

# スポーツ選手の資質の検討における 骨密度測定の可能性

藤澤義彦  
田淵和彦

《ABSTRACT》

## Proposed Application of a Bone Density Measurement to the Evaluation of Athletes' Talent

We have been measuring and evaluating using various methods a degree of talent required for a good fencer. We consider that such talent to generally improve the athlete's competitiveness are related to the psychological and physical aspects. We have therefore performed our own improved measurement method referring to those used in France and other countries in order to study such talent from psychological and physical aspects.

It is important not only to study such talent, but also to study a method to find the most talented athletes. In Europe, it is focused on the bone development, etc. of infants and children to find prospective athletes. There is a large correlation between the bone development and body sizes, and it is important to be aware of the bone developing conditions during the puberty in order to plan a long-term training scheme.

As such, the bone density which influences sports abilities is generally measured by using X-ray. T. Otani of Doshisha University, Department of Technology are currently developing a bone mineral densitometry using the special character of ultrasonic waves. The result of his research was adopted as the project of the Japan Science and Technology Agency assigned to and developed by OYO Electric Co., Ltd.

We studied the effectiveness of LD 100 and the impact of bone density measurement on analysis of athletes' talent from a sports science perspective, by measuring the bone density of athletes of both genders from Doshisha University's fencing, tennis and table tennis teams, focusing on the attenuation of transmission wave, thickness of cortex, and volume fraction and elasticity of cancellous bone.

As a result, we observed:

- 1) higher value of bone density for male, but almost the same value of firmness of cancellous bone for male and female. From this result, we may speculate that sports training provides a favorable influence on the bone development of the female.
- 2) winners of the Japan Fencing National Championships have strong and firm bones on one hand, but on the other hand, they scored low on the elasticity of cancellous bone, thus may have soft cancellous bones. Whether such bone condition would be favorable for playing sports will be our next issue.

Nevertheless, it was an interesting result.

LD100 made the evaluation of bone elasticity possible, and we can expect that it possibly becomes an effective measuring instrument to study athletes' talent.

Keywords: Bone mineral density, Ultrasonic, Elasticity of cancellous bone, Ability and quality

はじめに

新超音波骨密度計 LD100について

スポーツ競技選手の骨密度について

- 被験者, 測定日時等
- 結 果
- 考 察
- ま と め

文 献

はじめに

従来よりフェンシング選手に必要と考えられる資質について、各種の測定を実施し検討を加えてきた。フェンシング競技は一見スマートな競技のように思われる。しかし、競技成績上位者にあっては肉体的にも精神的にも消耗の激しい過程をたどっているのが実態である。このような条件は、どのようなスポーツ種目にもいえることである。そのため、この条件を実現するためのスポーツ選手の「資質」について検討を加えることは競技力向上のために重要と考える。

一般的に競技力を向上させるために必要な資質には、心理的側面と肉体的側面に関係するものがあるように思われる。心理的側面としては、「意欲」、「闘争心」、「冷静さ」等の言葉で表現される要素がよく検討されている。そのため、選手の心理的側面と練習内容および技術の優劣との関係を知ることは、将来の目標設定に不可欠な条件であると思われる。このことから我々は、国際大会に参加する選手を対象に自覚的疲労調査や情動反応プロフィール等を実施し、国内合宿時および海外遠征時の疲労現象と心理状態が試合に与える影響等について調査を実施した<sup>1)2)</sup>。一方、肉体的側面についてはフランス等で実施されている体力・運動能力測定方法を参考にして独自に改良を加え実施してきた<sup>3)4)5)6)</sup>。

以上のことから国際的競技力向上のためには、競技選手に必要な資質を考究し、その結果を基にした効果的なトレーニングを開発する必要があると考えられる。このような選手強化方法は、フランスでは国家として政策化され成果を

