≤75% du IMC médian pour l'âge et le sexe
- Troubles électrolytiques (par exemple, hypokaliémie, hyponatrémie, hypophosphatémie)
- Anomalies ECG (par exemple, intervalle QTc prolongé ou bradycardie sévère (adulte : FC≤30bpm ; adolescent : FC≤45bpm))
- Hypotension sévère : ≤90/45mm Hg
- Intolérance orthostatique (adulte et adolescent : une chute de la pression artérielle systolique de plus de 20 mm Hg et une chute diastolique de plus de 10 mm Hg en position couchée à debout)
- Échec du programme de traitement ambulatoire des troubles alimentaires
- Complications médicales aiguës de la malnutrition (par exemple, syncope, convulsions, insuffisance cardiaque, pancréatite)
- Toute condition qui inhibe le traitement médical et la surveillance pendant l'entraînement et/ou la compétition

IMC, indice de masse corporelle ; BPM, battements par minute ; ECG, électrocardiogramme ; TCA, trouble du comportement alimentaire ; FC, fréquence cardiaque ; QTc, QT corrigé.

Encadré 2 Définitions - Outil d'Évaluation Clinique du REDs du CIO - 2 (Outil d'Évaluation Clinique des REDs du CIO 2)

Indicateurs primaires de l'Outil d'Évaluation Clinique des REDs

Paramètres de résultats les plus souvent associés à une LEA problématique conduisant à des signes et/ou symptômes de REDs identifiés dans la littérature scientifique et/ou avec une grande validité de mesure (c'est-à-dire, sensibilité, spécificité) et/ou indicatifs d'une gravité et d'un risque accru de REDs. En conséquence, ces indicateurs détiennent le plus de preuves et d'impact dans l'Outil d'Évaluation Clinique des REDs du CIO 2 pour l'Évaluation et la Stratification de la Sévérité/Risque.

Indicateurs secondaires de l'Outil d'Évaluation Clinique des REDs

Paramètres de résultats avec certaines preuves scientifiques, résultant d'une LEA problématique conduisant à des signes et/ou symptômes de REDs identifiés dans la littérature scientifique et/ou avec une validité de mesure inférieure (c'est-à-dire, sensibilité, spécificité) et/ou ayant montré une moindre gravité et risque de REDs. En conséquence, ces indicateurs détiennent un niveau secondaire de preuve et d'impact dans l'Outil d'évaluation et de stratification de la sévérité/du risque REDs du CIO.

Indicateurs potentiels de REDs de l'Outil d'Évaluation Clinique des REDs

Paramètres de résultats émergents manquant de preuves scientifiques robustes mais pouvant éventuellement être liés à une LEA problématique conduisant à des signes et/ou symptômes de REDs.

Ces paramètres démontrent généralement plusieurs des éléments suivants :

- ⇒ preuves médiocres et/ou incohérentes
- ⇒ absence d'outil de dépistage validé existant, y compris l'absence de seuils ou de limites validés chez les athlètes
- ⇒ validité de mesure médiocre (c'est-à-dire, sensibilité, spécificité ou grande variabilité)
- ⇒ coût élevé et/ou faible disponibilité mondiale En conséquence, ces indicateurs sont répertoriés comme étant de soutien dans l'évaluation de la gravité/du risque de REDs mais ne sont pas directement impliqués dans l'outil d'évaluation et de stratification de la sévérité/du risque REDs du CIO.

Les indicateurs potentiels peuvent être reclassés en désignation secondaire ou primaire ou être retirés de toute liste, en fonction de la validité de la recherche et /ou de l'amélioration de la disponibilité et/ou du coût.

Symptômes de REDs

Tout paramètre indicateur primaire, secondaire ou potentiel de REDs qu'un athlète rapporte ou éprouve directement (par exemple, douleur due à une fracture de fatigue, aménorrhée, dépression, faim, faible libido, plateaux ou déclin de performance et d'entraînement) dans l'outil d'évaluation et de stratification de la sévérité/du risque REDs du CIO.

