

## 思春期女性の踵骨骨評価値に対する利き足の影響に関する検討

有吉 恵, 相澤 徹, 松岡 紗也香, 山本 彩未, 武岡 健次, 徳家 雅子,  
三井 正也, 目連 淳司, 伊達 萬里子, 田中 繁宏, 檜塚 正一

(武庫川女子大学 文学部 健康・スポーツ科学科)

## Research on influence of laterality of foot on calcaneus bone evaluation value of girls at puberty

Megumi Ariyoshi, Toru Aizawa, Sayaka Matsuoka, Saimi Yamamoto, Kenji Takeoka, Masako Tokka,  
Masaya Mitsui, Jyunji Meren, Mariko Date, Shigehiro Tanaka, and Shoichi Kashiduka

*Department of Health and Sports Sciences, School of Letters,  
Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663-8558. Japan*

When I perform bone evaluation by supersonic wave measurement, I only evaluate the right foot without considering the subject's laterality, or potential differences between right and left foot bone density. Puberty is the period during which bone density rises, and during which the influence of mechanical stress is considered great, and evaluation of the right foot has been considered sufficient to clarify this effect. From the viewpoint of general health and prevention of osteoporosis we must measure one's bone density in puberty, raise the peak bone mass, and maintain it. The present experiment was performed to clarify what kind of influence laterality of foot and exercise habits had on the bone density of the right calcaneus. Exercise habits did not have much influence on the bone density rise if the right foot was non-dominant. However, a meaningful connection was recognized between exercise habits and bone density rise if the right foot was dominant. From these results, it was thought that the measurement of calcaneus bone density by a supersonic wave method in puberty is more effective if the dominant foot is used.

### 緒 言

わが国では人口の急激な高齢化に伴い骨粗鬆症の患者が年々増加しつつあり, その数は現時点では1100万人と推測されている<sup>1)</sup>. 骨粗鬆症とは骨量の減少, 骨の微細構造の劣化の二つの特徴がある全身性の骨の疾患で, この二つの原因で骨の脆弱性が増し, 骨折の危険性が増加した状態のことである.

骨粗鬆症では, 骨折が生じやすくなり, その骨折や疼痛は生活の質, Quality of Life (以下 Q. O. L) を低下させるため, 骨粗鬆症対策は医療のみならず, 社会的にも重要な問題になってきている. これまで骨粗鬆症の予防は, 閉経後の骨量減少を可能な限り抑制することを目標に進められてきた.

しかし, 最大骨量の獲得が低い状態の中で中高年期を迎えてからの予防には限界があると見られている. そこで, 近年では思春期において, 最大骨量をいかに多く獲得するかという積極的な一次予防法が骨粗鬆症予防に最も重要な因子ともいわれ, 焦点が当てられるようになってきている<sup>2)</sup>. 最大骨量を多く獲得するためには, 良質のたんぱく質, ミネラル, ビタミンなどの豊富な栄養バランスの良い食事を摂取し, カルシウム摂取を強化し, 適切な運動を心掛けることが挙げられる<sup>3)</sup>. 成長期に運動をすることは骨に対しての血流がよくなることは勿論, 各細胞の働きも活発になり, 骨に対してのメカニカルストレスの影響でカルシウムの沈着率もよくなると考えられている. 中学校期および高等学校期のスポーツ活動に関して,

体育の授業以外ではほとんどスポーツ活動を行っていない生徒に比べてスポーツを行っている生徒は有意に高い骨密度を示している。この時期のスポーツ活動が骨密度の獲得にとって非常に重要な要因であることが示唆され、骨密度に対して最も強い正の影響が認められた<sup>4)</sup>。現在、超音波法にて踵部の骨密度を測定する際に用いる機器では、主に右足で測定をすることを前提に作られており、測定も利き足に関係なく右足で行っている。テニスや野球など左右非対称の動きが主動作である種目では、上肢の骨密度に左右差が生じる事が報告されている<sup>5)</sup>。さらに、女子高校生を対象にした調査で、運動部で活動している生徒は非運動部の生徒よりも高い骨密度であることも報告されている<sup>6)</sup>。以上の報告から、骨密度上昇期である思春期に利き足、非利き足の左右差を考慮せずに右足の骨密度のみを測定することに疑問を感じた。思春期に自分の正しい骨密度を知り、積極的に最大骨量を高め、それを維持していくことは健康管理の上からも、また将来の骨粗鬆症予防の観点からも重要である。

