

運動習慣の違いが大学生の骨密度に及ぼす影響

森田 恭光 黒川 貞生
亀ヶ谷 純一 黒川 道子
浜野 学 弘 卓三

I 緒言

骨密度の獲得は、遺伝的要因や内分泌などの要因に大きな影響をうける⁽¹⁷⁾。また、骨密度は、運動刺激や生活活動量などの後天的な要因の影響を受け、特に運動による刺激は大きな影響を与えることが報告されている⁽⁶⁾。

骨密度は、運動時における体重移動などの力学的負荷により調整されている⁽⁴⁾。成長過程において運動による力学的負荷が有効負荷より低い場合は、骨密度の増加が軽減される。一方、力学的負荷が有効負荷より強すぎる場合は、骨密度の獲得を減少させることが指摘されている⁽³⁾。

これまで運動と骨密度に関する研究は数多く行われ、末梢骨の骨密度は運動と密接な関係があることが指摘されている⁽¹⁾⁽⁶⁾。また、体幹骨への運動の影響に関しては、長時間の運動が中年期や老年期における骨密度の減少を予防する効果があることが明らかにされている⁽⁷⁾⁽¹⁵⁾。さらに、成人期の運動の影響に関しては骨密度を維持することが可能であることが示唆されている⁽⁹⁾⁽¹⁸⁾。成長期に関しては、骨量増加に運動が有効であることが指摘されている⁽¹²⁾。一方、短期間の運動においては、骨密度に変化が見られないとの報告⁽⁸⁾もあり、骨密度を増加させる運動量に関しては一致した見解

が得られていない。また、運動の頻度や時間等についても明確にされていない。よって、成長期、特に青年期の運動量や運動時間の差異が骨密度にどのような影響を及ぼすか詳細に調査することは、青年期の健康や体力の維持、増進を促すために意義のあることと思われる。

そこで、本研究は、成長期の骨量増加に必要な運動期間と運動量を明確にすることを最終目標とし、今回は、踵骨の骨密度を調査し、過去の運動習慣との関連について検討した。

II 方法

1 対象者

対象者は、大学に入学して0.5年から1.5年までの運動習慣、運動様式が異なる、健康な女子大学生102名である。年齢は18歳から19歳であった。

2 骨密度および形態の測定

骨密度の測定は、超音波骨密度測定装置 ALOKA 社製 AOS-100 NW を用い、右踵骨の超音波伝搬速度 (SOS) と透過指標 (TI) を測定し音響的骨評価値を求めた。

形態は身長、体重、体脂肪率の測定を行った。身長は健康診断時の測定値を自己申告させた。体

重と体脂肪率は TANITA 社製 TBF-101 を用いて骨密度測定とあわせて計測した。体重と体脂肪量より LBM (Lean Body Mass) を求めた。また、身長と体重から BMI (Body Mass Index : 体重/身長²) を算出した。

各測定は、2005 年 5 月から 6 月に実施した。

3 運動の実施状況

運動の実施状況に関しては自記式アンケートにより、過去の運動の実施状況を小学校、中学校、高等学校、大学の 4 期間に分けて調査した。各期間を通じ運動習慣について小学校から 10 年以上定期的に運動を継続している者 A 群 (N=33 名)、中学校から 6 年以上定期的に運動をおこなっていた者 B 群 (N=26 名)、中学校の 3 年間のみ定期的に運動を行っていた者 C 群 (N=17 名)、定期的な運動を行った経験がないものを D 群 (N=26 名) とした。A 群・B 群・C 群の対象者は、各期間、週当たり 3 日以上、1 回の運動時間が 2 時間以上運動を実施していたものである。

4 統計処理

骨密度と形態については、各群別に分けて平均値および標準偏差を求めた。各群間の差の検定は F 検定で検討した。また、体重と骨密度の相関はピアソンの方法によって求めた。

III 結果

対象者の身体的特徴の結果を平均値と標準偏差で表 1 に示した。身長と体脂肪率および BMI は各群の間に有意な差が見られなかった。体重と LBM に関しては、A 群と C・D 群および B 群と C・D 群の間にいずれも 5%水準の有意な差が見られた。A 群と B 群はほぼ同様の値を示していた。

図 1 は各群の踵骨における骨評価値の平均値と標準偏差および差の検定結果を示したものである。踵骨の骨評価値は、A 群が 3.126、B 群が 2.980、C 群が 2.627、D 群が 2.664 であり、A 群と C 群および D 群の間に有意な差 ($P < 0.01$) が認められた。また、B 群と C 群および D 群の間には、5%水準の有意差が認められた。

