

二次出版：高校生陸上競技選手の疲労骨折、月経機能障害、摂食障害の既往と関連因子
Prevalence and associated factors of stress fractures, menstrual dysfunction,
and eating disorders in high school athletes山本 宏明¹⁾ 渡邊 将司²⁾ 須永 美歌子³⁾ 森丘 保典⁴⁾ 酒井 健介⁵⁾ 杉田 正明³⁾

1) 北里大学メディカルセンター 2) 茨城大学 3) 日本体育大学 4) 日本大学 5) 城西国際大学

要旨

目的：若年アスリートにおける疲労骨折 (stress fractures : SF)、月経機能障害 (menstrual dysfunction : MD)、摂食障害 (eating disorders : ED) は重要な課題である。国内の高校生陸上競技選手が経験している SF、MD、ED の頻度を明らかにし、それらに関連する因子を把握することを目的に本研究を行った。

方法：日本陸上競技連盟主催の選抜合宿に参加した高校生陸上競技選手 1,199 名 (男性 608 名、女性 591 名) を対象とした横断研究。

結果：男女選手の約 4 人に 1 人が SF の既往を申告した。さらに、1 週間の練習時間の長さ、競技種目 (短距離、中距離、跳躍、混成) が SF 既往の関連因子として特定された。

女性競技者の約 3 人に 1 人が MD の既往を申告しており、長距離選手は、短距離、投擲、跳躍の選手よりも有意に MD を経験する頻度が高かった。さらに、MD 既往に関連する因子として、ED 既往があること、種目として長距離が特定された。ED 既往は男女差なく低頻度で申告され、長距離は短距離や跳躍よりも有意に高頻度であった。

結論：国内高校陸上競技選手の約 4 分の 1 が SF を経験し、女性競技者の約 3 分の 1 が MD を経験している。SF、MD、ED の相互の関連、ならびに競技種目とトレーニング時間との関連は考慮すべき事柄である。

注記：本論文は、Sports Psychiatry 誌に英文で最初に報告された研究、Prevalence and associated factors of stress fractures, menstrual dysfunction, and eating disorders in high school athletes. H. Yamamoto, M. Watanabe, M. S.

Sunaga, Y. Morioka, K. Sakai, and M. Sugita. Sports Psychiatry. 2024;1-10. <https://doi.org/10.1024/2674-0052/a000076> に基づいている。同論文を国内陸上競技関係者に提供することを目的に、忠実に日本語訳した二次出版である。引用を行う場合には上記原典を確認の上で引用のこと。二次出版にあたり、International committee of medical journal editors: ICMJE の定める Acceptable Secondary Publication の全条件を遵守した。

はじめに

アスリートの心身の健康を守るとは喫緊の国際的課題である。国際オリンピック委員会は、2019 年にアスリートのメンタルヘルスに関するコンセンサス・ステートメント [1] を、2023 年にメンタルヘルス行動計画 [2] を提示し、対策の必要性を強調している。摂食障害 (eating disorders : ED)、無月経、骨粗鬆症からなる女性アスリートの三主徴は、1992 年の Yeager らの報告 [3] や 1997 年の American College of Sports Medicine による提言 [4] などにおいて、女性アスリートの健康を脅かす重大な脅威として提唱された。それ以来、アスリートの生命とパフォーマンスを脅かす問題として、ED と三主徴に関して多くの勧告や声明が出されている [4-6]。2007 年の米国スポーツ医学会の勧告では、ED の有無にかかわらず、視床下部性月経機能障害と低エネルギー利用能 (low energy availability : LEA) を背景とする骨の健康障害として、三主徴の病理学的レベルを再定義している [7]。国際オリンピック委員会の 2014 年の声明によると、LEA は男性でも女性でも起こりうるものであり、スポーツにおける相対的エネルギー欠乏 (Relative Energy Deficiency in Sport : REDs) につながるものとされ

ている [8]。2018 年に REDs に関する IOC コンセンサスが更新されて以来、男性アスリートを対象とした報告が徐々に増加している [9]。2021 年の「男性アスリートにおける三主徴に関するコンセンサス・ステートメント」によると、LEA と REDs は、男女両方のアスリートにとって重要な問題と位置付けられている [10-12]。IOC は、REDs に関する 2023 年のコンセンサス・ステートメントを更新し、臨床評価と調査方法を提案した [13]。声明の中で提示された REDs の調査方法として推奨される項目には、疲労骨折歴、自己申告による月経歴、摂食障害歴が含まれている。アスリートの摂食障害対策は国際的に要請されており、研究者や各国競技統括団体に実態調査が求められている [1, 2, 8]。しかし、日本におけるスポーツ選手の SF、MD、ED の実態調査は少ない。特に、10 代後半の高校生アスリートを対象とした調査は少なく、どの競技種目がハイリスクであるかについてのエビデンスは不足している。男女高校生は骨量がピークに達する過程にあり [14, 15]、同時に SF や ED の好発年齢にある [16]。持久系競技だけでなく、審美系競技、体重制競技、空中系競技も ED のリスクが高いが [17-20]、特に若いアスリートに関する研究は不足している。

長距離ランナーの SF には、大きく分けて 2 つの要因（骨にかかる荷重負荷を変化させる要因、骨の耐荷重能力）が関連していると報告されており、前者にはバイオメカニクスの要因、トレーニング要因などが含まれ、後者には遺伝的要因、栄養状態、内分泌状態などが含まれる [21]。陸上競技には、持久系種目、スプリント系種目、跳躍系種目、投擲系種目、混成種目など様々な特徴をもつ種目がある。種目間の比較から、SF、MD、ED の発症率が高い競技を知ることができるかもしれない。さらに、高校陸上競技選手の SF、MD、ED に関連する因子を見つけることができるかもしれない。我々は、このような臨床的疑問に答えるために、ハイレベルな高校陸上競技を対象とした横断調査を計画した。

方法

この横断研究は、任意の質問紙調査のデータを用いた。対象は、日本陸上競技連盟が 2021 年から 2023 年にかけて日本で開催した計 7 回の選抜強化合宿に参加した高校生である。全員が日本国籍であった。全選手には、個人的かつ内密にアンケートに回答する機会が提供された。調査票は Microsoft Forms (Microsoft Corporation, One Microsoft