以上のことから、運動習慣、利き足や、運動によるメカニカルストレスの左右差が骨密度に何らかの影響をあたえるのではないかと考え、本研究では利き足と運動習慣が右踵部の骨密度にどんな影響を与えるのかを明らかにすることを目的とし、調査、分析を行った。

## 方 法

### I. 対象

調査対象は中学一年から高校三年までの生来健康な思春期女性 1642 名(年齢  $14.6 \pm 1.8$  歳, 12 歳～18 歳)である。本研究は平成 18 年 4 月に行われた学校での健康診断にあわせて行い、対象者には、アンケートと共に研究に関する説明書と同意書を配布し、本人および保護者から同意の得られた者のみを本研究の被験者とした。

### II. 骨量の評価

骨量の評価は、超音波法による超音波踵骨骨密度測定装置(アロカ AOS-100 ALOKA, JAPAN)を使用し、右踵骨で骨密度の測定を行った。この測定機器では超音波伝搬速度(Speed of Sound; 以下 SOS)と超音波透過指標(Transmisson Index; 以下 TI)が測定され、その二つから音響的骨評価値

(Osteo Sono-Assessment Index; 以下 OSI)が算出される。SOS は超音波が踵骨部分を透過する速さで、踵骨の密度を反映する。TI は超音波が踵骨を透過するときの受信透過波形の第一極大値の反値幅であり、骨の量を反映する。OSI はその両方の特性を反映し、 $OSI=TI \times SOS^2$  で表される。

また、SOS, TI, OSI の変動係数はそれぞれ 0.34%, 1.2%, 1.6% である<sup>7)</sup>。

### III. 利き足、運動習慣の調査

利き足、運動習慣についての調査は自記式アンケートで行った。この利き足に関するアンケートは Waterloo Footedness Questionnaire (以下ウォータールー利き足質問紙)<sup>8)</sup>を参考に作成した。

運動習慣に関するアンケートは週 3 回以上定期的に行っていた運動歴について「小学校以前(種目, 期間)」「小学校(種目, 期間)」「中学校(種目, 期間)」「高校(種目, 期間)」の 4 項目について質問した。アンケート用紙は踵骨音響的骨評価値の測定後に記入、後日回収した。

### IV. 解析方法

踵骨骨量の指標である超音波伝搬速度(SOS)、超音波透過指標(TI)踵骨音響的骨評価値(OSI)、と自記式アンケート項目(運動習慣、利き足)との関連性を検討した。データが正規分布したのものに関しては、独立した 2 群の差の検定としてパラメトリック検定のスチューデント t 検定(Student's t-test)を用いて検討した。データが正規分布しなかったものに関しては、独立した 2 群の差の検定としてノンパラメトリック検定のマン・ホイットニ検定(Mann-Whitney's U test)を用いて検討した。スチューデント t 検定、マン・ホイットニ検定のどちらも  $p < 0.05$  をもって有意とした。なお、統計解析には Statcel2 Windows 版(オーエムエス出版, 日本)を使用した。

## 結 果

### I. 対象者の群分け

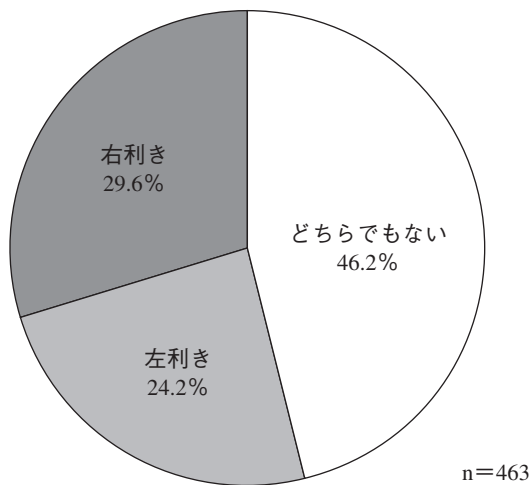
対象者数は合計 1642 人(年齢  $14.6 \pm 1.8$  歳, 12 歳～18 歳)であった。そのうち本研究への参加の同意を得られ、アンケートの有効回答を得られた人数は 463 人、参加率は 28.2% であった。(Table 1.)

