

長期間の運動経験が高年齢者の 身体組成と骨密度に与える影響

平 田 敏 彦 高 橋 香 代**
鈴 木 久 雄* 三 浦 孝 仁*
太 田 善 介***

1. 緒 言

近年、平均寿命の延長にともなって急激な高年齢化社会を迎えている。さらに社会環境がより機械化されて生活様式が著しく変化した結果とそれともなう運動不足と高カロリー傾向の食生活習慣を背景に成人病や老人病の増加傾向が多く報告されている。なかでも、骨粗鬆症は高齢化社会の傾向にともない対策が必要とされている。腰椎骨でみる人の骨密度は男性が60～70歳代以降、女性で40歳代以降から加齢とともに急激な低下傾向がみられるといわれている⁶⁾。このような骨萎縮の低下原因としては、極端な蛋白質の損失、カルシウム不足、カルシウム／磷の比率の逆転、性ホルモンの影響、身体活動の低下などが考えられているが近年、老人の骨萎縮は習慣的な運動量の減少が影響を及ぼしているとの報告¹³⁾もある。

しかし、これまでの骨密度の研究^{4,7,11)}は女性を対象として身体の一部位を測定し検討した研究報告が多くなされ、男性を対象としての身体全身の骨密度と運動との関係を検討した研究報告はあまりみられない。

Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA)法は、現在、身体全身の骨塩量の測定とともに身体組成についても分析できる機器として注目されている。

そこで本研究はDEXA法に基づくX線骨密度測定装置を用いて、長期期間の運動経験をもつ高年齢者と専門的トレーニングをおこなっている若年者の運動選手の身体組成と全身骨密度を測定し、長期期間の運動経験が高年齢者の身体組成と身体全身の骨密度に与える影響を検討したので報告をする。

* 岡山大学教養部

** 岡山大学教育学部

*** 岡山大学医学部第3内科

2. 研究方法

① 被 検 者

被検者は、高等学校の陸上競技部に所属している平均年齢が 17.2 ± 0.7 歳の高校生7名(若年者トレーニング群：A群)と1週間に5日間以上、10年間にわたって運動をおこなっている平均年齢が 72.9 ± 4.4 歳の高年齢者7名(高年齢者トレーニング群：B群)と1ヶ月間に1回程度の運動をおこなっている 69.7 ± 4.8 歳の高年齢者7名(高年齢者運動群：C群)の男性であった。各被検者群の運動内容は次のようであった。A群は毎日の約10km以上の陸上競技の長距離走トレーニングを実施している選手である。B群は岡山歩こう会に所属していて1日に約10kmの歩行運動を実施しているグループである。C群は1ヶ月間に約1回位の頻度で岡山歩こう会に参加して、10～15kmの歩行をおこなっているグループである。

表1にそれぞれの被検者群の身体特性を示した。表に示すように年齢において、A群とB群、A群とC群間に身長において、A群とC群間に統計的な有意差がみられた。本研究の測定に際して、すべての被検者に前もって研究の目的、方法、意義などを説明して同意を得た上で実施した。

Table 1. Characteristics of Subjects.

| Subjects | n | Age (yrs) | Height (cm) | Weight (kg) |
|---------------------|---|--------------------|---------------------|-------------------|
| A Juvenile trained | 7 | 17.2 ± 0.7 | 169.3 ± 3.8 | 55.0 ± 3.4 |
| B Elderly trained | 7 | 72.9* ± 4.4 | 165.4 ± 5.5 | 56.0 ± 6.2 |
| C Elderly exercised | 7 | 69.7* ± 4.8 | 159.0* ± 3.8 | 53.8 ± 6.3 |

* $p < 0.05$ compared to young

② 測定方法

Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) 法に基づくX線骨密度測定装置(モデルDPX, 米国ルナーラジエーション社)を用いて全被験者の頭部、腕部、脚部、体幹、肋骨、骨盤、脊柱、身体全体の骨密度(BMD)を測定した。さらに腕部、脚部、体幹、身体全体の除脂肪体重(LBM)と脂肪量(fat)を測定して体重に対する脂肪量の割合(%fat)を算出した。

