

成長期・思春期女子スポーツ 選手では総テストステロン低値がスポーツ障害 のリスク因子と考えられる

Low total testosterone levels are considered a risk factor for sports
injury in growing and adolescent female athletes

清永康平*^{1,2}, 南 達也*¹, 松田貴雄*²

キー・ワード : growing and adolescent girls, fatigue fractures, low testosterone
成長期・思春期女子, 疲労骨折, 低テストステロン

【要旨】(緒言) これまで低エストラジオール (E_2) が女性アスリートのスポーツ障害, 特に疲労骨折の危険因子とされているが, 今回, 男性ホルモンである総テストステロン (T) 低値が危険因子であるかどうかを検討した。

(方法) 2019年9月から2021年8月までスポーツ障害で受診した8歳から19歳の女子スポーツ選手の105名の競技, スポーツ障害の種類, 初経の有無, 体格・体組成の調査に加えて, 血液内分泌学的検査を疲労骨折の有無などを同年代のスポーツを恒常的に行う健常な女子のTから区分して比較検討を行った。

(結果) 疲労骨折は36名で, それ以外のスポーツ障害は69名で体格・体組成, 内分泌状況に有意差はなかった。疲労骨折の発症は30名が初経後の発症で, スポーツ障害全体も78名が初経後の発症で E_2 は初経後が有意に高かった。Tは同年代のスポーツを恒常的に行う健常な女子児童・生徒の25パーセント値である 0.19ng/mL 未満が68名(64.8%)であったが, エネルギー摂取量に有意差はなかった。

(考察) スポーツ障害で受診した成長期・思春期女子は E_2 が低い初経前に多いと考えられていたが, 疲労骨折も含めて初経後の発症例が多く, 総テストステロン低値で症例が多かった。しかしながら体格・体組成やエネルギー摂取量に差がなかったため, T低値はスポーツによるエネルギー消費の増加によるのではないかと推察された。

緒言

成長期・思春期ではスポーツ障害の発症の背景に成長や成熟による影響が考えられるが, 特に女子では女性アスリートの三主徴 (Female Athlete Triad : 以下FATと略す)¹⁾ や相対的エネルギー不足 (Relative Energy Deficiency in Sport : 以下RED-Sと略す)²⁾ では無月経が問題とされ, 初経遅

延が問題とされてきた。無月経や初経遅延によって女性ホルモンであるエストラジオール (Estradiol : 以下 E_2 と略す) が不足することにより, 骨量が低下して脆弱性から疲労骨折が生じる^{3,4)} と考えられ, 疲労骨折発症のピークは16歳とされる⁵⁾。これまでの調査は疲労骨折の発症に関して過去の無月経や初経遅延などの後方視的な調査が多く, 疲労骨折が生じた時点の成長期・思春期のスポーツ選手に直接, 内分泌的な調査を行った研究はない。

疲労骨折を含むスポーツ障害は繰り返す軽微な外力によって生じる微小な損傷の修復が十分でないことの蓄積によって生じると考えられる。総テ

*1 南整形外科クリニック

*2 国立病院機構西別府病院スポーツ医学センター

Corresponding author : 松田貴雄 (matsuda.takao.we@mail.hosp.go.jp)

テストステロン (Total Testosterone: 以下 T と略す) は男性ホルモンで蛋白同化によって骨格筋の増量⁶⁾や赤血球の合成にも関与⁷⁾するが, 蛋白同化効果は微小損傷の治癒にも有効に働くと考えられ, FAT や RED-S で低下するとされる⁴⁾. したがって T 低値は E₂ 低値よりスポーツ障害の発症に影響することが推測される.

本研究ではスポーツ障害で受診した成長期・思春期女子に初経の有無を確認し, 疲労骨折とその他のスポーツ障害での体格・体組成と血液内分泌学的検討を行った. スポーツを恒常的に行う健全な女子児童・生徒, 女性アスリートの T 値⁸⁾との比較を行い, スポーツ障害発症への T の影響を検討した.

■ 方法

2019年9月から2021年8月まで整形外科クリニックを受診した8歳から19歳の週5日以上スポーツ活動を行う女子105名を対象に初診時に月経状態の問診, 体格・体組成測定, 血液検査を実施した. 体格・体組成測定は身長計測を行い, 体組成測定計 INBODY470 (INBODY 社) にて体重, 除脂肪体重, 体脂肪率の計測を行い, 体格指数 (Body Mass Index: 以下 BMI と略す) を計算した.

血液検査はスポーツを恒常的に行う健全な女子児童・生徒の T の基準範囲を報告した文献⁸⁾に合わせて15時から18時までの間に実施した. エスアールエル株式会社にて T に加えて E₂ と下垂体ホルモンの黄体化ホルモン (Luteinizing Hormone: 以下 LH と略す), 卵胞刺激ホルモン (Follicle Stimulating Hormone: 以下 FSH と略す) (いずれも電気化学発光免疫測定 CLIA 法による) を測定した. T は年齢ごとの25パーセンタイル, 中央値, 75パーセンタイル値は図2に示した. 文献⁸⁾より算出した18歳時の25パーセンタイル値 0.19ng/mL, 中央値 0.26ng/mL, 75パーセンタイル値 0.35ng/mL を基に4群に分けて分類した. LH は女性アスリートのヘルスケア指針⁹⁾より基準範囲を 3.0~7.0mIU/mL とし, 3.0mIU/mL 未満を低値とした.

