

青少年期の運動経験が中高年者の下肢筋力 および骨強度に及ぼす影響

土屋 陽 祐 齋 藤 里 美
濱 野 早 紀 亀ヶ谷 純 一
森 田 恭 光 越 智 英 輔
黒 川 貞 生

I. 緒 言

現在、日本は高齢者の割合が25%を超え、超高齢社会を迎えている¹⁾。そして、日本の平均寿命は女性が86.8歳、男性が80.1歳であり、今後もさらに伸びることが予想されている⁴⁾。そのため、日常生活に制限のない期間と定義される「健康寿命」の延伸はきわめて重要な課題の一つである⁴⁾。平成22年度の厚生労働省のデータでは、平均寿命と健康寿命の差は男性が9.13年、女性が12.68年である一方、平均寿命の延伸によって健康寿命との差が広がることが懸念されている⁴⁾。この差を短縮することができれば、個人の生活の質(QOL)の低下を防ぐとともに、医療費や介護給付費も削減できると考えられる。

加齢に伴う骨、関節、骨格筋等の運動器の機能低下はロコモティブシンドロームと呼ばれ、近年重要視されているテーマである^{13),14)}。骨粗鬆症による骨折や、関節リウマチによる骨破壊などの病変は、高齢者のQOLを低下させ、健康寿命を短縮させる¹³⁾。また、高齢者における寝たきりの原因については、転倒による骨折が大きな割合を占めており、その予防についてはバランス能力や筋

力の維持が重要であるとされている¹⁰⁾。特に加齢に伴う筋量や筋力の低下は上肢よりも下肢において顕著である^{8),21)}。大腿四頭筋の筋量・筋力の低下は著しく、膝伸展筋力では高齢者は若年者と比較すると35~50%、筋横断面積では25~33%低下することが報告されている^{7),8),21)}。したがって、加齢に伴う骨強度や下肢筋力低下の予防は健康寿命延伸のために極めて重要であるといえる。

いくつかの先行研究では、過去の運動経験が現在またはその後の体力や骨量の低下を抑えることが報告されている^{11),16),20)}。大畑らは、大学生を対象に中学校・高校時代に運動経験を有する者は骨量が高いと報告している¹⁶⁾。また、小泉らも同様に中学校・高校時代に運動経験がある群と運動経験のない群を比較した結果、運動経験がある群の方が、有意に瞬発力および筋持久力が高かったと報告している¹¹⁾。以上の先行研究から、過去の運動経験がその後の体力や骨強度の維持・増加に重要であることが明らかとなっている。しかし、中高年者を対象に運動経験と下肢筋力および骨強度を同時に評価した研究は十分ではないことから、それらを明らかにすることで青少年期における運動の重要性を明確にすることができると考えられる。

そこで我々は、小学校・中学校・高校時代の運動経験が中高年者における下肢筋力および骨強度に及ぼす影響を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は 2011 から 2013 年度の本学主催イベント体力測定プログラムに参加した男女 46 名 (56.9±16.0 歳) とした。本研究では、小学校・中学校・高校時代のいずれかで運動経験を有する運動経験あり群 ($n = 23$: 男性 10 名, 女性 13 名), いずれにおいても運動経験のない運動経験なし群 ($n = 23$: 男性 7 名, 女性 16 名) の 2 群に分けた。両群の身体的特徴を表 1 に示した。

2. 測定項目

1) 身体組成

身体組成については身長, 体重, 体脂肪率, 除脂肪体重, 筋量および Body mass index を測定した。体重, 体脂肪率, 除脂肪体重, 筋量の測定については, タニタ社製体組成計 (MC-190) を用いて, インピーダンス法にて測定した。

