

原 著

女子大学生における運動部活動が 骨密度に及ぼす影響（第2報）

栗林 徹^{*1} 鎌田 安久^{*1} 高橋 恵子^{*2}
 小野田敏行^{*3} 野原 勝^{*3} 勝山 彰^{*3}
 小栗 重統^{*3} 立身 政信^{*3} 角田 文男^{*3}

最大骨量を獲得する時期に当たる大学期の運動部活動が女子大学生の骨密度に及ぼす影響について、1年6ヶ月間の縦断的な検討を行った。対象者は1993年に入学した女子大学生で、運動部活動を行っている者9名（運動部群）、運動部活動を行っていない者10名（非運動部群）である。骨密度の測定は全身の骨密度の指標として臨床的に頻用される腰椎と腰椎に類似し海綿骨に富み荷重骨である踵骨について、入学時と入学後6ヶ月、1年6ヶ月の3回行った。また、この間の栄養摂取状況も調査した。

その結果、大学入学後の1年6ヶ月間で、両群の腰椎骨密度は有意な増加が認められた。しかし、踵骨骨密度については運動部群に有意な増加が認められたが、非運動部群には有意な増加は認められなかった。女子大学生の踵骨骨密度の増加には運動による刺激が重要であることが示唆された。また、運動部群の踵骨骨密度は非運動部群にくらべ有意に高値であったが、腰椎骨密度では両群で有意差は認められなかった。大学期の運動部活動が女子大学生の骨密度に及ぼす影響について検討するためには、今後例数を増やし検討する必要があると思われた。

キーワード：骨密度、女子大学生、運動部活動、カルシウム摂取量、縦断的調査

I 緒 言

骨組織は絶えず骨形成と骨吸収を繰り返して組織を改築し、維持している。正常な状態では、さまざまな要因により骨芽細胞による骨形成と破骨細胞による骨吸収のバランスが調整され、骨回転がカップリングし骨量を維持している。骨量に影響を与える要因としては、人種・性別などの先天的な要因や、栄養・運動・ホルモンなどの後天的な要因をあげることができる。ヒトの骨量は一般に、骨格の発育とともに増加を続け最大骨量（peak bone mass）を獲得し、その後、加齢に伴い減少する^{1, 2)}。高齢期の骨粗鬆症を予防するには、最大骨量を高めることと、その後の骨量減

少を抑えることが重要である³⁾。

運動と骨量に関する研究は、主に高齢者を対象に行われておらず、運動が骨粗鬆症の予防や病状の進展を抑える効果のあることが報告されている^{4, 5)}。青年期の女性を対象とした研究では、宮本ら⁶⁾が女子大学生を対象に骨密度測定を行い、成長期の規則的な運動が骨密度の獲得に重要であることを報告している。他にも女子大学生の骨密度に関する研究は散見される⁷⁾が横断的研究であり、縦断的な研究は少ない⁸⁾。

前報⁸⁾でわれわれは、運動部に所属する女子大学生と運動部に所属していない女子大学生を対象に入学時と6ヶ月後に骨密度測定を行い、運動部活動が骨密度に及ぼす影響について検討した。その

*¹ 岩手大学教育学部保健体育科 *² 滝沢村立柳沢小学校

*³ 岩手医科大学医学部衛生学公衆衛生学講座

結果、運動部活動を行っている女子大学生では腰椎と踵骨の骨密度に有意な増加が認められたが、運動部に所属していない女子大学生では有意な骨密度の増加は認められなかった。

本研究では同一被験者についてさらに1年後、すなわち入学してから1年6ヶ月間の追跡調査を行ない、最大骨量を獲得する時期と考えられる大学期の運動部活動という日常的な運動が腰椎と踵骨の骨密度に及ぼす影響について縦断的な検討を行った。

II 方 法

1. 対象者

対象者は本研究の参加に同意した、1993年に大学に入学した健康な女子大学生19名（入学時の年齢 18.7 ± 0.5 歳）である。そのうち、入学後運動部に入部し活動を継続している者9名を運動部群とし、入学後特に運動習慣をもたない者10名を非運動部群とした。運動部群の所属クラブはテニス部・陸上競技部・剣道部各2名、バレーボール部・バスケットボール部・体操競技部各1名である。

2. 測定項目及び測定方法

1) 骨密度測定

海綿骨は骨代謝回転が速く、皮質骨に比べ骨塩量の変化の割合が高い⁹⁾。腰椎と踵骨は海綿骨の割合が多く、骨密度（Bone Mineral Density:BMD）の変化を捉えやすい部位であることから^{10, 11)}、測定部位として腰椎と踵骨を選んだ。