Signes de REDs

Tout paramètre indicateur primaire, secondaire ou potentiel de REDs qu'un clinicien identifie dans l'outil d'évaluation de la sévérité/du risque REDs du CIO. Un signe de REDs peut également être un changement individuel significatif dans un indicateur primaire, secondaire ou potentiel par rapport à la base de référence de l'athlète dans le contexte de REDs, avec ou sans symptômes de l'athlète (par exemple, un changement significatif des hormones sexuelles, du métabolisme de base, du cholestérol). Remarque : certains indicateurs peuvent être à la fois des signes et des symptômes (par exemple, aménorrhée).

Outil d'évaluation et de stratification de la sévérité/du risque de REDs du CIO avec des recommandations de participation sportive

Un outil clinique pour aider à identifier la gravité actuelle et/ou le risque futur de REDs, qui est composé d'une accumulation d'indicateurs primaires et secondaires de REDs. Les recommandations du CIO REDs CAT2 sur la stratification de la sévérité/du risque avec la participation sportive identifient la sévérité et/ou le risque de REDs pour un athlète donné le long d'un spectre caractérisé par un continuum de feux de signalisation allant de sain (vert) à léger (jaune), à modéré (orange), à sévère (rouge), et fournit des recommandations de participation sportive pour chaque niveau.

Diagnostic de REDs

Un diagnostic de REDs résulte de l'évaluation clinique par un médecin

expert en REDs, utilisant des informations collectées auprès d'une équipe pluridisciplinaire (par exemple, médecin du sport, diététicien du sport, physiologiste du sport, psychologue/psychiatre du sport), qui idéalement inclut : (1) des questionnaires validés de manière appropriée et/ou un entretien clinique ; (2) une évaluation physique ; et (3) des données de laboratoire et d'imagerie comme indiqué dans l'outil d'évaluation et de stratification de la sévérité/du risque du REDs du CIO. Un diagnostic de REDs est fondé sur l'exclusion d'autres étiologies dans le diagnostic différentiel pour chaque indicateur de REDs et varie de la sévérité/du risque de jaune à orange à rouge.

Les études transversales sont utiles pour l'évaluation clinique du REDs et sa prévalence, mais une analyse de cette littérature révèle de multiples limitations (par exemple, absence de classification du niveau d'entraînement des sujets ; absence de standardisation des protocoles de recrutement et d'évaluation ; mauvaise caractérisation du statut menstruel et de l'utilisation de contraceptifs hormonaux ; utilisation de divers indicateurs du statut physiologique, hormonal et de performance ; et évaluation médiocre ou inexistante de l'EA). Il est à noter qu'il existe peu d'études prospectives ou de cohortes dans lesquelles des groupes d'athlètes avec et sans signes de LEA ont été suivis longitudinalement pour noter les changements de santé et de performance.¹⁶⁸⁻¹⁶⁹ Enfin, Il est également nécessaire de réaliser des études d'intervention contrôlées où des manipulations de EA sont mises en œuvre à l'aide de protocoles rigoureux, avec une évaluation précise de la relation dose-réponse, du délai de réaction et de la variabilité dans l'apparition des perturbations des systèmes corporels et des déficiences fonctionnelles.^{46-48 53 54 170 171} En s'appuyant sur les données issues de diverses approches méthodologiques (études transversales, longitudinales et interventionnelles), il devient possible de mieux comprendre la complexité de la relation entre la LEA et le REDs. Il est fortement recommandé que les recherches futures sur le REDs adoptent une méthodologie standardisée, afin d'obtenir des données plus précises et de faciliter les comparaisons entre études.²¹ Le [tableau 6](#) résume les méthodes considérées comme des techniques privilégiées pour évaluer les résultats de santé et de performance associés au REDs, ainsi que d'autres qui ne répondent pas à ce critère mais qui sont couramment utilisées et considérées acceptables en termes de validité (c'est-à-dire, variabilité et précision) et de faisabilité (par exemple, disponibilité, coût). Certains tests ont des normes et des critères diagnostiques pour ce qui est considéré comme « normal » par rapport à « altéré ». D'autres tests permettent l'évaluation d'autres caractéristiques fournissant des données quantitatives qui peuvent être comparées au fil du temps ou entre les individus et interprétées en tenant compte de la précision/erreurs de mesure connues.

