

## 論 文

# 卓球が中高年女性の骨密度に及ぼす影響

The effect of table tennis on bone mineral density (BMD) in middle aged women

中谷 昭<sup>1)</sup>, 清水智佳子<sup>2)</sup>, 吉田 輝代<sup>3)</sup>  
奥田 千秋<sup>3)</sup>, 吉岡 哲<sup>1)</sup>, 山口 幸一<sup>1)</sup>

**要約:** 加齢に伴う骨密度の低下は骨折の危険性を増大する。一方、運動やカルシウムの摂取は骨の形成を亢進し骨密度を高めることが知られている。そこで本研究では卓球クラブに所属する40～65歳(52.7±8.5歳)の中高年女性と日頃定期的に運動を行わないほぼ同年齢の中高年女性(51.7±5.7歳)を対象とし、卓球が骨密度に及ぼす影響について検討した。超音波骨密度測定装置(Lunar社製, Achilles 1000)を用い右足踵骨において測定し得られたStiffnessを骨密度の指標とした。その結果、対照群の骨密度が71.1±11.4に対し卓球群では80.7±13.4と卓球群が有意(P<0.05)に高い値を示した。また、日本人の同年齢の平均骨密度と対象者の骨密度との比率である% Age Matchedは対照群と比較して卓球群で約13%高かった(P<0.01)。年齢、体重、除脂肪体重及びカルシウム摂取量は両群間で有意差が認められなかった。

以上のことより、中高年女性において卓球は骨密度を高い値に維持するのに効果があるものと考えられる。

**Key Words:** 卓球, 骨密度, 体組成, 中高年女性, 超音波骨密度測定

### I. 緒言

骨は主にカルシウムやリンなどの無機塩類とコラーゲンなどの有機質によって構成されている。骨の強度は骨密度と骨質の2つの要因からなり、特に骨密度の低下が大きな影響を与える。骨密度は一定容積中の無機塩類の量を示すもので、骨密度が高いほど骨の強度が高いと考えられる<sup>10)</sup>。骨密度は成長とともに増大し、20～30歳で最大値を示し、その後加齢とともに低下する。特に女性は閉経とともに骨密度の低下が加速されることが知られている<sup>12)</sup>。

骨密度は運動や食事によっても影響を受ける。Wuら<sup>13)</sup>は閉経後の女性におけるカルシウム摂取量と骨密度に関するmeta-analysisを行い、カルシウム摂取と骨密度の間には量的関係があり、骨密度の低下を防ぐためには1日1200mgのカルシウムの摂取が必要であること

を報告している。また、Vuoriら<sup>12)</sup>は、器械体操、ウエイトリフティング、ボディービルのような高強度の負荷を含むスポーツをする選手で骨密度が最も高く、水泳のように体重による負荷のかからないスポーツをする選手で骨密度が低いことを報告している。

ところで、近年中高年女性で卓球をする人口が増加している。卓球は中高年者から始めることができる比較的簡単なスポーツであり、卓球をする場所やクラブが多く、長期に継続する人も多い。しかし、メッツで示される運動強度は類似のテニスが7.3、バドミントンが5.5、ラケットボールが7.0に対して卓球の運動強度は4.0と比較的に低い<sup>1)</sup>。従って、卓球は骨密度に対しては大きな影響を持たないと考えられるが、これまで中高年女性を対象として卓球が骨密度に与える影響についての検討はなされていない。