2) 等尺性膝関節伸展・屈曲筋力

等尺性膝関節伸展・屈曲筋力の測定は等尺性膝

関節筋力測定装置 (VINE 社製) を用いた。測定姿勢は座位にて, 被験者の膝関節中心が筋力測定装置の回転中心と一致するようにシートの位置を調節した。その後, ストラップを用いて被験者の足関節を筋力測定装置のアタッチメントに固定した。測定姿勢は, 股関節 100 度 (完全伸展位 180 度), 膝関節 90 度 (完全伸展位 180 度) とした。なお, 得られた値は筋量あたりの相対値で示した。

3) 音響的骨評価値

骨強度の指標として, 超音波骨評価装置 (ALOKA 社製 AOS-100) を使用し, 右踵骨の音響的骨評価値 (Osteo Sono-assessment Index: OSI) を算出した。OSI の測定は振動子で固定したのち, 中心周波数 0.5 MHz の低周波パルス波の送受信を行い, 踵骨通過後の超音波伝播速度 (Speed Of Sound: SOS) と超音波減衰 (透過) 係数 (Transmit Index: TI) から演算 ($SOS^2 \times TI$) により総合的な指標として OSI を算出した。

4) 過去の運動経験・現在の運動習慣の調査

質問紙により小学校, 中学校, 高校時代に授業以外での運動経験の有無を調査した。また, 現在の運動習慣についても質問紙により, 現在の運動・スポーツ活動の実施状況を調査した (表 1)。

表 1 運動経験あり群と運動経験なし群の身体的特徴および現在の運動習慣の比較

	運動経験あり群 ($n=23$)	運動経験なし群 ($n = 23$)
年齢 (歳)	50.9±17.0	58.2±14.4
身長 (cm)	154.9±10.1	151.5± 7.9
体重 (kg)	55.5±12.5	53.8± 9.4
体脂肪率 (%)	21.2± 7.5	22.6± 8.0
除脂肪体重 (kg)	43.8±10.4	41.4± 7.5
筋量 (kg)	41.4± 9.9	39.1± 7.2
Body mass index	21.0± 3.2	21.5± 3.0
現在の運動習慣 (%)	47.8	34.7

n.s.

3. 統計処理

すべての値を平均値±標準偏差で示した。両群間の有意差の検定には対応のない t-test を行った。また、項目間の相関関係についてはピアソンの相関係数を用いた。有意水準はすべて5%未満とした。なお、全ての統計処理には Excel 2010 for Windows を使用した。

III. 結果

身体組成の結果を表1に示した。全ての項目において両群間に有意な差はみられなかったものの、除脂肪体重（運動経験あり群：43.8±10.4 kg；運動経験なし群：41.4±7.5 kg）と、筋量（運動経験あり群：41.4±9.9 kg；運動経験なし群：39.1±7.2 kg）については、運動経験あり群が運動経験なし群に比べて高い傾向を示した。

筋量あたりの等尺性膝関節伸展筋力については、運動経験あり群が 0.054±0.014 Nm/BW、運動経験なし群が 0.046±0.011 Nm/BW と、運動経験あり群が運動経験なし群に比べて有意に高値を示した ($p < 0.05$, 図1)。また、等尺性膝関節屈曲筋力においても、運動経験あり群が (0.026±0.007 Nm/BW)、運動経験なし群 (0.021±0.008 Nm/BW) に比べて有意に高値を示した ($p < 0.05$, 図1)。一方、OSIについては、両群間に有意な差はみられなかった (図2)。

加えて我々は、各測定項目の相関関係について分析した。その結果、両群、群別ともに OSI と体重および OSI と筋量との間に有意な正の相関関係がみられた (体重： $r = 0.57$, $p < 0.01$ ；筋量： $r = 0.65$, $p < 0.01$, 図3)。

IV. 考察

本研究は、青少年期の運動経験が中高年者における下肢筋力および骨強度に及ぼす影響について検討した。その結果、青少年期に運動経験を有する群は運動経験のない群に比べて、有意に高い等尺性膝関節伸展・屈曲筋力を有していた。また、両群ともに骨強度と体重および筋量との間に有意な正の相関関係がみられた。したがって、青少年期における運動経験は、その後の下肢筋力の維持に重要であることが示唆された。さらに、骨強度の維持については筋量および体重と関係している可能性も示唆された。