骨密度の測定は入学時の1993年5月、入学後0.5年の1993年11月、入学後1.5年の1994年11月の3回行った。測定はNorland社製XR-26を用いて、二重エネルギーX線吸収法（Dual Energy X-ray Absorptiometry:DEXA法）により、腰椎と踵骨について実施した。腰椎BMDはDEXA法で通常行われている第2～第4腰椎（L₂～L₄）の前後方向の測定を行い、踵骨BMDは小野田による方法¹²⁾により、利き手側について側方から測定を行った。

2) 栄養摂取量調査

栄養摂取量状況は、7月と11月の2回、連続した3日以上を調査期間とした。対象者に記入用紙を配布し、食べたものすべてとその量を自己記入させ、1日当たりの栄養摂取量として評価した。また、栄養摂取量調査と併行して生活活動調査を自己記入させ、栄養所要量を決定する目安とした。調査結果は、市販の栄養管理システムプログラムを用い分析を行い、2回の平均値をそれぞれの対象者のその年の栄養摂取量とした。

3) 体格測定

身長、体重、体脂肪率の測定を骨密度の測定と同日に行った。体脂肪率は、ケット社製フィットネスアライザーバイオBFT-2000を用い、利き腕の上腕二頭筋部について近赤外分光法により測定した。

5) 基礎調査

骨代謝に影響を与えると考えられる食生活・運動習慣・病歴・服薬状況などを骨密度測定時に、聞き取りにより調査をした。

6) 統計処理

各群内の変化については、分散分析を行い、多重比較にはLatin Square design法を用いた。また、両群の平均値の比較には対応のない場合のt検定を用いた。

III 結 果

1. 身長・体重・体脂肪率の変化と運動習慣

非運動部群と運動部群について、入学時の身長・体重・体脂肪率・BMI（Body Mass Index）の平均値と標準偏差と入学後0.5年、1.5年の体重・体脂肪率・BMIを表1に示した。体脂肪率は、全ての測定時期で非運動部群が運動部群に比べ有意($p < 0.01$)に高値であった。身長・体重・BMIには両群間に有意差は認められなかった。また、両群とも測定期間に体重・体脂肪率・BMIに有意な変化はなく、期間中体重・体脂肪率・BMIが大きく変化した対象者はいなかった。

期間中の運動習慣は、運動部群では、通常、5～7日／週、1.5～4時間／日であり、夏期休業・

表1 対象者の身体的特性と小・中・高校での運動部での活動経験

	人 数	身長 (cm)		体 重 (kg)		体脂肪率 (%)			B M I		
		入学時		0.5年後	1.0年後	入学時	0.5年後	1.0年後	入学時	0.5年後	1.0年後
		入学時	0.5年後	1.0年後	入学時	0.5年後	1.0年後	入学時	0.5年後	1.0年後	
非運動部群	10	158.0	51.4	51.4	51.1	29.4	28.5	27.4	20.6	20.5	20.3
		4.2	4.0	4.5	5.1	2.2	2.8	3.0	1.2	1.7	1.7
運動部群	9	158.4	52.1	53.1	52.6	23.5	23.0	22.5	20.8	21.0	20.8
		4.1	4.5	4.7	4.6	2.0	1.9	1.9	1.6	1.4	1.5

両群間有意差 : **:p<0.01

上段：平均値

下段：標準偏差

春期休業中に強化練習として7~14日間2時間程度の練習を1日2回を行っていた。非運動部群では、特に運動習慣を持つ者はいなかった。

2. 腰椎BMD・踵骨BMDの変化

図1に腰椎BMDの変化を示した。非運動部群の腰椎BMDは、入学時 $1.023 \pm 0.122 \text{ g/cm}^2$ 、入学後0.5年で $1.039 \pm 0.135 \text{ g/cm}^2$ 、入学後1.5年で $1.046 \pm 0.126 \text{ g/cm}^2$ であった。分散分析の結果、測定時期により有意差($p<0.05$)が認められ、多重比較の結果、

入学時と入学1.5年後との間に有意差($p<0.05$)が認められた。運動部群の腰椎BMDは、入学時 $1.099 \pm 0.178 \text{ g/cm}^2$ 、入学後0.5年で $1.127 \pm 0.172 \text{ g/cm}^2$ 、入学後1.5年で $1.148 \pm 0.173 \text{ g/cm}^2$ であり、分散分析の結果、測定時期により有意差($p<0.01$)が認められ、多重比較の結果、入学時と入学後1.0年($p<0.05$)、入学時と入学後1.5年($p<0.01$)の間に有意差が認められた。しかし、両群間で有意な差は認められなかった。