上げている。将来のオリンピックのメダリストを養成する目的で、幼年期から系統的なトレーニングを開始し、有望と目される選手はナショナルトレーニングセンターに集め学業とスポーツトレーニングを集中的に実施する制度を設けている。この制度に採用される条件は、競技成績の優秀さとともに運動能力と体組成を評価の対象とした経緯がある。このような制度が実施された初期には、手首のレントゲン写真により骨密度を確認し、将来の可能性を判定したこともある<sup>7)</sup>。このように将来有望な選手を早期に発掘し、系統的なトレーニングにより競技力を向上させることも重要なスポーツ政策の一つである。

一般的に実施されている選手発掘の方法は運動能力測定等である。しかし、ヨーロッパ諸国では幼年期の骨の発育状態等にも注目して将来の有望選手発掘を行っていることは事実である。骨の発育と体格・体型には大きな関わりがあるが、もちろん競技力と体格・体型にも密接な関係があることはいうまでもない。その意味においては、発育期の骨の状態を把握することは今後の競技力を想定し得るもので、長期間のトレーニング計画を立てる上においても重要なポイントなのである。我が国では、このような観点から選手発掘を行うことは欧米に比べ数少ないが、国際的競技力を重視するのであれば放置してはならない事柄である。また近年我が国では、日常生活においても高齢者の健康問題がクローズアップされて、骨の健康の重要性が認識されるようになった。それに伴って骨密度という言葉も骨粗鬆症という病名と関連して、一般に広く認知されるようになったと思われる。骨の健康には、スポーツ習慣も大きく関連することから、栄養の問題とともにスポーツが注目されている。日常生活においては骨の健康のために適度なスポーツを行い、将来の競技力のためには骨の発育を認識するということである。

このようにスポーツの競技力にも関連すると考えられる骨密度は、一般的には放射線測定装置を用いて測定することにより体内のカルシウム含有量の指標としていた。放射線測定装置に加えて現在では超音波を利用した簡便な測定機器が開発されている。骨密度測定は、放射線を利用したMD法、DIP法、CXD法等の骨濃度の判定により骨量を判定する方法や、光子線を利用したSPA

法，DPA法，微量のX線を用いるSPA法，DXA法がある。また，X線CT像を用いるQCT法，pQCT法が骨密度計測に利用されている<sup>8)</sup>。それに加えて，超音波の伝搬速度と減衰量を利用して骨密度を測定する超音波計測器が開発されている。

現在，大谷（同志社大学工学部）は，超音波の特性に注目し新たな骨密度測定装置の開発を進めている。超音波を利用した骨密度測定は，検査装置、測定部位等の関係からか測定値の信頼性に疑問が持たれていることがあり，一般的には放射線法による骨密度測定の補助的役割を果たしている。しかし，大谷は超音波法の長所を1) 骨の弾性を評価できる，2) 放射線の被曝の危険性がない，3) 装置が小型，軽量，低価格である，4) 集団検診によるスクリーニングに適している，として新たな超音波測定装置の開発に取り組んでいる。今回は大谷の超音波骨密度測定装置の有効性と骨密度測定がスポーツ選手の資質の分析に与える影響について，スポーツ科学の分野から検討を加えたいと考える。

### 新超音波骨密度計 LD100について

新骨密度測定装置の開発は，大谷<sup>9)10)11)12)13)</sup>らによって海綿骨内の超音波伝搬現象が解明されたことに始まる。次いで，その研究成果を工業化するために，同志社大学と堀場製作所が共同研究を行い，新しい骨量の可能性が示された。その後この開発計画は，独立行政法人科学技術振興機構の委託開発事業に採択され応用電気㈱によって推進された。製品名は“超音波骨密度計 LD100”（写真1；LD100，以下同じ）。測定項目は，「透過波減衰」，「橈骨厚」，「皮質骨厚」，「海綿骨骨密度（海綿骨骨量体積比，以下同じ）」，「海綿骨弾性定



