

## 大学男女剣道選手の骨密度特性

山 神 真 一<sup>1)</sup> 石 川 雄 一<sup>1)</sup> 境 英 俊<sup>2)</sup>  
藤 原 章 司<sup>1)</sup> 宮 本 賢 作<sup>3)</sup>  
阿 部 純 也<sup>1)</sup> 長 野 智 香<sup>4)</sup>

## Characteristics of Bone Mineral Density in Male and Female University Kendo Athletes

Shinichi YAMAGAMI<sup>1)</sup>, Yuichi ISHIKAWA<sup>1)</sup>, Hidetoshi SAKAI<sup>2)</sup>, Shoji FUJIWARA<sup>1)</sup>,  
Kensaku MIYAMOTO<sup>3)</sup>, Junya ABE<sup>1)</sup> and Chika NAGANO<sup>4)</sup>

### Abstract

A study was conducted to investigate the influence of kendo exercise on the bone mineral density in male and female university kendo athletes. The subjects were 45 male university kendo athletes and 23 female university kendo athletes. They had an average kendo experience of 13.2 years and 10.0 years. Measurements were performed using an AOS100 (ALOKA Corp.). We measured the speed of sound (SOS), transmission index (TI), and osteo sonoassessment index (OSI). The mean values of SOS, TI, and OSI in male and female university kendo athletes were higher than in the same aged control group and the peak bone mass aged control group. The values of the left heel were significantly higher than that of the right heel in bone mineral density. Body weight was significantly related to bone mineral density in male and female university kendo athletes. These results suggest that regular kendo exercise during youth is effective for the increase in bone mineral density.

**Key wards : male and female university kendo players, ultrasound measurement, calcaneal bone mineral density**

キーワード : 大学男女剣道選手, 超音波伝導法, 踵骨骨密度

---

1) 香川大学  
〒760-8522 香川県高松市幸町 1-1 087-832-1498  
2) 島根大学  
3) 金沢大学  
4) 香川大学大学院

1) Kagawa University  
2) Shimane University  
3) Kanazawa University  
4) Graduate School, Kagawa University

## I 緒言

運動やスポーツのメカニカルストレスが骨密度を上昇させることはよく知られている<sup>4) 22) 29)</sup>。Forwardら<sup>5)</sup>は、運動で獲得できる骨密度はトップアスリートのスポーツ選手で6~20%、一般成人男性や閉経前女性で1~3%、閉経後女性でも2%以下と指摘している。その際、トップアスリートのスポーツ選手の骨密度が最も高い理由としては、運動量や期間よりもむしろ運動開始時期が骨格の成熟する以前の少年期であったことを挙げている。Virvidakisら<sup>25)</sup>は、重量挙げ選手の前腕骨密度は、競技開始の14歳から2年以内が最も高かったと報告し、森ら<sup>12)</sup>は、女性のpeak bone massが思春期のスポーツ活動で高くなるとしている。ただし、女性の骨量に関しては、Buchananら<sup>2)</sup>が、長距離女性ランナーの無月経と骨塩量の相関性を示し、女性ホルモンは、運動よりも骨密度を決定する重要な因子であると述べていることも興味深い。高齢者を対象とした研究では、林ら<sup>8)</sup>がゲートボールをしている70代の男性群が非運動群に比べて、骨塩量が20~30%高く、経時的変化においても毎日練習している群は、骨塩量が増加傾向にあると報告している。また、青年期について後藤ら<sup>6)</sup>は、実業団野球選手と大学生バスケットボール部員の運動群と非運動群の骨量を比較し、運動群で腰椎と大腿骨頸部の骨塩量が高値であったと述べている。その他、各年代で運動は、骨量にプラス効果があるとされているが、最も有効で恒常的な骨密度の増加が期待できるのは、peak bone massの形成時期である青年期であることは、今や定説となっている<sup>2) 5) 6) 11)</sup>。

しかし、運動が骨の量や構造に及ぼす影響に関するこれまでの研究報告では、その多くが中高年齢層を対象とした骨粗鬆症予防への運動効果や、スポーツのトップアスリートを対象とした横断的研究、さらに閉経後の女性ホルモン低下と運動との関連性を追究したものが多く、peak bone massに大きく関与する青年期を中心とした運動と骨密度について詳細に検討した研究は数少ない。また、運動の骨密度に及ぼす効果を示すデータの多くが荷重部と非荷重部の差に視点をおいたものが多く、

運動経験歴の調査、身長や体重など形態面のマッチングを重視した研究の必要性が指摘されている<sup>6)</sup>。

ところで、剣道は、子どもから高齢者まで継続して行うことのできる生涯スポーツの一つであるが、近年では、その剣道実践の身体への影響をみるために、中高年齢層を対象にした剣道の骨密度への効果に関する研究が数多くなされている<sup>13) 14) 26) 28)</sup>。著者ら<sup>26) 28)</sup>は、長期間の剣道実践が骨密度に及ぼす影響を調べるために、超音波骨量測定装置を用いて、高齢者や高齢高段者の踵骨の骨密度測定を行い、ほとんど運動をしていない同年齢の高齢者に比べて、有意に大きな値を得たことを報告した。また、段位別の骨密度比較も行い、年齢や剣道開始年齢等が骨密度と関連性が高いことも述べた。森ら<sup>13)</sup>も高齢高段者の腰椎と大腿骨頸部骨密度が同年標準値より高値を示したことや踵骨の骨密度の左右差がみられなかったこと等を明らかにしている。