また、各被検者の全身持久性体力の指標としての換気性閾値をランプ負荷法により測定した。図1はX線骨密度測定装置を用いての測定風景を示したものである。

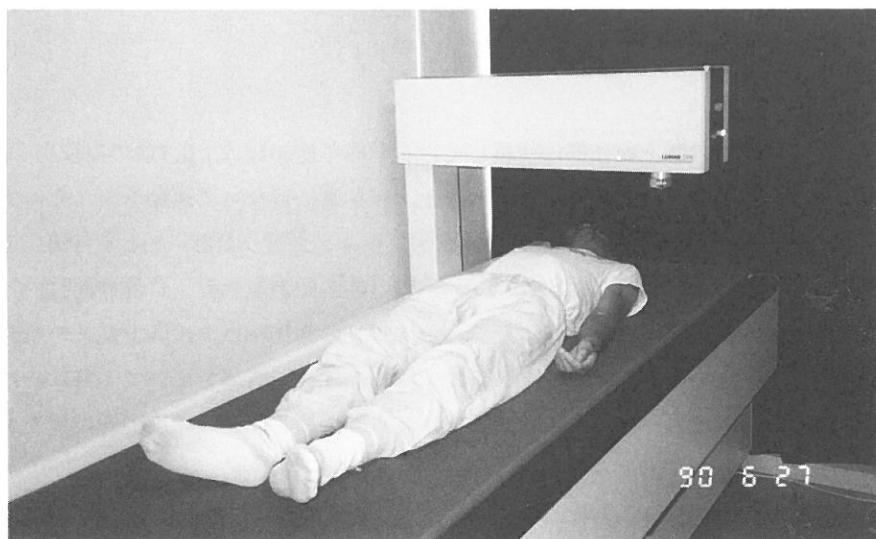


Fig. 1. Apparatus used for performing the bone mineral density.

3. 研究結果

表2は各被検者群の体幹、脚部、腕部の身体各部と身体全体の除脂肪体重(LBM)の平均値と標準偏差を示したものである。各群のLBMはいずれも体幹、下肢、上肢の順に高い値を示した。身体全体のLBMはA群が 48.3 ± 3.6 kg, B群が 45.6 ± 5.0 kg, C群が 39.0 ± 3.8 kgを示し、A群, B群, C群の順に高い値を示した。この傾向は身体各部においても同様であった。

表3は各被検者群の身体各部と身体全体の%fatの平均値と標準偏差を示したものである。A群とB群の%fatは体幹、腕部、脚部の順に低い値を示した。しかし、C群の%fatは腕部、体幹、脚部の順に低い値を示した。

Table 2. Lean body mass (LBM) in the subject groups.

| Group | LBM (g) | | | |
|-------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| | Arm | Leg | Trunk | Total |
| A | 4,686 ±509 | 17,991 ±1,750 | 21,658 ±1,647 | 48,337 ±3,640 |
| B | 4,129 ±640 | 16,351 ±2,158 | 21,461 ±2,414 | 45,626 ±5,020 |
| C | 3,704 ±577 | 13,173 ±1,500 | 18,781 ±1,840 | 39,021 ±3,781 |

Mean ± SD

身体全体の %fat はA群が $9.7 \pm 2.5\%$ 、B群が $16.6 \pm 5.5\%$ 、C群が $24.4 \pm 4.7\%$ を示し、A群、B群、C群の順に低い値を示した。この傾向は身体各部においても同様であった。

表4は各被検者群の身体各部と全身のBMDの平均値と標準偏差を示したものである。A群のBMDは頭部、脚部、骨盤、脊柱、体幹、腕部、肋骨の順に高い値を示した。BとC群のBMDはともに頭部、脚部、脊柱、骨盤、体幹、腕部、肋骨の順に高い値を示した。身体全体のBMDはA群が $1.142 \pm 0.061 \text{ g/cm}^2$ 、B群が $1.102 \pm 0.088 \text{ g/cm}^2$ 、C群が $1.018 \pm 0.080 \text{ g/cm}^2$ を示し、A群、B群、C群の順に高い値を示した。この傾向は、脚部、脊柱、肋骨、骨盤の各部にみられたが、頭部、腕部、脊柱の身体部はB群、A群、C群の順に高い値を示した。

