

## 実践研究

## 一流女子剣道選手における踵骨骨強度の左右差

Difference between right and left of the calcaneus bone strength  
in elite female kendo players北村 優弥<sup>1)</sup>  
Yuuya Kitamura<sup>1)</sup>加藤 勇之助<sup>2)</sup>  
Yuunosuke Katou<sup>2)</sup>村上 なおみ<sup>3)</sup>  
Naomi Murakami<sup>3)</sup>

キーワード 踵骨骨強度、左右差、剣道

calcaneus bone strength, The difference between right and left, kendo

## 1. 緒言

近年、スポーツや運動によるメカニカルストレスが骨密度を上昇させることが報告されている(栗林ら、1997; 秋坂ら、1997; 羅平、2006)。骨は骨形成と骨吸収により常につくりかえられており、骨芽細胞やライニング細胞は骨細胞からメカニカルストレスの情報を得ながら骨形成タンパク (bone morphogenetic protein, BMP) などの局所因子を産生し、活性の高い骨芽細胞は骨基質を産生して、一部は基質に埋め込まれ骨細胞となる。また、これらの細胞は BMP アンタゴニスト (noggin) や前駆細胞の表面にある受容体 (receptor activator for nuclear factor -  $\kappa$  B ligand, RANKL) を産生して破骨細胞を誘導し、ホルモンやサイトカインはオステオプロテグリン (osteoprotegerin, OPG) や RANKL の産生量を調整して骨芽細胞による破骨細胞誘導を制御している。これらの因子が骨形成と骨吸収のバランスをうまく保ちながら骨リモデリングが営まれている(手塚ら、2007)。

鎌田ら(1997)は、各スポーツ種目の運動特性によりメカニカルストレスを受ける部位の違いやメカニカルストレスの大きさの違いにより骨密度の左右差が認められたと報告している。その中でも、剣道は左右で運動パター

ンが大きく異なる種目であり、踏み込みの際の右踵骨にかかるメカニカルストレスよりも、アキレス腱からの左踵骨への機械的張力が踵骨への直接的なストレスとしてより強く関与し、左右の踵骨骨密度に左右差が出ると言われている(山神ほか、2005)。また、右足で踏み込みをする際、踵から着地をしてしまうと、踵骨あるいは踵骨骨膜が損傷され踵骨挫傷などのスポーツ傷害になってしまうとも言われている(湯村、2014)。踵骨挫傷などのスポーツ傷害になってしまうと継続的にスポーツを行うことができない。しかし、報告の中には左右差が認められなかった報告もあり、山神ら(1998)の報告によると剣道青年群では踵骨の骨量の左右差が認められたのに対し、剣道高齢者群では左右差が認められなかった。

我々は、剣道の競技レベルや段位によってメカニカルストレスのかかり方が違い、踵骨骨密度の左右差が認められないのではないかと、また、競技年数別で調査をすることにより、踵骨骨密度の左右差の出現時期を明らかにすることができるのではないかと考えている。これらを明らかにすることができれば、子どもたちや剣道を行う人たちに対し、スポーツ傷害の予防法などを示すことができると考える。しかし、過去の報告を調査する中で、剣道の

1) 大阪体育大学大学院

Graduate School of Osaka University of Health and Sport Sciences

2) 大東文化大学

Daito Bunka University

3) 大阪体育大学

Osaka University of Health and Sport Sciences

踵骨骨強度の左右差に関しての報告があるが、ほとんどが剣道高齢者や地区大会出場経験のある剣道選手を対象とした報告であり、日本学生上位の選手を対象とした報告を見つけることができなかった。

そこで本研究では、日本学生大会上位経験のあるO大学女子剣道部を対象に踵骨骨強度を測定、さらに体格などを調査し、日本学生上位選手の剣道の運動特性が踵骨骨密度にどのような影響を及ぼすかについて明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2-1. 調査対象者・調査時期及び倫理的配慮