CONCLUSION

Comme en témoigne cette déclaration de consensus, il y a eu de nombreuses avancées scientifiques dans le domaine de REDs depuis la publication de la mise à jour de la déclaration de consensus du CIO en 2018⁸ : des nouveaux concepts scientifiques autour de notre compréhension de l'évolution des divers signes et symptômes de REDs au développement d'un Modèle Physiologique décrivant la complexité nuancée de l'exposition à la LEA (problématique ou adaptable), avec des facteurs modérateurs associés, conduisant à des changements de santé et/ou résultats de performance chez les athlètes individuels. Notre compréhension de l'impact 'une exposition problématique à une faible disponibilité énergétique (LEA), menant à un REDs, sur la santé mentale des athlètes – y compris chez les athlètes masculins, s'est également précisée. En plus des avancées scientifiques, nous avons présenté un résumé des directives cliniques pratiques pour évaluer la LEA et pour une mesure sûre de la composition corporelle. Nous avons également passé en revue la littérature scientifique sur la prévention et le traitement de REDs et introduit un CAT2 REDs du CIO mis à jour et validé pour aider au diagnostic et à l'évaluation de la gravité/du risque. Enfin, en fournissant des directives standardisées pour la méthodologie de recherche, nous attendons avec impatience des résultats de recherche de haute qualité sur le REDs à l'avenir. Plus important encore, notre travail vise à stimuler l'action des organisations sportives, des scientifiques du sport et de l'équipe de santé et de performance des athlètes pour protéger la santé et le bien-être des nombreux athlètes à risque de développer ce syndrome.

Tableau 6 Méthodes (préférées, utilisées et recommandées, et potentielles) pour étudier divers résultats de santé et de performance des REDs