ここで、骨の成長と形成を考える時、青年期、特に大学生という時期は、まさに最大骨密度の到達時期であると言われる<sup>15)</sup>。ところが、剣道を行っている中高年及び高齢者の骨密度と生活要因や剣道実践との関連については、先に述べた通り、種々の報告が多数なされているものの、若年者、特に最大骨密度に達すると考えられる10代後半から30代前半までを対象とした報告は、大坪ら<sup>19)</sup>の大学女子剣道選手を対象としたもの以外はほとんどなされていない。それだけに、この時期の骨密度に大きな関心を持ち、これまでの剣道経験が最大骨密度に如何なる影響を及ぼしているかを追究する必要性は高いものと考えられる。

そこで、本研究では、男女大学生の剣道選手を対象として、超音波伝導法による踵骨骨密度を測定し、これまでの剣道実践が骨密度にどのような影響を与えているのかについての詳細な検討を行うことを目的とした。

## II 研究方法

### 1. 被験者

中四国学生剣道連盟に加盟している大学剣道選手68名とした。内訳は、男子45名(年齢 $21.0 \pm 1.60$

歳，身長172.3±5.25cm，体重69.3±11.59kg，段位2.9±0.71段，剣道経験年数13.2±3.21年），女子23名（年齢20.8±0.77歳，身長161.0±5.35cm，体重54.6±6.11kg，段位2.4±0.66段，剣道経験年数10.0±3.48年）である。

## 2. 測定方法

骨密度の測定は，超音波伝導法を用いて左右踵骨の骨密度を測定した。使用機種は，AOS100(ALOKA社製)を用いた。超音波による骨密度測定は，骨塩量 (Bone volume) のみでなく，骨質 (Bone quality) に関わる情報を提供できる評価法とされており，その測定精度と有用性については，高い評価を得ている<sup>8) 30)</sup>。被験者は，座位で踵骨を機械にセットして，0.5MHzの超音波伝導法を照射し，各超音波骨評価に関するデータを測定した。その測定内容は，SOS，TI，及びOSIの3項目である。Speed of Sound(SOS)は，単位時間当たりの超音波伝導速度 (m/s) のことであり，骨の弾力性と密度の指標を表す値を示す。Transmission Index (TI)

は，物質を透過した超音波の減衰係数を示すものであり，ここでは透過した踵骨の硬度や海綿骨梁構造の指標を意味している。Osteo Sonoassessment Index (OSI)は，SOSとTIの測定値から求めた数学的指標であり，その内容は骨密度の総合的な指標を反映している。また，この数値は，成人の値に対する比率を示す値でもある。同年齢での平均骨密度との比較値であるZスコアと，骨密度が最大 (Peak Bone Mass) となる年齢の骨密度との比較値であるTスコアも求めた。

## III 結果

### 1. 大学剣道選手の同年齢平均値及び最大値との骨密度比較

(1) 身長・体重・経験年数別にみた同年齢平均値 (Zスコア) との骨密度比較

図1は，男女大学剣道選手の身長・体重・経験年数別にみた骨密度の結果を同年齢平均値 (Zスコア) と比較したものである。

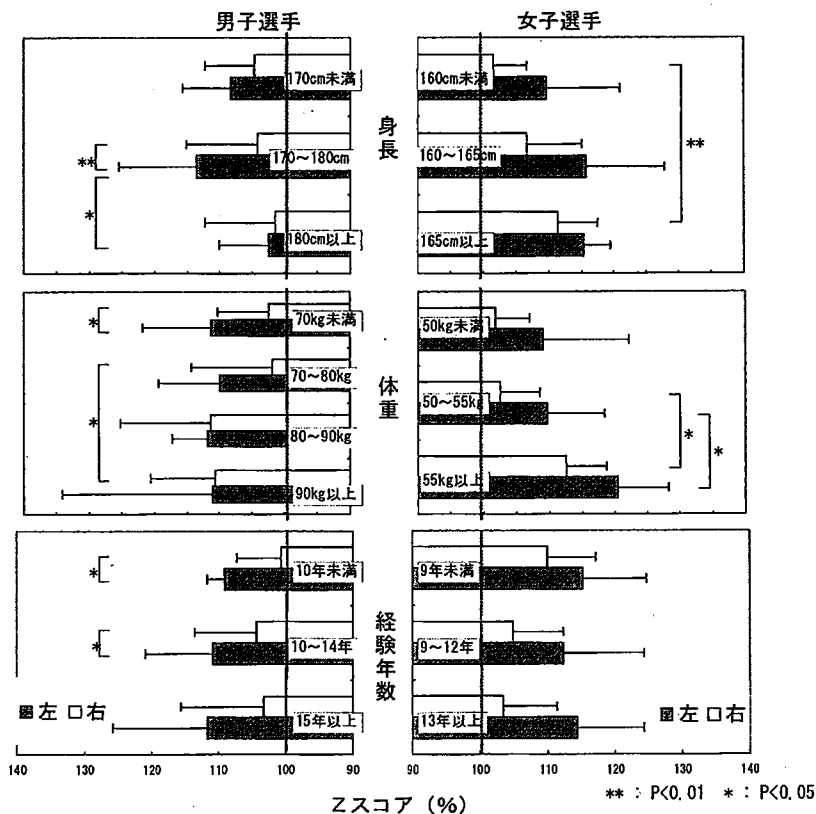


図1 身長・体重・経験年数別にみた同年齢平均値 (Zスコア) との骨密度比較

Zスコアは、同一年齢の平均値に対する被験者の値をパーセントで表したものである。大学剣道選手群の男子のZスコアは、右踵骨で104.23±9.85%、左踵骨で111.36±8.46%であった。また、女子の値は、右踵骨で106.18±7.64%、左踵骨で114.42±9.33%であり、大学剣道選手群の方が右足の踵骨において、男子が約4%、女子が約6%高い値を示し、左足の踵骨で男子が約11%、女子が約14%高い値を示した。大学剣道選手が男女とも同年齢に比べて高い骨密度を有していることがわかった。特に左踵骨の骨密度が10%以上も高いことが明らかになった。