調査対象者は全日本女子学生剣道優勝大会に出場し、第3位を経験しているO大学女子剣道部21名(20.0 ± 1.1歳)とした。また、大坪ら(1998)の研究でもっとも踵骨骨密度が高い種目であったバスケットボールを対照とし、今回の研究では同大学女子バスケットボール部38名(20.0 ± 1.1歳)を対象にした。競技歴は、女子剣道部については7~17年であり、女子バスケットボール部は7~17年である。調査を行う際、事前に女子剣道部及び女子バスケットボール部の責任者に研究の主旨や調査方法・目的を説明し、同意を得た。また、対象者には、研究の主旨や調査方法や目的、得られたデータは研究以外では使用しないこと、個人が特定されないことを十分に説明し、インフォームドコンセントを得た。調査時期に関しては、女子バスケットボール部は2015年11月16~20日、女子剣道部は同年11月23~12月2日の期間に調査を実施した。

### 2-2. 調査内容

#### 1) 踵骨骨強度測定

踵骨骨強度を測定するために超音波骨密度測定装置を使用した。超音波骨密度測定装置はAOS-100SA(ALOKA社製)を用いた。両足踵骨の透過指標(transmission index, TI)と超音波伝搬速度(speed of sound, SOS)を測定し、 $TI \times SOS^2$ の式により音響的骨評価値

(osteo sono-assessment index, OSI)を求めた。TIは、超音波の受信透過波形の半値幅で決定される値で、定性的には、骨量の高いほうが高周波成分の減衰が相対的に多くなり、半値幅が広くなると言われている。SOSは、単位時間当たりの超音波伝搬距離(m/sec)であり、物質の密度と弾力性の指標を表す値を示す(山崎, 2005)。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。本研究ではOSIの数値を踵骨骨強度の指標とした。

### 2-3. 分析方法

分析方法については、群間の体格や踵骨骨強度の平均値の比較をするために、年齢、競技歴、身長、体重、BMIの体格についての計5項目と超音波骨密度測定装置で測定をした左右のOSIに対して対応のないt検定(unpaired t-test)を行った。基本統計量に関しては平均値 ± 標準偏差で示した。調査において得られた測定値はすべてIBM SPSS Statistics Version21.0 for Windowsを用いて統計処理を行った。なお、それらの統計上の有意水準は5%未満とした。

## 3. 結果

### 3-1. 身体的特徴、競技歴、骨強度

大学女子剣道部(n=21)及び女子バスケットボール部(n=38)の身体的特徴、競技歴、骨強度等の基本統計量をまとめた。女子剣道部全体の年齢は20.0 ± 1.1歳、そして競技歴は12.1 ± 2.5年であった。身長については1.60 ± 0.1m、体重は58.0 ± 5.2kg、BMIは22.5 ± 1.6(kg/m<sup>2</sup>)、右のOSI値は3.13 ± 0.4、そして左のOSI値は3.52 ± 0.4であった。女子バスケットボール部全体の年齢は20.0 ± 1.1歳、そして競技歴は10.5 ± 2.3年であった。身長については1.66 ± 0.1m、体重は56.6 ± 6.7kg、BMIは20.1 ± 3.7(kg/m<sup>2</sup>)、右のOSI値は3.61 ± 0.5、そして左のOSI値は3.61 ± 0.5であった(表1)。

表1 大学女子剣道部選手及び大学女子バスケットボール部選手の身体的特徴

各項目	大学女子剣道選手 (n=21)			大学女子バスケットボール部(n=38)		
	平均値±SD	最大値	最小値	平均値±SD	最大値	最小値
年齢 (歳)	20.0±1.1	22	18	20.0±1.1	22	19
競技歴 (年)	12.1±2.5	17	7	10.5±2.3	15	7
身長 (m)	1.60±0.05	1.73	1.53	1.66±0.07	1.80	1.47
体重 (kg)	58.0±5.2	72	48	56.6±6.7	73	39
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.5±1.6	26.7	20.4	20.1±3.7	24.7	17.3
右OSI	3.13±0.4	3.81	2.34	3.61±0.5	5.10	2.79
左OSI	3.52±0.4	4.40	2.68	3.61±0.5	4.79	2.09