Résultat de santé	Méthodes et notes
Fonction reproductive altérée	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Échantillonnage nocturne de LH et FSH³²⁴ ► Femmes menstruées : approche hormonale basée sur la phase en utilisant des kits d'ovulation urinaires (test du pic de LH en milieu de cycle) et prélèvement sanguin²⁸⁷ ► Hommes post-pubères : niveau de testostérone totale et libre le matin^{325 326} <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Femmes : historique menstruel auto-déclaré, test d'ovulation urinaire,^{287 327} LEAF-Q¹⁷¹ ► Hommes : libido/érection matinale auto-déclarée (par exemple, LEAM-Q³²⁸ ou ADAM-Q^{111 329})
Santé osseuse altérée	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► DXA^{123 330} – Utilisation de scans de sites corporels appropriés à l'âge et médicalement appropriés³³⁰ – Utilisation d'une interprétation appropriée à l'âge, au sexe et à l'activité (par exemple, score Z vs score T) <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Historique des blessures de stress osseux et des fractures <p>Potentiel</p> <ul style="list-style-type: none"> ► HRpQCT
Fonction gastro-intestinale altérée	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Motilité oesophagienne : manométrie oesophagienne, déglutition barytée ► RGO : endoscopie digestive haute ► Motilité gastrique : électrogastrographie^{331 332} ► Gastroparesie : étude de la vidange gastrique ► Pancréatite : ≥2 des éléments suivants : (a) lipase >3× la limite supérieure de la normale ; (b) résultats d'imagerie compatibles avec une pancréatite ; (c) douleur épigastrique caractéristique ► Transit intestinal : étude des marqueurs radio-opaques,³³³ test du temps de transit oro-caecal^{334 335} ► Syndrome de l'artère mésentérique supérieure : étude orale contrastée du tube digestif supérieur, IRM ou scanner^{336–338} <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► RGO : nombreux questionnaires,³³⁹ y compris GerdQ³⁴⁰ ► Constipation : Score de constipation de Wexner,³⁴¹ Échelle de Bristol³⁴² ► Diarrhée : Échelle de Bristol³⁴² ► Syndrome de l'intestin irritable : Critères de Rome IV³⁴³ Transaminases élevées^{344 345} ► Troubles défécatoires, incontinence fécale³⁴⁶ : Questionnaire d'Incontinence Fécale,^{8 347} Indice de Sévérité de l'Incontinence Fécale (FISI),³⁴⁸ Score de l'Échelle d'Obstruction à la Défécation d'Altomare (ODS)³⁴⁹ ► Symptômes GI multiples : questionnaire Rome II³⁵⁰ ► Symptômes GI pendant l'exercice^{351 352} ► Score de la sous-section GI du LEAF-Q ≥2 indicatif de LEA^{214 353} ► Inventaire des symptômes GI spécifiques aux athlètes³⁵⁴ ► Défi alimentaire pendant l'exercice^{334 355} <p>Potentiel</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Transit intestinal : capsule de motilité sans fil ► Profil bactérien intestinal ► Concentration d'acides gras à chaîne courte dans les fèces ou le plasma
Métabolisme/régulation énergétique altéré	<ul style="list-style-type: none"> ► Tests de fonction thyroïdienne : TSH, T4 libre, T3 total et libre¹⁶⁵ ► Leptine : échantillonnage nocturne³⁵⁶ ► Cortisol : échantillonnage nocturne,¹⁷⁹ cortisol libre urinaire sur 24 heures³⁵⁷ ► Mesures/estimations contrôlées en laboratoire/expert de tous les apports énergétiques compartimentés et des dépenses quotidiennes totales (exercice, activité non-exercice, taux métabolique basal, effet thermique des aliments)³⁵⁸ <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Cortisol : cortisol sérique matinal, cortisol salivaire nocturne³⁵⁷ ► DER : calorimétrie indirecte,³⁵⁹ calorimétrie de chambre³¹¹
Statut hématologique altéré	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► NFS avec formule ► Études sur le fer (fer, ferritine, transferrine, capacité totale de liaison du fer) avec des seuils appropriés à l'âge, au sexe et au laboratoire ► Mesure de la masse de carboxyhémoglobine^{360 361} <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Antécédents auto-déclarés de carence en fer ou d'anémie <p>Potentiel</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Auto-évaluation via application³⁶²