図2は身体各部別のBMD、%fat、LDMについて各被検者群間の比較をするために示したものである。

腕部において各被検者群間に統計的に有意な差がみられたのは、BMDにおけるA群とC群間であり、%fatにおけるA群とB群間、A群とC群間であり、LBMにおけるA群とC群間で

Table 3. % fat in the subject groups.

| Group | % fat (%) | | | |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Arm | Leg | Trunk | Total |
| A | 9.8 ± 2.8 | 10.9 ± 2.8 | 8.3 ± 2.3 | 9.7 ± 2.5 |
| B | 16.7 ± 5.6 | 17.4 ± 5.4 | 15.4 ± 5.9 | 16.6 ± 5.5 |
| C | 22.3 ± 4.3 | 24.6 ± 4.9 | 24.1 ± 4.8 | 24.4 ± 4.7 |

Mean \pm SD

Table 4. Bone mineral density (BMD) in the subject groups.

| Group | BMD (g/cm^2) | | | | | | | |
|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Head | Arm | Leg | Trunk | Ribs | Pelvis | Spine | Total |
| A | 1.832 ± 0.204 | 0.836 ± 0.047 | 1.303 ± 0.065 | 0.942 ± 0.077 | 0.738 ± 0.040 | 1.171 ± 0.112 | 1.011 ± 0.107 | 1.142 ± 0.061 |
| B | 1.895 ± 0.184 | 0.846 ± 0.084 | 1.264 ± 0.134 | 0.862 ± 0.109 | 0.660 ± 0.059 | 1.002 ± 0.127 | 1.039 ± 0.220 | 1.102 ± 0.088 |
| C | 1.833 ± 0.250 | 0.760 ± 0.055 | 1.090 ± 0.104 | 0.803 ± 0.073 | 0.615 ± 0.051 | 0.920 ± 0.115 | 0.996 ± 0.103 | 1.018 ± 0.080 |

Mean \pm SD

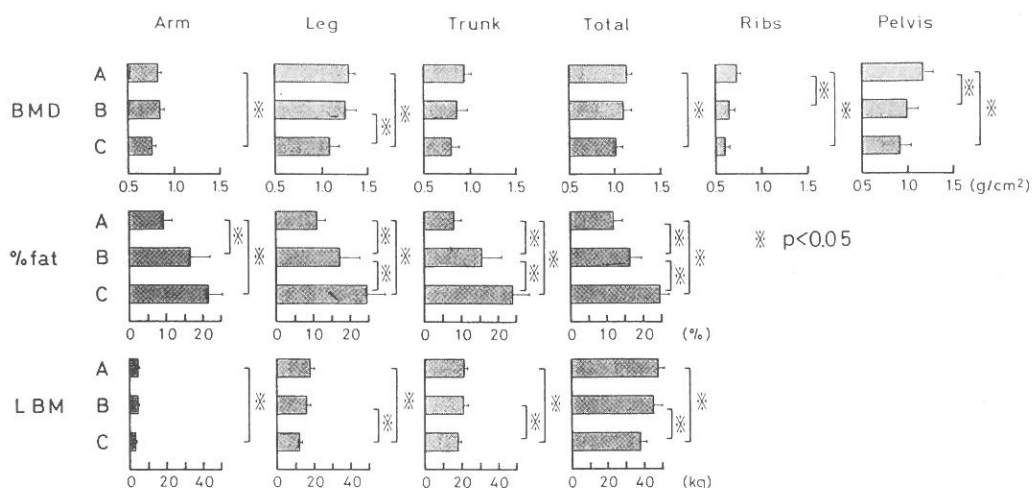


Fig. 2. Bone mineral density, %fat, and lean body mass.