エネルギー状態に関しては通常, energy availability (以下 EA と略す) を算出するが, 運動による消費エネルギー量は発症時に遡っての計測ができないため, 摂取エネルギーレベルを把握するこ

とで目安とした. 管理栄養士による問診による24時間思い出し法を用いて摂取エネルギー量の算出をエクセル栄養君 (建帛社) にて行った. これを体組成測定計に表示される基礎代謝量からエネルギー摂取レベルが身体活動レベル¹⁰⁾の何倍にあたるかの倍数を身体活動レベル相当として表した.

結果はそれぞれの関係を検討するために正規性の検定を行い, 初経前後の比較では非正規性がみられた群は Mann-Whitney の U 検定を行い, 正規性がみられた群の比較は独立したサンプルの t 検定を用いた. 四分位したデータの比較では非正規性がみられた群の比較はノンパラメトリック法より Kruskal-Wallis 検定, 正規性である群は一元配置分散分析法を用いた. 食事状況の初経前後の比較には Mann-Whitney の U 検定を用いた. 相関はノンパラメトリックの Spearman の順位相関係数を用いた. 統計解析には IBM SPSS Statistics25 (SPSS Japan Inc. and IBM company Japan) を用いた. 有意水準は5%未満とした.

研究に関しては国立病院機構西別府病院の倫理委員会の承認を得て行われ, 未成年が対象のため保護者の同意を合わせて得て行われた. (西別府病院承認番号 30-06)

■ 結果

受診時に行っていたスポーツ競技を図1に示す. 初経前27名の3割が陸上競技であった. 初経後の78名は上位のバスケットボール, バレーボール, 陸上の3種目は女子中学生の運動部活動で所属人数の上位と同じ競技であった. 初経後の78名に3か月以上の無月経の者はいなかった.

スポーツ障害の種類を表1に示す. 複数部位の発症が初経前3名, 初経後13名に見られた. 表2に初経前後の変化を示す. スポーツ障害105名のうち, 疲労骨折は36名で, 約3割を占めた. スポーツ障害, 疲労骨折ともに初経後の受診例が多かった. 体格・体組成を表す数値は初経後で有意に高い傾向がみられ ($p < 0.01$), 内分泌学的には LH, E₂ が有意に高かった ($p < 0.01$).

表3にスポーツ障害のうち, 疲労骨折とその他のスポーツ障害での体格・体組成・内分泌状況の比較を示す. E₂ も含めすべての項目で疲労骨折とその他のスポーツ障害との間で有意差を示す項目はなく, 発症状況に影響を及ぼす状態はみられなかった.