図 2 は、体重と踵骨の骨評価値の関係を示したものである。それぞれの関係は、各群とも有意な相関 (A 群 : $r = 0.711$, $P < 0.01$, B 群 : $r = 0.741$, $P < 0.01$, C 群 : $r = 0.632$, $P < 0.01$, D 群 : $r = 0.613$, $P < 0.01$) が認められ、各群とも体重が重い者の骨評価値が高い値を示していた。回帰直線の高さに関しては、A 群と B 群が C 群と D 群に比較しいずれも高い傾向が見られた。

図 3 は、各群において体重と骨評価値の関係を異なる傾向がみられたことから、同じ範囲内の体

表 1 対象者の身体的特徴

	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	LBM (kg)	BMI
A 群	159.0±4.1	52.3±4.7*	23.7±3.4	39.7±2.6*	21±1.7
B 群	158.1±4.5	51.9±4.2*	23.9±4.1	39.4±2.5*	21±1.3
C 群	157.5±5.4	48.6±6.1	22.7±4.1	37.4±3.4	20±1.8
D 群	158.1±5.5	48.9±4.4	22.7±3.7	37.7±2.4	20±1.7

* $P < 0.05$ (A 群と C 群・D 群, B 群と C 群・D 群)。値は平均値±標準偏差を表す。
LBM: Lean Body Mass. BMI: Body Mass Index.