身長別にZスコアを比較すると、男子は右踵骨で170cm未満群が、左踵骨では、170cm群が他の身長群よりも高い値を示した。有意な差がみられたのは、左踵骨の170cm群と180cm群との間のみであり、左右差としては、170cm群で左踵骨が有意に右踵骨よりも高い値を示した。女子は、右踵骨については、身長が高くなるほど、骨密度が高くなる傾向

を示し、160cm未満群と165cm群との間には、有意な差もみられた。左踵骨は、160cm未満群が他の身長群に比べて低い値を示したが、有意な差はみられなかった。

体重別にZスコアを比較すると、男女とも右踵骨は、体重が重くなるほど高くなる傾向を示し、男子では、90kg群と70kg未満群との間に、また女子では55kg以上群と50kg群との間においてそれぞれ有意な差が認められた。尚、左踵骨については、女子において右踵骨と同様な傾向がみられた。

剣道経験年数別にZスコアを比較すると、男女とも右踵骨よりも左踵骨に経験年数の影響がより顕著に出ていた。特に、女子は、どの経験年数でも10%以上高い値であった。また、男子は、10年未満群と10~14年群で左右差において有意に左踵骨が高い値であった。

(2) 身長・体重・経験年数別にみた最大値 (Tスコア) との骨密度比較

図2は、男女大学剣道選手の身長・体重・経験

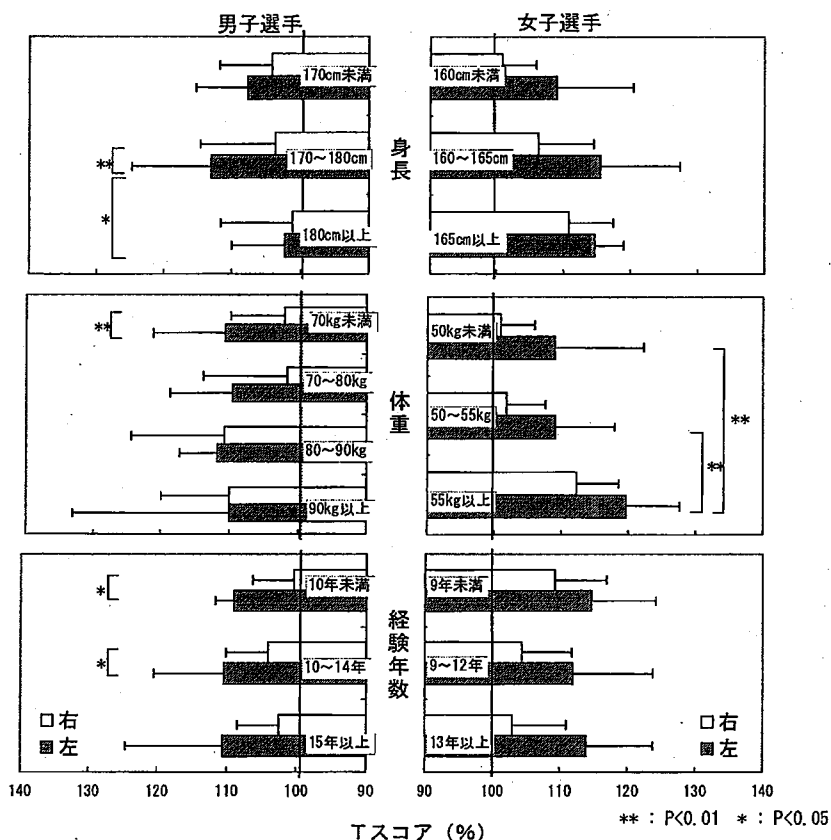


図2 身長・体重・経験年数別にみた最大値 (Tスコア) との骨密度比較

年数別にみた骨密度の結果を最大値 (Tスコア) と比較したものである。

Tスコアは、骨密度が最高となる年齢の骨密度に対する被験者の値をパーセントで表したものである。大学剣道選手の男子のTスコアは、右踵骨で  $103.36 \pm 8.79\%$ 、左踵骨で  $110.42 \pm 9.11\%$ 、また、女子の右踵骨は、 $106.08 \pm 7.62\%$ 、左踵骨が  $113.28 \pm 8.04\%$  であり、大学剣道選手群は、Zスコア同様にTスコアにおいても高い骨密度を有し、Peak Bone Mass を超えるものであった。

身長別にTスコアを比較すると、男子は、右踵骨では、一定の傾向はみられなかったが、左踵骨で170cm群が110%を超える最大値を示し、180cm群との間に5%水準の有意差を示した。さらに、170cm群は、有意に左右差を示した。一方、女子は、右踵骨で身長が高くなるとともに、次第に大きな値を示し、165cm以上群で110%を超える値を示した。左踵骨では、すべての身長群で105%を超える大きな値を示した。ただし、どの身長群においても有意な左右差は認められなかった。