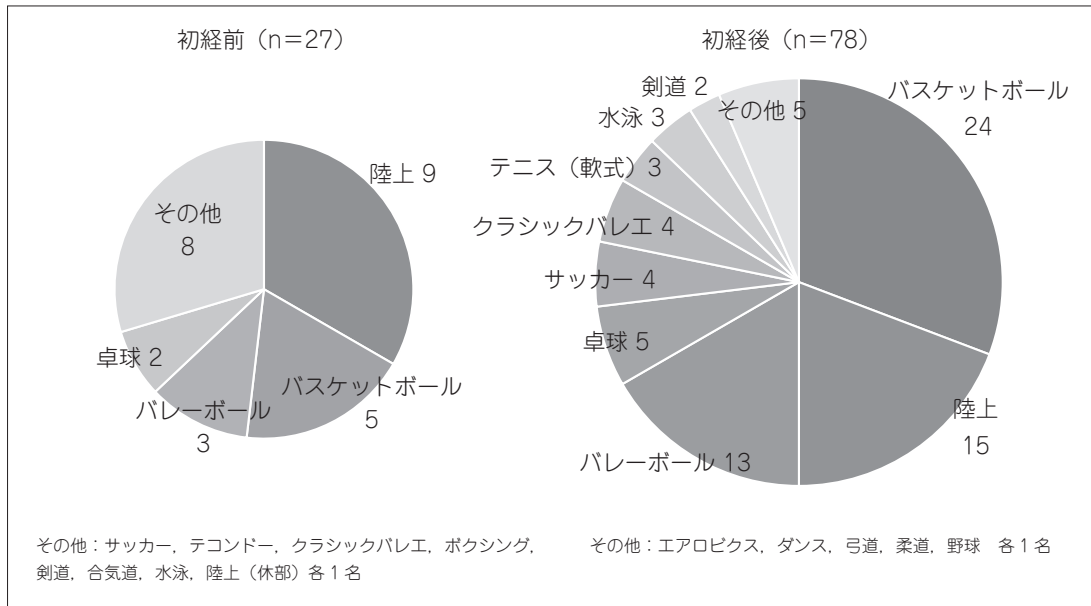


図1 受診時に行っていた競技
初経前 27名 初経後 78名
その他の内訳は図中に示した。

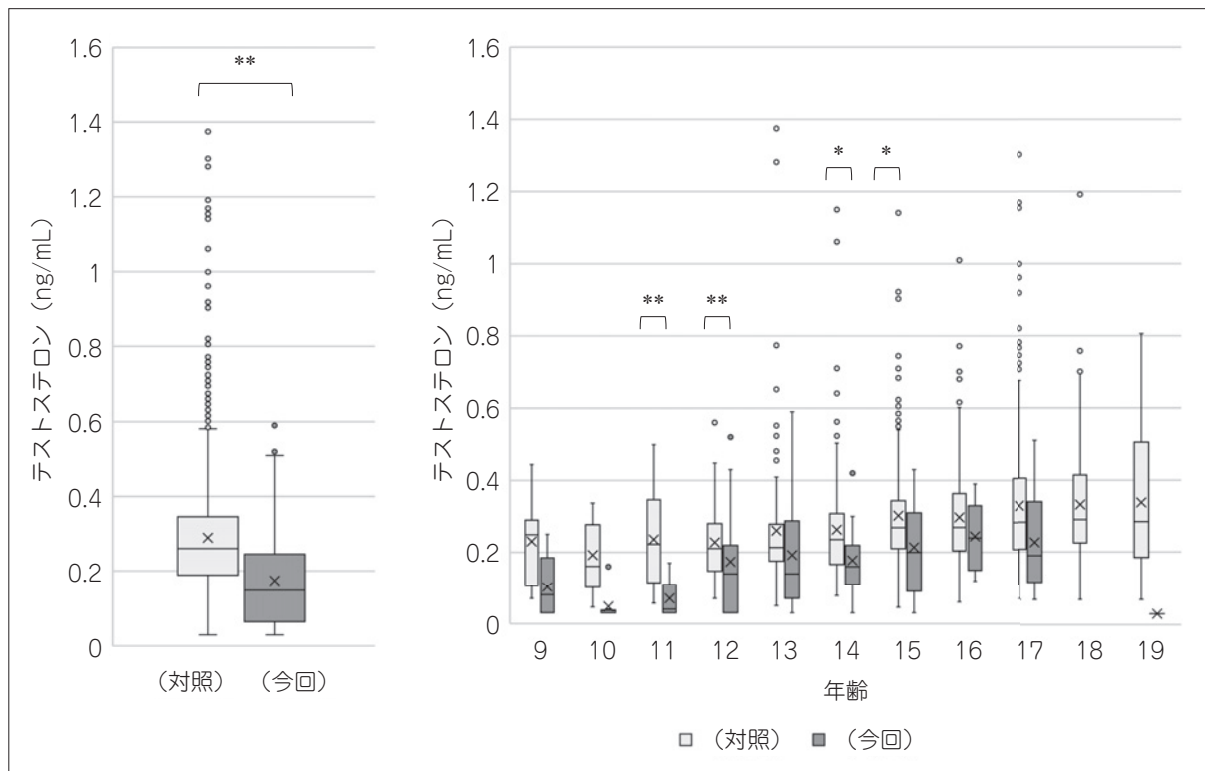


図2 総テストステロンのスポーツを恒常的に行う女子の年齢別四分位にとの比較分布
左図: (対照) はスポーツを恒常的に行う女子, (今回) は今回測定した 105 名の値
右図: 年齢別の総テストステロン濃度
対照 □ は同年齢 (文献 8 より改変した 558 名の値) との比較
* (p<0.05) ** (p<0.01)

表1 受診時の整形外科的主訴・診断

(初経前 27名)				(初経後 78名)			
部位	主訴	計	割合	部位	主訴	計	割合
腰	脊柱側弯症による腰痛	5	15.6	頸部	頸部痛	2	2.2
	腰椎間板症	1	3.1	肩	肩関節周囲炎	4	4.3
膝	オスグッド・シュラッター病	2	6.3	肘	肩胛挫傷	1	1.1
	膝タナ障害	1	3.1		離断性骨軟骨炎 (バスケ)	1	1.1
	膝蓋腱炎	1	3.1		離断性骨軟骨炎 (テニス)	1	1.1
	癒足炎	1	3.1	腰	脊柱側弯症による腰痛	12	13.0
股関節	股関節痛	1	3.1		腰椎間板症	4	4.3
大腿	大腿四頭筋腱炎	3	9.4		腰椎分離症	4	4.3
	大腿部疲労骨折	1	3.1		第4腰椎疲労骨折	2	2.2
脛骨	シンスプリント	1	3.1		腰部痛	1	1.1
	脛骨疲労骨折	1	3.1		突発性脊柱側弯症	1	1.1
足	アキレス腱炎	4	12.5	股関節	鼠径部痛	1	1.1
	リスフラン関節捻挫	1	3.1		寛骨臼形成不全	1	1.1
	足関節捻挫	1	3.1	大腿部	恥骨部疲労骨折	1	1.1
	有痛性外脛骨	1	3.1		ハムストリング肉離れ	3	3.3
	第1楔状骨疲労骨折	1	3.1		大腿四頭筋腱炎	2	2.2
	第1中足骨疲労骨折	1	3.1		大腿部疲労骨折	2	2.2
	第4中足骨疲労骨折	1	3.1		ハムストリングズ損傷	1	1.1
	第5中足骨疲労骨折	1	3.1				
	立方骨疲労骨折	1	3.1				
	シーバー病	1	3.1				
	踵骨疲労骨折	1	3.1				
計		32					
	うち疲労骨折	8	25.0				