**Table 1.** grade of the subjects

学年	人数(人)
中学1年生	128
中学3年生	59
高校1年生	127
高校3年生	149
合計	463

ウォータールー利き足質問紙を分析すると、右足を利き足とする者(以下：右利き) 137 人(29.6%) どちらでもない 214 人(46.2%) 左足を利き足とする者(以下：左利き) 112 人(24.1%)であった。(Fig. 1.)

本研究は利き足と運動習慣が踵骨骨密度にどのような影響を与えるかの検討を目的とするため、どちらでもないに当てはまる者を除外した。

**Fig. 1.** Side of working foot

さらに、過去から現在にかけて継続的に週3回以上の運動習慣のあるものを運動群とし、過去から現在にかけて一貫して運動習慣のないものを非運動群として運動群と非運動群に分けると、右利きで運動群は82人(59.9%)、非運動群は55人(40.1%)となった。(Table 2.)

**Table 2.** Grouping of subjects who were right-footed

	運動群	非運動群	合計(人)
中1	23	22	45
中3	8	9	17
高1	24	11	35
高3	27	13	40
合計(人)	82	55	137

左利きの者で運動群は77人(68.8%)、非運動群

は35人(31.2%)となった。(Table 3.)

**Table 3.** Grouping of subjects who were left-footed

	運動群	非運動群	合計(人)
中1	12	10	22
中3	16	2	18
高1	19	12	31
高3	30	11	41
合計(人)	77	35	112

運動群、非運動群の骨密度の値をOSI, TI, SOSのそれぞれで解析した。

## II. 利き足が左の被験者の骨密度の検討

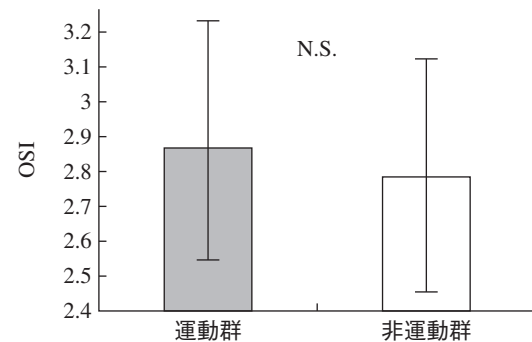
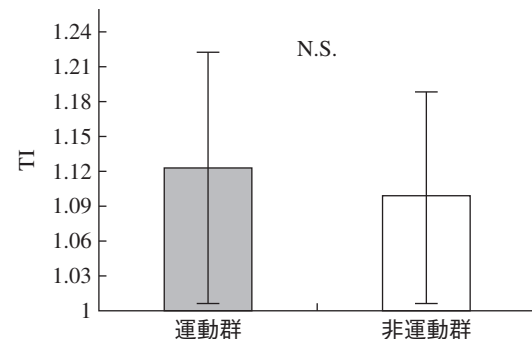
左利きの者の右足つまり非利き足(以下、非利き足)を検討したところ、非利き足ではOSI, TI, SOSと運動習慣の有無に有意な差は認められなかった。(Table 4.) (Fig. 2.) (Fig. 3.) (Fig. 4.)

**Table 4.** bone evaluation value of subjects who were left-footed

	運動群(n=77)	非運動群(n=35)	
OSI	2.8680 ± 0.3362	2.7846 ± 0.3195	N.S.
TI	1.1226 ± 0.1050	1.0992 ± 0.0955	N.S.
SOS	1596.6 ± 26.4499	1590 ± 23.1351	N.S.