あった。脚部において、各被検者群間に有意な差がみられたのは、BMD と LBM における A 群と C 群間、B 群と C 群間であり、%fat における A 群と B 群間、A 群と C 群間で B 群と C 群間であった。

体幹部において、各被検者群間に有意な差がみられたのは、%fat における A 群と B 群間、A 群と C 群間、B 群と C 群間であり、LBM における A 群と C 群間、B 群と C 群間であった。

身体全身において各被検者群間に有意な差がみられたのは、BMD における A 群と C 群間であり、%fat における A 群と B 群間、A 群と C 群間、B 群と C 群間であり、LBM における A 群と C 群間、B 群と C 群間であった。また、肋骨と骨盤の部位における BMD で各被検者群間に有意な差がみられたのは、A 群と B 群間、A 群と C 群間であった。

4. 考 察

DEXA 法を用いての測定の結果、若年者トレーニング群 (A 群) 高齢者トレーニング群 (B 群) 高齢者運動群 (C 群) の身体全体の除脂肪体重 (LBM) は A 群 B 群 C 群の順に高い値がみられた。また、3 群間に体重のほとんど差がみられないにもかかわらず LBM は A 群が 48.3 kg を B 群が 45.6 kg C 群が 39.0 kg を示し、A 群と C 群、B 群と C 群間に有意な差がみられた。

本研究における各群の LBM は、これまでに報告^{1,5,22)}されているところの高校一流駅伝選手の 53.9 kg, 大学選手の 51.9 kg, 一般成人男子の 53.1 kg よりやや低い値であった。年をとった東洋人の LBM は、若年者に比較して 6~7 kg 軽くなることが報告¹³⁾されている。しかし、本研究の A 群は B 群との間に 55.7 歳の年齢差があるにもかかわらずほぼ同様の値を示した。これは

長期間の歩行による運動の効果として、肥満の防止と加齢にともなう筋量減少の抑制がなされたものと思われる。

これまでに、一流の陸上長距離選手の %fat は10%以下であることが報告^{1,5,22)}されている。また、一般成人男子（年齢19.9歳，身長170.2cm，体重61.14kg）の %fat は，13.0%が報告⁵⁾されている。

本研究における身体全体の体脂肪率(%fat)はA群が9.7%をB群が16.6%をC群が24.4%をそれぞれ示し，A群B群C群の順に低い値を示した。また，3群間にはそれぞれ有意な差がみられた。また，C群はA群より14.7%，B群より7.8%高い値であった。

Kohrt, W. M. 達⁷⁾は運動習慣のない座業者と持久性のトレーニングをしている環境の青年(25.8歳～26.0歳)と高齢者(年齢64.2歳～62.4歳)のそれぞれの %fat を比較して，年齢に関係なく運動習慣のある方が低い %fat を示し，持久性のトレーニングをしている青年と高齢者の %fat がそれぞれ10.0%と17.1%であったことを報告している。これらのことからB群での長期間の歩行トレーニングの継続は，加齢に関係なく除脂肪体重を維持させるとともに身体全身の脂肪量を減少させ，結果的に低い %fat を得ることができたと思われる。さらに，運動によって除脂肪体重が維持されて脂肪量の減少がみられたことは，運動効率から考えると身体の移動が有利になりその結果として運動成果を高め障害予防に役立つものと考えられる。

骨粗鬆症の発生率が男性に比較して女性に圧倒的に多くみられる理由から，年齢にともなう骨密度の低下に関する研究報告は，女性に関係するのが数多くみられ男性の高年齢者についての研究報告^{8,15,17)}は比較的少ない。

高年齢者において，骨密度の最も顕著な減少がみられる部位は，脊柱であり20歳に比較して80歳においては男性が55%，女性が40%位であるともいわれている⁵⁾。

Kin, K 達⁶⁾によると男性の骨密度は一般人の場合20歳代以降から減少傾向がみられると報告している。一方，運動が骨密度の低下を防止し，骨粗鬆症の予防としての効果があるとの報告がある。