脛骨	脛骨疲労骨折	14	15.2
足	シンスプリント	6	6.5
	足関節靭帯不全	3	3.3
	足関節捻挫	2	2.2
	脚関節痛	1	1.1
	リスフラン関節炎	1	1.1
	母指種子骨障害	1	1.1
	足底腱膜炎	1	1.1
	第1中足骨疲労骨折	1	1.1
	第2中足骨疲労骨折	4	4.3
	第1・3中足骨疲労骨折	1	1.1
	第2・3中足骨疲労骨折	1	1.1
計		92	
	うち疲労骨折	30	32.6

*3名 2部位

*1名 2部位

他院で診断されりハビリテーション目的で紹介された患者も含む
網掛は疲労骨折を表す

*13名 2部位

*3名 2部位

表 2 初経前後の体格・体組成・内分泌変化

症例人数 (疲労骨折の人数)	初経前 27 (6)		初経後 78 (30)		p
	M	SD	M	SD	
年齢	11.2	1.5	14.5	1.9	
身長	cm 145.3	9.2	158.1	5.6	0.000
体重	kg 35.4	6.9	51.5	7.0	0.000
BMI	kg/m ² 16.6	1.8	20.5	2.2	0.000
LBM	kg 29.0	5.2	38.6	4.9	0.000
体脂肪率	% 17.6	5.5	24.8	4.8	0.000
	Median	25_75	Median	25_75	p
LH	mIU/mL 4.8	(1.4_6.8)	7.4	(4.2_14.6)	0.000
FSH	mIU/mL 5.5	(4.3_7.2)	5.9	(4.3_7.0)	0.199
E ₂	pg/mL 38.8	(27.2_61.4)	46.8	(34.1_73.9)	0.000
テストステロン	ng/mL 0.07	(0.03_0.17)	0.18	(0.12_0.26)	0.000

M は平均, Median は中央値, SD は標準偏差,

25_75 は 25 パーセントイル, 75 パーセントイル値を表す.

E₂ はエストラジオール

平均値には独立サンプルの T 検定, 中央値には Mann-Whitney の U 検定より p 値を示した.

表 3 スポーツによる疲労骨折とその他のスポーツ障害での体格・体組成・内分泌状態の変化

症例人数	合計 105		疲労骨折 36		他のスポーツ障害 69		p
	M	SD	M	SD	M	SD	
年齢	13.6	2.3	14.1	2.1	13.4	2.4	
身長	cm 154.8	8.7	156.7	7.2	153.8	9.3	0.103
体重	kg 47.3	9.9	48.6	8.6	46.7	10.5	0.336
BMI	kg/m ² 19.5	2.7	19.7	2.5	19.5	2.8	0.718
LBM	kg 36.1	6.5	37.5	5.8	35.4	6.7	0.108
体脂肪率	% 22.9	5.9	22.4	4.5	23.2	6.5	0.474
	Median	25_75	Median	25_75	Median	25_75	p
LH	mIU/mL 5.9	(2.9_10.8)	6.7	(4.2_11.1)	5.8	(2.2_10.8)	0.392
FSH	mIU/mL 5	(3.6_6.3)	5.1	(3.8_6.5)	5	(3.2_6.2)	0.364
E ₂	pg/mL 43.8	(21.6_68.4)	45.3	(30.9_75.1)	40.7	(19.5_66)	0.271
テストステロン	ng/mL 0.15	(0.07_0.25)	0.19	(0.10_0.26)	0.14	(0.04_0.235)	0.121

M は平均, Median は中央値, SD は標準偏差,

25_75 は 25 パーセントイル, 75 パーセントイル値を表す.

平均値には独立サンプルの T 検定, 中央値には Mann-Whitney の U 検定より p 値を示した.

先行調査として行われたスポーツを恒常的に行う女子児童・生徒の調査 (558 名) の T 値⁸⁾ との比較を図 2 に示した. 中央値 (0.26ng/mL) に対してスポーツ障害で受診した時点の全体の T 値の中央値は 0.15ng/mL と有意に低かった (p<0.01). 年齢別にみてもすべての年齢での中央値が低値で 10 歳, 11 歳 (p<0.01), 13 歳, 14 歳 (p<0.05) で有意に低かった.