本研究では、等尺性膝関節伸展・屈曲筋力は運動経験あり群の方が運動経験なし群に比べて有意に高値を示した (図1)。筋力は筋横断面積および中枢神経系に依存する⁶⁾。中枢神経系による筋力の調節としては、1) 動員する運動単位の総数、2) 運動神経発火頻度、3) 運動単位の活動時相の3つの機序により調節される⁶⁾。したがって、筋力は筋横断面積と完全に比例しないことは広く知られている。Jubrias らは、加齢に伴う大腿四頭筋の委縮は筋力低下と完全には一致しないことを報告している⁹⁾。本研究結果を上述の知見に基づいて解釈すると、過去の運動習慣はその後の筋量維持を期待できないものの、神経系の要素を含む筋力の維持には効果があるかもしれない。ただし、この検討は現在の運動習慣を考慮しなければならない。本研究では、現在の運動習慣についても調査した結果、運動経験なし群が34.7%であったのに対して、運動経験あり群は47.8%が現在も運動習慣があると回答した (表1)。よって、本研究における運動経験あり群が運動経験なし群に比べて有意に高い下肢筋力を有していたことは、過去

の運動経験のみならず現在の運動習慣が関係している可能性もある。しかしながら、本研究で実施した質問紙では十分に評価できなかったことが考えられるため、今後は高校以降に実施している運動種目や運動頻度、運動を中断してから現在までの期間を詳細に考慮した検討が必要であると考えられる。

骨に対する運動刺激が骨密度を増加させることは数多く報告されている^{2), 12), 15), 19)}。Suominenらは70歳から80歳の男性において過去に運動経験があり、かつ現在も運動習慣のある群は、運動経験のない群に比べて骨密度が高いことを報告している¹⁷⁾。また、平田らは週に5日以上運動を行っている男性高齢者と1か月に1回程度の運動を行っ

ている高齢者の骨密度を比較した結果、週に5日以上運動を行っている男性高齢者の方が、下肢の骨密度が有意に高かったことを報告している⁵⁾。しかしながら本研究では、運動経験あり群と運動経験なし群の間に、OSIに有意な差はみられなかった(図2)。先行研究と異なる結果であった要因として、骨量の増減には女性ホルモンが大きく影響するが¹⁾、本研究では対象者が男女混合であり、年齢層にも幅があったことが挙げられる。したがって、今後は性別や年齢層を限定した調査が必要である。さらに、先行研究では骨密度の測定をDual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA)法で実施しており、本研究とは測定方法が異なることも要因かもしれない。本研究で使用したOSI