運動習慣の違いが大学生の骨密度に及ぼす影響

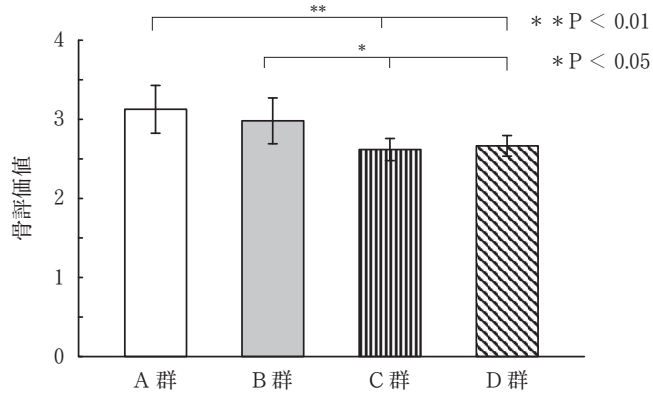


図1 骨評価値の比較

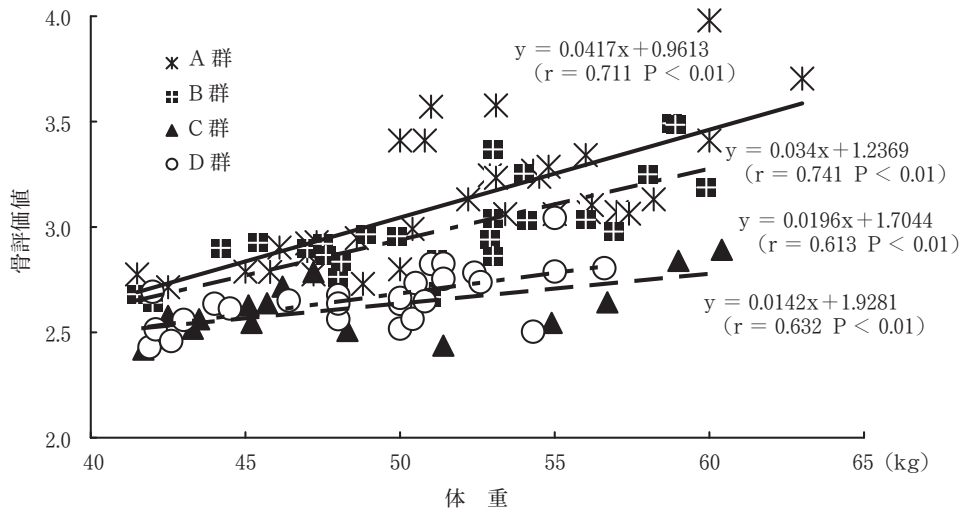


図2 体重と骨評価値の関係

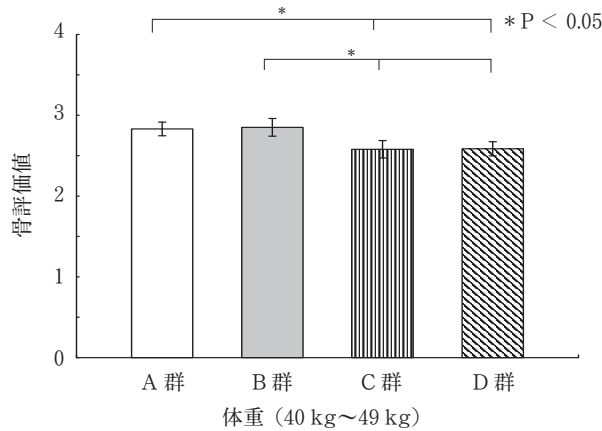


図3 同体重の範囲における骨評価値の比較

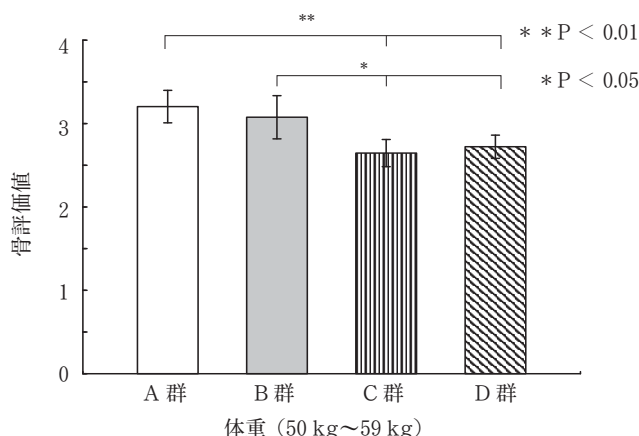


図4 同体重の範囲における骨評価値の比較

重における踵骨の骨評価値の平均値と標準偏差および差の検定結果を示した。体重 40 kg から 49 kg の範囲における骨評価値は、A 群が 2.831、B 群が 2.850、C 群が 2.579、D 群が 2.585 であり、A 群と C 群および D 群に 5%水準の有意な差が認められた。また、B 群と C 群および D 群の間にも有意差 ($P < 0.05$) が認められた。A 群と B 群はほぼ同様の値であった。

体重 50 kg から 59 kg の範囲における骨評価値の平均値と標準偏差および差の検定結果を図 4 に示した。各群の骨評価値は、A 群が 3.203、B 群が 3.076、C 群が 2.646、D 群が 2.722 を示し、A 群と C 群および D 群の間に 1%水準の有意差が認められた。また、B 群と C 群および D 群の間にも有意差 ($P < 0.05$) が認められた。A 群と B 群の間には有意な差は認められなかった。

IV 考察

骨は発育と共に骨密度が増加し、20 歳から 30 歳でピークを迎えその後加齢とともに減少する⁽⁸⁾。骨粗鬆症を予防するにあたっては、成長期において骨密度を最大限に高めておく必要がある。また、

加齢ともなう骨密度の減少を最小限にとどめることが重要である。しかし、青年期の骨密度を高めるための研究はあまり見られない⁽¹⁴⁾。また、青年期における運動量の違いが骨密度におよぼす影響について明確にされていない。そこで本研究は、青年期の骨量増加に必要な運動期間と運動量を明確にすることを最終目標とし、踵骨の骨密度と運動習慣との関連について検討した。

若年成人女性における踵骨の骨密度の平均値は 2.698 であり、成人平均値の 90%未満 2.428 未満を要注意、2.428 以上 (90%以上) を良好範囲とされている⁽²⁾。仲田ら⁽¹³⁾は、超音波測定装置で測定した女子短期大学生における踵骨の骨密度は平均 2.706 ± 0.26 であると述べている。また、笹田ら⁽¹⁵⁾は、同測定において女子大学生の踵骨の骨密度は、平均 2.720 ± 0.29 であると報告している。これらの値を本研究で調査した運動経験年数が少ない C 群と運動経験を有しない D 群の骨密度を比較すると両群とも差があるとは認められなかった。したがって、C 群と D 群の骨密度は、青年期の健常日本人に近い値であることが推察された。

本研究において 10 年以上定期的な運動を実施している A 群と中学校時代から 6 年以上定期的

な運動を行っていた B 群および中学時代の 3 年間のみ定期的な運動を実施していた C 群、定期的な運動経験がない D 群の骨密度を比較すると、A 群と B 群が C 群と D 群よりも大きな値を示していた。これは、過去の運動実施状況が骨密度の獲得に関与していることを意味している。今回、成長期における運動歴と骨密度の関連を明確にするため、過去の運動経験年数と骨密度を比較すると、小学校時代から大学まで 10 年以上運動を継続していた A 群と中学校時代から高校時代の 6 年間運動を継続していた B 群には大きな差が見られなかった。B 群と中学校時代の 3 年間のみ運動経験を有する C 群を比較すると C 群が低値を示し、C 群の値は運動経験を有しない D 群と大きな差が見られなかった。このことから、中学校時代および高校時代の習慣的な運動は、女子の骨密度を高める効果があることが示唆された。また、高校時代の規則的な運動が女子大学生の踵骨骨密度を高めたことは興味深いことである。