スポーツを恒常的に行う女子児童・生徒の 18

歳時の T 値の四分位値を用いて区分したものを表 4 に示す. スポーツ障害全体の 105 名中 68 名 (64.8%) が 25 パーセントイル値 (0.19ng/mL) 未満 (以下, <25% 区分と略す) で生じていた. <25% 区分の 68 名の体格・体組成はその他の区分との有意差は認められなかった. 内分泌的には LH と E₂ が 75 パーセントイル値以上 (以下, ≥ 75% 区分と略す) に対して有意に低下がみられた (p<0.01) が, LH の中央値は 4.3mIU/mL, E₂ は中

表4 総テストステロンパーセンタイル区分別体格・体組成・内分泌状態の比較

区分 (%ile) 症例人数 (うち疲労骨折人数)		<25 68 (20)		25~49 12 (7)		50~74 13 (7)		≥75 12 (2)	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
年齢		13.1	2.4	14.5	2.2	14.9	1.3	14.7	1.9
身長	cm	153	9.5	157.9	5	159.2	6.2	157.1	6.1
体重	kg	45.1	10.4	50.2	6.5	52.7	7.7	51.2	8.2
BMI	kg/m ²	19	2.8	20.1	1.8	20.7	2.5	20.7	2.5
LBM	kg	34.5	6.5	38.7	4.7	40.1	5.1	38.2	6.5
体脂肪率	%	22.4	6.5	22.8	3.6	23.5	4.5	25.3	4.8
		Median	25_75	Median	25_75	Median	25_75	Median	25_75
LH	mIU/mL	4.3**	(2.1_8.0)	6.1	(4.9_11.2)	11.3	(7.9_22.5)	13.7	(9.5_20.6)
FSH	mIU/mL	4.4	(3.2_6.0)	5.5	(3.9_6.1)	5.2	(4.7_6.4)	6.2	(4.9_7.5)
E ₂	pg/mL	31**	(16.9_57.3)	54.3	(33.6_75.1)	69.2	(43.4_149.5)	67.2	(46.7_137.3)
テストステロン	ng/mL	0.09	(0.03_0.15)	0.22	(0.20_0.24)	0.28	(0.27_0.32)	0.43	(0.40_0.50)