Mean ± SD

群間差はMann-Whitney's U test, Student's t-testによる。

**Fig. 2.** OSI of subjects who were left-footed**Fig. 3.** TI of subjects who were left-footed

(有吉, 相澤, 松岡, 山本, 武岡, 徳家, 三井, 目連, 伊達, 田中, 檜塚)

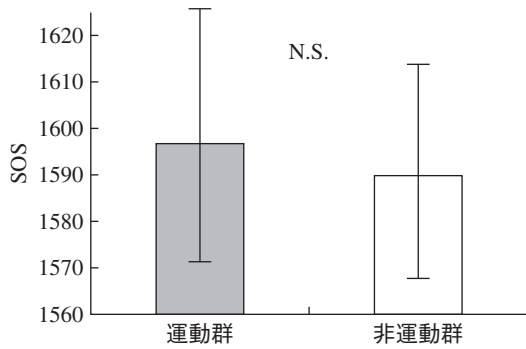


Fig. 4. SOS of subjects who were left-footed

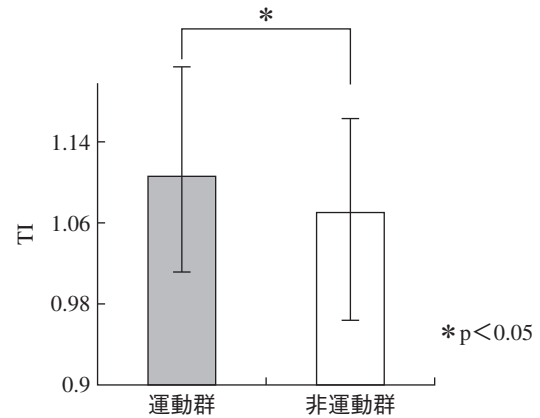


Fig 6. TI of subjects who were right-footed

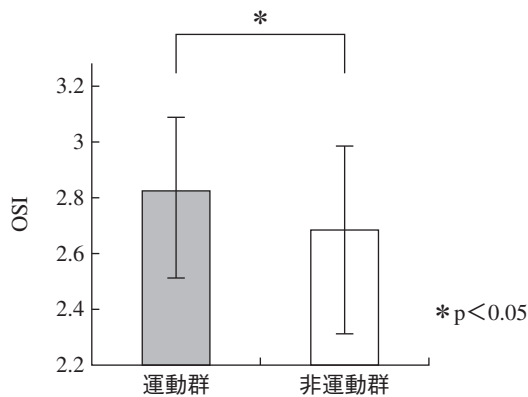


Fig. 5. OSI of subjects who were right-footed

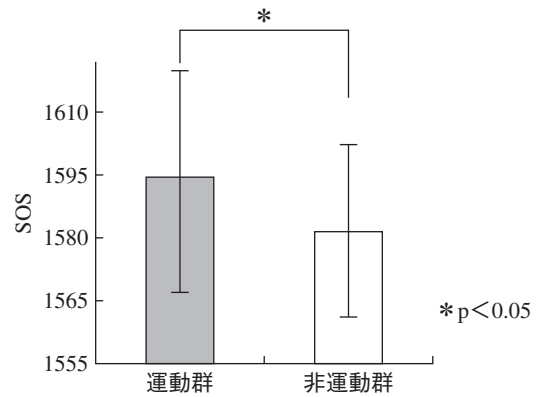


Fig 7. SOS of subjects who were right-footed

### Ⅲ. 利き足が右の被験者の骨密度の検討

右利きの者の右足つまり利き足(以下, 利き足)では OSI, TI, SOS と運動習慣の有無に  $p < 0.05$  で有意な差が認められた. (Table 5.) (Fig. 5) (Fig. 6) (Fig. 7)

Table 5. bone evaluation value of subjects who were right-footed

	運動群 (n = 82)	非運動群 (n = 55)
OSI	$2.8197 \pm 0.3154 *$	$2.6821 \pm 0.3181$
TI	$1.1070 \pm 0.1006 *$	$1.0703 \pm 0.1058$
SOS	$1594.4 \pm 24.7896 *$	$1581.4 \pm 22.1531$

Mean  $\pm$  SD

群間差は Student's t-test による

\* :  $p < 0.05$  ; 非運動群との比較

右利きの被験者の右足を検討した場合 OSI, TI, SOS の全てにおいて, 運動群の方が非運動群より有意に高い値となり, 運動習慣の有無で骨密度に有意な差が認められた ( $p < 0.05$ ). しかし, 左利きの被験者の右足を検討した場合は, OSI, TI, SOS の全てにおいて, 運動群と非運動群の骨

密度と運動習慣の有無で骨密度に有意な差は認められなかった.