Way, Redmond, WA, U.S.A.) を使用して作成し、参加者は調査説明文書に記載された QR コードをスマートフォンで読み取って回答した。

競技者は、1) 短距離種目（ハードルを含む 400m 以下）、2) 中距離種目（800 ～ 1500m）、3) 長距離種目（ハードル、競歩を含む 3000 ～ 5000m 以上）、4) 跳躍種目（走り幅跳び、三段跳び、走り高跳び、棒高跳び）、5) 投擲種目（やり投げ、ハンマー投げ、砲丸投げ、円盤投げ）、6) 混成種目（男子八種競技、女子七種競技）の 6 種目に分類された。重複を避けるため、複数の競技に出場している者は、最も得意とする競技を選択するよう求めた。駅伝に代表されるロードレースに特化した選手は、今回の対象には含まなかった。

調査には、身長、体重、高校卒業後の競技レベル、ED の既往歴、SF の既往歴、MD の既往歴（3 ヶ月以上の無月経、または月経未初来）、1 週間の練習時間などのデータが含まれた。骨の健康に関するデータは質問票から得た。骨密度の直接測定は困難であったため、骨の健康状態は骨密度ではなく、疲労骨折の既往から調べた。本調査では、3 つの病歴 (SF、ED、MD) がすべて存在する症例を女性アスリートの三主徴疑い “probable triad” とした。

倫理的配慮

研究参加者は、参加しないことによって不利益を被ることがないことを保証され、自由意志に基づいてアンケートが行われた。茨城大学教育学部研究倫理委員会（許可番号 21P1900）の承認を得た。すべての方法はヘルシンキ宣言に基づいた。研究への同意は、アンケート回答時に参加者から確認することで得た。

統計解析

統計解析は、JMP Pro version 17 software for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.) を用いて行った。収集したデータの要約には記述統計量を用いた。平均値と標準偏差が所見の提示に用いられた。連続変数が等しく分布している場合は Student の t 検定を、等しく分布していない場合は Welch の t 検定を用いた。分割表に対する Fisher の正確検定（両側）をカテゴリー変数間の関係の検定に用い、2 群間の比較には有意水準を $P < 0.05$ とした。6 つの競技種目におけるデータの同等性の検討には、カテゴリー変数間の検定に Fisher の

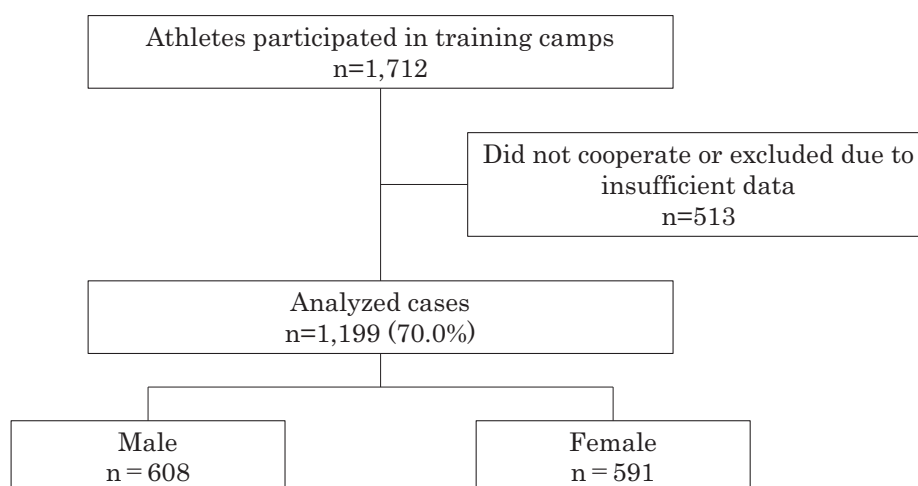


Figure 1. Flow chart for selecting participants

Table 1. Characteristics of male and female athletes (n = 1,199) in the study

	Male (n = 608)	Female (n = 591)	P
Age (year), mean (SD)	17.01 (0.57)	17.04 (0.58)	0.38
BMI (kg/m ²), mean (SD)	21.8 (3.3)	20.5 (2.5)	< 0.0001
Weight (kg), mean (SD)	65.4 (11.0)	53.4 (7.4)	< 0.0001
Height (cm), mean (SD)	173.1 (5.8)	161.1 (5.2)	< 0.0001
Training (hour/week), mean (SD)	14.8 (4.0)	15.0 (3.9)	0.46
Rest, day/week, mean (SD)	1.39 (0.65)	1.35 (0.69)	0.13
History of stress fractures, n (%)	144 (23.7)	137 (23.2)	0.84
History of menstrual dysfunction, n (%)	-	201 (34.0)	-
History of eating disorders, n (%)	10 (1.6)	20 (3.4)	0.064
Probable Triad, n (%)	-	4 (0.7)	-

Abbreviations: SD, standard deviation; BMI, body mass index.

Probable triad, previous stress fracture, menstrual dysfunction, and eating disorder.

正確検定（両側）を使用した。連続変数については、分散が不等であったため、ノンパラメトリック法である Kruskal-Wallis 検定を用いた。有意水準は $P < 0.05$ とした。ペア比較検定は、6 種目間で同等性を示さなかった項目について実施された。一対比較は、6 つのグループに 15 の組み合わせが含まれていたため、有意水準として $P < 0.0033$ を用いて、Bonferroni の P 値で補正した。連続変数には Wilcoxon 検定を用いた。カテゴリー変数には Fisher の正確検定（両側）を用いた。単変量および多変量ロジスティック回帰分析を用いて、SF および MD に関連する因子を分析した。単変量ロジスティック回帰分析で有意 ($P < 0.05$) であった因子については、多変量ロジスティック回帰分析を用いて潜在的交絡因子を調整した。

結果

対象者の選択

この研究に含まれるケースのフローチャートを figure 1 に示す。この研究には 1,712 人の対象者が含まれた。非参加者とデータが欠落しているケースを除外すると、1,199 人（70.0%）の対象者が含まれた（男性 608 人、女性 591 人）。

対象者の特徴

Table 1 に対象者の特徴を示す。年齢、1 週間の練習時間、1 週間の休息日数、SF の既往歴、ED の既往歴は男女間に有意差はなかった。BMI（Body mass index）、体重、身長には有意差があった。女性競技者の MD 既往は 201 人（34.0%）で、そのうち 10 人（1.7%）は一度も月経を経験していなかった。