高校時代の運動経験の有無により骨密度に与える影響に差が生じたことは、運動負荷と体重移動による力学的負荷および筋肉の収縮から生じるストレインに関係があると思われる。今回、B 群の骨形成は、運動による力学的負荷が適度に加わり骨密度の獲得が促進されたのに対し、C 群と D 群の骨形成は、高校時代 B 群に比較し力学的負荷が少なかったために活性化されなかったため、骨密度に有意差が現れたものと思われる。

骨密度の増加に関しては、体重が加重骨におよぼす影響が大きいとされている⁽⁵⁾。また、鳥居ら⁽²⁰⁾は、陸上選手において体重が重い選手の骨密度が高いことを報告している。これは、体重が重いことが骨に対する物理的的刺激となるためと思われる。さらに、骨密度の損失を防ぐには、加齢による除脂肪体重の減少を運動により最小限にする

ことが重要であるとされている⁽¹⁾。今回、体重と骨密度の間に各群とも有意な相関関係がみられ、いずれの群も体重が重いほど骨密度が高く、これまでの報告と同様の傾向を示した。各群における同程度の体重の範囲における骨密度を比較すると、A 群と B 群が C 群と D 群に比べ高い骨密度を示していた。これは、同程度の体重であっても、運動習慣の違いにより除脂肪体重が増加し、それにより筋肉の収縮によるストレインが有効に働き高い骨密度が獲得されたものと思われる。このことから、中学校から高校時代において定期的に運動を実施し筋肉を刺激することにより、女子の踵骨骨密度を効果的に高められることが示唆された。

成長期は性ホルモンの分泌が盛んになる時期である。骨は骨塩量をカルシウム調節ホルモンに反応して調節し強度を保持している⁽¹⁸⁾。女子は、腰椎骨密度とエストロゲン値の間に関係があることが報告されている⁽³⁾。また、エストロゲンが尿細管におけるカルシウム再吸収を促進、腸管でのカルシウム吸収を促進することから、エストロゲンの不足により体内のカルシウム量が減少する。加えて、無月経の長距離選手は正常月経の同選手に比較し骨塩量が低値を示すことが報告されている⁽¹⁰⁾。本研究においては、エストロゲンの動態について測定を行わなかったがエストロゲンの分泌は 10 歳頃から始まり 12 歳頃初潮をむかえ、7~8 年を要してホルモンのバランスが安定してくる。今回、A 群と B 群の骨密度が C 群と D 群に比較して高値を示したのは、中学校から高校時代、特に高校時代にカルシウム代謝を促すエストロゲンの分泌が成人型に近く多くなったことと定期的な運動による刺激が骨形成を活性化した相乗効果が作用したものと思われる。

骨密度の年齢における推移に関しては、腰椎の骨密度は 30 歳に最大値を示すが、大腿骨の骨密

度は20歳に最大値を示すことが報告されている⁽¹¹⁾。今回の結果でも、これまでの報告と同様、女子大学生の踵骨骨密度は最大値に近い値であることが確認され、この時期までに骨粗鬆症の予防のために踵骨の骨密度を高めておく必要があり、習慣的な運動は骨密度を増加させる一手段として有効であることが示唆された。

本研究の結果から運動経験年数と青年期における骨密度の関係は、小学校時代の運動経験年数より中学校時代から高校時代における運動経験年数との関連が深く関わっていることが明らかとなった。中学校時代のみならず高校時代に定期的な運動を継続することが女子大学生の踵骨骨密度を増加させることは注目すべきことである。これらのことから、青年期における女子の定期的な運動が骨密度の獲得に必要な要因のひとつであり、最大量を確認し骨粗鬆症の予防法として位置づけられる可能性が高いと考えられる。

V 要約

本研究では、成長期の骨量増加に必要な運動期間と運動量を明確にすることを最終目標とし、踵骨の骨密度と運動習慣との関連について検討した。対象者は、年齢が18歳から19歳の健康な女子大学生102名である。

小学校から10年以上定期的に運動を継続している者A群、中学校から6年以上定期的に運動をおこなっていた者B群、中学校の3年間のみ定期的に運動を行っていた者C群、定期的な運動を行った経験がないものをD群とした。A群・B群・C群の対象者は、各期間、週当たり3日以上、1回の運動時間が2時間以上運動を実施していたものである。