体組成のMは平均、内分泌のMedianは中央値 E₂はエストラジオール

Kruskal-Wallisの検定より有意水準を5%とした。

** : ≥75区分に対して有意差 (p<0.01) あり

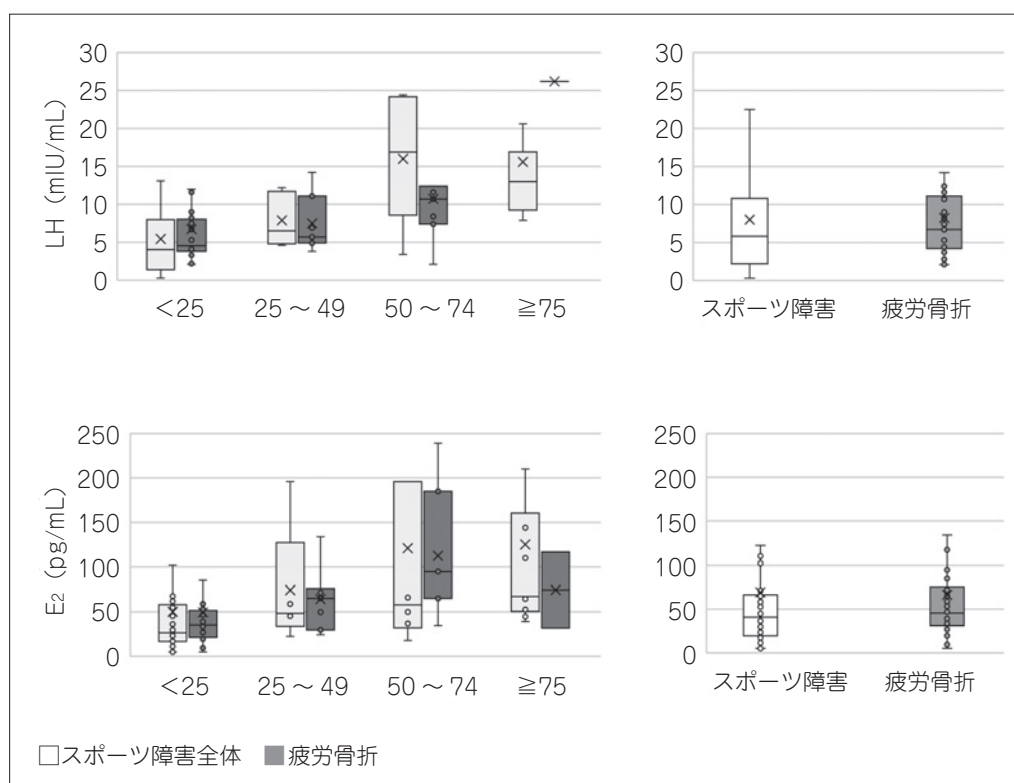


図3 スポーツ障害と疲労骨折のLHとE₂の比較

□スポーツ障害全体 ■疲労骨折

<25, 25-49, 50-74, ≥75はT値による区分

<25: 25パーセンタイル未満

25-49: 25パーセンタイル以上50パーセンタイル未満

50-74: 50パーセンタイル以上75パーセンタイル未満

≥75: 75パーセンタイル以上

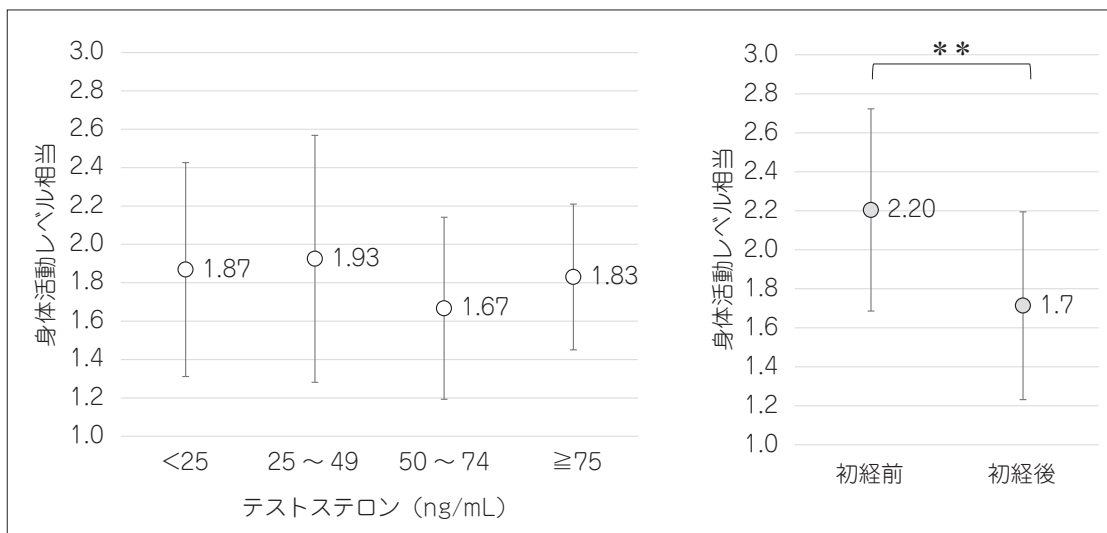


図4 総テストステロン区分・初経前後別摂取エネルギー比較
 初経前後での比較 初経前のほうが有意に高い傾向がみられた (**p=0.000)
 Mann-Whitney の U 検定 ** (p<0.01)

中央値 31.0pg/mL と低値ではなく、基準範囲であった。

図3にスポーツ障害全体と疲労骨折の比較を示す。E₂が疲労骨折例で有意に低いことはなく、LHも有意差は見られなかった。<25%区分でもE₂, LHに有意差は見られなかった。

≥75%区分ではLHの中央値13.7mIU/mL、FSHの中央値が6.2mIU/mLとLH/FSH比も2を超えて高かった。

食事状況調査にて得られたエネルギー摂取量を基礎代謝量で除した身体活動レベル相当を図4に示す。<25%区分で平均1.87であったが、その他の区分との間に有意差はみられなかった。初経前は2.0を超える結果を示したが、初経後は2.0を下回り、有意な低下 (p=0.000) が認められた。

考 察

スポーツ障害で受診した成長期・思春期女子の競技内訳はバスケットボール、バレーボール、陸上が3分の2を占め、審美系や陸上長距離など従来、高頻度に疲労骨折を生じるとされるスポーツ¹¹⁾は少なく、中学生の運動部活動の競技人数の比率とほぼ変わりはない(図1)。

スポーツ障害も複数個所に障害を有する例が16例あり、スポーツ障害が生じやすい背景があると考えられた。女性のスポーツ障害についてはこれまで疲労骨折のみに注目が集まり、対策が講じられてきた。疲労骨折に関しては陸上長距離や審

美系の競技でBMIやE₂が低いことがハイリスクと考えられてきた¹²⁾。しかしながら今回の調査では駅伝選手やクラシックバレエの選手も数名いたが、BMI 18.5kg/m²以下の極度のやせを示す選手はみられなかった。E₂低下もハイリスクと考えられるが、スポーツ障害の発症は初経後に多くみられた。表3に示すように疲労骨折例では中央値が45.3pg/mLとその他のスポーツ障害と比較しても有意差はなかった。表2に示すように初経前も中央値は38.8pg/mLでアスリートにおいて疲労骨折のリスクが高くなるとされる20pg/mL以下¹²⁾は疲労骨折例では36名中2名のみであった。

一般に女性でTが測定される機会は男性やE₂の測定頻度と比べると少ない。しかしながらスポーツにおいては女性でもTは競技力に大きく影響を与える内分泌的指標と認識され、T高値を呈する女性が隣発系のスポーツを志向している⁷⁾との研究もある。国際的には近年、女性アスリートの競技パフォーマンスに影響する指標として注目され、国際陸上連盟や国際オリンピック委員会よりトランスジェンダーの参加基準にも用いられている^{13,14)}。このため、女性アスリートの内分泌的な区分にTを用いることが考慮されるが、産婦人科領域では多嚢胞性卵巣症候群 (polycystic ovary syndrom: 以下PCOSと略す) の診断以外に用いられることがほとんどない。基準範囲の数値設定も我が国の成人のPCOSの診断基準¹⁵⁾にもなく、成長期・思春期に関しても基準範囲の設定がない

こともあって我が国のスポーツ現場での利用はなかった。このため、文献8にて設定を行ったが、PCOSの診断基準¹⁵⁾に準じて平均±標準偏差による基準値を報告したが、スポーツ選手においては高値を示すものが多く、正規分布しないため、中央値と四分値を用いて改変したものを今回は用いた。