Table 2. Specialty and competition level of athletes

	Overall	National	Competition level		
			Regional	Prefectural	City
Male	608 (100)	180 (29.6)	318 (52.3)	93 (15.3)	17 (2.8)
Specialty					
Sprinting	227 (37.3)	61 (33.9)	127 (39.9)	34 (36.6)	5 (29.4)
Middle-distance	27 (4.4)	5 (2.8)	14 (4.4)	6 (6.5)	2 (11.8)
Long-distance	46 (7.6)	9 (5.0)	29 (9.1)	6 (6.5)	2 (11.8)
Jumping	166 (27.3)	57 (31.7)	81 (25.5)	25 (26.7)	3 (17.7)
Throwing	121 (19.9)	45 (25.0)	55 (17.3)	17 (18.3)	4 (23.5)
Combined	21 (3.5)	3 (1.7)	12 (3.8)	5 (5.4)	1 (5.9)
Female	591 (100)	233 (39.4)	276 (46.7)	69 (11.7)	13 (2.2)
Specialty					
Sprinting	238 (40.3)	107 (45.9)	96 (34.8)	31 (44.9)	4 (30.8)
Middle-distance	30 (5.1)	11 (4.7)	16 (5.8)	3 (4.4)	0 (0.0)
Long-distance	38 (6.4)	17 (7.3)	17 (6.2)	3 (4.4)	1 (7.7)
Jumping	142 (24.0)	53 (22.8)	71 (25.7)	17 (24.6)	1 (7.7)
Throwing	108 (18.3)	38 (16.3)	56 (20.3)	9 (13.0)	5 (38.5)
Combined	35 (5.9)	7 (3.0)	20 (7.3)	6 (8.7)	2 (15.4)

Reported as n (% of each competition level)

日本の初経年齢の平均は 12.2 歳 [22] であり、15 歳 - 17 歳で初経の発来していないものを初経遅延とする定義が 2017 年から用いられている [23]。一般における初経遅延の正確な割合は判明していない。

専門種目と競技レベル

Table2 に、調査対象選手の専門種目と競技レベルを示す。調査に協力した選手の競技レベルは、全国大会出場 (男性 29.6%、女性 39.4%、 $P = 0.0004$)、地域大会出場 (男性 52.3%、女性 46.7%、 $P = 0.057$)、都道府県大会出場 (男性 : 15.3%、女性 : 11.7%、 $P = 0.076$)、市町村大会出場 (男性 : 2.8%、女性 : 2.2%、 $P = 0.059$) であった。2022 年の全国高等学校体育連盟登録者数によると、全国大会レベルの選手は 3.6%、地域大会レベルの選手は 35.4% であった [24]。研究参加者の大半 (男性 81.9%、女性 86.1%) は全国レベルまたは地域大会レベルの選手であり、この研究が国内のハイレベルな高校生競技者を対象としていることを示している。男女を比較すると、女性のほうが national レベルの選手が多かった。被験者全体の性別比率 (608:591) には差がなく ($P=1.00$)、専門ごとの選手数の比率には有意差はなかった ($P=0.22$)。

競技種目別の特徴

Table 3 に競技種目別の選手の特徴を示す。SF 既往は、短距離は投擲よりも有意に多かった。ED 既往は、長距離において短距離や跳躍よりも有意に多かった。BMI は投擲において他の競技よりも有意に高く、短距離は長距離や中距離よりも有意に高く、混成競技では長距離や中距離よりも有意に高く、跳躍では長距離走や中距離走よりも有意に高かった。トレーニング時間は投擲において、長距離、中距離、短距離、跳躍よりも有意に長かった。

種目別男性競技者の特徴

SF 既往は、短距離は投擲よりも有意に多かった。ED 既往は種目間の有意差はなかった。BMI は、投擲で他の種目より有意に高く、短距離は長距離および中距離より有意に高く、混成種目は長距離および中距離より有意に高く、跳躍は長距離および中距離より有意に高かった。トレーニング時間は投擲が長距離および中距離より有意に長かった。

種目別女性競技者の特徴

SF 既往は種目別の有意差はなかった。MD 既往は、長距離において、短距離、投擲、跳躍より有意に多かった。ED 既往は、長距離において、短距離、投擲、跳躍より有意に多かった。SF、MD、ED の全ての既往のある (三主徴疑い) は長距離のみで確認された。

Table 3. Characteristics of athletes by event specialty

	Sprinting (n = 465)	Middle-distance (n = 57)	Long-distance (n = 84)	Jumping (n = 308)	Throwing (n = 229)	Combined (n = 56)	Overall (n = 1199)	P
Overall								
History of stress fractures	133 (28.6)	14 (24.6)	17 (20.2)	71 (23.1)	31 (13.5)	15 (26.8)	281 (23.4)	0.001*
History of eating disorders	9 (1.9)	0 (0.0)	8 (9.5)	6 (2.0)	6 (2.6)	1 (1.8)	30 (2.5)	0.016†
BMI, kg/m ² , mean (SD)	20.3 (1.4)	19.1 (1.4)	19.1 (1.7)	20.3 (1.6)	25.5 (3.7)	20.9 (1.4)	21.2 (3.0)	< 0.0001 ‡
Training, hour/week, mean (SD)	14.6 (3.4)	14.1 (3.8)	14.3 (3.5)	14.4 (3.4)	16.1 (5.2)	15.8 (5.1)	14.9 (4.0)	0.005§
Male								
History of stress fractures	68 (30.0)	5 (18.5)	9 (19.6)	41 (24.7)	17 (14.1)	4 (19.1)	144 (23.7)	0.03//
History of eating disorders	4 (1.8)	0	0	1 (0.6)	4 (3.3)	1 (4.8)	10 (1.6)	0.32
BMI, kg/m ² , mean (SD)	20.8 (1.4)	19.5 (1.2)	19.2 (1.8)	20.7 (1.7)	26.6 (3.9)	21.2 (1.3)	21.8 (3.3)	< 0.0001 ¶
Training, hour/week, mean (SD)	14.4 (3.5)	13.5 (3.7)	13.7 (3.9)	14.7 (3.4)	16.4 (5.0)	14.7 (5.5)	14.8 (4.0)	0.0005 *
Female								
History of stress fractures	65 (27.3)	9 (30.0)	8 (21.1)	30 (21.1)	14 (13.0)	11 (31.4)	137 (23.2)	0.05
History of eating disorders	5 (2.1)	0	8 (21.1)	5 (3.5)	2 (1.9)	0	20 (3.4)	0.0003††
BMI, kg/m ² , mean (SD)	19.8 (1.2)	18.7 (1.5)	18.9 (1.6)	19.8 (1.3)	24.2 (3.0)	20.6 (1.4)	20.5 (2.5)	< 0.0001 ‡‡
Training, hour/week, mean (SD)	14.8 (3.3)	14.6 (3.8)	14.9 (3.0)	14.4 (3.5)	15.8 (5.2)	16.4 (4.9)	15.0 (3.9)	0.17
History of menstrual dysfunction	72 (30.3)	15 (50.0)	25 (65.8)	43 (30.3)	31 (28.7)	15 (42.9)	201 (34.0)	0.0002§§
Probable Triad	0	0	4 (10.5)	0	0	0	4 (0.7)	< 0.0001