体重別にTスコアを比較すると、男女ともZスコアと同傾向を示したが、男子にみられた右踵骨についての体重間の有意差は認められず、左踵骨については、女子で有意な体重の違いが大きく現われた。

剣道経験年数別にTスコアを比較すると、男女と

もZスコアと同傾向を示したが、その値は左右とも女子の方が若干高いものであった。また、どの経験年数でも左踵骨の方が右踵骨よりも高い値であり、Zスコアと同じく男子において有意な差もみられた。

### (3) 大学剣道選手の踵骨骨密度の左右差

図3は、男女大学剣道選手の踵骨骨密度の左右差をSOS, TI, 及びOSIについて検討したものである。

大学剣道選手の踵骨骨密度について、SOSに関しては、男女とも類似した値を示し、左右差については、男女とも左踵骨の方が大きく、男子では、5%水準の有意差もみられた。TIとOSIに関しては、どちらのパラメータも数値的には男子の方が女子よりも高く、また、左右差については、男女とも左足の方が有意に大きな値を示した。

### 3. 大学剣道選手における身長、体重、及び経験年数における骨密度特性

図4～6は、男女大学剣道選手の身長・体重・経験年数別の骨密度特性を測定項目毎に検討した結果である。

SOSからみた骨密度特性では、身長に関しては、男子の左踵骨で170cm群と180cm以上群との間に、5%水準の有意差がみられたほかは、一定の傾向は認められなかった。体重に関しては、女子に関しては、有意差はみられないものの重くなるほど