Incontinence urinaire	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Incontinence urinaire de stress : test de stress vésical³⁶³ ► Consultation internationale sur l'incontinence - Formulaire court sur l'incontinence urinaire (ICIQ-UI-SF)^{230 231} ► Questionnaire sur l'incontinence en 3 questions (3IQ)³⁶⁴ <p>Potentiel</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Dysfonctionnement du plancher pelvien - Outil de dépistage chez les athlètes féminines (PFD-SENTINEL)³⁶⁵
Métabolisme du glucose et des lipides altéré	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Glycémie à jeun (mesures en série)³⁶⁶ ► Insuline à jeun³⁶⁶ ► Bilan lipidique : HDL, LDL, cholestérol total, triglycérides²⁹⁹ <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Moniteur de glucose en continu³⁶⁷
Problèmes de santé mentale	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Entretien clinique avec psychiatre ou psychologue, DSM-5- TR³⁶⁸ <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Dépression : PHQ,³⁶⁹ Échelle de dépression du Centre d'études épidémiologiques,³⁷⁰ Inventaire de dépression de Beck³⁷¹ ► Anxiété généralisée : GAD-7,^{164 372} DASS-21^{78 269 373 374} ► Stress : Échelle de stress perçu³⁷⁵ ► Échelle d'humeur de Brune³⁷⁶ ► Profil des états d'humeur^{377 378} ► Troubles alimentaires : EDE-Q,³⁷⁹⁻³⁸¹ BEDA-Q,³⁸² Inventaire des troubles alimentaires,³⁸³ auto-évaluation
Fonction neurocognitive altérée	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Évaluation neuropsychologique clinique <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Domaines multiples : batterie d'évaluation CogState³⁸⁴ ► Planification/flexibilité cognitive : Test de tri de cartes de Wisconsin²⁴² ► Attention : Test de Stroop couleur et mot³⁸⁵⁻³⁸⁷ ► Prise de décision : Test de Jeu de l'Iowa^{388 389} ► Mémoire verbale : Test d'Apprentissage Verbal de Californie-II³⁹⁰ ► Fonction exécutive : Système de Fonction Exécutive Delis-Kaplan Test d'Interférence Couleur-Mot,²³⁸ BRIEF-A³⁹¹
Troubles du sommeil	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Polysomnographie³⁹² <p>Utilisé et recommandé³⁹²</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Actigraphie de recherche ► Journaux de sommeil ► De nombreux questionnaires, y compris le Questionnaire de Dépistage du Sommeil des Athlètes (ASSQ),³⁹³ le Questionnaire de Comportement de Sommeil des Athlètes (ASBQ),³⁹⁴ l'Échelle de Somnolence d'Epworth³⁹⁵ l'Indice de Qualité du Sommeil de Pittsburgh,^{10 396} l'Indice de Sévérité de l'Insomnie^{164 397} <p>Potentiel</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Vêtements de sport connectés³⁹⁸
Fonction cardiovasculaire altérée	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Conduction, anomalies du rythme : ECG³¹³ ► Anomalies du rythme : télémétrie cardiaque, moniteur Holter ► Hémodynamique : sphygmomanométrie, sphygmomanométrie orthostatique (chute de ≥ 20 mm Hg de la pression systolique, chute de ≥ 10 mm Hg de la pression diastolique en position debout après être passé de la position couchée)^{313 399} ► Fonction autonome : variabilité de la fréquence cardiaque par moniteur Holter,^{400 401} test de sensibilité du baroréflexe,⁴⁰² tests au chevet (par exemple, Valsalva, test d'inclinaison) ► Anomalies structurelles : échocardiogramme transthoracique³¹³ ► Dysfonction endothéliale : dilatation médiée par le flux de l'artère brachiale^{235 403} <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Fréquence cardiaque : sangle de fréquence cardiaque avec électrode montée sur la poitrine^{404 405} ► Hémodynamique : épisodes auto-déclarés de syncope orthostatique (pré-) <p>Potentiel</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Vêtements de sport^{398 406}
Fonction musculaire squelettique réduite	<ul style="list-style-type: none"> ► Synthèse des protéines musculaires : marquage des acides aminés isotopiques,⁴⁰⁷ ingestion d'eau deutérée^{408 409} ► Contenu en glycogène musculaire : analyse histochimique des échantillons de muscle dérivés de biopsies,⁴¹⁰ 13 C- spectroscopie par résonance magnétique^{48 411} <p>Utilisé et recommandé</p>