Abbreviations: SD, standard deviation; BMI, body mass index. Probable triad, previous stress fractures, menstrual dysfunction, and eating disorders.

Reported as n (%) unless otherwise specified.

*P < 0.0001 between throwing and sprinting.

†P = 0.0016 between long-distance and sprinting. P = 0.0032 between long-distance and jumping.

‡P < 0.0001 between throwing and the others, sprinting and long-distance, sprinting and middle-distance, combined and middle-distance, combined and long-distance, jumping and middle-distance, jumping and long-distance.

§P = 0.0005 between throwing and jumping. P = 0.0014 between throwing and sprinting. P = 0.0064 between throwing and long-distance. P = 0.024 between throwing and middle-distance.

// P = 0.0001 between throwing and sprinting.

¶P < 0.0001 between throwing and the others, sprinting and long-distance, sprinting and middle-distance, combined and middle-distance, combined and long-distance, jumping and middle-distance, jumping and long-distance.

*P = 0.0001 between sprinting and throwing. P = 0.0003 between long-distance and throwing events.

††P = 0.0001 between long-distance and sprinting. P = 0.0003 between long-distance and throwing. P = 0.001 between long-distance and jumping.

‡‡P < 0.0001 between throwing and the others, combined and long-distance, combined and middle-distance, sprinting and middle-distance. P = 0.0001 between middle-distance and jumping. P = 0.0004 between long-distance and sprinting. P = 0.001 between long-distance and jumping. P = 0.002 between sprinting and combined.

§§P < 0.0001 between long-distance and sprinting, long-distance and throwing. P = 0.0001 between long-distance and jumping.

||||P < 0.0001 between long-distance and throwing. P = 0.0003 between long-distance and sprinting. P = 0.0017 between long-distance and jumping.

Table 4. Univariate / multivarariate logistic regression analysis of factors related to history of stress fractures. (n = 1,199)

	n	History of stress fractures	Non-stress fractures	Univariate logistic regression analysis			Multivariate logistic regression analysis		
				Crude OR	95% CI	P	Adjusted OR	95% CI	P
Overall	1199	281 (23.4)	918 (76.6)						
Sex									
Male	608	144 (23.7)	464 (76.3)	1.00	reference				
Female	591	137 (23.2)	454 (76.8)	0.97	0.744-1.270	0.84			
Event specialty									
Sprinting	465	133 (28.6)	322 (71.4)	2.56	1.667-3.928	< 0.0001*	3.56	1.939-6.520	< 0.0001*
Middle-distance	57	14 (24.6)	43 (75.4)	2.08	1.020-4.238	0.044*	3.10	1.286-7.493	0.012*
Long-distance	84	17 (20.2)	67 (79.8)	1.62	0.843-3.114	0.15	2.23	0.959-5.164	0.063
Jumping	308	71 (23.1)	237 (76.9)	1.91	1.205-3.038	0.0059*	2.51	1.335-4.733	0.0043*
Combined	56	15 (26.8)	41 (73.2)	2.34	1.158-4.716	0.018*	2.88	1.281-6.459	0.011*
Throwing	229	31 (13.5)	198 (86.5)	1.00	reference		1.00	reference	
Training, hour/week, mean [SD] (per 1)		15.6 [4.2]	14.6 [3.9]	1.06	1.026-1.094	0.0005*	1.08	1.042-1.116	< 0.0001*
Rest, day/week, mean [SD] (per 1)		1.35 [0.7]	1.38 [0.6]	0.94	0.770-1.151	0.56			
BMI, kg/m ² , mean [SD] (per 1)		20.8 [2.6]	21.3 [3.1]	0.95	0.899-0.994	0.029*	1.02	0.947-1.096	0.61
History of eating disorders	30	11 (36.7)	19 (63.3)	1.93	0.906-4.101	0.088			
History of menstrual dysfunction	201	51 (25.4)	150 (74.6)	1.20	0.807-1.789	0.37			

Reported as n (%) unless otherwise specified.

Abbreviations: SD, standard deviation; OR, odds ratio; CI confidence interval; BMI, body mass index.

A multivariate logistic regression analysis was used after adjustment for Event specialty, Training and body mass index.

*Data with P-value < 0.05 and 95% confidence interval not crossing 1 are shown in bold.

Table 5. Univariate / Multivariate logistic regression analysis of factors related to history of menstrual dysfunction. (n = 591)

	n	History of menstrual dysfunction	Non-menstrual dysfunction	Univariate logistic regression analysis			Multivariate logistic regression analysis		
				Crude OR	95% CI	P	Adjusted OR	95% CI	P
Overall	591	201 (34.0)	390 (66.0)						
Event specialty									
Sprinting	238	72 (30.3)	166 (69.8)	1.08	0.653-1.776	0.77	0.85	0.434-1.679	0.65
Middle-distance	30	15 (50.0)	15 (50.0)	2.48	1.084-5.686	0.032*	1.99	0.723-5.485	0.18
Long-distance	38	25 (65.8)	13 (34.2)	4.78	2.169-10.517	< 0.0001*	2.87	1.082-7.606	0.034*
Jumping	142	43 (30.3)	99 (69.7)	1.08	0.622-1.869	0.79	0.84	0.413-1.729	0.64
Combined	35	15 (42.9)	20 (57.1)	1.86	0.847-4.099	0.13	1.55	0.649-3.700	0.32
Throwing	108	31 (28.7)	77 (71.3)	1.00	reference		1.00	reference	
Training, hour/week, mean [SD] (per 1)		15.3 (3.7)	14.7 (4.0)	1.04	0.993-1.082	0.10			
Rest, day/week, mean [SD] (per 1)		1.3 (0.7)	1.4 (0.7)	0.86	0.667-1.102	0.24			
BMI, kg/m ² , mean [SD] (per 1)		20.2 (2.4)	20.7 (2.5)	0.93	0.856-0.998	0.043*	0.95	0.853-1.053	0.31
History of eating disorders	20	13 (65.0)	7 (35.0)	3.78	1.485-9.640	0.005*	2.92	1.015-8.423	0.047*
History of stress fractures	137	51 (37.2)	86 (62.8)	1.20	0.807-1.789	0.37			

Reported as n (%) unless otherwise specified.