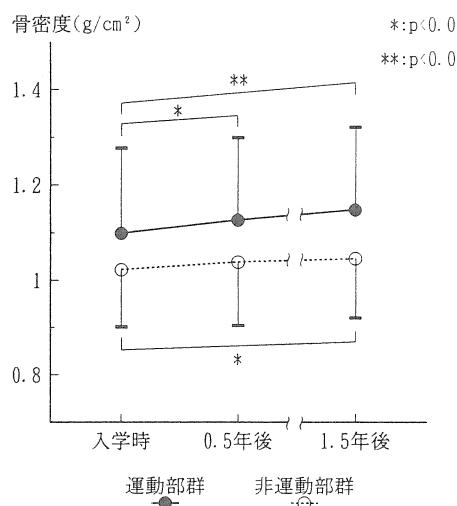


図1 1年6ヶ月間の腰椎BMDの変化

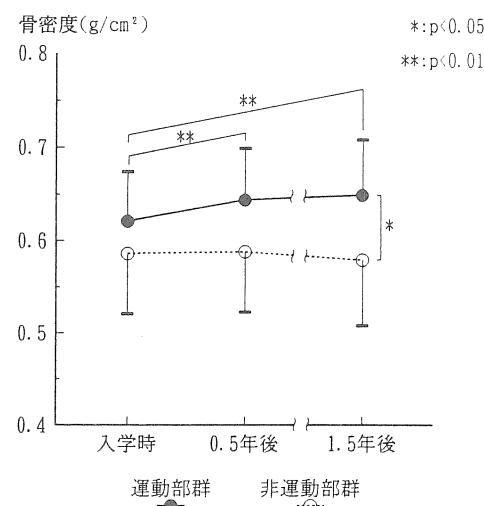


図2 1年6ヶ月間の踵骨BMDの変化

図2に踵骨BMDの変化を示した。非運動部群の踵骨BMDは、入学時 $0.586 \pm 0.065 \text{ g/cm}^2$ 、入学後0.5年で $0.588 \pm 0.065 \text{ g/cm}^2$ 、入学後1.5年で $0.579 \pm 0.071 \text{ g/cm}^2$ であった。分散分析の結果、測定時期により有意差は認められなかった。運動部群の踵骨BMDは、入学時 $0.621 \pm 0.053 \text{ g/cm}^2$ 、入学後0.5年で $0.644 \pm 0.055 \text{ g/cm}^2$ 、入学後1.5年で $0.649 \pm 0.059 \text{ g/cm}^2$ であり、分散分析の結果、測定時期により有意差($p < 0.01$)が認められた。多重比較の結果、入学時と入学後0.5年($p < 0.05$)、入学時と入学後1.5年($p < 0.01$)の間に有意差が認められた。また、入学後1.5年に運動部群の踵骨BMDは非運動部群にくらべ有意($p < 0.05$)に高値を示した。

3. 栄養摂取状況

両群の調査期間中のエネルギー所要量とエネルギー、蛋白質、カルシウムの摂取量を表2に示した。

エネルギー所要量は非運動部群で1年次 $1924 \pm 96 \text{ kcal}$ 、2年次 $1963 \pm 158 \text{ kcal}$ であり、運動部群では1年次 $2258 \pm 213 \text{ kcal}$ 、2年次 $2347 \pm 347 \text{ kcal}$ であった。1・2年次とも運動部群は、非運動部群にくらべ有意($p < 0.01$)に多いエネルギー所要量であった。

エネルギー摂取量は非運動部群で1年次 $1724 \pm 137 \text{ kcal}$ 、2年次 $1759 \pm 181 \text{ kcal}$ であり、運動部群では1年次 $2090 \pm 283 \text{ kcal}$ 、2年次 $2152 \pm 366 \text{ kcal}$ であった。1・2年次とも運動部群は、非運動部群にくらべ有意($p < 0.01$ 、2年次 $p < 0.05$)に多いエネルギー摂取量であった。

タンパク質摂取量は非運動部群で1年次 $64.7 \pm 5.3 \text{ g}$ 、2年次 $65.0 \pm 9.2 \text{ g}$ であり、運動部群では1年次 $72.6 \pm 7.7 \text{ g}$ 、2年次 $81.1 \pm 14.5 \text{ g}$ であった。1・2年次とも運動部群は、非運動部群にくらべ有意($p < 0.05$)に多いタンパク質摂取量であった。