### Ⅳ. 運動習慣のある被験者の骨密度の検討

運動習慣のある者(運動群)のなかで, 利き足と, 非利き足を検討したところ, OSI, TI, SOS の全において有意な差は認められなかった.

(Table 6.) (Fig. 8.) (Fig. 9.) (Fig. 10.)

Table 6. bone evaluation value of subjects who have exercise habits

	利き足 (n = 82)	非利き足 (n = 77)	
OSI	$2.8197 \pm 0.3154$	$2.8680 \pm 0.3362$	N.S.
TI	$1.1070 \pm 0.1006$	$1.1226 \pm 0.1050$	N.S.
SOS	$1594.4 \pm 24.7896$	$1596.6 \pm 26.4499$	N.S.

Mean  $\pm$  SD

群間差は Student's t-test による

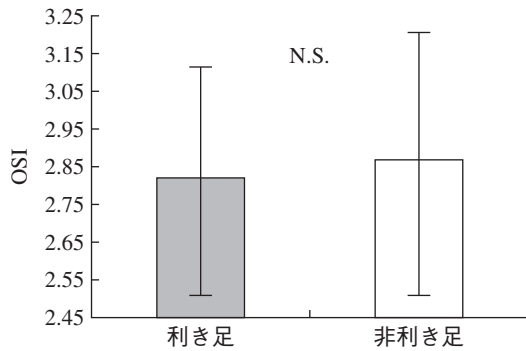


Fig. 8. OSI of subjects who have exercise habits

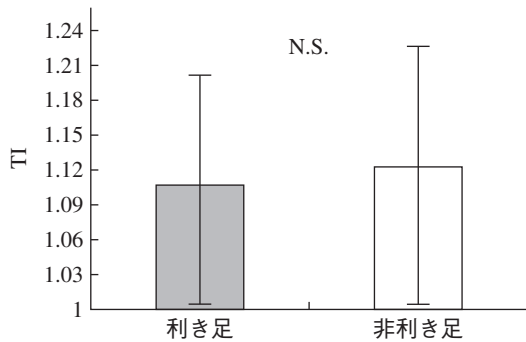


Fig. 9. TI of subjects who have exercise habits

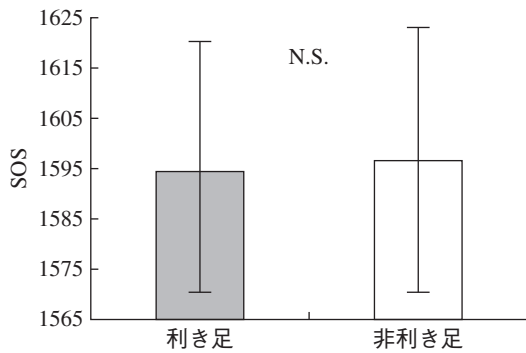


Fig. 10. SOS of subjects who have exercise habits

#### V. 運動習慣のない被験者の骨密度の検討

運動習慣のない者(非運動群)のなかで、利き足と、非利き足を、検討したところ、OSI, TI, SOSの全てにおいて有意な差は認められなかった。

(Table 7.) (Fig. 11.) (Fig. 12.) (Fig. 13.)

Table 7. bone evaluation value of subjects who do not have exercise habits

	利き足 (n = 55)	非利き足 (n = 35)	
OSI	2.6821 ± 0.3181	2.7846 ± 0.3195	N.S.
TI	1.0703 ± 0.1058	1.0992 ± 0.095	N.S.
SOS	1581.4 ± 22.1531	1590 ± 23.1551	N.S.