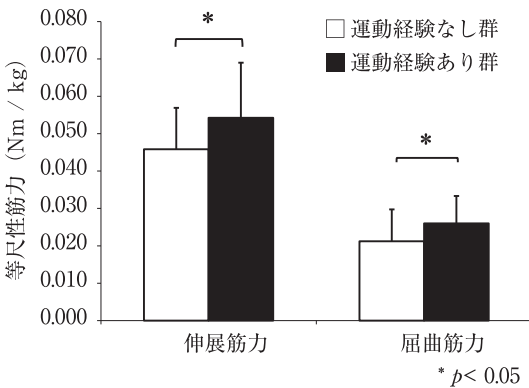


図1 運動経験あり群と運動経験なし群における等尺性膝関節伸展・屈曲筋力の比較

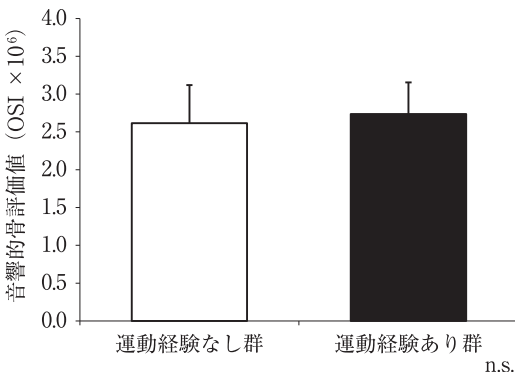


図2 運動経験あり群と運動経験なし群における音響的骨評価値の比較

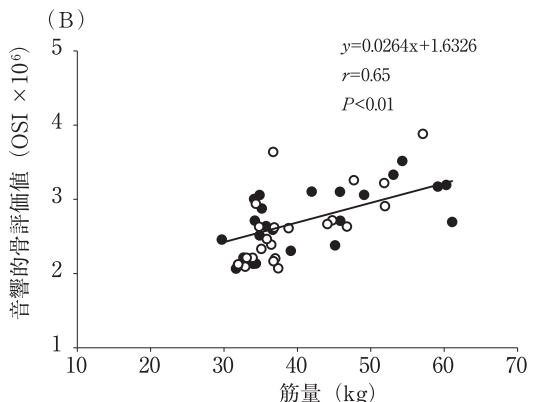
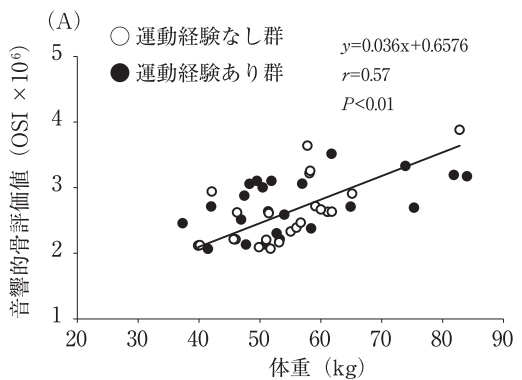


図3 全被験者における音響的骨評価値と体重 (A), 筋量 (B) との関係

はDEXAと比較して、簡便かつ短時間で測定が可能であり¹⁸⁾、被ばくしない点を考慮して用いた。したがって今後はOSIに加えてDEXAを用いるとともに、サンプル数を増やし検討する必要がある。

本研究では、両群ともにOSIと体重および筋量との間に有意な正の相関関係がみられた(図3)。骨強度は、機械的刺激によって増加する^{2), 19)}。この機械的刺激に対する骨の反応は、mechanostat theoryと呼ばれ、加わった応力によって骨には変形と歪みが生じ、骨の構築・再構築が活性化されると報告されている²⁾。古川らは女子大生の骨密度と身体組成との関係について検討した結果、筋量と骨密度との間に有意な正の相関関係があったことを報告している³⁾。本研究結果をもとに解釈すると、OSIにおいて群間に有意な差はみられなかったことから、骨強度の維持には過去の運動経験よりも、現在の体重及び筋量が影響する可能性が示唆された。特に、身体組成の観点からみると、筋量を増加させることが重要であることが示唆された。

V. まとめ

本研究では、青少年期の運動経験が中高年者における下肢筋力および骨強度に及ぼす影響について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 過去に運動経験を有する群は運動経験のない群に比べて、等尺性膝関節伸展・屈曲筋力が高かった。
- 2) 音響的骨評価値は、両群間に有意な差はみられなかった。
- 3) 両群ともに骨強度と体重および筋量との間に有意な正の相関関係がみられた。

以上のことから、青少年期における運動経験は、その後の大腿部筋力の維持に重要であることが示唆された。加えて、骨強度の維持のためには筋量を主とした体重の維持が重要であることも示唆された。

謝 辞

本研究の測定において多大なるご協力をいただきました本学健康・スポーツ科学部門の講師の先生方に感謝致します。また、測定にご協力していただいた被験者の皆様にも深く感謝致します。