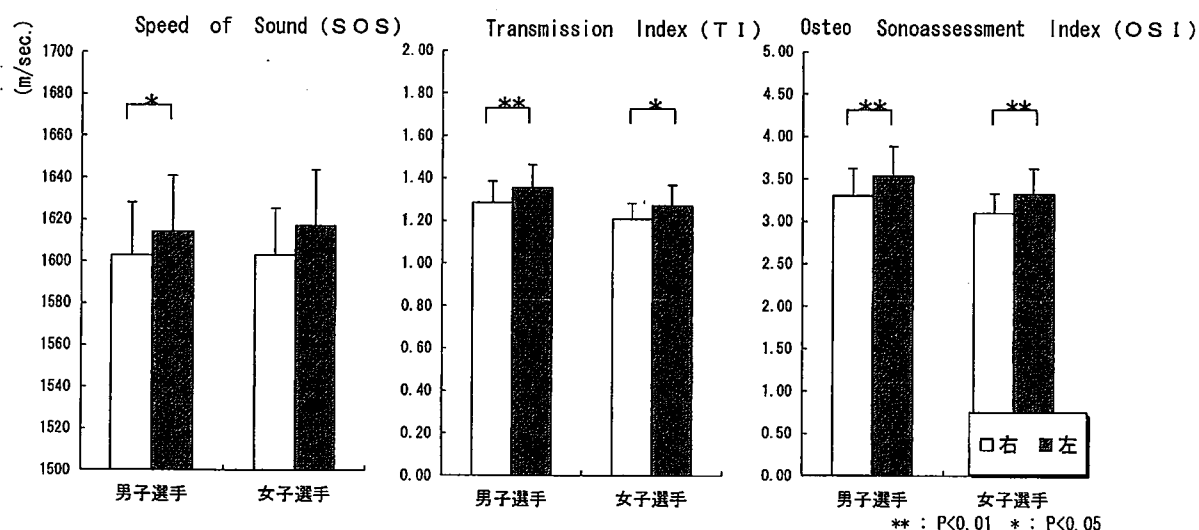


図3 大学剣道選手の踵骨骨密度

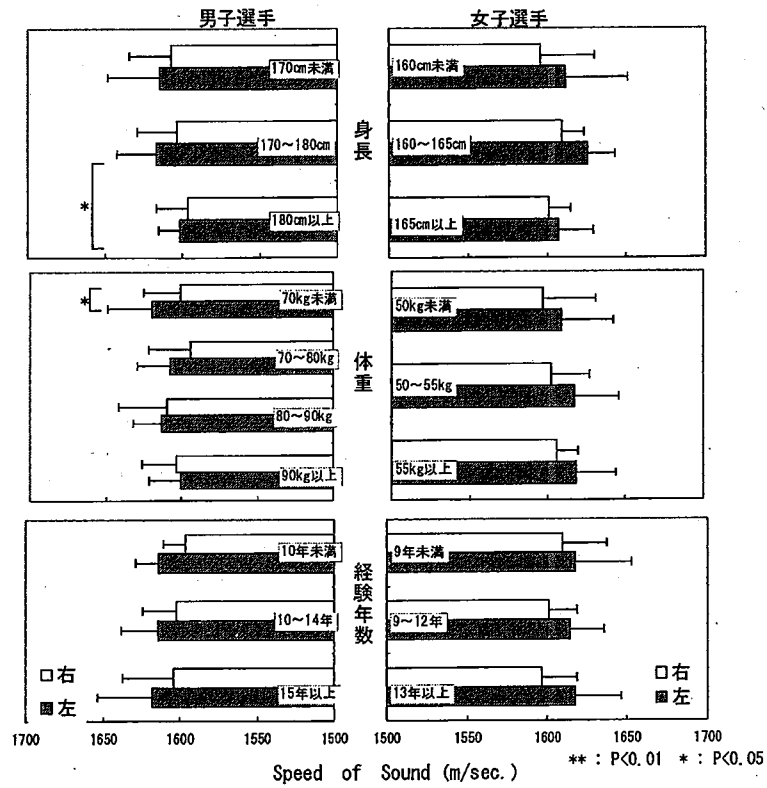


図4 身長・体重・経験年数別にみたSOSによる骨密度特性

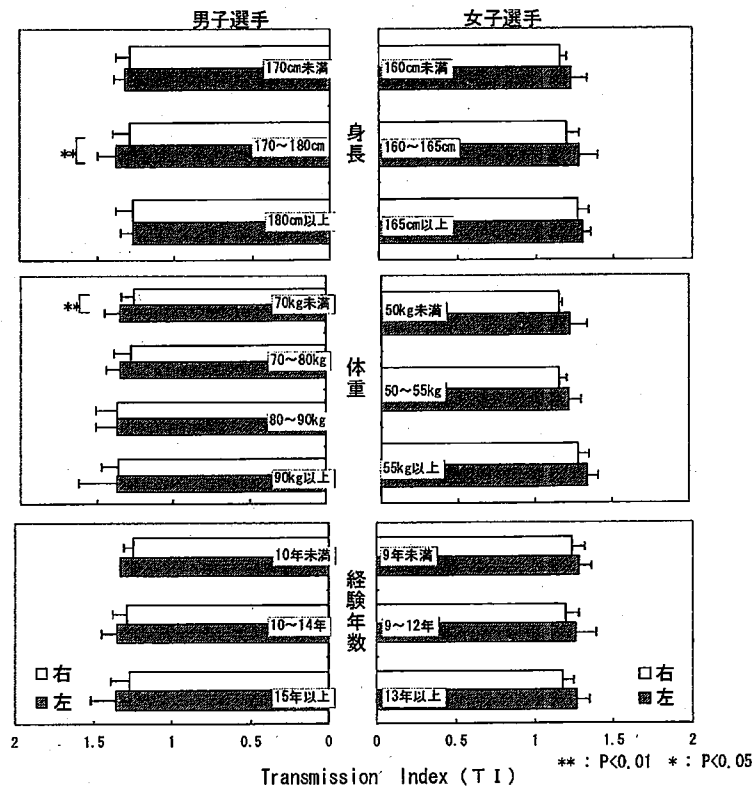


図5 身長・体重・経験年数別にみたTIによる骨密度特性

山神：大学男女剣道選手の骨密度特性

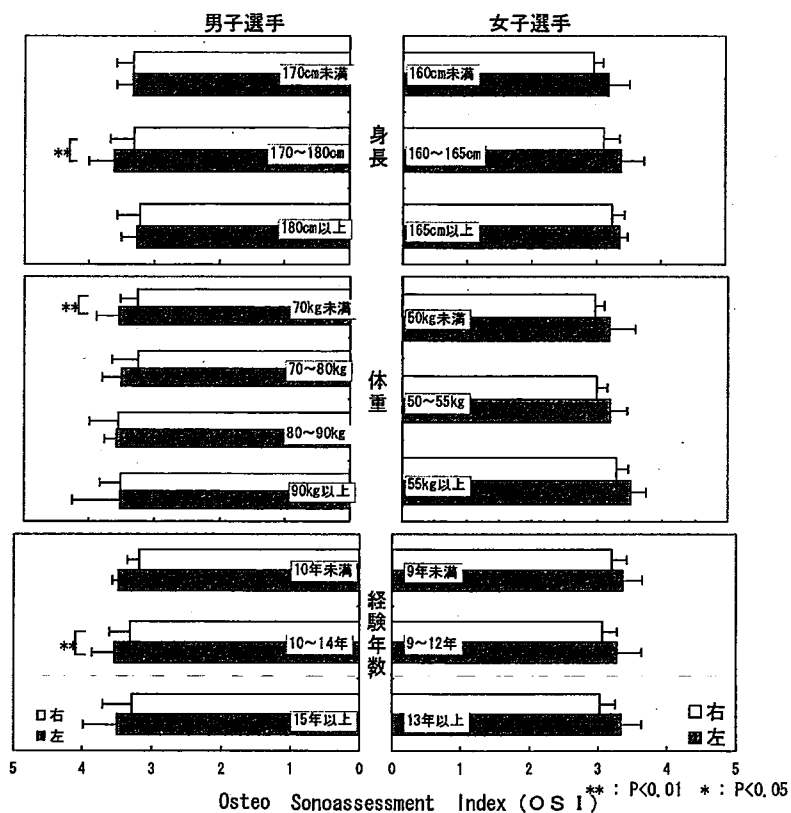


図6 身長・体重・経験年数別にみたOSIによる骨密度特性

左右とも骨密度が高くなる傾向を示した。また、男子の70kg未満群で左踵骨の値が有意に右踵骨の値を上回っていた。剣道経験年数については、男女とも一定の傾向はみられなかった。

TIからみた骨密度特性では、身長に関しては、男女とも一定の傾向がみられなかったが、男子の170cm群で有意に左踵骨が大きな値を示した。体重に関しては、わずかながら男女とも重くなるほど高くなる傾向を示した。このとき、男子の70kg未満群では、左踵骨が0.1%水準で右踵骨よりも有意に大きな値を示した。剣道経験年数については、どの経験年数群においても男女とも左踵骨が右踵骨よりも高い値を示す傾向にあったが、全体としては、一定の傾向は認められなかった。

OSIからみた骨密度特性では、身長に関しては、男子は一定の傾向がみられないものの、170cm群で左踵骨の値が有意に右踵骨よりも高かった。女子は、左右踵骨ともに身長が高くなるにつれて骨密度も高くなる傾向を示したが、左右差も含めて有