カルシウム摂取量は、非運動部群で1年次 $474 \pm 112 \text{ mg}$ 、2年次 $540 \pm 149 \text{ mg}$ であり、運動部群では1年次 $509 \pm 126 \text{ mg}$ 、2年次 $695 \pm 240 \text{ mg}$ であった。両群間に有意差は認められなかったが、運動部群では2年次のカルシウム摂取量は1年次にくらべ有意($p < 0.05$)に多かった。

所要量と摂取量を比較すると、エネルギー摂取量については、両群とも所要量に満たしていないが、蛋白質摂取量については、両群とも所要量を満たしていた。カルシウムについては、両群とも1年次では所要量に満たないが、2年次では所要量を満たしていた。

表2 エネルギー所要量とエネルギー・タンパク質・カルシウム摂取量

	エネルギー		栄養摂取量					
	所要量		エネルギー		タンパク質		カルシウム	
	(kcal)	(kcal)	(kcal)	(g)	(mg)			
	1年次	2年次	1年次	2年次	1年次	2年次	1年次	2年次
非運動部群	1924 96 **	1963 158 **	1724 137 *	1759 181 *	64.7 5.3 *	65.0 9.2 *	474 112 126	540 149 240
運動部群	2258 213 **	2347 347 2090 283 2152 366	72.6 7.7 81.1 14.5 !*	81.1 14.5 509 126 !	509 509 695 126 !	509 695 126 240 !	509 695 126 240 !	695 240 !

両群間有意差 : *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

群内有意差 : !: $p < 0.05$

上段 : 平均値

下段 : 標準偏差

IV 考 察

われわれは前報⁸⁾で、運動部所属の女子大学生10名と運動部に所属しない女子大学生10名を対象に、入学後6ヶ月間の骨密度の変化について報告した。本研究は前報の続報であり、前報の対象者のうち引き続き協力が得られた19名を対象に入学後1年6ヶ月間の骨密度の変化について検討した。

本研究の対象者は健康な女子大学生であり、骨代謝に関係ある血清アルカリ性フォスファターゼ・リン・カルシウム値の検査を1年次に行ったが異常がある者はいなかった。また、期間中生理が不順な者もいなかった。

本研究の対象者の栄養の摂取状況は、全般的には1年次にくらべ2年次で改善されていた（表2）。1・2年次ともエネルギー摂取量は所要量を満たしていないが、両群のタンパク質摂取量は両年次とも所要量を満たしていた。両群のカルシウム摂取量は1年次では所要量を満たしていなかったが、2年次では所要量を満たしていた。連続3日以上で年2回の調査であり、個人差も大きく明確には断言できないが、1年次にくらべ2年次で栄養摂取状況は悪くなっていると考えられる。

一般的に骨密度は体格の大きい者のほうが高く、骨密度が高い者のBMIは高値を示す^{1,3)}。本研究では、両群間で身長・体重・BMIに有意差はなかった。また、両群とも1年6ヶ月間に、身長・体重・体脂肪率・BMIに大きな変化はなく、対象者の身体的特性は期間を通して変化しなかったと考えられる。

従来、成年女性を対象とした検討から腰椎の最大骨量到達年齢は20歳～30歳代前半と考えられている^{1,2)}。一方、最近の若年女性を対象とした研究¹⁴⁾では、10歳代で30歳代の骨量レベルに到達するという報告もあり、最大骨量到達年齢については議論のあるところである。本研究は初回測定時の平均年齢が18.9歳の同一対象者を縦断的に1.5年間検討したものであり、最大骨量到達年齢という点で興味深い。大学入学後1.5年間の腰椎BMDの変化みると、非運動部群・運動部群とも入

学時と入学後1.5年の間に有意な増加が見られており、この時期の女子大学生の腰椎BMDは増加するものと思われる。

一方、踵骨BMDの変化は腰椎BMDとは異なる変化がみられた。非運動部群では入学後有意な増加は認められず、入学後1.5年では入学時にくらべ低値傾向であり、運動部群では入学時と入学後0.5年・入学後1.5年の間に有意な増加が認められた。また、踵骨BMDは入学時には両群で有意差は認められなかつたが、入学後1.5年には運動部群は非運動部群にくらべ有意に高値を示した。これらのことから、女子大学生の踵骨BMDの増加には運動による刺激が重要であると考えられる。