Suominen, H. 達¹⁵⁾は70歳代から80歳代の男性の長距離ランナーとヤスビードランナーの踵骨密度が運動経験のない同年代に比較して有意に高いことを報告している。

しかし，これまでの加齢にともなう運動と骨密度に関する研究は，身体の一部位をとらえて分析した報告が多くみられ全身の骨密度値による検討は少ない，本研究では身体全身の骨密度と身体各部の骨密度を測定し運動経験との関係を比較した(図3)。

図2にみられるように各群間の骨密度値の有意($P < 0.05$)な差を，主に①年齢による影響，②運動量による影響，③年齢または運動量による影響，④年齢と運動量の両方による影響，としてとらえ骨密度の低下が加齢によるものなのか運動によるものなのかの検討を試みた。

それによると，運動によると推察されるのは脚部の骨密度であり，加齢と運動によると推察されるのは腕部と全身の骨密度であった。

つまりこれらのことは、C群が1ヶ月間に1回以上の運動を実施するのに対してB群は1週間に5日間以上の運動を長期間において実施していることから運動量の差が骨量の減少傾向を抑制されたものと思われる。中村¹⁰⁾は運動が骨に作用するよい要因として局所的に重力荷重と筋力が重要であると報告している。また、渡辺達²⁰⁾は長距離選手の大腿骨近位部やサッカー選手の大腿骨位部や腰椎の骨密度が一般人に比較して増加がみられることを報告している。さらに、運動量の増加により骨量が増加する理由として、町田達⁸⁾は局所的な部分での骨組織の圧縮や引張りにもない発生する電気現象による骨形成刺激と hydroxyapatite 結晶内外でのCa²⁺の移動と骨疲労の修復転機などが可能性としてであると報告している。一方、七五三木達は持久的トレーニングが骨膜での骨形成亢進に起因した骨量増加とそれの維持により骨老化としての骨量減少に抑制的で、それは運動が引き起こす代謝内分泌性の因子より運動時に加わる力学的要因が関係をしていることを報告している。

以上これらのことから、運動は加齢にともなう骨密度の減少防止に好影響を与えていることが示唆された。したがって、若年者に比較して体力的に問題のある高年齢者が骨密度の減少を運動によって防止するためには、毎日の生活において簡単に実施できる歩行運動をより長い時間、また運動中に重力が強く作用するような身体動作を取り入れながら習慣化することが望ましいと思われる。

5. ま と め

DEXA 法に基づく X線骨密度測定装置を用いて長期期間の運動経験ある高年齢者と専門的トレーニングをおこなっている若年者運動選手の身体組成と全身骨密度を測定し、長期間の運動経験が高年齢者の身体組成と全身骨密度に与える影響を検討したところ次のような結果が得られた。

- 1) A群、B群、C群の LBM はいずれも体幹、下肢、上肢の順に高い値を示した。
 身体全体の LBM は A群が48,337 ±3,64 g, B群が45,626 ±5,020 g, C群が39,021 ±3,781 g を示し、A群、B群、C群の順に高い値を示し、A群とC群間、B群とC群間にそれぞれ有意 (P<0.05) な差がみられた。
- 2) A群とB群の %fat は体幹、腕部、脚部の順に低い値を示したが、C群の %fat は腕部、体幹、脚部の順に低い値を示した。
 身体全体の %fat は A群が9.7 ±2.5%, B群が 16.6 ±5.5%, C群が24.4 ±4.7% を示し、A群、B群、C群の順に低い値を示した。A群とB群間、A群とC群間、B群とC群間にそれぞれ有意 (P<0.05) な差がみられた。
- 3) A群の BMD は頭部、脚部、骨盤、脊柱、体幹、腕部、肋骨の順に高い値を示した。BとC群の BMD はともに頭部、脚部、脊柱、骨盤、体幹、腕部、肋骨の順に高い値を示し、

A群に比較して脊柱の BMD が骨盤より高い値を示した。

身体全体の BMD は A 群が $1.142 \pm 0.061 \text{ g/cm}^2$, B 群が $1.102 \pm 0.088 \text{ g/cm}^2$, C 群が $1.018 \pm 0.080 \text{ g/cm}^2$ を示し, A 群, B 群, C 群の順に高い値を示した。