意な差は認められなかった。体重に関しては、男女とも身長の場合と同様な傾向を示した。すなわち、女子に関しては、体重が重くなるほど左右の踵骨骨密度が高くなる傾向であった。ただ、男子では、70kg未満で有意な左右差がみられた。剣道経験年数については、どの経験年数群においても男女とも値が類似していたことと、左踵骨が右踵骨よりも高い値を示す傾向にあったことがあげられる。

4. 大学剣道選手における身長、体重、及び経験年数と骨密度各パラメータとの相関関係

表1は、男女大学剣道選手における身長、体重、及び経験年数と骨密度各パラメータとの相関関係を示したものである。

(1) SOSとの相関関係

男女共に左右の踵骨の骨密度の値に関して、有意な相関関係を示すものはなかった。

(2) TIとの相関関係

男女とも右踵骨について、体重との間にそれぞ

表 1 身長・体重・経験年数と骨密度各パラメーターとの相関

(男子)	SOS		T I		O S I	
	右踵骨	左踵骨	右踵骨	左踵骨	右踵骨	左踵骨
身長	0.223	0.219	0.479	0.448	0.358	0.316
体重	0.828	0.166	0.003*	0.361	0.026*	0.755
経験年数	0.654	0.294	0.491	0.613	0.709	0.446

(女子)	SOS		T I		O S I	
	右踵骨	左踵骨	右踵骨	左踵骨	右踵骨	左踵骨
身長	0.676	0.929	0.755	0.006*	0.206	0.022*
体重	0.659	0.466	0.033*	0.002*	0.578	0.004*
経験年数	0.510	0.483	0.552	0.436	0.801	0.352

\*\* : P<0.01 \* : P<0.05

れ1%と5%の有意水準の相関を示し、体重が重いほど、右足の踵骨の骨密度が高いことがわかった。また、女子では、左踵骨でも体重との間に1%水準の有意に高い相関関係が認められた。つまり、女子では、体重が重い人ほど両足の踵骨の骨密度が高くなっていた。

(3) OSIとの相関関係

男子の右踵骨と女子の左踵骨について、体重との間にそれぞれ5%と1%水準の有意な相関が認められた。また、女子では、左踵骨と身長との間でも5%水準の有意な相関があった。

IV 論議

これまで運動習慣と骨密度との関係を調べた研究は数多くなされているが、Bailey と McCulloch の報告<sup>1)</sup>によると、ほとんどの先行研究が運動習慣を有する者はそうでないものに比べ、骨密度が高かったことを示しており、また、運動習慣のなかった者が運動を実施することによって、骨密度を増やす効果を認めている。青年期を対象として骨密度に関する運動効果のみられた運動の種目については、ウォーキングやエアロビクスのような有酸素性運動とウェイトトレーニングのような無酸素性運動とでは、両者とも効果があるとしているが、相対的には無酸素性の運動を行った場合の方が効果が大きい傾向にあるとされている<sup>2)</sup>。これは、速筋線維を動員する運動の方が、遅筋線維を動員する運動よりも骨密度増加に関連する機械的刺激が大きいことによるとされており<sup>11)</sup>、筋力と骨密度との関連性を示唆しているものと言え

よう。小沢ら<sup>20)</sup>は、筋力と骨密度との間には高い相関があると述べ、強度の高い運動→筋力増加→骨密度増加のプロセスを明示した。他にも、垂直跳び、立ち幅跳びなどのパワー的な体力<sup>10)</sup>や脚伸展パワーとの相関も高い<sup>18)</sup>とする報告がある。剣道も上下肢の協調動作を支える敏捷性や瞬発力といった無酸素性の体力要素が重要となる運動であるとの指摘もあることから<sup>3) 7)</sup>、運動としての骨密度への効果を期待できる種目だと考えられる。

今回対象とした男女大学剣道選手の踵骨の骨密度は、同年齢平均値や最大値と比較して4~13%高いことがわかった。小沢ら<sup>20)</sup>は、各種スポーツ種目と骨密度との関係を報告しているが、その中で剣道については、18~33歳を対象として腰椎の骨密度を測定し、男女とも同年齢に比べて5.6%高いことを述べており、測定方法や測定部位は異なるものの剣道が骨密度の増加に効果があることを裏づけるものである。また、大坪ら<sup>19)</sup>は、大学女子剣道選手を対象に右踵骨の骨密度を他の競技スポーツ選手と比較した結果、一般同年代比較値より4.9%高かったが、バスケットボール選手よりも15%有意に小さい値であったと報告している。ちなみに最も骨密度が高いスポーツとして、小沢<sup>21)</sup>は、男子でウェイトリフティング、柔道、野球等をあげており、対照群に比べて15~30%高い値を示し、同様に女子では柔道、ハンドボール、バレーボール等をあげ、同じく10~20%高かったと報告している。いずれも重力に抗して強い衝撃を伴う運動であり、これが骨密度を上昇させる要因であると指摘している。逆に骨密度の低いスポーツ