そこで、本研究では骨密度が加齢とともに低下すると考えられる40歳以上の中高年女性を対象に、卓球が骨密度に及ぼす影響について検討した。

### II. 方法

#### A. 対象者

N市内の卓球クラブに所属する中高年女性49名(卓球群)及び公民館の文化系サークルに所属し、定期的

2018年12月4日受付／2019年1月24日受理

<sup>1)</sup> Akira NAKATANI  
Akira YOSHIOKA  
Koichi YAMAGUCHI  
関西福祉大学 教育学部

<sup>2)</sup> Chikako SHIMIZU  
奈良教育大学附属幼稚園

<sup>3)</sup> Teruyo YOSHIDA  
Chiaki OKUDA  
元奈良教育大学 教育学部

な運動習慣を有さない中高年女性 15 名（対照群）を対象とした。卓球群の卓球経験年数は  $12.9 \pm 7.0$  年，週あたりの練習回数は  $2.1 \pm 0.8$  回，1 回あたりの練習時間は  $2.5 \pm 0.4$  時間であった。本研究は「ヘルシンキ宣言」で承認された倫理基準に従って実施し，対象者には研究の趣旨や測定方法についてあらかじめ説明し，同意を得て行った。

### B. 形態計測

身長，体重，体脂肪率，体脂肪量，除脂肪体重を測定した。

体重はデジタル精密体重計（エー・アンド・デイ社製，UC-300）を用いて測定した。体脂肪率は体脂肪測定装置（積水化学工業社製，バイオインピメーター SS103）を用い，BI 法（Bioelectrical Impedance Analysis）により推定した。体脂肪量は体重に体脂肪率をかけることにより算出し，除脂肪体重は体重から体脂肪量を差し引くことで求めた。

### C. 骨密度測定

骨密度は超音波骨密度測定装置（Lunar 社製，Achilles 1000）を用い測定した。右足踵骨に低周波（100～300kHz）の超音波を照射し，得られた超音波伝播速度（SOS：Speed of Sound）と超音波伝播減衰係数（BUA：Broadband Ultrasound Attenuation）から算出される Stiffness を計算し骨密度の指標とした。踵骨は海綿質が約 95% で緻密骨が少なく，超音波が通りやすい。また，閉経後において骨量が減少し始めた場合最初に変化が見られる部位であると言われている。なお，対象者と同一年齢の推定骨密度との比率を示す % Age Matched は，（各対象者の骨密度 ÷ 各対象者と同一年齢の日本人の平均骨密度）× 100 で求めた。

### D. 栄養調査

栄養調査は 3 日間の食事記録法により行った。朝食，昼食，夕食及び間食のそれぞれに記載された献立，材料及び目安量をもとに，ジャミック栄養リポートソフト（日本医療情報センター）を用い，1 日の総摂取カロリー，糖質，脂質，タンパク質，カルシウム及び鉄の摂取量を算出した。

### E. 統計処理

測定項目は平均 ± 標準偏差で算出し，二群間の比較は対応のない t 検定を用いた。また，骨密度と他の測定

項目との相関は Stat View（株式会社ヒューリングス）を使用し分析した。なお，有意水準は 5% 未満とした。

### III. 結果

対象者の年齢及び身体特性は表 1 に示した。対照群の平均年齢は  $52.7 \pm 8.5$  歳に対して卓球群の平均年齢は  $51.7 \pm 5.7$  歳で両群間に有意差は認められなかった。また，身長，体重，体脂肪率，体脂肪量，除脂肪体重など身体特性においても両群ほぼ同じ値を示し，有意差は認められなかった。

表 1 対象者の年齢及び身体特性

	対照群 (n=15)	卓球群 (N=49)
年齢(歳)	$52.7 \pm 8.5$	$51.7 \pm 5.7$
身長(cm)	$155.6 \pm 6.4$	$155.9 \pm 4.9$
体重(kg)	$54.4 \pm 6.9$	$53.5 \pm 6.3$
体脂肪率(%)	$28.6 \pm 4.7$	$28.3 \pm 4.4$
体脂肪量(kg)	$15.7 \pm 4.3$	$15.2 \pm 3.7$
除脂肪体重(kg)	$38.7 \pm 4.1$	$38.3 \pm 3.9$