Mean ± SD

群間差は Student's t-test による

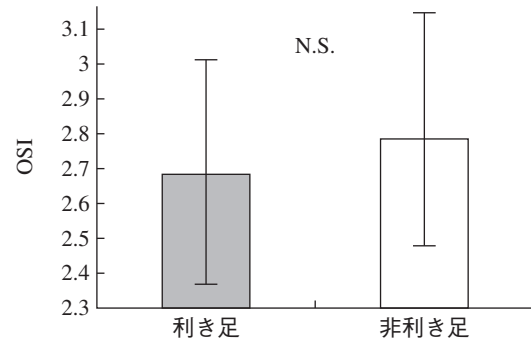


Fig. 11. OSI of subjects who do not have exercise habits

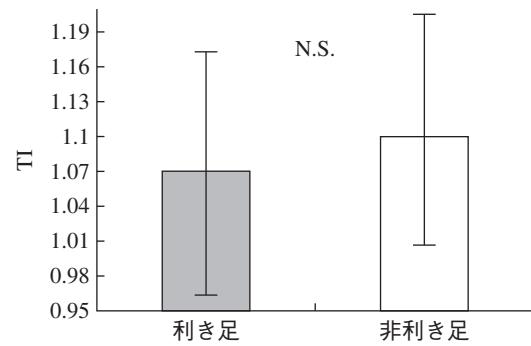


Fig. 12. TI of subjects who do not have exercise habits

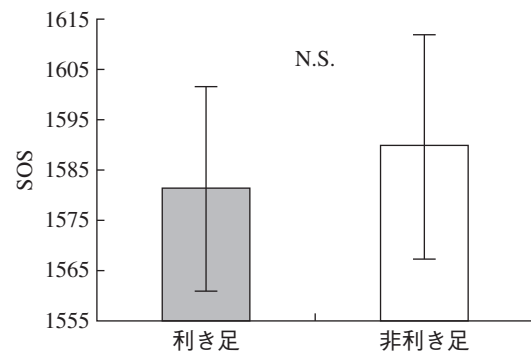


Fig. 13. SOS of subjects who do not have exercise habits

運動群のなかで利き足、非利き足と骨密度の値を検討した場合、OSI, TI, SOSの全てにおいて利き足、非利き足と骨密度との間に有意な差は認められなかった。



められなかった。さらに、非運動群のなかで利き足、非利き足と骨密度の値を検討した場合も、OSI, TI, SOS の全てにおいて利き足、非利き足と骨密度との間に有意な差は認められなかった。

## 考 察

運動によるメカニカルストレスがその局所の骨量を増加させると報告されている<sup>9)</sup>。今回の研究で左足を利き足とする者の右足、つまり非利き足における運動習慣の有無と骨密度の間に、有意な関連は認められなかった。このことは非利き足において運動習慣の有無は骨密度の上昇に影響が少ないものと考えられた。また、右足を利き足とする者の右足、つまり利き足における運動習慣の有無と骨密度の間に、有意な関連が認められた。このことは利き足において運動習慣の有無が骨密度の上昇に影響を与えていることを示していると考ええる。利き足の違いが骨密度に影響を与えないと仮定するなら、利き足、非利き足のどちらにおいても運動習慣の有無と骨密度の間に有意差が認められる又は認められないの、どちらかの結果が出ると予測される。しかし今回の研究では利き足においてのみ運動習慣の有無と骨密度の間に有意差が見られた。このことは、左足を利き足とする者において運動による影響が右足(非利き足)の骨密度に反映されていないと考えることができる。本研究を実施する前に運動習慣のある者の中で、右足を利き足としている者の方が左足を利き足にしている者より右足にメカニカルストレスがかかるため、骨密度が高くなるのではないかと考えた。今回の研究では、右足を利き足とする者の SOS, TI, OSI に対して運動習慣の有無が大きく影響を与えていることが明らかになった。さらに、利き足に関係なく運動習慣の有無が骨密度に対して高い影響をあたえていた。このことは、先行研究の報告と一致する。

次に運動習慣のある被験者の骨密度の検討を行った。ここでも利き足と非利き足の間に有意差が認められることを期待したが、利き足と、非利き足の間に有意差は認められなかった。

その原因として、被験者が少なくデータのばらつきが見られたことがあげられる。骨密度測定のスタンダードである DXA (dual energy x-ray absorptiometry) 法に比べて、今回使用したアロカ