としては水泳があげられ、重力負荷の乏しいスポーツは、同年齢平均値よりも低い場合もあるとしている。

一方、本研究の結果で注目すべきは、踵骨骨密度に有意な左右差がみられたことである。スポーツ選手の骨密度に関する左右差については、テニスや野球のプレイヤーの利き腕の骨塩量が高い<sup>9)</sup>ことや、大腿骨の骨塩量測定結果より、重量挙げや投てきのように足に大きな負荷がかかる競技ほど高い骨塩量を示したという報告<sup>17)</sup>がある。一方、我々の剣道高齢者や剣道高齢高段者を対象とした報告<sup>26)</sup><sup>28)</sup>や森ら<sup>13)</sup><sup>14)</sup>の調査では、踵骨骨密度の左右差は認められなかったが、対照群として行った剣道青年群では、すべての指標について左側の優位が認められた<sup>28)</sup>。今回の結果でも男女大学剣道選手の踵骨骨密度は、左踵骨の方が有意に高い値を示し、青年期における剣道運動が、踵骨骨密度に左右差をもたらすことが明らかになった。ここで、青年期に特徴的にみられた左踵骨骨密度の優位性の原因については、剣道の打撃動作、すなわち右手右足前にした構えから左足を軸足として、前方へ右足から踏み込んで打撃し、右足の踵から着床するといった打撃技術特性の観点から考えることができる。通常、男子大学剣道選手が打撃時に右足で踏み込んだ時、右踵には、瞬間的に800kg前後の圧縮 (compression) としてのメカニカルストレスがかかる<sup>16)</sup>ことが知られているが、実はその右足による踏み込む力よりも構えた状態でアキレス腱を介して作用する左踵骨への機械的張力 (tension) の方が踵骨への直接的なストレスとして、より強く関与したのではないかと推察される。すなわち、右踵にかかる高頻度の強いストレスよりも左踵にかかる等尺性の高頻度のストレスの方が剣道青年群の骨強度の上昇に深く関与しているものと考えられる。しかし、高齢になると左足を軸足とする踏み切り力と右踵による前方への踏み込む力が減少し、下肢に負担のかからない動作特性を示すようになり、加齢に伴う打撃動作の変容がみられる<sup>24)</sup><sup>27)</sup>ことから、青年期にみられる左踵骨骨密度の優位性は消失してくるものと考えられる。このことは、加齢に伴う技術特性の変容

と骨密度との関連を示すものとして興味深い。

今回は、青年期である男女大学生の剣道選手を対象として踵骨の骨密度への剣道実践の効果を検討したが、男女の剣道経験は、それぞれ平均で13.16年、10.04年であり、小学校の低学年から継続してきたことになる。言い換えると成長期における剣道実践が現在の青年期の骨密度形成に大きく関与しているものと考えられる。小沢<sup>21)</sup>は、成長期の骨密度に関して、中学、高校の運動部の生徒の骨密度が非運動部の生徒に比べて高く、さらに運動経験によって、peak bone mass は通常 (20～30歳代) よりも早まる可能性を指摘し、成長期には骨密度増加のためには衝撃度を伴った運動を行うことが不可欠であると述べている。また、各種スポーツが骨密度を増加させる理由として、多くのスポーツが骨に対する衝撃や圧縮力を伴う運動であることをあげ、運動によるメカニカルストレスの骨密度への有効性を唱えた。剣道運動の技術特性でもある左足による踏み切りと右足による踏み込み動作は、まさにこの衝撃と圧縮力を伴う運動形態であると言えよう。

最後に沢井<sup>23)</sup>は、運動習慣と骨密度との関係に関して、体力レベルの高い若年者のうちに、なるべく強い運動刺激を骨に与える習慣を身につけて、peak bone mass を高め、中高年以降は、ウォーキングや軽い運動を週に何回か定期的に行うことの重要性を述べている。また、後藤ら<sup>6)</sup>は、若年期の骨へのスポーツ効果が、少なくとも中年期まではその影響が維持される可能性を示唆し、メカニカルストレスによる若年期の骨密度効果が極めて大きいことを報告している。いずれも、peak bone mass までの運動習慣の重要性を指摘したものである。

以上を踏まえると、剣道という運動は、子どもから高齢者までその年齢に応じて、技術特性の変容を行いながら長期間にわたって実践できるものであり、若年期から青年期にかけてpeak bone mass を大いに高める効果を有し、骨密度の増加・維持に関して有効な運動として期待できるものと思われる。

## V 結論

男女大学生の剣道選手を対象として、超音波伝導法による踵骨骨密度を測定し、青年期における剣道実践が骨密度にどのような影響を及ぼしているのかを検討した結果、以下のような結論を得た。

1. 大学剣道選手の骨密度は、同年齢平均値に比べて、右足の踵骨において男子が約4%、女子が約6%高く、左足の踵骨では、男子が約11%、女子が約14%高い値を示した。また、骨密度最高値となる年齢の骨密度に比べても、右足の踵骨において男子が約3%、女子が約6%、左足の踵骨では、男子が約10%、女子が約13%高い値をそれぞれ示した。
2. 大学剣道選手の骨密度の左右差に関しては、男女とも有意に左足の踵骨の骨密度が高い値を示した。
3. 大学剣道選手の骨密度は、体重が重くなるほど高い値を示す傾向があり、その傾向は特に女子に顕著であった。
4. 大学剣道選手において、男子は、体重と骨密度との間に、また、女子は、身長及び体重と骨密度との間に、それぞれ有意な相関関係がみられた。

以上のことより、身体の成長が著しく、Peak Bone Massの到達時期でもある青年期までの剣道実践が、骨の形成、また、骨密度を高めることに對して有効に働いていることが示唆された。