A 群と C 群間に有意 ($P < 0.05$) な差がみられた。

- 4) 以上のことから, 高年齢者における長期間の運動経験は LBM, BMD の減少と %fat の増加を抑制させることが示唆された。

本研究を行うにあたり, 多大なる御配慮を賜りました岡山中央病院院長金重哲三先生に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 跡見順子ほか: AT 及び身体組成からみた男女中長距離選手の記録差. 1983年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集: 72-75, 1983.
- 2) Bilanin, J. E., et al: Lower vertebral bone density in male long distance runners. Med. Sci. Sports Exerc. 21-1: 66-70, 1989.
- 3) Conroy, B. P., et al: Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. Med. Sci. Sports Exerc. 25-10: 1103-1109, 1993.
- 4) 今村まゆみほか: トレーニングによる月経異常と骨塩量の変動 J. J. Sports Sci. 11-3: 218-222, 1992.
- 5) 北川薫: 老化と基礎的身体組成. 体育の科学 37-9: 653-657, 1987.
- 6) Kin, K., et al: Bone mineral density of spine in normal japanese subjects. 日本骨代謝学会雑誌. 8: 53-56, 1990.
- 7) Kohrt, W. M., et al: Body composition of healthy sedentary and trained, young and older men and women. Med. Sci. Sports Exerc. 24-7: 832-837, 1992.
- 8) 町田晃ほか: 高年齢者の骨組織に対する運動の影響 —筋肉との関係を中心に—. J. J. Sports Sci. 10-11: 734-739, 1991.
- 9) 宮元章次: 習慣的な運動が青年期の骨塩量に及ぼす影響に関する研究. 学校保健研究 33-1: 24-32, 1991.
- 10) 中村利孝: 骨粗鬆症と運動: 第45回日本体力医学会大会予稿集: 114, 1190.
- 11) 日本エアロビックフィットネス協会: 骨粗鬆症予防のための効果的運動療法の研究開発事業報告書: 1992.
- 12) 澤井和彦ほか: 活動的な女性の閉経後の骨密度. J. J. Sports Sci. 12-9: 589-593, 1993.
- 13) Shepard, R. J. (原田正美, 山地啓司訳): シェファード老年学 —身体活動と加齢—. 医学書院, 1979.
- 14) 白木正孝ほか: 加齢と骨塩含量 第6報 Single photon absorptiometry と dual photon absorptiometry による骨塩含量測定と比較. 日本老年医学会誌 25-6: 591-595, 1988.
- 15) Suominen, H., et al: Bone mineral density of the calcaneus in 70-to 80-yr-old male athletes and a population sample. Med. Sci. Sports Exerc. 23-11: 1227-1233, 1991.
- 16) 七五三木聡ほか: マスターズランナーの骨量. J. J. Sports Sci. 9-11: 722-728, 1990.
- 17) 高沢春夫ほか: 中高年齢者の運動と骨粗鬆症および変形性変化との関連について. 体育科学 11: 188-193, 1983.
- 18) 游逸明ほか: 超音波法を用いた骨量評価法について —踵骨超音波測定装置 Achilles の使用経験—. Therapeutic Research 13-9: 233-241, 1992.
- 19) 游逸明ほか: DEXA 法による全身骨塩量と組織量の測定の臨床的有用性について. 日骨形態誌 2: 149-153, 1992.

- 20) 渡辺基ほか：スポーツ選手の骨塩量の検討. 第11回西日本臨床スポーツ医学研究会報告集：153-156, 1991.
- 21) Williams, J. A., et al：The effect of long-distance running upon appendicular bone mineral content. Med. Sci. Sports Exerc. 16-3：223-237, 1984.
- 22) 吉沢茂弘 ほか：高校駅伝男子一流選手の有酸素性作業能力および無酸素性作業閾値. J. J. Sports Sci. 10-3：234-240, 1991.

(平成5年11月30日受理)