運動部女子大学生と一般女子大学生の骨密度について、われわれは⁷⁾18歳～22歳までの運動部に所属する女子学生42名と入学後運動部に入部せずに特に運動習慣をもたない64名の女子大学生の腰椎と踵骨の骨密度をDEXA法で検討し、運動部所属学生の腰椎と踵骨の骨密度は一般大学生にくらべ有意に高値であることを報告している。また同様に、宮本ら⁶⁾も、18歳から22歳までの一般女子大学生15名と運動部所属の女子大学生14名の大軸骨と腰椎の骨密度をDPA（Dual Photon Absorptiometry）法により検討し、運動部所属の女子大学生の大軸骨と腰椎の骨密度は一般女子大学生にくらべ有意に高値であることを報告している。

本研究では、これらの結果と多少異なる結果となった。踵骨BMDについて入学後1.5年に非運動部群にくらべ運動部群が有意な高値を示したが、腰椎BMDについては両群で有意差を認められない。また、運動群について、1年次と比較し2年次の栄養摂取状況は改善されているにもかかわらず、入学後1.5年の腰椎・踵骨の骨密度は入学後0.5年にくらべ増加傾向であったが、有意な増加は認められない。このような結果の違いは、われわれの報告⁷⁾も宮本ら⁶⁾の報告も学年（年齢）別に検討したものではなく複数の学年を一群として検討していること、また本研究の例数が少ないことが影響していると思われる。運動部活動が女

子大学生に及ぼす影響について検討するためには、さらに対象者数を増やし、縦断的に検討する必要があると思われる。

V まとめ

1993年に入学した女子大学生の19名（運動部群9名、非運動部群10名）を対象に、女子大学生の運動部活動が腰椎と踵骨の骨密度に及ぼす影響について、1年6ヶ月間の縦断的な検討を行った。また、その間の栄養摂取調査も行った。その結果、次のことが明らかになった。

1. 大学入学後1年6ヶ月間で女子大学生の骨密度は、腰椎については有意に増加するが、踵骨については運動部群のみ有意な増加が認められ、非運動部群には有意な増加は認められなかつた。女子大学生の踵骨BMDの増加には運動による刺激が重要であることが示唆された。
2. 運動部群の踵骨BMDは非運動部群にくらべ有意に高値であったが、腰椎BMDでは両群で有意差は認められなかつた。今後、例数を増やし検討する必要があると思われた。

本研究の要旨は第6回岩手公衆衛生学会（盛岡、1995）で発表した。

参考文献

- 1) 森田陸司：DXAによる骨塩定量の現状と将来展望、骨粗鬆症と骨塩定量—DXAによる骨塩定量—、14-19、メディカルレビュー社、大阪、1994。
- 2) 木村亮宏、他：健常日本人女性の全身骨塩量の検討、日骨形態誌、2、45-49、1992。
- 3) 谷本廣道：骨粗鬆症、運動療法ガイド—正しい運動处方をめざして—、181-187、日本医事新報社、東京、1990。

- 4) 谷本廣道：骨粗鬆症と運動、体育の科学、42、840-845、1992。
- 5) 宮下充正：女性のための骨粗鬆症予防のための運動プログラム、J.J.SPORTS SCI.、12、805-810、1993。
- 6) 宮本章次、石河利寛：成長期の規則的な運動が大学生の骨密度に及ぼす効果、体力科学、42、37-45、1993。
- 7) 栗林徹、他：各種スポーツ選手の骨密度について、岩手公衛誌、6、102-103、1995
- 8) 栗林徹、他：女子大学生における運動部活動が骨密度に及ぼす影響、岩手公衛誌、7、99-106、1996。
- 9) 串田一博、町田晃：骨の成長と老化、体育の科学、42、832-839、1992。
- 10) 金洪海、串本一博：腰椎の前後方向、骨粗鬆症と骨塩定量—DXAによる骨塩定量—、40-47、メディカルレビュー社、大阪、1994。
- 11) 游逸明、他：踵骨骨塩量、骨粗鬆症と骨塩定量—DXAによる骨塩定量—、190-198、メディカルレビュー社、大阪、1994。
- 12) 小野田敏行：DEXA法による骨密度の集団検診に関する基礎的研究、岩手公衛誌、5、15-26、1993。
- 13) 広田孝子、広田憲二：小児・成長期の栄養運動と骨粗鬆症、臨床栄養、81、768-774、1992。
- 14) 福島秀興、他：子供の発育と骨障害、保健の科学、38、612-617、1996

著者への連絡先：

〒020 岩手県盛岡市上田3-18-33

岩手大学教育学部保健体育科

Tel 019-621-6583

Fax 019-621-6589

栗林 徹