## 引用・参考文献

- 1) Bailey, D.A. and MaCulloch, R.G. : Bone tissue and physical activity. *Can. J. Spt. Sci.* 15 : 229-239, 1990.
- 2) Buchanan, J.R. et al. : Determinants of peak trabecular bone density in women. *J. Bone Miner. Res.* 3(6) ,673-680, 1988.
- 3) 恵土孝吉 : 剣道選手の腕伸展, 屈曲パワー, *武道学研究*, 10巻2号, 125-127, 1977.
- 4) 遠藤直人, 高橋栄明 : 骨と電気刺激, *The Bone* 7(2), 49-54, 1993.
- 5) Forward, M.R. et al. : Physical activity and bone mass. *Bone and Mineral* 21, 89-112, 1993.
- 6) 後藤澄雄, 山縣正庸, 百武衆一, 小林康正, 袖山知典, 守屋秀繁, 梅津美香 : 高い骨密度の維持に有効なスポーツの質と量に関する研究, *臨床スポーツ医学*, 8巻7号, 821-825, 1991.
- 7) 林邦夫, 鷺見勝博, 堀山健治 : 全日本剣道選手権優勝者の等速性筋出力特性, *武道学研究*, 28巻2号, 46-59, 1995.
- 8) Hayashi, Y. et al. : Osteoporosis in the elderly, "The Olympic Book of Sports Medicine", 355-359, Blackwell Oxford, 1988.
- 9) Huddleston A.L. et al. : Bone mass in life-time tennis athletes. *JAMA* 244, 1107-1109, 1980.
- 10) 井本岳秋, 中島仁子, 高沢竜一, 境 式子, 田井美穂, 本田裕美, 沖汐美由紀, 桜井洋子, 中根惟武, 米満弘之, 澤田芳男, 女性の腰椎骨塩濃度と基礎体力, *臨床スポーツ医学*, 10巻6号 : 701-706, 1993.
- 11) 宮本章次 : 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巻, 24-32, 1991.
- 12) Mori, S. et al. : Factors affecting peak bone mass in Japanese female. 4th International Symposium on Osteoporosis (proceeding), 98-99, 1993.
- 13) 森 諭史, 河西 純, 乗松尋道, 田中 聡, 山神眞一 : 長期間の剣道が身体に及ぼす影響 (第1報) —高齢高段剣道選手の踵骨骨密度と膝障害—, *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, 16巻3号, 102, 1996.
- 14) 森 諭史, 河西 純, 辻 伸太郎, 田中 聡, 宮本賢作, 山神眞一 : 長期間の剣道が身体に及ぼす影響—高齢高段剣道選手の調査—, *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, 17巻3号, 75-80, 1997.
- 15) 中田弥生, 徳川茂樹, 峰 なつ香, 山形ひめ, 吉村典子, 安田祐子, 森岡聖次, 坂田清美, 橋本 勉 : 若年者の骨密度変化に関する検討, *学校保健研究*, 40巻4号, 341-346, 1998.

- 16) 百鬼史訓, 藤田紀盛, 宮下 節, 佐藤成明: 剣道における打撃動作中の足底力に関する研究, 武道学研究, 10巻2号, 113-114, 1977.
- 17) Nilson BE et al : Bone density in athletes. Clin Orthop 77, 179-182, 1971.
- 18) 太田壽城, 田畑 泉: 運動量と骨塩量, The Bone.7(2), 55-60,1993.
- 19) 大坪 壽, 前阪茂樹, 有馬佳代, 児玉晋太郎, 浦田博彦, 國分國友, 百鬼史訓: 大学女子剣道選手の骨密度に関する研究—他の競技スポーツ選手との比較—, 武道学研究, 31巻1号, 30-37, 1998.
- 20) 小沢治夫, 福永哲夫, 渡辺 功: 各種スポーツと骨密度に関する断面研究, 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, 52-89, 1992.
- 21) 小沢治夫: スポーツ種目と骨密度, 臨床スポーツ医学, 11巻11号, 1245-1251, 1994
- 22) 斉藤滋, 川瀬俊夫, 中野 完: メカニカルストレスと骨(1)—とくに電磁気シグナルについて—, The Bone 7(2), 31-36, 1993.
- 23) 沢井史穂: 運動習慣と骨密度, 体育の科学, 42巻11号, 851-856, 1992
- 24) 辻 伸太郎, 森 諭史, 河西 純, 乗松尋道, 田中 聡, 山神眞一, 宮本賢作: 高齢剣道高段者の正面打撃動作における下肢への負担度の分析, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, 18巻, 491-494, 1997.
- 25) Virbidakis,K.et al : Bone mineral content of juniorcompetitive weightlifter. Inc.J.Sports Med.11, 244-246, 1990.
- 26) 山神眞一, 岡田泰士, 藤原章司, 榎並 浩, 引田紀子: 剣道の高齢高段者の骨量について, 第12回日本バイオメカニクス学会大会論文集, 407-410.1994.
- 27) 山神眞一, 百鬼史訓, 岡田泰士, 藤原章司, 直原 幹, 宮本賢作, 阿部純也: 剣道高齢高段者の打撃動作特性について, 身体運動のバイオメカニクス, 日本バイオメカニクス学会編, 127-131, 1997.
- 28) 山神眞一, 百鬼史訓, 横山直也, 直原 幹, 宮本賢作, 高橋健太郎: 剣道高齢者の骨量に関する研究, 武道学研究, 31巻2号, 20-29, 1998.
- 29) 山村俊昭, 石井清一: 骨粗鬆症と運動, 日経スポーツメデイシン, 20-25, 1992.
- 30) 山崎薫, 串田一博, 大村亮宏, 佐野倫生, 佐藤義弘, 井上哲郎: 超音波骨量測定装置の使用経験—測定精度と有用性の検討—, Therapeutic Research,13(8), 585-593, 1992.