両群の骨密度（Stiffness）は図 1-A に，% Age Matched は図 1-B に示した。対照群の骨密度は  $71.1 \pm 11.4$  に対して，卓球群では  $80.7 \pm 13.4$  と卓球群で有意（ $P < 0.05$ ）に高い値が認められた。% Age Matched は対照群の  $89.1 \pm 11.8\%$  に対し，卓球群では  $101.0 \pm 15.1\%$  と卓球群で有意（ $P < 0.01$ ）に高い値を示した。

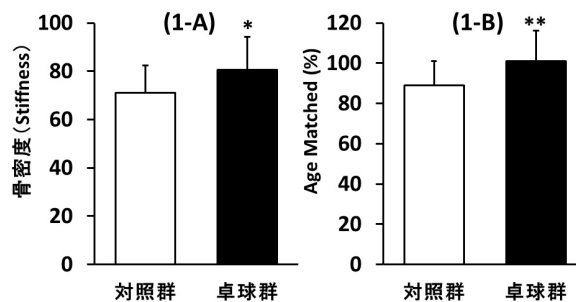


図 1 卓球が中高年女性の骨密度 (Stiffness) (1-A) 及び % Age Matched (1-B) に及ぼす影響

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

各群の栄養摂取量は表 2 に示した。1 日のカルシウム摂取量は対照群  $589 \pm 226\text{mg}$  に対して卓球群では  $619 \pm 187\text{mg}$  と卓球群がやや高いものの有意差は認められなかった。また，総摂取カロリー，糖質，タンパク質，脂

質及び鉄の摂取量についても両群間で有意差は認められなかった。

表2 各群の栄養摂取量

	対照群 (n=15)	卓球群 (n=49)
総摂取カロリー(kcal)	2154±656	2187±434
糖質(g)	290±94	274±65
タンパク質(g)	85±29	85±18
脂質(g)	68±23	76±20
カルシウム(mg)	589±226	619±187
鉄(mg)	11.5±4.3	11.5±3.1

図2は全対象者の年齢と骨密度との関係を見たものである。両者の間には有意( $P<0.001$ )な負の相関が認められた( $Y=-1.164X + 138.924$ ,  $r=0.553$ )。図3は体重と骨密度の関係を見たものであるが、両者の間には有意な相関が認められなかった。図4は除脂肪体重と骨密度との関係を見たもので、両者の間には有意な相関が認められなかった。図5は1日のカルシウム摂取量と骨密度との関係を見たもので、両者の間には有意な相関が認められなかった。

