

1. アスリートの骨と栄養

上西一弘*

●はじめに

骨の健康，すなわち骨密度を高めるためにはたんぱく質，カルシウムをはじめとする栄養素の摂取と，骨への過重負荷すなわち運動が不可欠である。もちろん性ホルモンや副甲状腺ホルモンなどの内分泌系の関与も重要である。

本稿では，主に成長期のスポーツと骨の健康について考えてみたい。

●成長期の骨量と関連する要因

一般に運動は骨に対してメカニカルストレスをかけることから，骨密度を高める方向に作用する。特に成長期の運動は効果的である。中学生，高校生を対象とした我々の検討では，超音波法で測定した踵骨の骨量の増加は，牛乳・乳製品あるいはカルシウム摂取よりも運動の影響の方が大きかった。表 1 は中学生・高校生を対象に，男子では最大身長発育年齢前後の踵の骨量と関連する要因を，女子では初経発来年齢前後の踵の骨量と関連する要因を検討した結果である¹⁾。この結果を見ると，男子では MIA（身長の最大発育年齢）の 1 年前から 4 年後まで，一貫して運動頻度が影響している。また，MIA の前後 1 年の間は LBM（除脂肪量），2 年後以降は BMI が影響している。女子では初経発来の 1 年前から 4 年後まで，初経発来 1 年後を除いて運動頻度が影響している。なお，初経発来 1 年後ではカルシウム摂取量が影響しており，この時期のカルシウム摂取の重要性を示すものと考えられる。また，初経発来 1 年後と 2 年後では LBM が影響しており，これも運動の影響と

考えられる。

男子高校生を対象に 3 年間の踵骨骨量の変動を観察すると，高校 1 年生時において，すでに運動ありの生徒が骨量は高い。その後 2 年，3 年と運動なし群は大きな変動はみられないが，運動あり群は有意に高値となっている（図 1）²⁾。また，運動種目によってもその影響は異なり，野球，バスケットボール，バレーボールなどを行っている選手で骨量は高値となっている（図 2）。図 3 は荷重運動の影響を見たものである。運動種目により地面からの反発力を GRF（Grand Reaction Force）という数値で分類し^{3,4)}，その影響を検討した。その結果，男子では MIA 0 年，2 年後，ステフネスには有意な差はみられなかった。しかし，MIA 4 年後では非運動群と比較して，GRF 3, 4 群で有意に高値を示した。なお，BUA, SOS の骨指標でも同様の結果が得られている。初経 0 年では，群間差は認められなかったが，初経後 2 年では，非運動群，GRF 3 群と比較して GRF 4 群で有意に高値を示した。初経後 4 年でも，GRF 4 群は非運動群よりも高いステフネス値を示した。男女ともに，特にジャンプやターン，スプリントなどを含む Grand Reaction Force の高い運動の取入れは，骨量の増加が落ち着いてくると考えられる時期，男子では MIA 4 年以降，女子では初経 2 年後以降に特に重要といえるかもしれない。

●アスリートの骨密度

成人期以降でも，いわゆるアスリートは骨密度が高く，特にラグビー選手などでは全身の骨密度が高い。一方陸上長距離選手では，大腿骨の骨密度は高値を示すが，腰椎や全身ではそれほど高値は示さない。これは体重が軽いことが影響していると考えられる。また，橈骨の骨量もそれほど高

* 女子栄養大学栄養生理学研究室

Corresponding author：上西一弘（uenishi@eiyo.ac.jp）

表 1 成長期の運動と骨量獲得

表43 男子
各年齢のStiffnessへの同時期の運動頻度、カルシウム摂取量の影響

MIAからの年数	R ² ※1		β※2	p
-1年※3 n=60	0.17	(定数)		0.00
		-1年 LBM	0.30	0.01
		-1年 運動頻度	0.32	0.01
0年 n=93	0.16	(定数)		0.00
		0年 LBM	0.24	0.01
		0年 運動頻度	0.33	0.00
1年 n=128	0.09	(定数)		0.00
		1年 LBM	0.20	0.02
		1年 運動頻度	0.23	0.01
2年 n=129	0.19	(定数)		0.01
		2年 BMI	0.48	0.00
		2年 FM	-0.35	0.04
		2年 運動頻度	0.35	0.00
3年 n=153	0.08	(定数)		0.00
		3年 BMI	0.17	0.03
		3年 運動頻度	0.27	0.00
4年 n=146	0.16	(定数)		0.00
		4年 BMI	0.23	0.00
		4年 運動頻度	0.36	0.00