	<p>► Aucun – exclure l'évaluation si incapable de mesurer directement comme ci-dessus</p>
Croissance et développement altérés	<p>Préféré</p> <p>► Patients pédiatriques : évaluation clinique avec des courbes de croissance</p> <p>– Déviation de la trajectoire de croissance de base, définie comme un changement dynamique avec le temps (par rapport à une seule mesure)</p> <p>– Diminution du score Z de croissance de >1294 ⁴¹²</p> <p>► Hormone de croissance : échantillonnage nocturne ⁴¹³</p> <p>► IGF-1 : niveaux sériques, niveaux d'IGFBP-3 ⁴¹⁴</p> <p>Utilisé et recommandé</p> <p>► Patients pédiatriques : marqueurs retardés de la puberté (thélarche, ménarche, spermarche)</p>
Immunité réduite	<p>Préféré</p> <p>► À déterminer</p> <p>Utilisé et recommandé</p> <p>► Fréquence des maladies auto-déclarées ^{10 271 415}</p> <p><i>Potentiel</i></p> <p>► NFS, avec différentiel, glycome des immunoglobulines G, transcriptome des leucocytes et profil des cytokines ²⁷²</p>
Résultats de performance	Méthodes et notes
Disponibilité réduite de l'athlète	<p>Préféré</p> <p>► Jours d'entraînement/compétition perdus ou modifiés auto-déclarés en raison de maladie ou de blessure ^{10 274 416}</p>
Réponse à l'entraînement diminuée	<p>Préféré</p> <p>► Suivi longitudinal d'un indicateur de performance valide spécifique à l'athlète/sport (par exemple, contre-la-montre lié au sport) ^{168 417 418}</p> <p>Utilisé et recommandé</p> <p>► Auto-déclaration de stagnation des capacités/performance malgré la progression de l'entraînement ⁴¹⁹</p> <p>► Profil de lactate d'exercice ^{420 421}</p> <p>► Lactate : ratio RPE ^{422 423}</p> <p>► Concentrations de catécholamines ⁴²⁴</p>
Récupération diminuée	<p>Préféré</p> <p>► À déterminer</p> <p>Utilisé et recommandé</p> <p>► Études en laboratoire :</p> <p>– Système de phosphate de créatine : ³¹Spectroscopie par résonance magnétique P ⁴²⁵</p> <p>– Dommages musculaires induits par l'exercice : biopsie musculaire ⁴²⁶</p> <p>► Études sur le terrain :</p> <p>– Questionnaires : Questionnaire de récupération-stress (REST-Q), ^{10 427} perceptions auto-rapportées de la récupération, Profil des états d'humeur (POMS), ³⁷⁷ Questionnaire Hooper MacKinnon ⁴²⁸</p> <p>– Créatine kinase (totale, musculaire) ⁴²⁹</p> <p>► Rapport subjectif de l'athlète sur l'état de préparation ⁴³⁰</p> <p><i>Potentiel</i></p> <p>► Algorithmes de récupération /préparation portables/commercialisés ⁴³¹</p>
Performance cognitive/compétence diminuée	<p>Préféré</p> <p>► Compétence : mesures spécifiques au sport (par exemple, Test de Passe de Football de Loughborough) ^{432 433}</p> <p>Utilisé et recommandé</p> <p>► Temps de réaction : envisager des tests spécifiques au sport ⁴³⁴</p> <p>► Conscience spatiale : test de rotation mentale ²⁴¹</p>
Diminution de la motivation/du dynamisme	<p>Préféré</p> <p>► À déterminer</p> <p>Utilisé et recommandé</p> <p>► Motivation : Questionnaire de Régulation Comportementale dans le Sport (BRSQ), ⁴³⁵Échelle des États de Besoins Psychologiques dans le Sport (PNSS-S) ⁴³⁶</p> <p>► Questionnaire d'épuisement de l'athlète (ABQ) ⁴³⁷</p> <p>► Inventaire d'épuisement de Maslach ⁴³⁸</p>
Diminution de la force musculaire	<p>Préféré</p> <p>► Suivi longitudinal d'une métrique valide liée à la performance spécifique à l'athlète/sport (par exemple, test de force lié au sport, comme l'arraché ou l'épaulé-jeté pour l'haltérophilie, ou la distance de lancer pour le lancer du poids) ⁴³⁹</p> <p>Utilisé et recommandé</p> <p>► Dynamométrie isocinétique ^{440 441}</p> <p>► Une répétition maximale, mouvement spécifique (par exemple, développé couché) ^{442 443}</p>