Abbreviations: SD, standard deviation; OR, odds ratio; CI confidence interval; BMI, body mass index.

A multivariate logistic regression analysis was used after adjustment for Event specialty, body mass index and history of eating disorders.

*Data with P-value < 0.05 and 95% confidence interval not crossing 1 are shown in bold.

BMI は、投擲は他の競技よりも有意に高く、短距離は長距離および中距離よりも有意に高く、混成競技では長距離、中距離、短距離よりも有意に高く、跳躍では長距離および中距離よりも有意に高かった。トレーニング時間は競技間での有意差はなかった。

男女競技者の SF 既往に関連する要因

Table 4 に、男性および女性競技者の SF 既往に関連する要因の分析を示す。単変量ロジスティック回帰分析により、SF 既往と有意に関連する要因として次のものが特定された：〔種目（投擲を基準として）、短距離（粗オッズ比 [Crude OR] 2.56、95% 信頼区間 [CI] 1.667-3.928）、中距離走 (Crude OR 2.08、95% CI 1.020-4.238)、跳躍 (Crude OR 1.91、95% CI 1.205-3.038)、混成競技 (Crude OR 2.34、95% CI 1.158-4.716)〕、1 週間あたりのトレーニング時間 (per1) (Crude OR 1.06、95% CI 1.026-1.094)、および BMI (Crude OR 0.95、95% CI 0.899-0.994)。性別、週あたりの休息日、ED 既往、および MD 既往は有意な関連因子ではなかった。

多変量ロジスティック回帰分析により、SF 既往と関連する以下の因子が特定された：〔種目（投擲を基準として）、短距離（調整オッズ比 [Adjusted OR] 3.56、95% CI 1.939 ~ 6.520）、中距離 (Adjusted OR 3.10、95% CI 1.286 ~ 7.493)、跳躍 (Adjusted OR 2.51、95% CI 1.335 ~ 4.733)、混成競技 (Adjusted OR 2.88、95% CI 1.281 ~ 6.459)〕、および 1 週間あたりのトレーニング時間 (per1) (Adjusted OR 1.08、95% CI 1.042 ~ 1.116)。BMI は有意な関連因子として特定されなかった。

女性競技者の MD 既往関連因子

Table 5 に、女性競技者の MD 既往の関連因子分析を示す。単変量ロジスティック回帰分析により、MD 既往と有意に関連する因子として次の因子が特定された：〔種目（投擲を基準として）、中距離 (Crude OR 2.48、95% CI 1.084-5.686)、長距離 (Crude OR 4.78、95% CI 2.169-10.517)〕、BMI (per1) (Crude OR 0.93、95% CI 0.856-0.998)、および ED 既往 (Crude OR 3.78、95% CI 1.485-9.640)。週あたりのトレーニング時間、週あたりの休息日、および SF 既往は有意な関連因子ではなかった。

多変量ロジスティック回帰分析により、MD 既往と関連する次の要因が特定された：〔種目（投擲を基準として）、長距離 (Adjusted OR 2.87、95% CI 1.082-7.606)〕、および ED 既往 (Adjusted OR 2.92、95% CI 1.015-8.423)〕。中距離、BMI は有意な関連因子として特定されなかった。

考察

日本の高校陸上競技選手を対象としたこの研究では、次の 3 つの点が明らかになった。

1. SF: 男女ともに約 4 人に 1 人の選手が SF 既往を申告しており、週のトレーニング時間の長さと同種目（短距離、中距離、跳躍、混成競技）が関連要因であることが確認された。
2. MD: 女性選手の約 3 人に 1 人が MD 既往を申告しており、種目では長距離が短距離 / 投擲 / 跳躍よりも有意に高頻度で経験していた。MD 既往に関

連する要因として、ED 既往があることと長距離種目であることが特定された。

3. ED: ED 既往は性差なく低頻度で申告され、長距離では短距離や跳躍よりも有意に高頻度で経験していた。

1. SF

これまでのところ、日本の高校陸上競技選手における障害発生率と SF 関連因子に焦点を当てた研究は十分に存在しない。SF の発生には、骨に加わる荷重を変化させる要因 (factors modifying the load applied to the bones) と、骨の耐荷重能力 (load resistance ability of the bones) が影響する。前者には、床反力、加速度、衝撃の大きさと頻度、トレーニング時間と強度が含まれ、後者には、食事、栄養状態、ホルモン、月経状態が含まれる [21]。Bennell らは、111 名の男女陸上競技選手 (17 ~ 26 歳) を対象に 1 年間の前向き研究を実施し、発生部位は異なるものの、性別や種目に関連した差はなく、SF 発生率は 21.1% であったと報告している [25]。Bennell らは、同じ集団の女性を対象にレトロスペクティブな分析を行い、SF を経験したアスリートは MD の既往歴がある可能性が高いと報告した [25]。Nattiv らはアメリカの大学生陸上競技とクロスカントリー選手の男女 211 人を前向きに追跡調査し、34 人が 5 年間の調査期間中に 61 件の bone stress injury を経験したことを報告している。また、女性アスリートの 23% が月経困難症および / または無月経を調査期間中に経験していた [26]。日本のデータでは、Nose らが 390 名の様々な競技の国際大会レベル女性アスリート (そのうち 103 名が陸上競技) (平均年齢 20.9 歳) を調査し、36 名が 3 か月以内に新たな SF を発症したことを報告している [27]。彼女らの報告では、年代別にみると 10 代競技者のほうが女性アスリートの三主徴に関連する SF のリスクが 20 代競技者よりも高かった。加えて、10 代競技者の SF リスクを高める因子として、初経年齢、トレーニング時間、SF の既往、疲労骨折累積リスクスコア [27] を報告している。Osuga らは日本の女性大学生アスリート 2321 名に対して調査を行い、SF の既往が持久系種目 (26.4%)、技術系 (8.7%)、重量階級制 (11.3%)、球技 (16.5%)、パワー系 (21.7%)、審美系 (24.5%)、であったことを報告している [28]。