写真1 超音波骨密度測定計 LD100外観

数」等である。また、骨の形状を骨量および硬さに依存した色の濃淡にして現す（ここでは「減衰マップ」および「音速マップ」とする、以下同じ）。以上の測定項目により骨粗鬆症の診断と海綿骨の骨密度分布の画像処理を可能にすることを目的としている。各測定値等は図1のとおりプリントアウトされ各被験者に配布される。

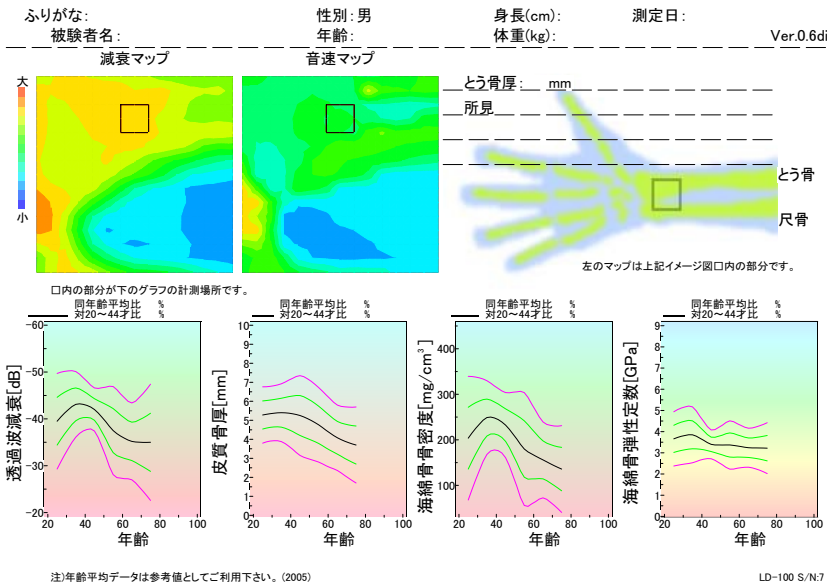


図1. 骨密度測定記録用紙

一般的に骨粗鬆症は、「骨組織の量が減った結果、骨折を生じたり骨折が発生する危険が高くなった状態をいう。」<sup>14)</sup>とされている。このように骨折が発生した、または発生する危険性があることにより骨粗鬆症を判定してるが、医療の現場においては脊椎（腰椎・胸椎）のX線像の骨萎縮と圧迫骨折の発生で骨粗鬆症を診断している<sup>9)</sup>。大谷らが開発中の測定器の骨密度評価は、橈骨遠位骨端の特に海綿骨部の超音波伝搬速度（SOS：speed of sound）と超音波減衰量（BUA：broadband ultrasonic attenuation）の変化により行われる。大谷らは、

海綿骨部内では高速波、低速波それぞれの波動が伝搬し、その各波動が海綿骨部の骨梁構造と骨密度の影響を受けることから、高速波と低速波それぞれの音速と減衰を用いると正確な骨密度測定が可能であるとの結論に達し、LD100の開発に至ったのである。骨粗鬆症は、皮質骨部と海綿骨部に発生の頻度を比較した場合、海綿骨部に顕著に発生することが指摘されている。従来の超音波骨密度測定装置は、踵骨の海綿骨部を計測するものが一般的であった。しかしLD100は、海綿骨部内を伝搬する高速波と低速波のうち、大きな骨では評価をする上で需要度の高い高速波の伝搬減衰が大きいため、踵骨より小さい橈骨骨端部の海綿骨部を計測する設定にされている。