得られた結果は以下の通りである。

- 1) 踵骨の骨密度は、A群・B群がC群・D群に比較し有意に高い値を示した。A群とB群の間には有意な差は見られなかった。
- 2) 各群における体重と骨密度の関係は、各群とも有意な相関が見られた。
- 3) 同体重の範囲における骨密度の比較においては、運動を継続したA群とB群がC群、D群に比較し有意に高値を示した。

以上のことから、小学校時代から高校時代において運動を継続することは女子大学生の踵骨の骨密度を増加させることが示唆された。特に、中学校時代から高校時代にかけて運動を習慣的に継続することは、成長期における女子の骨密度の獲得に重要な要因のひとつと考えられる。

文献

- (1) Aloia, J. F., Cohn, S. H., Babu, T., Kalici, N. and Ellis, K. J. (1978): Skeletal mass and body composition in marathon runners. *Metabolism*, 27, 1793-1796.
- (2) アロカ株式会社 (2000): 超音波骨評価装置 AOS-100 の標準値と判定メッセージについて (19歳~80歳, 女性の OSI), 骨粗鬆症財団策定スクリーニングの判定基準, 5, 1-14.
- (3) Booth, F. W. and Gould, E. W. (1975): Effects of training and disuse on connective tissue. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 3, 83-112.
- (4) Carter, D. R. (1984): Mechanical loading histories and cortical bone remodeling. *Calcified Tissue International*, 36, s 19-s 24.
- (5) Grimston, S. K. (1992): Bone mineral density during puberty in western Canadian. *Bone Mineral*, 19, 85-96.
- (6) 林泰史 (1994): 骨粗鬆症と運動, 体力科学, 43, 195-199.
- (7) Heaney, R. P., Recker, R. R. and Saville, P. D. (1978): Menopausal changes in bone remodeling. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 92, 964-970.
- (8) 黒川清, 松本俊夫 (1995): 骨粗鬆症 — 正し

- い知識と予防法 —, 日本メディカルセンター, 東京.
- (9) Lanyon, L. E. (1984): Functional strain as a determinant for bone remodeling. *Calcified Tissue International*, 36, s 56-s 61.
- (10) Marcus, R., Cann, C., Madvig, P., Minkoff, J., Goddard, M., Martin, M., Gaudiani, L., Haskell, M., Bayer, M. and Genant, H. (1985): Menstrual function and bone mass in elite women distance runners: endocrine and metabolic features. *Annals of Internal Medicine*, 102, 158-163.
- (11) Mazess, R. B., Barden, H. S., Ettinger, M., Johnston, C., Dawson-Hughes, B., Baran, D., Powell, M. and Notelovitz, M. (1987): Spine and femur density using dual-photon absorptiometry in US white women. *Bone and Mineral*, 2, 211-219.
- (12) 宮元章次, 石河利寛 (1993): 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.
- (13) 仲田秀臣, 八木田恭輔, 大槻伸吾, 佐藤博信, 三村寛一 (2003): 大学学齢期女子における右踵骨骨密度と体格および生活習慣等の関連.
- (14) 小沢治夫 (1994): スポーツ種目と骨密度, *臨床スポーツ医学*, 11 (11), 1245-1254.
- (15) Peterson, S. E., Peterson, M. D., Raymond, G., Gilligan, C., Checovich, M. M. and Smith E. L. (1991): Muscular strength and bone density with weight training in middle-age women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 499-504.
- (16) 笹田陽子, 藤澤恵美 (2002): 青年期女子の骨密度と食生活の関連, *盛岡大学短期大学部紀要*, 12, 31-42.
- (17) 重松尋道 (1988): Osteoporosisの予防, 栄養, 運動の面から, *臨床スポーツ医学*, 5, 1325-1331.
- (18) Smith, E. L., Smith, P. E., Ensign, C. J. (1984): Bone involution decrease in exercising middle-aged women. *Calcified Tissue International*, 36, s 129-s 138.
- (19) Snow-Harter, C. and Marcus, R. (1991): Exercise, bone mineral density, and osteoporosis. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 19, 351-388.
- (20) 鳥居俊, 福井尚志, 松本高明, 林泰史, 中嶋寛之 (1993): スポーツ種目による腰椎骨塩量の違い — 陸上競技短距離・長距離選手の比較 —, *臨床スポーツ医学*, 10, 697-699.

(2006年12月20日論叢事務局受理)