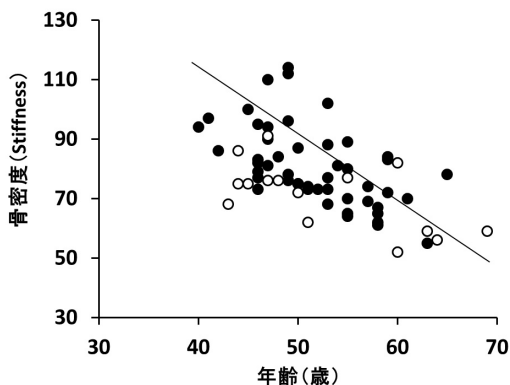


図2 年齢と骨密度(Stiffness)との関係  
 $Y=-1.164X + 138.924$   $r=0.553$   $P<0.001$

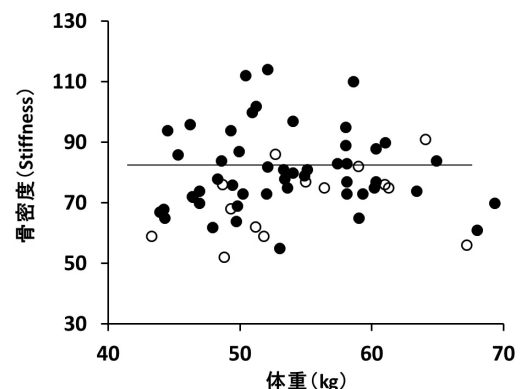


図3 体重と骨密度(Stiffness)との関係  
 $Y=0.024X + 74.671$   $r=0.009$

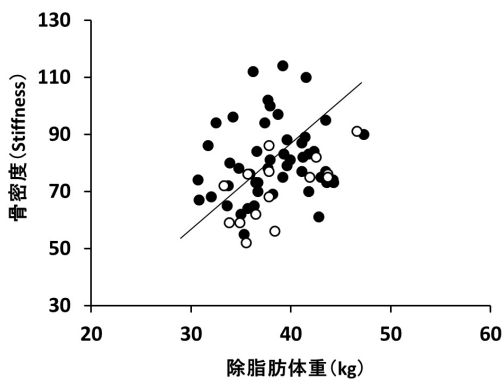


図4 除脂肪体重と骨密度(Stiffness)との関係  
 $Y=0.789X + 48.166$   $r=0.231$

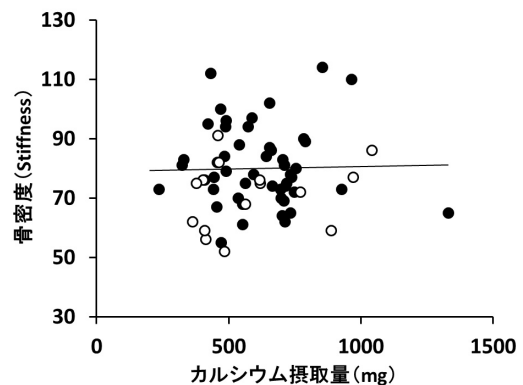


図5 カルシウム摂取量と骨密度(Stiffness)との関係  
 $Y=0.003X + 76.503$   $r=0.046$

#### IV. 考察

生活習慣病の一つとして骨粗鬆症があげられる。骨粗鬆症は「骨強度の低下を特徴とし、骨折のリスクが増大した疾患」と定義されている。骨の強度は骨密度と骨質の2つの要因からなり、特に骨密度の低下が大きな影響を与える。骨は常に新陳代謝を繰り返し、古い骨が壊され(骨吸収)新しい骨が作られる(骨形成)ことにより骨の強度が保たれている<sup>10)</sup>。無重力<sup>4)</sup>やベッドレスト<sup>6)</sup>は骨密度を低下するが、逆に重力や機械的刺激は骨密度を増大すること<sup>5)</sup>が知られている。重力や機械的刺激を与えるものとしては運動があり、骨粗鬆症を予防するためには運動が効果を持つものと考えられる。

Heinrichら<sup>7)</sup>はウエイトリフティングによるレジスタンストレーニングを行うボディビルダー、長距離ランナーや水泳選手及び運動をしない成人女性の骨密度を比較し、ボディビルダーの骨密度が他の群より有意に高かったことを報告している。またCusslerら<sup>3)</sup>は閉経後の女性を対象に1年間のレジスタンストレーニングを行った結果、骨密度は負荷強度に比例して増加すること

を報告していることから、レジスタンストレーニングのように高強度の運動は骨密度の増加には有効であると考えられる。

一方、Nelsonら<sup>11)</sup>は閉経後の女性を対象に1年間のウォーキングを負荷したところ、運動しなかった群では骨密度が7.0%低下したのに対して、ウォーキング群では骨密度が0.5%増加し加齢に伴う骨密度の低下を予防することができたことを報告している。

従って、中高年女性においては中等度の運動により、加齢に伴う骨密度の低下を防ぐことができる可能性があると考えられる。

そこで、本研究では比較的軽い運動と考えられる卓球クラブに所属する中高年女性を対象に骨密度を測定したところ、日頃運動をしない対照群と比較し有意に高い骨密度を示した(図1参照)。従って、中高年女性における骨密度の低下を予防する上で軽度から中等度の運動は効果があるものと考えられる。