Diminution de la performance en endurance	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Suivi longitudinal de métriques valides liées à la performance spécifique à l'athlète/sport (par exemple, contre-la-montre lié au sport)^{168 417 418} <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Test de VO en laboratoire 2 max (via calorimétrie indirecte)¹⁴⁴ ► Test de seuil de lactate en laboratoire⁴⁴⁵ ► Test de course navette à paliers multiples^{446 447} ► Test de rampe en cyclisme⁴⁴⁸
Diminution de la performance en puissance	<p>Préfééré</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Test de Wingate⁴⁴⁹ <p>Utilisé et recommandé</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Saut avec contre-mouvement⁷³ ► Saut en longueur sans élan^{450 451} ► Test de Bosco^{452 453}
<p>*Bien que diverses méthodes aient été utilisées cliniquement et dans des contextes de recherche, beaucoup n'ont pas été validées ou utilisées chez les athlètes ou spécifiquement pour évaluer les effets des REDs. Par conséquent, ce tableau propose des méthodes qui ont été utilisées pour des résultats d'intérêt et que les auteurs recommandent à ce jour.</p> <p>ADAM-Q, Questionnaire sur la déficience androgénique chez les hommes vieillissants; BEDA-Q, Questionnaire bref sur les troubles alimentaires chez les athlètes; BRIEF-A, Inventaire de l'évaluation comportementale des fonctions exécutives – Version adulte; CBC, numération globulaire complète; DASS-21, Échelle de dépression, d'anxiété et de stress-21; DSM-5 TR, Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux – cinquième édition, révision du texte; DXA, absorptiométrie biénergétique à rayons X; EDE-Q, Questionnaire d'examen des troubles alimentaires; FSH, hormone folliculo-stimulante; GAD-7, Trouble d'anxiété généralisée-7; GERD, maladie de reflux gastro-oesophagien; GerdQ, Questionnaire sur la maladie de reflux gastro-oesophagien; GI, gastro-intestinal; HDL, lipoprotéine de haute densité; HRpQCT, tomodesitométrie périphérique quantitative à haute résolution; IGF-1, facteur de croissance analogue à l'insuline 1; IGFBP-3, protéine de liaison au facteur de croissance analogue à l'insuline-3; LDL, lipoprotéine de basse densité; LEA, faible disponibilité énergétique; LEAF-Q, Questionnaire sur la faible disponibilité énergétique chez les femmes; LH, hormone lutéinisante; PHQ, Questionnaire sur la santé du patient; DER, Taux Métabolique de Repos; RPE, évaluation de l'effort perçu; SMA, artère mésentérique supérieure; T3, triiodothyronine; T4, thyroxine; TSH, hormone stimulant la thyroïde; VO 2 max, Consommation maximale d'oxygène</p>	

Affiliations des auteurs

¹Family Medicine, McMaster University Michael G DeGroot School of Medicine, Waterloo, Ontario, Canada

²Games Group, International Olympic Committee, Lausanne, Switzerland

³Wu Tsai Female Athlete Program, Harvard Medical School, Boston Children's Hospital, Boston, Massachusetts, USA

⁴Israel Cycling Academy, Tel Aviv, Israel

⁵Mary MacKillop Institute for Health Research, Australian Catholic University, Melbourne, Victoria, Australia

⁶Sports Medicine Center, Shaare Zedek Medical Center, The Hebrew University, Jerusalem, Israel

⁷Exercise and Sport Science, University of North Carolina, Chapel Hill, North Carolina, USA

⁸Canada Sport Institute Pacific, Victoria, British Columbia, Canada

⁹Exercise Science, Physical & Health Education, University of Victoria, Victoria, British Columbia, Canada

¹⁰Department of Sport Science - Swedish Olympic Committee Research Fellow, Linnaeus University, Kalmar, Sweden

¹¹Department of Sport and Social Sciences, Norwegian School of Sports Sciences, Oslo, Norway

¹²Department of Sport Medicine, Norwegian School of Sports Sciences Department of Sport and Social Sciences, Oslo, Norway

¹³Department of Sport Science and Physical Education, University of Agder, Kristiansand, Norway

¹⁴International Olympic Committee Athlete's Committee, Lausanne, Switzerland

¹⁵Amsterdam Collaboration on Health & Safety in Sports, Department of Public and Occupational Health, Amsterdam Movement Science, Amsterdam UMC Locatie VUmc, Amsterdam, The Netherlands

¹⁶Medical and Scientific Department, International Olympic Committee, Lausanne, Switzerland

¹⁷Department of Ophthalmology, Hacettepe University, Ankara, Turkey

¹⁸World Archery, Lausanne, Switzerland

Correction notice Cet article a été corrigé depuis sa publication. La figure 6 a été mise à jour dans la version en ligne seulement et non dans la version imprimée.