以下、LD100の概略を簡単に記す。

1. 測定部位

左側橈骨（写真2）

2. 計測方法

乾式計測（ウォーターバッグ方式）、  
超音波パルス透過法、  
超音波パルスエコー法。



写真2 骨密度測定実施例

3. 測定時間

約3分

4. 性能

a. X線装置との関連

相関係数0.7以上（海綿骨密度）

b. 既承認装置との相関

透過波減衰：相関関係0.9以上。透過波音速：相関関係0.9以上。

以上、LD100を実際に使用し同志社大学体育会に所属するスポーツ競技選手の骨密度を測定した。

## スポーツ競技選手の骨密度について

### ・被験者、測定日時等

LD100を使用して同志社大学体育会フェンシング部、テニス部、卓球部の男子選手26名、女子選手19名を測定した。なおフェンシング選手については4名の女子社会人選手が含まれている。各選手の年齢は、男子は18歳から22歳、女子は18歳から27歳である。

測定は、2005年6月から11月の間に計3回、同志社大学京田辺校地デービス記念館と京都市内のホテルで実施した。

### ・結 果

表1は、男女競技選手の身体的特徴と骨密度である。透過波減衰は男子が $-39.53\text{dB}$ 、女子が $-37.59\text{dB}$ で男子の方が減衰が多く骨量の多さを示している。他の項目も男子の方が高い値を示したが、海綿骨骨量体積比は男子が0.18、女子が0.17とほぼ同じ値を示した。

表2、表3は種目別競技選手の測定値である。男子(表2)の骨密度は、フェンシング選手の透過波減衰が $-40.27\text{dB}$ と大きく、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比でも高い値を示したが、海綿骨の弾性定数はテニス選手が $4.16\text{GPa}$ と高い値を示した。卓球選手は透過波減衰が $-38.81\text{dB}$ と低い値を示し、また海綿骨弾性定数も $3.86\text{GPa}$ と一番低かった。女子の場合(表3)は男子とは逆で、テニス選手が透過波減衰がわずかに大きく、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比でもフェンシング選手よりも高い値を示した。しかし、男女とも骨量を示す値が高いグループが骨の弾性を示す値が低いという傾向が見られた。

次に各競技選手を競技成績により分類してそれぞれの各測定値をみた。競技成績の上位とは、各競技とも全日本・全日本学生クラス競技大会上位進出者および日本ナショナルチーム経験者とし、下位はそれ以外した。表4は男子、表5は女子である。男子にはフェンシング選手、テニス選手、卓球選手が2名ずつ含まれているが、女子はフェンシング選手のみであった。男子は骨密度(表



表 1. スポーツ競技選手の身長, 体重, 骨密度

	身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
男子 n=26	172.71±5.98	65.00±6.20	-39.53±3.61	5.23±0.90	0.18±0.04	4.02±1.15
女子 n=19	159.79±3.89	55.21±4.79	-37.59±3.66	4.12±0.59	0.17±0.03	3.43±0.50

表 2. スポーツ種目別競技選手の身長, 体重, 骨密度 (男子)

	身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
フェンシング n=7	173.24±6.47	65.21±4.34	-40.27±5.38	5.74±1.04	0.20±0.06	3.99±1.09
テニス n=11	173.09±6.18	64.46±6.60	-39.58±2.57	5.18±0.62	0.17±0.03	4.16±1.23
卓球 n=8	171.73±5.07	65.56±6.93	-38.81±2.63	4.85±0.90	0.18±0.03	3.86±1.06

表 3. スポーツ種目別競技選手の身長, 体重, 骨密度 (女子)

	身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
フェンシング n=13	161.08±3.12	56.77±4.74	-37.56±3.76	4.09±0.68	0.16±0.03	3.53±0.54
テニス n=6	157.00±0.50	44.85±2.85	-37.66±3.44	4.17±0.32	0.17±0.03	3.21±0.30

表 4. 競技成績上位, 下位による身長, 体重, 骨密度 (男子)

	身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
上位 n=6	175.63±3.59	67.58±5.96	-39.18±3.31	5.19±0.37	0.16±0.04	3.39±0.35
下位 n=20	171.84±6.27	64.23±6.06	-39.64±3.69	5.24±1.01	0.19±0.05	4.21±1.24

表 5. フェンシング競技成績上位, 下位による身長, 体重, 骨密度 (女子)