ステップワイズ重回帰分析
従属変数：各年齢時Stiffness
独立変数：各年齢時BMI (kg/m²)・FM (kg)・LBM (kg)、
各年齢時運動頻度 (日/週)・カルシウム摂取量 (mg/日)

※1 調整済みR²
※2 標準化β
※3 MIA1年前
※4 対象者数 (名)

MIA：身長最大の発育年齢

表46-1 女子
各年齢のStiffnessへの同時期の運動頻度、カルシウム摂取量の影響

初経からの年数	R ² ※1		β※2	p
-1年※3 n=31	0.20	(定数)		0.00
		-1年 運動頻度	0.47	0.01
0年 n=70	0.12	(定数)		0.00
		0年 運動頻度	0.37	0.00
1年 n=88	0.24	(定数)		0.07
		1年 LBM	0.42	0.00
		1年 Ca	0.23	0.02
2年 n=101	0.23	(定数)		0.00
		2年 LBM	0.28	0.00
		2年 運動頻度	0.33	0.00
3年 n=126	0.10	(定数)		0.00
		3年 運動頻度	0.32	0.00
4年 n=138	0.11	(定数)		0.00
		4年 運動頻度	0.35	0.00

ステップワイズ重回帰分析
従属変数：各年齢時Stiffness
独立変数：各年齢時BMI (kg/m²)・FM (kg)・LBM (kg)、
各年齢時運動頻度 (日/週)・カルシウム摂取量 (mg/日)

※1 調整済みR²
※2 標準化β
※3 初経1年前
※4 対象者数 (名)

女子栄養大学 児玉桃子

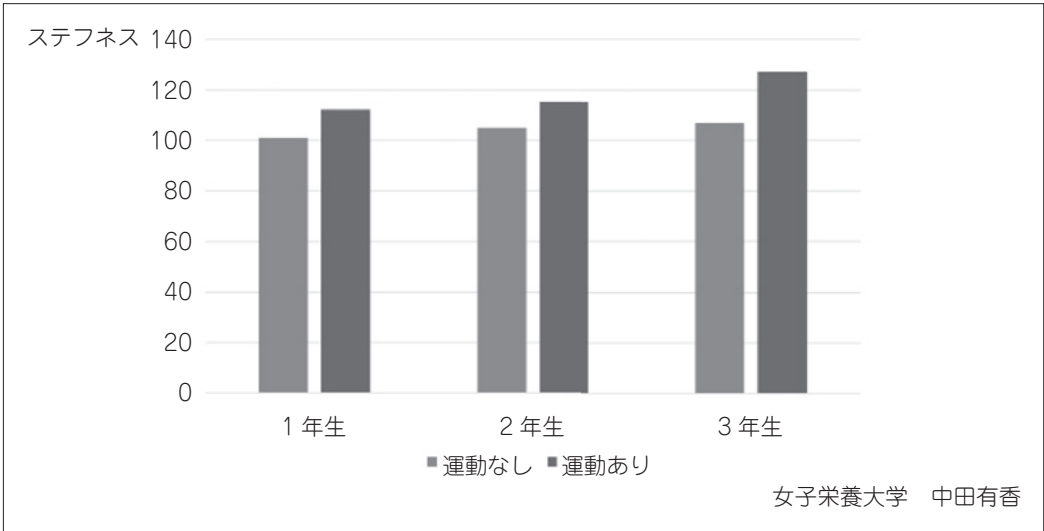


図 1 成長期の運動と骨量 (高校生男子)

い値は示していない。特に女子選手では、いわゆる女性アスリートの3主徴で示される骨粗鬆症のリスクが高い選手も多く、これはおもに体脂肪量が少ないことによる月経不順の影響が大きいと考えられる。バレーボール選手では、繰り返しのジャンプ動作の影響もあり、骨盤、下肢の骨密度が高いという特徴もある。

全身を測定できるDXA装置では、体組成も評価できるため、今後は、より多くの種目について、より多くの選手の骨密度測定を行ない、その特徴

を蓄積していくことも重要である。

●アスリートの骨質

骨の健康では、骨密度だけではなく、骨質についても考慮する必要がある。アスリートは酸素摂取量が多く、日常的に高い酸化ストレスにさらされている可能性がある。酸化ストレスは骨のコラーゲン架橋に影響を与える可能性がある。骨質の指標となるマーカーの1つとしてはペントシジンが利用される。ペントシジンと疲労骨折の発症