Twitter Margo Mountjoy @margo.mountjoy, Kathryn E Ackerman @DrKateAckerman, Louise M Burke @LouiseMBurke, Anthony C Hackney @AC_Hackney, Ida Aliisa Heikura @IdaHeikura, Anna Melin @AnnaMelin4, Trent Stellingwerff @TStellingwerff, Jorunn

Kaiander Sundgot-Borgen @Jorunn_SB, Monica Klungland Torstveit @MMonicakt and Evert Verhagen @Evertverhagen

Remerciements Les auteurs tiennent à remercier le Comité International Olympique pour avoir donné la priorité à la santé des athlètes et leur soutien, Bryan Holtzman, Margot Rodgers et Grace Saville pour leur citation et leur aide éditoriale, ainsi que Joe DeLeo pour leur soutien graphique.

Contributeurs Tous les auteurs ont participé à la conception, à la rédaction, au vote, à la discussion en personne, à la révision et à l'approbation du manuscrit final avant sa soumission. MM était chargé de diriger le projet de consensus et de coordonner le manuscrit de la déclaration de consensus. L'AUI représentait la voix de l'athlète et DMB représentait la voix de l'entraîneur. RB, UE et LE représentaient le département médical et scientifique du Comité International Olympique.

Financement Les auteurs n'ont pas déclaré de subvention spécifique pour cette recherche de la part d'un organisme de financement des secteurs public, commercial ou à but non lucratif.

Conflits d'intérêt MM est rédactrice adjointe du BJSM et membre du comité de rédaction de l'IPHP du BJSM. KEA est rédactrice adjointe du BJSM et rédactrice adjointe du BJSM IPHP. EV est rédacteur adjoint du BJSM, rédacteur en chef adjoint du BJSM IPHP et rédacteur en chef du BMJ Open Sports and Exercise Medicine. RB est le directeur médical et scientifique du CIO. LE est le chef des activités scientifiques du CIO et l'un des rédacteurs du BJSM IPHP. UE est membre du CIO et président de la commission médicale et scientifique du CIO.

Consentement du patient à la publication Non applicable

Approbation éthique Non applicable

Provenance et examen par les pairs Non commandé ; examiné par des pairs externes.

Matériel supplémentaire Ce contenu a été fourni par le(s) auteur(s). Il n'a pas été approuvé par BMJ Publishing Group Limited (BMJ) et n'a peut-être pas fait l'objet d'un examen par des pairs. Les opinions ou recommandations discutées sont uniquement celles de l'auteur ou des auteurs et ne sont pas approuvées par BMJ. BMJ décline toute responsabilité découlant

de la confiance accordée au contenu. Lorsque le contenu comprend du matériel traduit, BMJ ne garantit pas l'exactitude et la fiabilité des traductions (y compris, mais sans s'y limiter, les réglementations locales, les directives cliniques, la terminologie, les noms et les dosages des médicaments), et n'est pas responsable des erreurs et/ou omissions résultant de la traduction et de l'adaptation ou autre.

Identifiants ORCID

Margo Mountjoy <http://orcid.org/0000-0001-8604-2014>
Kathryn E Ackerman <http://orcid.org/0000-0003-2626-7785>
Louise M Burke <http://orcid.org/0000-0001-8866-5637>
Anthony C Hackney <http://orcid.org/0000-0002-6607-1472>
Ida Aliisa Heikura <http://orcid.org/0000-0002-1088-428X>
Anne Marte Pensgaard <http://orcid.org/0000-0003-4690-9888>
Trent Stellingwerff <http://orcid.org/0000-0002-4704-8250>
Jorunn Kaiander Sundgot-Borgen
<http://orcid.org/0000-0002-1149-0442>
Monica Klungland Torstveit <http://orcid.org/0000-0003-2798-9675>
Evert Verhagen <http://orcid.org/0000-0001-9227-8234>