	身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
上位 n=3	161.67±1.25	57.33±1.25	-41.39±2.56	4.62±0.63	0.19±0.02	3.49±0.61
下位 n=10	160.90±3.48	56.6±5.35	-36.41±3.27	3.93±0.61	0.16±0.03	3.54±0.51

表 6. 透過波減衰の上位, 下位による各測定値

		身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
男子	上位 n=13	170.37±5.78	66.27±6.28	-42.50±2.32	5.66±0.79	0.21±0.03	4.47±1.39
	下位 n=13	175.05±5.22	63.73±5.85	-36.56±1.74	4.80±0.80	0.15±0.03	3.57±0.58
女子	上位 n=11	159.73±4.37	55.00±4.29	-40.40±1.79	4.46±0.50	0.19±0.02	3.48±0.59
	下位 n=8	159.88±3.10	55.50±5.39	-33.72±1.28	3.65±0.34	0.14±0.02	3.36±0.33

表 7. 皮質骨厚の上位, 下位による各測定値

		身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
男子	上位 n=12	170.23±6.34	65.04±6.45	-41.22±3.67	5.92±0.63	0.21±0.04	4.25±1.35
	下位 n=14	174.84±4.72	64.96±5.98	-38.08±2.85	4.64±0.65	0.16±0.03	3.83±0.92
女子	上位 n=8	161.00±3.97	55.75±4.21	-40.03±3.17	4.72±0.31	0.19±0.02	3.46±0.69
	下位 n=11	158.91±3.58	54.82±5.13	-35.82±2.87	3.67±0.28	0.15±0.03	3.41±0.29

表 8. 海綿骨骨量体積比の上位, 下位による各測定値

		身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
男子	上位 n=11	169.95±6.29	65.73±7.04	-41.66±2.63	5.86±0.71	0.23±0.03	4.65±1.42
	下位 n=15	174.73±4.84	64.47±5.45	-37.24±2.27	4.77±0.73	0.15±0.02	3.56±0.58
女子	上位 n=9	159.11±4.89	54.67±4.85	-40.34±2.94	4.55±0.47	0.20±0.01	3.53±0.64
	下位 n=10	160.40±2.54	55.70±4.67	-35.11±2.17	3.73±0.39	0.14±0.02	3.34±0.30

表 9. 海綿骨弾性定数の上位, 下位による各測定値

		身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量 体積比	海綿骨弾性 定数 (GPa)
男子	上位 n=9	171.33±6.00	65.33±6.41	-41.56±3.23	5.64±0.91	0.21±0.04	5.29±1.05
	下位 n=17	173.44±5.85	64.82±6.08	-38.46±3.33	5.01±0.82	0.17±0.04	3.35±0.34
女子	上位 n=7	160.57±3.77	54.14±4.19	-38.22±3.77	4.01±0.64	0.18±0.03	3.93±0.45
	下位 n=12	159.33±3.88	55.83±5.00	-37.22±3.55	4.18±0.56	0.16±0.03	3.14±0.21

4)において、すべて下位選手が僅かであるが優位な値、すなわち骨量が多く硬い骨であることを示した。特に海綿骨弾性定数が下位が4.21GPa、上位が3.39GPaと0.82GPaの差がみられた。女子は海綿骨弾性定数以外はすべて上位選手が透過波減衰が大きく皮質骨厚、海綿骨骨量体積比が高い値を示し、その差は男子よりも大きかった。