スポーツ障害の発症はスポーツを恒常的に行う女子児童・生徒(558名)でのT値⁸⁾の25パーセントイル未満に相当するT低値で多くみられた。Tは一般に初経時には平均0.3ng/mL前後に増加するが⁸⁾、初経後も含めてそれよりも低い0.19ng/mL未満の<25%区分で多く見られた。特に疲労骨折例は36人中20人(55.6%)が<25%区分で生じていた。表4に示すように<25%区分を他の区分と比較してみると体格・体組成に関して有意に低下しているものはない。BMIは19.0kg/m²で体脂肪率も平均22.4%で、体脂肪率低下の関与は少ないと考えられる。また内分泌的にもE₂に有意差は認められず、女性アスリートのヘルスケアの指針⁹⁾で疲労骨折の可能性が高まると考えられている20pg/mL未満ではなく、基準範囲であった。また図3に示すように疲労骨折例のE₂がスポーツ障害に対して有意に低いことはなかった。LHは≥75%区分との間に有意な(p<0.01)低下を認めたが、中央値4.3mIU/mLと同指針⁹⁾でEAの低下が疑われる3.0mIU/mL未満ではなく、3.0~7.0mIU/mLの基準範囲内であった。

T高値に関しては≥75%区分の所見からスポーツを行っている女子に多いPCOSの関与¹³⁾が推測された。≥75%区分ではLHは中央値14.0mIU/mLと高値で、FSHは中央値6.2mIU/mLで、LH/FSH比は2以上でPCOSの診断基準に該当した。≥75%区分での発症は骨格筋など別の機序が推測される。

FATやRED-SではEA低下が疲労骨折に影響するとされている^{1,2)}。今回の摂取エネルギーの検討では、Tによる区分間で有意差はなかったものの、12~14歳の身体活動レベルが高い場合の必要エネルギーの基準の1.90¹⁰⁾を下回っていた。運動による消費エネルギーがこれに加わるとさらに値は低下するため、摂取エネルギー量としては不足していると考えられる。運動によって消費されたエネルギー量が不明であるが、EAの計算と同様に基礎代謝量で除した身体活動レベル相当を用い

て比較した。初経後では体格・体組成が有意に高く、体重の増加に伴う基礎代謝の増加が影響しているため、低下したと考えられる。しかしながらTによる区分では体格や内分泌的に他の区分と有意差はなかったため、男性アスリートの検討¹⁶⁾であったトレーニングによる消費エネルギーの多寡がT値に影響した可能性が女性でも推測される。アスリート女性におけるテストステロン欠乏症の診断は早計であるが、T低下はスポーツ選手においてはこれまで考えられていたEA低下によるLHの絶対値の低下よりもスポーツ障害を引き起こしやすい状態を反映すると考える。

■ 研究の限界

研究対象者が地方の整形外科クリニックをスポーツ障害で受診する児童・生徒で、女子では中学生の部活動レベルの運動強度の受診が多い。初経遅延が生じるような激しいトレーニングを若年から行っている例は少ないと考えられるため、初経前の症例は少なくなった可能性がある。

内分泌的検査においては測定キットによる変動が少なからず認められ、我が国のPCOS診断基準¹⁶⁾にもTに関して基準範囲の数値設定がない。また他のLHやFSHの基準範囲が±1標準偏差とされているが、同じ性腺関係の内分泌基準にもかかわらず、±2標準偏差以内が基準範囲とされている。またTは男性を中心に測定されることから単位がng/mLで女性における細かな変化を想定されていない。また文献8以外にスポーツ選手以外の思春期かつ年齢別でのTの基準範囲は示されていない。さらにTは日較差があり、午後に低下するとされる。学童・生徒の受診は放課後になることが多いため、女子スポーツ選手に関しての基準範囲の報告⁸⁾に合わせて採血を午後に行っている。今回は受診時での測定で、スポーツ障害が生じてから時間が経過しているものも含まれる。このためスポーツ障害が生じた時点での値と一致しない可能性がある。同じ個体でスポーツ障害のない通常時との比較が必要で相対的な低下については不明である。男性ではT活性を示す遊離Tでの測定に移行してきているが、日常診療では同時測定できないため、検討は行えていない。さらに女子ではアルブミンに結合する生物学的活性Tが活性に影響するとされるが、計算に必要な性ホルモン結合グロブリンが本邦では試薬が体外診

断用医薬品としての承認が得られていないため測定されていない。

エネルギー状況に関して通常診療では運動による消費エネルギーの後方視的な測定は困難で、摂取エネルギーについても簡易法以外での実施が困難であったため、摂取エネルギーの大まかな調査となった。運動による消費エネルギーの多寡がT値に影響した可能性はあくまでも推測の域を出ないため、今後、運動による消費エネルギーの検討が必要と考えられる。

結 語

成長期・思春期でのスポーツ障害、特に疲労骨折の発症にはこれまで女子ではE₂低値が影響すると考えられてきたが、疲労骨折例と他のスポーツ障害との比較で有意差はみられなかった。今回のスポーツ障害を起こした対象者においてE₂低値よりT値が25パーセントイル値未満の低値で多くみられた。T値の判定はスポーツ障害のリスクの指標として有効と考えられた。