AOS - 100 による超音波法での測定精度は低いことから、超音波法の限界ではないかと考える。本研究に用いた AOS-100 から得られる踵骨での測定値 OSI, TI, SOS は、骨密度評価のスタンダードとされる DXA (dual energy x-ray absorptiometry) 法による測定値とよく相関することが報告され<sup>10)-12)</sup>、広く臨床応用されている<sup>13)-16)</sup>。また、踵骨の骨量は、荷重骨の代表であり運動や体重負荷など活動性の影響が強く出る骨とされている。さらに、踵骨骨量は、下腿骨や大腿骨頸部の骨密度との相関が比較的高い骨である<sup>17)</sup>。ということから、AOS - 100 から得られる値の信頼性、妥当性に関しては適切であると考え<sup>18)</sup>。と言う報告もあり、短時間で測定ができ、被爆もしないことから、今回のように、1600 人を越える参加者を測定する際など、超音波法を使用している。しかし、DXA (dual energy x-ray absorptiometry) 法を用いた詳細な検討も行う必要があると考える。今回の研究では、被験者の人数に差があること、同一被験者の左右の足で測定、比較・検討していないこともデータのばらつきに関係していると考えられた。

また、これまでに利き手と異なり利き足の決まっていない者がかなりいると言う研究結果や、利き足の分布は利き手ほどはっきりしていない<sup>19)</sup>。といった報告から、一つの質問用紙のみで利き足の決定を行ったことがデータのばらつきが見られた原因なのではないかと考える。

運動が骨密度に及ぼす影響に関して、全くベッドの上で安静にしていると骨量が減少するとの報告<sup>20, 21)</sup>、Doyle ら<sup>22)</sup>の報告にあるように、骨灰分量と筋肉重量との間に相関が見られることや、運動が骨密度の維持や上昇に効果的であることが報告されている<sup>23)</sup>。今回の研究でも右足を利き足とする者の右足、つまり利き足における運動習慣の有無と骨密度の間に、有意差が認められた。このことは利き足において運動習慣の有無が骨密度に影響を与えたことを示している。

今回の研究では、運動習慣や利き足が骨密度に対して何らかの影響を与えるのではないかと期待したとおりの結果を得ることができた。よって、骨密度を測定する足が利き足であるか、非利き足であるかは踵骨骨密度に影響を与える因子だと示唆された。また、運動習慣による骨に対してのメカニカルストレスが骨量に良い影響を与えた

ということも示唆された。

今後、超音波法で同一被験者の両足の骨密度の測定も行い、さらに詳しく調査していきたい。また、並行して DXA 法を用いてさらに精密な検討をしていきたいと考える。

## 結 語

本研究では思春期女性の踵骨骨密度に影響を与える因子の検討として、利き足と運動習慣について調査し、これらと踵骨骨密度との関連について検討し、次のような結果を得た。

- 1) 非利き足において運動習慣の有無は骨密度上昇に影響が少ない。しかし、利き足において運動習慣の有無と骨密度上昇の間には、有意な関連が認められた。このことは利き足において運動習慣の有無が骨密度の上昇に影響を与えていることを示している。よって、骨密度を測定する足が利き足であるか、非利き足であるかは踵骨骨密度に影響を与える因子だと示唆された。
- 2) 運動習慣のある者と、運動習慣のない者では、運動習慣のある者の方が有意に骨密度が高い。すなわち運動習慣の有無は踵骨骨密度に影響を与える因子だと示唆される。

これらの結果から、骨密度上昇期である思春期において超音波法による踵骨骨密度の測定では、利き足を考慮しなければ、骨密度の正しい評価ができないと考えられた。

また、思春期女性の踵骨骨密度に影響を与える因子として、利き足の違いにより骨密度に左右差が生じること、効果的な運動を行うことが骨密度増加に対して良い影響を与えることが示唆されると考えられる。