そこで透過波減衰、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比、海綿骨弾性定数の男女それぞれの測定値の平均値を基準として上位・下位に分け検討した。表6が男女透過波減衰の上位下位、表7が男女皮質骨厚の上位下位、表8が男女海綿骨骨量体積比の上位下位、表9が男女海綿骨弾性定数の上位下位の各測定値で、各表とも上段が男子、下段が女子である。男子の場合、骨密度に関しては上位の者が骨量、海綿骨弾性ともに優位な値を示した。しかし、女子の海綿骨弾性定数(表9)の上下で見た場合、皮質骨厚において下位の者が4.18mm、上位の者が4.01mmと下位が上位よりも高い値を示し、皮質骨の厚さと海綿骨の硬さおよび弾性とに反対の傾向があることが判明した。また、男子では表6から表9のすべての結果において、骨密度測定値の下位の者が上位の者より身長が高く、透過波減衰、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比の上下でみた場合4.61cm~4.78cm、海綿骨弾性定数の上下では2.11cmの身長差があり、骨の硬さ・弾性と骨の長さに反比例する値がみられた。しかし、体重は骨密度測定値の上位者が下位の者を上回っており、骨密度測定値の上下でみた場合、今回のスポーツ競技選手で骨密度の充実した選手は、身長が低く体重が重いという結果がみられた。女子においてはこの傾向はみられなかった。なお、各測定値間の差については、ノンパラメトリック検定により検討を加えたが、今回の各表の測定値間には有意な差はみられなかった。

## ・考 察

スポーツの各競技種目において上位者にあるためには、卓越した技術を冷静な情勢判断の基に駆使する必要があると考えられる。そのような状態を獲得するためには、心理的にはバイオフィードバック的方法を基本としたトレーニング

表10. Y A M：若年成人平均値（20～34歳）各測定値（男・女）.  
 応用電気株式会社資料

	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量体積比	海綿骨弾性定数 (GPa)
男子	-41.70	5.40	0.20	3.80
女子	-36.80	4.10	0.16	3.30

表11. フェンシング全日本選手権大会優勝者の各測定値（男・女）

	身長 (cm)	体重 (kg)	透過波減衰 (dB)	皮質骨厚 (mm)	海綿骨骨量体積比	海綿骨弾性定数 (GPa)
男子	170.00 (172.71)	68.00 (65.00)	-44.10 (-39.53)	5.80 (5.23)	0.21 (0.18)	2.98 (4.02)
女子	163.00 (159.79)	56.00 (55.21)	-43.61 (-37.59)	5.25 (4.12)	0.19 (0.17)	2.79 (3.43)

グが必要であろうし、肉体的には幼年期からの長期間におよぶ正確で段階的な身体的トレーニングを必要とするであろう。また、それらを可能にせしめるためには、優れた資質を有する選手を発掘する方策を明らかにすることも重要と考える。このことは、欧米諸国等ですでに政策化され多くの成果を上げている。

今回はフェンシング、テニス、卓球の男女選手の骨密度を測定し、透過波減衰、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比および海綿骨弾性定数に注目して検討を加えた。透過波減衰は橈骨の超音波透過波の減衰量の平均により骨密度を判定するもので、透過波の減衰量が大なるものが骨密度も大となる。皮質骨厚は橈骨の手の平側と手の甲側の皮質骨厚両方の骨厚の合計を示す。海綿骨骨量体積比は橈骨海綿骨中の骨成分が占める比率の平均、すなわち海綿骨の骨密度を示す。海綿骨弾性定数は橈骨海綿骨の弾性定数の平均、すなわち硬さ・強さを示す。

男女被験者全員の骨密度をみた場合、透過波減衰、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比、海綿骨弾性定数それぞれ男子が優位な値を示したが、海綿骨骨量体積比ではほぼ同様の値を示した。これらの数値を表10の一般的な20歳～34歳の若年成人平均値（Y A M，以下同じ）と比較してみると、男子では透過波減衰が2.74dB、皮質骨厚が0.17mm、海綿骨骨量体積比が0.02、Y A Mより低かったが、海綿骨弾性定数は0.22GPa、Y A Mより高かった。女子は透過波減衰が0.79dB、

皮質骨厚が0.02mm, 海綿骨骨量体積比が0.01, 海綿骨弾性定数が0.07GPaで、それぞれスポーツ選手が高かった。今回の結果から、スポーツトレーニングが女子の骨密度、すなわち皮質骨と海綿骨に良好な影響を及ぼしているように考えられる。