謝 辞

研究データの収集に多大なご協力を頂いた南整形外科クリニックの馬渡美幸氏に多大な感謝を致します。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39: 1867-1882 doi: 10.1249/mss.0b013e318149f111.
- 2) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. The IOC consensus statement: Beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med.* 2014; 48: 491-497 doi: 10.1136/bjsports-2014-093502.
- 3) Barrack MT, Gibbs JC, De Souza MJ, et al. Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors: a prospective multisite study of exercising girls and woman. *Am J Sports Med.* 2014; 42: 949-958 doi: 10.1177/0363546513520295.
- 4) Mallinson RJ, De Souza MJ. Current perspectives on the etiology and manifestation of the “silent component of the Female Athlete Triad. In *J Womens Health.* 2014; 6: 451-467 doi: 10.2147/IJWH.S38603.
- 5) 内山英司. 疲労骨折の疫学 疲労骨折の疫学 (疲労骨折の診断と治療). *臨床スポーツ医学.* 2003; 20(臨時増刊号): 91-98.
- 6) Beggs LA, Yarrow JF, Conover CF, et al. Testosterone alters iron metabolism and stimulates red blood cell production independently of dihydrotestosterone. *Am J Physiol Endocrinol Meta.* 2014; 307: 456-461 doi: 10.1152/ajpendo.00184.2014.
- 7) Coste O, Paris F, Galtier F, et al. Polycystic ovary-like syndrome in adolescent competitive swimmers. *Fertil Steril.* 2011; 96: 1037-1042 doi: org/10.1016/j.fertnstert.2011.07.006.
- 8) 松田貴雄, 佐藤弘樹. 思春期女性アスリートの稀発月経・無月経診断のための血中総テストステロン基準範囲設定の試み. *日臨スポーツ医学会誌.* 2018; 26: 363-368.
- 9) 岡村浩嗣, 尾林 聡, 上東悦子, 他. Q6. Low energy availability (利用可能エネルギー不足) による月経不順や無月経の診断は? In: 日本産科婦人科学会, 日本女性医学会(編). 女性アスリートのヘルスケアに関する管理指針. 東京: 日本産科婦人科学会; 12-14, 2017.
- 10) 厚生労働省. 「日本人の食事摂取基準 2020」67-85. 02_各論_1-1_エネルギー_cs6_0116.indd (mhlw.go.jp). <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586556.pdf> [参照日 2022年4月19日].
- 11) 大須賀稜, 能瀬さやか. 女性アスリートの三主徴アスリートの月経周期異常の現状と無月経に影響を与える因子の検討. *日本産科婦人科学会雑誌.* 2016; 68: 4-15.
- 12) 能瀬さやか, 土肥美智子, 難波 聡, 他. 女性トップアスリートにおける無月経と疲労骨折の検討. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2014; 22: 67-74.
- 13) Hilton EN, Lundber TR. Transgender Women in the Female Category of Sport: Perspectives on Testosterone Suppression and Performance Advantage. *Sports Medicine.* 2021; 51: 199-214 doi: 10.1007/s40279-020-01389-3.
- 14) Betancurt JO, Zakynthaki MS, Martinez-Patiño MJ, et al. Hyperandrogenic athletes: performance differences in elite-standard 200m and 800m finals. *J Sports Sci.* 2018; 36: 2464-2471 doi: 10.1080/026404

- 14.2018.1464620.
- 15) 生殖・内分泌委員会 本邦における多嚢胞性卵巣症候群の新しい診断基準の設定に関する小委員会. 本邦における多嚢胞性卵巣症候群の新しい診断基準に関する小委員会 (平成17年度~平成18年度) 検討結果報告. 日産婦誌. 2007; 59: 868-886.
- 16) Hackney AC. Hypogonadism in Exercising Males: Dysfunction or Adaptive-Regulatory Adjustment? *Front Endocrinol.* 2020; 11: 11 doi: 10.3389/fendo.2020.00011.
-
- (受付: 2022年4月21日, 受理: 2022年12月15日)

Low total testosterone levels are considered a risk factor for sports injury in growing and adolescent female athletes

Kiyonaga, K.^{*1,2}, Minami, T.^{*1}, Matsuda, T.^{*2}

^{*1} Minami Orthopaedic Clinic

^{*2} Institute of Sport Medicine, Nishibeppu National Hospital, National Hospital Organization

Key words: growing and adolescent girls, fatigue fractures, low testosterone

[Abstract] (Objective) Low estradiol has been considered a risk factor for sports injuries, especially fatigue fractures, in female athletes, but in this study, we examined whether androgen deficiency is a risk factor.

(Methods) A study of 105 female athletes aged 8-19 years seen for sports injuries was performed to determine their endocrine status.

(Results) Fatigue fracture occurred in 36 patients and was not significantly different from the 69 patients with other sports disorders in terms of body composition, and endocrine status. In 68 patients (64.8%), the total testosterone was less than 0.19 ng/ml, the 25th percentile of that in healthy girls in the same age group who play sports regularly, but there were no significant differences in energy intake.

(Conclusion) It was thought that most of the growing and adolescent girls seen for sports injuries were with low estradiol, but there were many cases who were postmenarche, including those with fatigue fractures, and many cases with low total testosterone. However, since there were no differences in body composition or energy intake, it was speculated that the low total testosterone may be due to increased energy expenditure through sports.