一方で運動習慣のある被験者で利き足と非利き足の間に有意差が確認できなかったことから今後、詳細な検討を要するものと考えた。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究にご協力下さいました、武庫川女子大学附属中学校・高等学校の上田 武久先生、清水 恵子先生、明貝 繁先生をはじめリサーチボランティアをひきうけて下さった生徒の皆様にご感謝の意を表するとともに、厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 骨粗しょう症の治療(薬物療法)に関するガイドライン作成ワーキンググループ. 骨粗しょう症の治療(薬物療法)に関するガイドライン. Osteoporosis Jpn, p.637-709 (2002)
- 2) 井深 英治, 大井田 隆, 三宅 健夫, 鈴木 健修, 元島 清香, 原野 悟, 横山 英世, 兼板 佳孝, 金子 明代, 武田 文, 日本公衛誌, 51, 9, p.764-772 (2004)
- 3) 絹田 恵子, 清野 佳紀, CLINICAL CALCIUM, 14, 11, p.51 (1709) (2004)
- 4) 中 比呂志, 伊木 雅之, 森田 明美, 玉置 淳子, 池田 行宏, デサントスポーツ科学, 26, p.85-94 (2005)
- 5) 宮本 賢作, 森 諭史, 山神 眞一, 百鬼 史訓, 田中 聡, 阿部 純也, 山田 英司, 有馬 信男, 辻 伸太郎, 真柴 賛, 河西 純, 秋山 知之, 小松原 悟史, 岩田 憲, 乗松 尋道, 体力科学, 52, 6, p.862 (2003)
- 6) 秋坂 真史, 座光寺 秀元, 有泉 誠, 日衛誌, 52, p.481-489 (1997)
- 7) 中土 幸男, 高岡 邦夫, 土金 彰日本骨代謝学会雑誌, 15, p.277 (1997)
- 8) Elias, L. J., Bryden, M. P., & Bulman-Fleming, M. B, Neuropsychologia, 36, p.37-43 (1998)
- 9) 坂元 孝子, 菅田 真理, 谷 浩充, 谷代 一哉, 井川 正治, 大和 眞, 中野 昭一, 体力科学, 47, 6, p.868 (1998)
- 10) 中 弘志, 日本臨床, 62, Suppl.2, p.299-304 (2004)
- 11) 超音波骨評価装置 AOS-100 技術資料 ALOKA, 東京, 3 (1997)
- 12) 谷澤 龍彦, 遠藤 直人, 高橋 榮明, 中土 幸男, 第 4 回日本骨粗鬆症研究会雑誌, p.105 (1995)
- 13) Nakamura, K., Nakashimoto, M., Tsuchiya, Y., Obata, A., Miyanishi, K. and Yamamoto, M, Int.J. Vitam. Nutr. Res., 71, p.302-305 (2001)
- 14) Tsuda-Furutani, E., Hans, D., Njeh, C. F., Fuerst, T., Fan, B., Li, J., Y. Q. and Genant, H. K, Br. J. Radiol., 72, p.691-700 (1999)
- 15) 富吉 泰夫, 斉藤 真一, 北谷 香代子, 中塚 喜義, 西沢 良記, 中 弘志, 三木 隆己, Osteoporosis Jpn., 9, p.650-654 (2001)
- 16) 富吉 泰夫, 斉藤 真一, 正木 秀樹, 中 弘志, 中塚 喜義, 三木 隆己, 西沢 良記, 森井 浩世, 日本骨形態計測学会雑誌, 13, p.33 (2003)

(有吉, 相澤, 松岡, 山本, 武岡, 徳家, 三井, 目連, 伊達, 田中, 檜塚)

- 17) 山崎 薫, 超音波法. 折茂 肇. : 編 最新骨粗鬆症: ライフサイエンス出版 東京, p.322-328 (2000)
- 18) 榎 裕美, 浅利 友恵, 本村 幸子, 加藤 昌彦, 栄養学雑誌, 63, 2, p.75~82 (2005)
- 19) 前原 勝矢: 右利き・左利きの科学 利き手・利き足・利き眼・利き耳..., 講談社(1989)
- 20) Andersson, S.M.and Nilsson, B.E., Med.and Sci.in Sports, 11, p.351-353 (1979)
- 21) Issekutz, B., Blizzard, J. J., Birkhead, N. C. and, Rodahl, K., J. Appl. Physiol., 21, p.1013-1020(1966)
- 22) Doyle, F., Brown, J. and LaChance, C, Lancet, 21, p.391-393 (1970)
- 23) 碓井 外幸, 中田 勉, 岡野 亮介, 勝木 健一, 花山 耕三, 山口 昌夫, 勝木 道夫, 栗原 敏, 体力科学, 43, p.259-268 (1994)