各競技別に体格および骨密度を見た場合、男子では卓球選手が他の競技に比べて低い値を示した。YAMと今回の男子3競技を比較した場合、フェンシング、テニス、卓球とも透過波減衰、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比で劣る値を示した。一般的にテニス選手、卓球選手は他の球技種目の選手に比べて骨密度が低いとの報告があるが<sup>15)</sup>、今回もスポーツ選手としては低い値を示したといえよう。女子においてもテニス選手は他の競技選手に比べて骨密度が低いとされているが<sup>16)</sup>、YAMと比較した場合においては若干優秀な値を示した。今回の測定値を競技別に検討した場合、男子ではフェンシング選手が透過波減衰が大きく、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比で高い値を示したが、海綿骨弾性定数は、テニス選手が高かった。女子はテニス選手が透過波減衰が大きく、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比で高い値を示したが、海綿骨弾性定数はフェンシング選手が高い値を示した。一般的に骨に限らず、物質を構成する組織の密度が高ければ強度が高く同時に硬いという印象を持つが、今回の測定に関しては、骨の強度と硬さが必ずしも一致しなかった。

次に、男女の競技成績優秀者とそれ以外で比較した場合、男女とも上位選手の海綿骨弾性定数が低く、柔らかい海綿骨を有していたといえる。そこで、今回の被験者の中に男女1名ずつフェンシング全日本選手権大会優勝者が含まれていたため、彼らの測定値を抽出して骨密度の傾向をみてみた。その結果は表11のとおりである。( )内の測定値は男女全員の平均値である。結果は男・女優勝者とも透過波減衰が大きく、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比が平均値よりも高いため、皮質骨、海綿骨ともに骨密度(骨量)の充実さが伺える。しかし、海綿骨弾性定数は平均値より低く海綿骨の柔らかさが想像される。彼ら二人の骨の状態が、スポーツにとって良好な状態かどうかは今後の課題ではあるが、国際的な競技力を有する2名のスポーツ選手がほぼ同様な骨密度を示している

ことは、非常に興味深い結果と考える。

今回測定に使用した超音波骨密度計 LD100は、2006年度にも通商産業省に認可申請をする予定という。この測定器は、現在まで明確にされなかった海綿骨の弾性測定を可能にしたことは、スポーツ選手の資質の検討に多いに有効な測定装置となり得る可能性を有しているのではないかと思われる。その意味においても超音波を利用した骨密度測定等の科学的手法を導入し資質判定の一助とすることもまた重要と考える。

今後、被験者数を増やし機器のさらなる充実を期するとともに、競技力向上と骨組成との関係について継続して検討を加え、あらゆる角度からスポーツ選手の資質について検討を加えていきたいと考える。

#### ・まとめ

今回は新超音波骨密度測定装置 LD100を使用し、同志社大学体育会フェンシング部（4名のOG選手を含む）、テニス部、卓球部の男子選手26名、女子選手19名を測定した。それにより骨密度測定がスポーツ選手の資質の分析に与える影響について、検討を加えた。

- 1) 男女被験者全員の骨密度をみた場合、男子が優位な値を示したが、海綿骨の硬さを示す骨量体積比では男女ともほぼ同様の値を示したため、スポーツトレーニングが骨形成に良好な影響を及ぼすのではないかと考えられる。
- 2) 各競技別に体格および骨密度を見た場合、男子はフェンシング選手、女子ではテニス選手が透過波減衰が大きく、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比で高い値を示した。しかし、海綿骨弾性定数は逆の傾向を示し、骨の強度と硬さが必ずしも一致しなかった。
- 3) フェンシング全日本選手権大会優勝者の測定値から骨密度の傾向をみた場合、透過波減衰が大きく、皮質骨厚、海綿骨骨量体積比で高い値を示し、皮質骨、海綿骨ともに骨密度の充実さが伺える反面、海綿骨弾性定数は平均値より低く海綿骨の柔らかさが想像される。このような骨の状態がスポーツにとって良好な状態かどうかは今後の課題ではあるが興味深い結果と思