### 3-2. 一般女性 OSI 基準値との比較

大学女子剣道部 (n=21) 及び女子バスケットボール部 (n=38) の左右の OSI 平均値と 20 歳の一般女性の OSI 基準値を比較した。一般女性の基準値は、萩野 (2005) が示す各測定器メーカーの基準値の AOS-100 (アロカ) が示す 20

歳の基準値を採用した。両群を比較した結果、女子剣道部及び女子バスケットボール部の左右の OSI の平均値は 20 歳の一般女性の OSI の基準値よりも高く、女子剣道部の右の OSI の平均値のみ 20 歳の一般女性の +2SD の数値よりも低い数値を示した (表2)。

表2 大学女子剣道部選手、大学女子バスケットボール部選手、及び一般女性におけるOSIの比較

対象	OSIの指標				
	右平均値	左平均値	標準値	+2SD	-2SD
大学女子剣道部選手 (n=21)	3.13	3.52			
大学女子バスケットボール部選手 (n=38)	3.61	3.61			
一般女性			2.71	3.24	2.18

### 3-3. 体格及び踵骨骨強度の平均値の比較

女子剣道部と女子バスケットボール部の体格や踵骨骨強度の平均値の比較をするために、年齢、競技歴、身長、体重、BMI、左右の OSI に対して 2 群間の対応のない t 検定を行った。その結果、競技歴、身長、BMI、右 OSI において有意差が認められた。競技歴 (年) は女子剣道部の方が女子バスケットボール部より

も有意に高く (p<0.05)、身長 (m) は女子バスケットボール部の方が女子剣道部よりも有意に高く (p<0.05)、BMI (kg/m<sup>2</sup>) は女子剣道部の方が女子バスケットボール部よりも有意に高く (p<0.05)、右 OSI は女子バスケットボール部の方が女子剣道部よりも有意に高かった (p<0.05) (表3)。

表3 大学女子剣道部選手と大学女子バスケットボール部選手における各測定値の比較

	各指標						
	年齢(歳)	競技歴(年)	身長(m)	体重(kg)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	右OSI	左OSI
女子剣道部選手	19.95	12.10	1.604	58.05	20.09	3.13	3.52
女子バスケットボール部選手	19.97	10.50	1.657	56.62	22.54	3.61	3.61

\*: p<0.05

#### 4. 考察

本研究では日本学生大会上位経験のある女子剣道部と対照群として女子バスケットボール部を対象とし、踵骨骨強度の測定、さらに体格などとの関係を明らかにするために踵骨骨強度に関する実態把握を行った。

まず、女子剣道部及び女子バスケットボール部に対し、超音波骨密度測定装置を用いて両足踵骨の踵骨骨強度の調査を行った。その結果、OSIについては左右どちらとも女子バスケットボール部の方が女子剣道部よりも高かった。これは、小沢(1994)が報告しているように、バスケットボールという種目は重力に抗して強い衝撃を伴う運動であり、この強い衝撃が骨強度を上昇させていると考えられる。また、女子バスケットボール部は部活動の練習の際、ウエイトトレーニングを行っているが、女子剣道部はウエイトトレーニングを行っていないため、ウエイトトレーニングの有無が骨強度の差に影響を与えていると考えられる。