骨密度は運動以外に年齢、体重、除脂肪体重、カルシウム摂取量などにより影響されることが知られている。

一般に、骨密度は成長とともに増加し、20～30歳で最大値を示し、その後加齢とともに低下する<sup>12)</sup>。本研究では40～69歳の女性を対象としたが、年齢と骨密度との間に有意な負の相関が認められ加齢に伴う骨密度の低下が見られた(図2参照)。しかし、両群間の平均年齢に差はなく、各年齢における推定骨密度に対する比率を表す% Age Matchedの値にも差が認められなかったため(図1-B参照)、両群間の骨密度の違いは年齢によるものではないと推察される。

体重や除脂肪体重は骨に機械的刺激を与える大きな要因であるため、骨密度との相関が高いことが知られている<sup>9)</sup>。本研究においては体重及び除脂肪体重と骨密度との間に有意な相関は認められず(図3、4参照)、両群間の体重及び除脂肪体重の平均値にも差が見られなかったことから、卓球群で骨密度が有意に高かったのは体重や除脂肪体重の影響ではないと考えられる。

骨密度は一定容積中の無機塩類の量を示すものであり、カルシウムの摂取量の違いが骨密度に影響を及ぼす可能性がある<sup>13)</sup>。しかし、本研究においては骨密度とカルシウム摂取量との間に有意な相関がなく(図5参照)、また、両群間のカルシウム摂取量に差が無かったことから(表2参照)、卓球群で骨密度が高かったのはカルシウム摂取量の違いによるものではないと考えられる。

ところで、若年の頃に高強度運動を行い、最大骨量を

高めておくと、最大骨量の低かった群と比較してその後長期にわたって骨密度が高いことが報告されている<sup>2)</sup>。従って、卓球群の骨密度が高かったのは過去の運動経験の影響があった可能性が考えられる。また、閉経に伴い骨密度は急速に低下するため、対照群では閉経に伴う骨密度のさらなる低下が見られた可能性があるが、本研究では過去の運動歴や閉経の時期などの調査を行っていないため、卓球が骨密度を維持する上で効果があるかどうかを明らかにするためにはさらなる検討が必要である。

## 文献

1. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc.* 43 (8) :1575-1581 2011.
2. Bass S, Pearce G, Bradney M, Hendrich E, Delmas PD, Harding A, Seeman E. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res* 13 (3) :500-507,1998.
3. Cussler EC, Lohman TG, Going SB, Houtkooper LB, Metcalfe LL, Flint-Wagner HG, Harris RB, Teixeira PJ. Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc* 35 (1) :10-7, 2003.
4. Demontis GC, Germani MM, Caiani EG, Barravecchia I, Passino C, Angeloni D. Human pathophysiological adaptations to the space environment. *Front Physiol* 8:547,1-17, 2017.
5. Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat" : a proposal. *Anat Rec* 219 (1) :1-9,1987.
6. Hargens AR, L Vico. Long-duration bed rest as analog to microgravity. *J Appl Physiol* 120:891-903,2016.
7. Heinrich CH, SB Going, RW Pamerter, CD Perry, TW Boyden, TG Lohman. Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 22 (5) :558-563,1990.
8. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievänen H, Mänttari A, Vuori I. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone Miner* 23 (1) :1-14,1993.
9. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR; American College of Sports Medicine. American Col-

- lege of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 36 (11) :1985-96,2004.
10. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015年版 第1章 骨粗鬆症の定義・疫学および成因 A. 骨粗鬆症の概念および定義
  11. Nelson ME, Fisher EC, Dilmanian FA, Dallal GE, Evans WJ. A 1-y walking program and increased dietary calcium in postmenopausal women: effects on bone. *Am J Clin Nutr* 53 (5) :1304-11, 1991
  12. Vuori IM. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 33 (6) Suppl: S551-S586,2001.
  13. Wu J, Xu L, Lv Y, Dong L, Zheng Q, Li L. Quantitative analysis of efficacy and associated factors of calcium intake on bone mineral density in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 28 (6) :2003-2010,2017.