本研究では、男性 23.7%、女性 23.2% が SF 既往を申告しており、日本のハイレベル高校生陸上競技アスリートの 4 分の 1 近くが SF を経験しているこ

とが示された。SF に性差がなかったことは Bennell らの報告と一致し、性別にかかわらず SF に注意すべきであることは重要な事柄であると考えられる。

トレーニング時間の長さが SF 既往の関連因子として認められたことは Warden ら [21] や Nose [27] らの報告内容とも矛盾しない。長いトレーニング時間は高校生陸上競技者にとっても SF と関連する重要なファクターとみなすことができる。本研究では、競技種目の違いが SF 既往の頻度の関連因子として認められた。頻度が低かった投擲を基準とすると、短距離、中距離、跳躍、混成競技が有意な関連因子として示された。本調査においては、競技における最大加速度や接地衝撃の大きい種目が SF の経験頻度を高めるとの結果が示された。

一方で、本調査では週あたりの休息日の日数、ED 既往、MD 既往は SF 既往の有意な関連因子とは認められなかった。休息日は骨の微細な損傷の修復に影響するが、調査対象となった高校生競技者の休日数は男女差なく週に 1.4 日 (± 0.7) 程度と少なく、ばらつきも小さく、等しく勤勉にトレーニングをする集団であったために有意差が表れなかったのかもしれない。日本のハイレベル高校生陸上競技選手において、他のスポーツと掛け持ちする者は比較的少ないものと思われることも、SF の高い経験率と関係するかもしれない。

本調査で SF 既往に対する ED 既往および MD 既往との相関が確認されなかったことは Bennell [25] らや Nattiv [26] らの報告とは一致しない。ED と MD が骨量や骨質に影響する重要な要因であることは疑いないが、今回の対象となった高校生陸上競技者では、MD などの骨の耐荷重能力に関わる要因に比べて、骨に加わる荷重を変化させる要因の影響が大きかったものと考えられる。今回の調査対象とならなかった競技のうち、骨量や骨質への負の影響が想定されるもの (例えば痩身や低体重が要請される女性の新体操や器械体操、バレエ、そしてマラソンや駅伝などのロードレース) においては、骨の耐荷重能力に関わる要因が大きく影響するかもしれない。

2. MD

高校生女性競技者全体の 34% が 3 か月間以上の MD を経験していることは、無視できない問題である。Osuga らの日本の女性大学生アスリート (n=1929) 調査では、調査時点での無月経が非アスリート群 (1.8%) に対して持久系種目 (11.6%)、瞬発系 (3.8%) であった。[28] 単純比較はできないが、この数字と比べても高い水準の MD 既往が

確認された。女性高校生陸上競技者の MD 既往に対する関連因子として ED 既往が特定されたことは、ED によって LEA が生じ、LEA が MD を生じさせる仕組みに矛盾しない [29]。LEA は黄体化ホルモン (LH) の周期的分泌を抑制し、MD を生じる。加えて、MD 既往に対して長距離種目を競技していることが関連因子となることが明らかになったことは重要な事実である。

Dambacher らは女子大学長距離ランナー 287 人を対象とした調査を行い、162 人 (56.5%) に MD があり、40.8% (n = 117) が Disordered Eating Screening Assessment (DESA-6) による disordered eating が 40.3% (n=107) であったことを報告している [30]。長距離種目を競技することが MD を発生させる詳細な機序は過去の研究において明らかになっていない。長距離走に最適化した身体機能を求めてトレーニングを行うことは、軽量化や体脂肪率の低さ、長時間の持続的運動を介して MD の発生率を高めるのかもしれない。

3. ED

我々の調査において、全体の ED 既往 (2.5%) は SF や女性競技者の MD と比べて低い水準の数値であった。Nichols らは、競技による交絡を調整した女子高校生アスリート 170 人における有病率は、月経不順 (23.5%)、低骨密度 (21.8%)、食行動障害 (18.2%)、女性アスリートの三主徴 (1.2%) であったと報告している。彼女らは食行動障害の調査に the eating disorder examination questionnaire (EDE-Q) を用いている [31]。Cobb らは、18 ~ 39 歳の週平均 5 時間練習するレクリエーションレベルのランナー 85 人を調査し、MD 既往 (28%)、ED 症状 (18%)、と報告した [32]。我々の研究データ [MD 既往 (34.0%)、SF 既往 (23.2%)、ED 既往 (3.4%)、三主徴疑い (0.7%)] を比べると、MD に関する数値は過去の報告と大きな差はない。一方で、ED 既往の申告率の低さが目立つ。ED 経験割合が実際に低頻度である可能性は否定できないが、恥ずかしさによる申告回避や ED を自覚していないために自己申告数値が低く表れている可能性は考え得る。ED の無自覚については、日本における REDs やアスリートの ED に対する認識の低さが関係しているかもしれない。Tsukahara らによれば、米国のスポーツ医師の 77.6% が競技者の REDs 検査を行っていたのに対して、日本のスポーツドクターは 17.5% にとどまっていた。米国の医師の 98.3% が LEA を疑い ED の検査を行っていたのに対して、日本の医師は

36.7% であったと報告されている [33]。

ED については、以下のような背景を考える必要がある。

- 1、意図的な過少申告。一般にアスリートは競技中止を命じられることを恐れ、恥ずかしいと感じて ED を隠す場合がある。
- 2、アスリートに十分な ED の知識がなく、無自覚のために治療支援を利用しない可能性。
- 3、発達期であることに加えて学業やトレーニングのプレッシャーに晒される中で意図せずエネルギー不足に陥っている可能性。