参考文献

- 1) Ducher G, Turner AI, Kukuljan S, Pantano KJ, Carlson JL, Williams NI, De Souza MJ. Obstacles in the optimization of bone health outcomes in the female athlete triad. *Sports medicine* 2011; 41: 587-607.
- 2) Frost HM. Bone's mechanostat: a 2003 update. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2003; 275: 1081-1101.
- 3) 古川彩, 久米雅. 女子大学生の骨密度と身体組成および運動経験との関連について. 京都文教短期大学研究紀要 2010; 49: 129-134.
- 4) 厚生労働科学研究班: 厚生労働科学研究費補助金, 健康寿命における将来予測と生活習慣病対策費用対効果に関する研究.
- 5) 平田敏彦, 高橋香代, 鈴木久雄, 三浦孝仁, 太田善介. 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. 岡山県立大学短期大学部研究紀要 1994; 106-114.
- 6) 市橋則明. 筋力トレーニングの基礎知識 — 筋力に影響する要因と筋力増加のメカニズム —. 京都大学医療技術短期大学部紀要. 健康人間学 1997; 9: 33-39.
- 7) 池添冬芽, 浅川康吉, 島浩人, 市橋則明. 加齢による大腿四頭筋の形態的特徴および筋力の変化について: 高齢女性と若年女性との比較. 理学療法学 2007; 34: 232-238.
- 8) Janssen I, Heymsfield SB, Wang Z, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of Applied Physiology* 2000; 89: 81-88.
- 9) Jubrias SA, Odderson, IR, Esselman, PC, Conley KE. Decline in isokinetic force with age:

- muscle cross-sectional area and specific force. *Pflügers Archiv* 1997; 434: 246-253.
- 10) 菊池直樹, 黄仁官, 上田大, 土屋陽祐, 松永修司, 山田保, 井川正治. 転倒経験を有する女性高齢者における体力的要素と主観的 ADL スコアの特徴 — 上肢および下肢反応時間に着目して —. *運動とスポーツの科学* 2010; 16: 55-60.
 - 11) 小泉佳右. 現代における女子短期大学生の体力と運動経験の有無による体力差. *植草学園短期大学紀要* 2007; 8: 35-46.
 - 12) Maïmoun L, Mariano-Goulart D, Couret I, Manetta J, Peruchon E, Micallef JP. Effects of physical activities that induce moderate external loading on bone metabolism in male athletes. *J Sports Sci* 2004; 22: 875-883.
 - 13) 宮崎剛, 田中栄. 加齢に伴う活性酸素増加が骨代謝に及ぼす影響. *健康医科学研究助成論文集* 2007; 24: 118-125.
 - 14) 中村耕三. 超高齢社会とロコモティブシンドローム. *日本整形外科学会雑誌* 2008; 82: 1-2.
 - 15) O'Donovan G, Blazeovich AJ, Boreham C, Cooper AR, Crank H, Ekelund U. The ABC of Physical Activity for Health: a consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *J Sports Sci* 2010; 28: 573-591.
 - 16) 大畑智弘, 上地勝, 市村国夫, 秋坂貴史. 女子短大生の骨強度と運動習慣との関連. *学校保健研究* 2006; 47: 535-542.
 - 17) Suominen H, Rahlkila P. Bone mineral density of the calcaneus in 70-to 81-yr-old male athletes and a population sample. *Medicine and science in sports and exercise* 1991; 23: 1227-1233.
 - 18) Tsuda-Futami E, Hans D, Njeh CF, Fuerst T, Fan B, Li J, He YQ, Genant HK. An evaluation of a new gel-coupled ultrasound device for the quantitative assessment of bone. *Br J Radiol* 1999; 72: 691-700.
 - 19) Turner CH, Robling AG. Exercise as an anabolic stimulus for bone. *Curr Pharm Des* 2004; 10: 2629-2641.
 - 20) 山田亜紀子, 北川淳, 永田瑞穂, 中原凱文. 女子大学生の運動経験および骨代謝マーカーと骨量の関係. *和洋女子大学紀要, 家政系編* 2008; 48: 55-63.
 - 21) Young A, Stokes M, Crowe M. Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *European journal of clinical investigation* 1984; 14: 282-287.