次に、各群でOSIの左右差を対応のないt検定を用いて検討した結果、女子剣道部のみOSIの左右差が認められた。これは、種目間の運動特性の違いが影響していると考えられる。剣道は左右特異性の種目であり、面などの打撃動作の際に右足を前にした構えから左足を踏み切り足として一旦全体重を軸足となる左足にかけ、それから相手に向かって前方に跳躍し、右足の踵から着地をする。また、百鬼ら(1977)が報告しているように、青年期では打撃時の右足踵骨には瞬間的に800kg前後の圧縮としての機械的負荷がかかる。剣道では、山神ら(1998)が述べているようにこの右足にかかる高頻度の強いストレスよりも構えの時から常に緊張するアキレス腱から左踵骨への等尺性の高頻度の機械的張力のストレスの方が剣道青年群の骨強度の上昇により有効であると推察している。つまり、左踵骨にかかる等尺性の高頻度のストレスの方が右踵骨にかかるストレスよりも骨強度の上昇に影響を与えたと考えられるため踵骨骨強度の左右差が認められたと推察される。本研究では、左右

の踵骨にかかるストレスを定量化することはできなかった。今後は、踵骨骨強度の測定に加え打撃時にかかるストレスを定量化し、左右の踵骨骨強度に与える影響などについても明らかにしていきたい。

次に、女子剣道部及び女子バスケットボール部の左右OSI平均値と20歳の一般女性OSI基準値を比較した結果、女子剣道部及び女子バスケットボール部の左右OSI平均値は20歳の一般女性OSI基準値よりも高かった。これは、秋坂ら(1997)が運動部で活動を行っている生徒の方がそうでない生徒よりも踵骨骨密度が有意に高かったと報告しているように、女子剣道部及び女子バスケットボール部は20歳の一般女性よりも高い運動習慣を有しているため、このような習慣性と強度を保持した定期的な運動が、踵骨骨強度の上昇に影響したと考えられる。しかし、両部活の左右OSI平均値は20歳女性OSI基準値よりも高かったのに対し、女子剣道部の右OSI平均値のみ20歳女性OSI基準値の+2SDの値よりも低かった。剣道では面などの打撃動作の際、右足踵骨には瞬間的に800kg前後の圧縮と機械的負荷がかかる(百鬼ら、1977)。また、剣道では踏み込みの際に足の裏全体で着地することが原則であり、足の裏全体で着地をすることで800kg前後の圧縮と機械的負荷が分散される。先行研究では確認することはできなかったが、このように踏み込みの際足の裏全体で着地ができず踵で着地をしてしまった場合、その強い衝撃により踵骨あるいは踵骨骨膜が損傷される可能性が考えられる(湯村、2014)。つまり、踏み込みの際に足の裏全体で着地ができず、踵に強い衝撃が加えることで、右踵骨に何かしらのメカニカルストレスがかかり、踵骨骨強度に影響したため20歳女性OSI基準値の+2SDの値よりも女子剣道部の右OSI平均値が低くなったのではないかと推察される。しかし本研究では踵骨・踵骨骨膜の損傷の診断及び損傷による踵骨骨強度への影響を明らかにすることができなかった。今後は、踵骨・踵骨骨膜の損傷がどのように踵骨骨強度に影響するか

などについても明らかにしていきたい。

また、この結果はO大学のみのものであり、大学の練習環境や練習方法が影響していることも考えられるため一般化することは難しいかもしれない。今後は、さらに研究対象を全国に広げていくことが必要である。

## 5. まとめ・今後の課題

本研究は、日本学生大会上位経験のある女子剣道部の踵骨骨強度を測定し、さらに体格などとの関係を明らかにし踵骨骨強度に関する実態把握をすることを目的として踵骨骨強度の測定を行った結果、以下のような結論を得た。

1. 日本学生大会上位経験のある女子剣道選手の左右OSI平均値は、20歳女性OSI基準値よりも高いが、右OSI平均値のみ20歳女性OSI基準値の+2SDの値よりも低かった。これは、踏み込みの際に右足にかかる強い衝撃により踵骨及び踵骨骨膜が損傷したため踵骨骨強度が低くなってしまったのではないかと推察される。
2. 女子剣道部ではOSIの左右差が認められたが、女子バスケットボール部では左右差は認められなかった。これは、踏み込みの際に左踵骨にかかる等尺性の高頻度のストレスが左の踵骨骨強度を上昇させる要因であると推察される。