これらを踏まえて、この年齢層に対する ED および栄養 (LEA の兆候としての MD を含む) に関する情報提供と教育は不可欠であるといえる。

本調査において、低頻度ながらも ED 既往に男女差がなかったことも重要な知見である。一般的に、ED の 95% は女性に発症する [34]。Borgen らは、様々なスポーツをする 15 ~ 39 歳の男女 1,620 人のアスリートを対象に調査を行い、男女比較で女性の方が ED のリスクが高いことを報告している [17]。Hagmar らは、2002 年と 2004 年のオリンピックに参加した 223 人のアスリート (男性 125 人、女性 98 人) を調査し、男性 (1.7%) よりも女性 (8.9%) の方が有意に ED の既往が多かったと報告している [35]。本研究の結果がこれら既存報告と異なったことの理由は現時点では不明である。一方で、男性アスリートにおける ED の存在に対する関心は高まっており [17, 18]、高校生陸上競技において ED が女性に限定したものではないと認識することは重要な意義があると考えられる。

ED 既往の頻度が、長距離において短距離や跳躍よりも有意に高かったことも、特に注意を払うべき種目が特定されたという点で意義が大きい。

本調査は日本陸上競技連盟科学委員会によって実施され、多くの高校生競技者の協力を得ることができた。共通する就学状況にあるハイレベルな競技者集団を対象とした調査は貴重である。非競技者や異なる競技との比較ではなく、同カテゴリーで陸上競技に取り組む選手間の比較を行うことで、各種目に共通する問題と種目により差異のある問題について確認することができた。

この研究には 4 つの限界がある。第 1 に、本研究は横断的デザインであるため、結果の因果関係を決定することが不可能であり、カテゴリー間の比較や対象集団における有病率のオッズ比の推定に得られ

る結論が限定される。第2に、データは後方視的自己報告であるため、参加者の質問の解釈、回答の誠実さ、正確に思い出す能力によって、想起バイアスや報告バイアスがかかる可能性がある。ED、MD、SFに関する質問は、羞恥心や病気に対する無自覚のため、過少報告の可能性がある。したがって、実際の有病率は報告された有病率よりも大きいかもしれない。しかし、本研究内で行う性別や種目間の比較においては、バイアスの影響を同程度に受けるため、結果の妥当性は保たれると考える。第3に、4つの跳躍種目（走り幅跳び、三段跳び、走り高跳び、棒高跳び）を一つのカテゴリーにして調査を行ったことによる限界がある。主に水平方向の跳躍を行う走り幅跳び／三段跳びは、反重力方向に跳躍を行う走り高跳び／棒高跳びとは、厳密には異なる競技特性がある。この特性の違いを本調査で確認することはできない。第4に、対象群における長距離競技者が少なかったことが挙げられる。調査期間中に開催された強化合宿において本調査を行ったが、駅伝をはじめ長距離走を専門とする競技者に調査を依頼できる機会が乏しく、長距離の研究協力者が少なかった。本研究の結果を受けて、長距離競技者への調査の重要性は一層高まったものとする。

本研究では、日本の高校生陸上競技選手はSFとMDの既往率が明らかになった。また、これらと競技種目、トレーニング時間、EDとの関連を考慮する必要があることが示された。

得られた情報をもとに、今後のさらなる研究と対策に関する検討が望まれる。

謝辞

この研究のために時間を割いてくださった高校生競技者の皆様、ならびに本研究実施に協力してくださった陸上競技関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

文献

1. Claudia L Reardon CL, Hainline B, Aron CM, Baron D, Baum AL, Bindra A, et al. Mental health in elite athletes: International Olympic Committee consensus statement (2019). *Br J Sports Med*. 2019;53(11):667-699. doi: 10.1136/bjsports-2019-100715
2. International Olympic Committee. Available from: https://stillmed.olympics.com/media/Documents/News/2023/07/Mental-Health-Action-Plan-2023.pdf?_ga=2.157218108.603289532.1704538659-1195996332.1704538659 [Accessed 5th Jan 2024] .
3. Yeager KK, Agostini R, Nattiv A, Drinkwater B. The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc*. 1993 Jul;25(7):775-7. doi: 10.1249/00005768-199307000-00003.
4. Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, Loucks A, Wilmore J, et al. American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Med Sci Sports Exerc*. 1997 May;29(5):i-ix. doi: 10.1097/00005768-199705000-00037.
5. West RV. The female athlete. The Triad of disordered eating, amenorrhoea and osteoporosis. *Sports Med*. 1998 Aug;26(2):63-71. doi: 10.2165/00007256-199826020-00001.
6. IOC Medical Commission Working Group Women in Sport. Chair: Sangenis P. Position Stand on the female athlete triad. https://stillmed.olympics.com/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/EN-Position-Stand-on-the-Female-Athlete-Triad.pdf?_ga=2.195571883.603289532.1704538659-1195996332.1704538659 [Accessed 5th Jan 2024] .
7. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc*. 2007 Oct;39(10):1867-82. doi: 10.1249/mss.0b013e318149f111.
8. Joy E, De Souza MJ, Nattiv A, Misra M, Williams NI, Mallinson RJ, et al. 2014 female athlete triad coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad. *Curr Sports Med Rep*. 2014 Jul-Aug;13(4):219-32. doi: 10.1249/JSR.0000000000000077.
9. Mountjoy M, Borgen SJ, Burke L, Ackerman