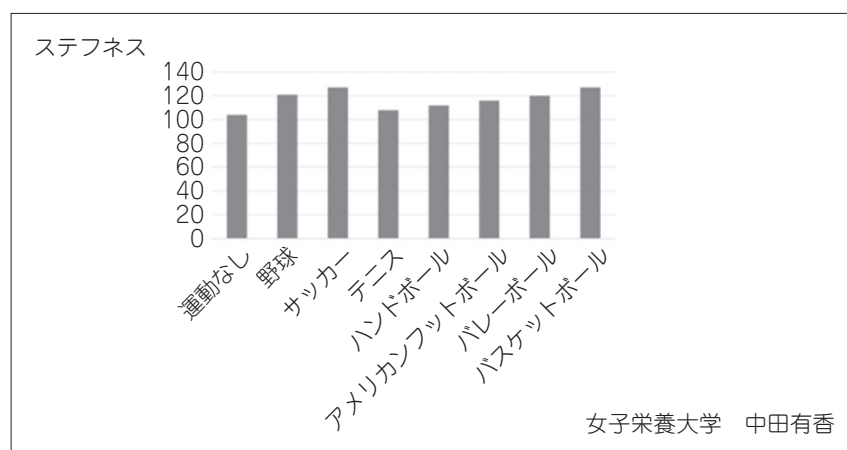


図2 成長期の運動種目と骨量（高校生男子）

分類		GRF*	例
4	ジャンプを含む運動	体重×4以上	バスケットボール、器械体操
3	スプリントやターンを含む運動	体重×2~4	バドミントン、テニス、野球
2	体重負荷運動	体重×1~2	ジョギング
1	その他の運動	体重×1未満	水泳、自転車競技、筋トレ
非運動			

* 体重比での表示
 GRF1: 体重未満のGRF負荷
 GRF2: 体重と同等から2倍以下のGRF負荷
 GRF3: 体重の2倍から4倍以下のGRF負荷
 GRF4: 体重の4倍より多いGRF負荷

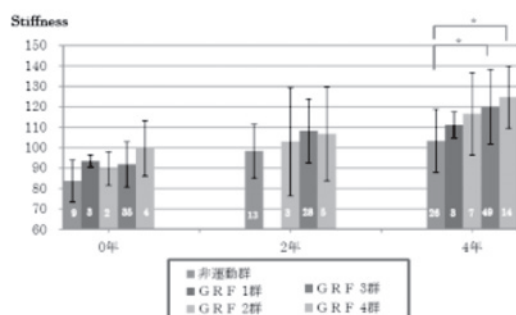


図10 男子 GRFにより分類した運動別 同時期の骨指標の比較
 (棒グラフ内数値: 対象者数)
 一元配置分散分析 MIA 4年後SOS・BUA・Stiffness: $p < 0.01$
 Bonferroni多重比較 ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

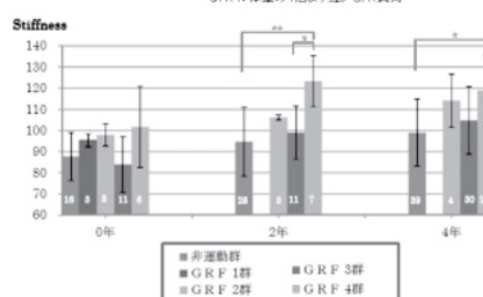


図11 女子 GRFにより分類した運動別 同時期の骨指標の比較
 (棒グラフ内数値: 対象者数)
 一元配置分散分析 初経2年後SOS・BUA・Stiffness: $p < 0.01$
 初経4年後SOS・BUA: $p < 0.05$, Stiffness: $p < 0.01$
 Bonferroni多重比較 ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

女子栄養大学 児玉桃子

図3 成長期の運動種目と骨量

など、今後の検討課題と考えられる。

●まとめ

運動、すなわち骨への荷重は骨の健康に有益と考えられる。特に成長期の運動は、最大骨量の獲得に重要である。しかし、アスリートのような日常的な運動量の多い場合には、酸化ストレスやホルモン状態の変動などマイナス要因になる場合も考えられる。疲労骨折の予防を含めた対策が必要で、何らかの生体指標の利用が望まれる。

文 献

- 1) 児玉桃子. 女子栄養大学博士論文 2012.
- 2) 中田有香. 女子栄養大学修士論文 2019.
- 3) Groothausen J, Siemer H, Kemper HC, et al. Influence of Peak Strain on Lumbar Bone Mineral Density: An Analysis of 15-Year Physical Activity in Young Males and Females. *Pediatric Exercise Science*. 1997; 9: 159-173.
- 4) Kemper HC, Bakker I, Twisk JW, et al. Validation of a physical activity questionnaire to measure the effect of mechanical strain on bone mass. *Bone*. 2002; 30(5): 799-804.