以上が今回の調査の結果である。今後の課題としては、生活習慣や利き手利き足、競技レベル、段位などをさらに細かく調査をし、骨強度との関連を明らかにするとともに踵骨挫傷などのスポーツ障害を未然に防ぐための方法を見つけたい。

## 謝辞

本研究をまとめるにあたり、同大学の神崎浩氏、村上なおみ氏、村上雷多氏、大東文化大学の加藤勇之助氏には多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 秋坂真史、座光寺秀元、有泉誠、女子高校生のライフスタイルと踵骨骨密度に関する研究。日本衛生学雑誌、52(2), 481-489, 1997.
- 2) 林千代、藤澤久美子、女子短期大学生における骨密度と生活習慣の関連。飯田女子短期大学紀要、23, 111-119, 2006.
- 3) 萩野浩、QUSの基準値。オステオポロシスジャパ、13(1), 31-35, 2005.
- 4) 鎌田安久、栗林徹、高橋恵子、小野田敏行、野原勝、立身政信、角田文男、各種スポーツ選手の踵骨における骨強度の左右差。岩手公衛誌、8(1), 76-87, 1997.
- 5) 栗林徹、鎌田安久、高橋恵子、小野田敏行、野原勝、勝山彰、小栗重統、立身政信、角田文男、女子大学生における運動部活動が骨密度に及ぼす影響(第2報)。岩手公衛誌、8(1), 88-93, 1997.
- 6) 百鬼史訓、宮下節、藤田紀盛、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—踏み込み動作について—、武道学研究、10(2), 113-114, 1997.
- 7) 西尾大介、大久保浩司、骨密度と生活習慣アンケート結果との相関性について。浜松赤十字病院医学雑誌、5(1), 17-20, 2004.
- 8) 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(1), 30-37, 1998.
- 9) 岡野亮介、中正二郎、勝木建一、男性スポーツ選手における踵骨骨強度の特徴および形態・基礎体力との関連性。萩国際大学論集、4(2), 45-55, 2003.
- 10) 小沢治夫、スポーツと骨密度。臨床スポーツ医学、11(11), 1245-1251, 1994.
- 11) 羅平、男子高校生の骨密度と運動習慣との関係—運動経歴、運動有能感の視点から—。広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部 文化教育開発関連領域、(55), 325-331, 2006.
- 12) 相良多喜子、西条旨子、広川渉、森河裕子、三浦克之、田畑正司、中川秀昭、高校生の骨密度

に対する栄養素摂取量および生活習慣の関連。  
日本公衆衛生雑誌、49(5), 389-398, 2002.

13) 庄野菜穂子、近藤芳昭、桧垣靖樹、西住昌裕、  
若年及び中年男性の踵骨骨密度とその関連要  
因。日本衛生学雑誌、55(2), 516-522, 2000.

14) 手塚健一、上岡寛、骨細胞 メカニカルス  
トレスと骨-骨細胞の生物学から骨リモデリン  
グシミュレーションへ、医学のあゆみ、221(1),  
76-80, 2007.

15) 山崎薫、QUS装置。オステオポロシスジャ  
パン、13(1), 24-26, 2005.

16) 山神真一、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(2), 20-29, 1998.

17) 山神真一、石川雄一、境英俊、藤原章司、  
阿部純也、宮本賢作、長野智香、大学男女剣  
道選手の骨密度特性。武道学研究、37(3), 13-  
23, 1998.

18) 湯村正仁、踵骨挫傷。剣道医学 Q&A、  
154-155, 全日本剣道連盟、2001.

(受付日 2017/12/20 受理日 2019/3/4)