- KE, Blauwet C, Constantini N, et al. International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018 Jul 1;28(4):316-331. doi: 10.1123/ijsnem.2018-0136.
10. Fredericson M, Kussman A, Misra M, Barrack MT, De Souza MJ, Kraus E, et al. The Male Athlete Triad-A Consensus Statement From the Female and Male Athlete Triad Coalition Part II: Diagnosis, Treatment, and Return-To-Play. *Clin J Sport Med.* 2021 1st Jul;31(4):349-366. doi: 10.1097/JSM.0000000000000948.
 11. De Souza MJ, Strock NCA, Ricker EA, Koltun KJ, Barrack M, Joy E, et al. The Path Towards Progress: A Critical Review to Advance the Science of the Female and Male Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport. *Sports Med.* 2022 Jan;52(1):13-23. doi: 10.1007/s40279-021-01568-w. Epub 2021 19th Oct.
 12. Cupka M, Sedliak M. Hungry runners - low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: mini-review. *Eur J Transl Myol.* 2023 Apr 11;33(2):11104. doi: 10.4081/ejtm.2023.11104.
 13. Mountjoy M, Ackerman KE, Bailey DM, Burke LM, Constantini N, Hackney AC, et al. 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br J Sports Med.* 2023 Sep;57(17):1073-1097. doi: 10.1136/bjsports-2023-106994.
 14. Theintz G, Buchs B, Rizzoli R, Slosman D, Clavien H, Sizonenko P, et al. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. *J Clin Endocrinol Metab.* 1992 Oct;75(4):1060-5. doi: 10.1210/jcem.75.4.1400871.
 15. Bachrach LK. Acquisition of optimal bone mass in childhood and adolescence. *Trends Endocrinol Metab.* 2001 Jan-Feb;12(1):22-8. doi: 10.1016/s1043-2760(00)00336-2.
 16. Misra M, Klibanski A. Anorexia nervosa and osteoporosis. *Rev Endocr Metab Disord.* 2006 Jun;7(1-2):91-9. doi: 10.1007/s11154-006-9005-1.
 17. Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clin J Sport Med.* 2004 Jan;14(1):25-32. doi: 10.1097/00042752-200401000-00005.
 18. Gorrell S, Nagata JM, Hill KB, Carlson JL, Shain AF, Wilson J, et al. Eating behavior and reasons for exercise among competitive collegiate male athletes. *Eat Weight Disord.* 2021 Feb;26(1):75-83. doi: 10.1007/s40519-019-00819-0. Epub 2019 28th Nov.
 19. Thiemann P, Legenbauer T, Vocks S, Platen P, Auyeung B, Herpertz S. Eating disorders and their putative risk factors among female German professional athletes. *Eur Eat Disord Rev.* 2015 Jul;23(4):269-76. doi: 10.1002/erv.2360. Epub 2015 31st Mar.
 20. Reinking MF, Alexander LE. Prevalence of Disordered-Eating Behaviors in Undergraduate Female Collegiate Athletes and Nonathletes. *J Athl Train.* 2005 Mar;40(1):47-51.
 21. Warden SJ, Davis IS, Fredericson M. Management and prevention of bone stress injuries in long-distance runners. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014 Oct;44(10):749-65. doi: 10.2519/jospt.2014.5334. Epub 2014 Aug 7.
 22. Hinobayashi T, Shimizu M, Onishi K, Kanazawa T, Akai S, Minami T. Menarcheal age among Japanese schoolgirls in 2011. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/pub/pdfpreview/pacjpa/77/0_77_2PM-068.jpg [Accessed 5th Jan 2024] .
 23. Shozu M, Ishikawa H, Horikawa R, Sakakibara H, Izumi S, Ohba T, et al. Nomenclature of primary amenorrhea: A proposal document of the Japan Society of Obstetrics and Gynecology committee for the redefinition of primary amenorrhea. *J Obstet Gynaecol Res.* 2017 Nov;43(11):1738-1742. doi: 10.1111/jog.13442. Epub 2017 17th Aug.

24. All Japan High School Athletic Federation. Available from: https://www.zen-koutairen.com/f_regist.html [Accessed 5th Jan 2024] .
25. Bennell KL, Malcolm SA, Thomas SA, Wark JD, Brukner PD. The incidence and distribution of stress fractures in competitive track and field athletes. A twelve-month prospective study. *Am J Sports Med.* 1996 Mar-Apr;24(2):211-7. doi: 10.1177/036354659602400217.
26. Nattiv A, Kennedy G, Barrack MT, Abdelkerim A, Goolsby MA, Arends JC, et al. Correlation of MRI grading of bone stress injuries with clinical risk factors and return to play: a 5-year prospective study in collegiate track and field athletes. *Am J Sports Med.* 2013 Aug;41(8):1930-41. doi: 10.1177/0363546513490645. Epub 2013 Jul 3.
27. Nose-Ogura S, Yoshino O, Dohi M, Kigawa M, Harada M, Hiraike O, et al. Risk factors of stress fractures due to the female athlete triad: Differences in teens and twenties. *Scand J Med Sci Sports.* 2019 Oct;29(10):1501-1510. doi: 10.1111/sms.13464. Epub 2019 Jun 9.
28. Osuga Y, Nose S. Current status of abnormal menstrual cycles in athletes and factors influencing amenorrhea. *Acta Obstetrica et Gynaecologica Japonica.* 2016 Apr;68(4) supplement:4-15. https://w-health.jp/femaleathletes/document/pdf/160329_reseach.pdf [Accessed 5th Jan 2024]
29. Cabre HE, Moore SR, Smith-Ryan AE, Hackney AC. Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Scientific, Clinical, and Practical Implications for the Female Athlete. *Dtsch Z Sportmed.* 2022;73(7):225-234. doi: 10.5960/dzsm.2022.546. Epub 2022 Nov 1.
30. Dambacher L, Pritchett K, Pritchett R, Larson A. Risk of Low Energy Availability, Disordered Eating, and Menstrual Dysfunction in Female Collegiate Runners. *J Athl Train.* 2023 Dec 20. doi: 10.4085/1062-6050-0454.23. Online ahead of print.
31. Nichols JF, Rauh MJ, Lawson MJ, Ji M, Barkai HS. Prevalence of the female athlete triad syndrome among high school athletes. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2006 Feb;160(2):137-42. doi: 10.1001/archpedi.160.2.137.
32. Cobb KL, Bachrach LK, Greendale G, Marcus R, Neer RM, Nieves J, et al. Disordered eating, menstrual irregularity, and bone mineral density in female runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 May;35(5):711-9. doi: 10.1249/01.MSS.0000064935.68277.E7.
33. Tsukahara Y, Nose-Ogura S, Kinoshita S, Nakamura H, Koshimizu T, Gleason CN. Differences in screening and treating relative energy deficiency in sport between the United States of America and Japan. *J Sports Med Phys Fitness.* 2024 Feb;64(2):175-182. doi: 10.23736/S0022-4707.23.15302-3. Epub 2023 Nov 28.
34. Espíndola CR, Blay SL. Bulimia and binge eating disorder: systematic review and metasynthesis. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy.* 2006;28(3):265-275.
35. Hagmar M, Hirschberg AL, Berglund L, Berglund B. Special attention to the weight-control strategies employed by Olympic athletes striving for leanness is required. *Clin J Sport Med.* 2008 Jan;18(1):5-9. doi: 10.1097/JSM.0b013e31804c77bd.