われた。

- 4) LD100は海綿骨の弾性判定を可能にしたことで、スポーツ選手の資質の検討に多いに有効な測定装置となり得る可能性を有していると想像された。

## 謝 辞

今回の骨密度測定にあたり、応用電気㈱の武田隆三氏、真野 功氏、堀井薫氏には多大なる御支援をいただいた。ここに心より御礼を申し上げる。

## 文 献

- 1) 川井浩, 田淵和彦, 菅野虎雄, 秋保 篤, 飯田省三, 永野武晨: 昭和55年度, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究 第4報, p. 129~142, 1981.
- 2) 川井浩, 田淵和彦, 菅野虎雄, 秋保 篤, 永野武晨, 飯田省三, 折原順悦, 奥田明, 藤田裕司, 福山晴美: 昭和57年度, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究 第6報, p. 311~321, 1983.
- 3) 川井浩, 田淵和彦, 菅野虎雄, 永野武晨, 飯田省三, 奥田明, 大竹英二, 藤田裕司, 田辺吉一, 藤澤義彦: フェンシングの競技力向上に関する研究, 昭和61年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究 第10報, P. 121~129, 1987.
- 4) 川井 浩, 田淵和彦, 菅野虎雄, 永野武晨, 飯田省三, 奥田 明, 大竹英二, 田辺吉一, 田阪登紀夫, 高橋英一, 藤澤義彦: フェンシングの競技力向上に関する研究, 平成6年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究 第11報, p. 193~204, 1988.
- 5) 田淵和彦, 藤澤義彦: フェンシング選手の持久力について, 同志社保体30, p. 114~130, 1991.
- 6) 藤澤義彦: フェンシング選手の呼吸・循環機能について (その I), 同志社保体 35, p. 71~83, 1996.
- 7) LESUER H, LE MENAGE D, POUX D, MARINI J・F: Evaluation des aptitudes requises pour la pratique en Escrime, p. 13~17, 1989.
- 8) 鳥居 俊: 骨塩量, 臨床スポーツ医学 — スポーツ医科学キーワード — Vol. 16, p. 196~197, 1999.
- 9) A. Hosokawa and T. Otani: Ultrasonic wave propagation in bovine can-

- cellous bone, J. Acoust. Soc. Am. 101, p. 558, 1997.
- 10) A. Hosokawa, T. Otani, T. Suzaki, Y. Kubo and S. Takai: In fluence of Trabecular Structure on Ultrasonic Wave Propagation in Bovine Cancellous Bone, Jpn. J. Appl. Phys. 36, p. 3233, 1997.
  - 11) A. Hosokawa and T. Otani: Acoustic anisotropy in bovine cancellous bone, J. Acoust. Soc. Am. 103, p. 2718, 1997.
  - 12) T. Otani: Quantitative Estimation of Bone Density and Bone Quality Using Acoustic Parameters of Cancellous Bone for Fast and Slow Waves, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 44, No. 6B, p. 4578-4582, 2005.
  - 13) 大谷隆彦：骨構造を考慮した骨粗鬆症の超音波診断，日本音響学会誌60巻8号，p. 455-460, 2004.
  - 14) 鳥居 俊：骨粗鬆症，臨床スポーツ医学 — スポーツ医科学キーワード — Vol. 16, p. 198~199, 1999.
  - 15) 小沢治夫：スポーツ種目と骨密度，臨床スポーツ医学 Vol. 11 No. 11, p. 1245~1251, 1994.
  - 16) 野井真吾，小沢治夫，小磯 透，正木健雄：女子中高生の骨強度の特徴とその要因に関する検討，体力科学 49, p. 513~522, 2000.