

資 料

国際ジュニア体操競技選手の形態に関する報告

池田敬子*^{1,2}・中村絵里*³・松田治廣*²・千葉吟子*⁴
具志堅幸司*⁵・山中洋子*⁵・坂井陽一*⁶・石垣 享*¹
津山 薫*⁷・小林淳子*¹・大和 真*¹・中野昭一*^{1,8}

(平成8年1月30日受理)

緒 言

近年、中高年者のみならず青少年、一般学生でも、骨構成やカルシウム塩類などの蓄積による骨密度などに問題があり、生活環境や栄養摂取などに関連して、その改善に関する問題などが提起されてきている。このような観点からすると、種々の運動で骨格、骨構成などに多くの負担をかけるスポーツでは、その種目、運動持続時間、強度さらには、それらを行う年齢、性別など、骨の発育発達に対する影響は計り知れないものがある。

なお、このような問題は古くから想定されているところであるが、近年、再び問題とされているのは、前述のように各個人の生活環境の近代化と、栄養摂取の偏りもさることながら、実際に骨中の塩類や硬度の測定が比較的容易になったことによって、従来の考え方に対する再検討が行われてきている。

さて、本報告の成績は、1995年我が国の鯖江市で行われた、世界体操競技選手権鯖江大会に先立ち、日本体育大学、池田敬子を実行委員長として行われた1995国際ジュニア体操競技大会に出場した12カ国男女30名の骨塩類、硬度を主体とした身体測定を行ったものである。

方 法

被検者は、1995国際ジュニア体操競技大会に出場した15カ国中、12カ国の男女30名(年齢:

12~18歳)で、男子はドイツ1名、オーストラリア1名、ベラルーシ2名、中国1名、韓国1名、アメリカ1名、イタリア1名、ルーマニア1名、ロシア2名、スイス1名、日本4名の計16名であった。女子は、ベラルーシ1名、中国1名、韓国1名、アメリカ2名、ルーマニア1名、ロシア2名、スイス1名、ウクライナ1名、日本4名の計14名であった。

測定項目は身長、体重、体脂肪率、骨密度、骨硬度とし、 $\text{体重} - (\text{体重} \times \% \text{FAT} / 100)$ の式により除脂肪体重 (Lean Body Mass: LBM) を算出した。また、身長と体重からローレル指数およびBMI (Body Mass Index) を算出した。

身長・体重・体脂肪率 (% FAT) は、体内脂肪計 (株式会社タニタ社製, TBF-202) を用いた。体重はひずみ計方式によるもので、体脂肪率は4電極インピーダンス法である。なお、本装置は測定台に示された足型の位置にかかとをあわせて乗ることにより、約15秒で身長・体重・体脂肪率の3項目を同時に測定できる。また、体型に応じて子供・成人・アスリート (スポーツマン) の3種のモードが選択でき、測定後、直ちにその測定成績をプリントアウトできる。

骨密度 (Bone Mineral Density: BMD) は、超音波骨密度測定装置 (Ultrasound Bone Densitometer: ルナー社製 A-1000) を用いて測定した。この装置は、超音波の踵骨透過時間から、骨内伝

*¹ 体育研究所

*² 運動方法 (体操競技) 研究室

*³ (社) 全日本ジュニア体操クラブ連盟

*⁴ 女子短大スポーツサービス研究室

*⁵ 女子短大体育科専門 VI 研究室

*⁶ コーチ学研究室

*⁷ 発育発達研究室

*⁸ スポーツ医学研究室

導速度 (Speed Of Sound: SOS) と、透過後の超音波骨内減衰率 (Broadband Ultrasound Attenuation: BUA) を測定し、この2つの値から Stiffness Index 算出し、各年齢層の正常値に対する割合を数値およびグラフで表示するシステムである。X線骨密度測定法 (DE-XA法) との相関も高いといわれている。測定は、測定ごとに一定の温水が自動供給される測定用温水槽の中に、被検者の右足かかとを固定する状態で行い、測定には約5~10分間要した。

骨硬度 (Bone Frequency Characteristic: BFC) は、BVA骨硬度測定器 (Bone Observer: Senoh社製 MODEL BVA-333) を用いて行った。骨硬度は骨質の硬度を表すもので、骨質を振動させて、骨質の持つ周波数を求めるもので、骨質の強さ・硬さを bfc (骨固有周波数) という単位で示してある。測定方法は、測定器上に乗せられた足の楔状骨を打腿槌で軽く叩き振動させ、踵骨の接しているセンサーで、この振動を測定しコンピューター解析するというしくみで、その出力画面に表示される波形から分析する。なお波形グラフより、測定の精度をチェックすることができる。

本測定は、平成7年8月28日~平成7年8月29日の2日間、選手全員が合宿していた横浜ワシントンホテルにおいて測定調査したものである。

成績および考察

1) 各被検者および男女別総合成績について

(1) 身長および体重と除脂肪体重について

表1に、今回の測定に参加した全被検者の、身長・体重・% FAT・除脂肪体重を男女別に示した。年齢の平均値は男子17.2±1.2, 女子13.8±0.9であった。本調査における被検査者の身長(平均値)は、男子163.2±6.6 cm, 女子では142.2±6.9 cmで、体重の平均値は、男子57.3±7.2 kg, 女子33.7±3.9 kgであった。平成5年度学校保健統計調査報告書によると、日本人男子17歳の平均身長は170.7±5.6 cm, 平均体重は62.8±10.0 kg, 日本人女子14歳の平均身長は156.6±5.1 cm, 平均体重は50.4±7.5 kgであった¹⁾。これと比較すると、本調査に協力してくれた女子体操競技選手の身長、体重はその年齢に相当する日本人女性の平均値を大きく下回っていた。

表1 被検者の身体的特徴 (男女別)

	身体 (cm)	体重 (kg)	% FAT (%)	LBM (kg)	ローレル指数	BMI
男子 平均値	163.2	57.3	8.5	52.4	130.7	21.2
標準偏差	6.6	7.2	2.7	6.4	8.7	1.5
女子 平均値	142.2	33.7	10.8	30.0	116.9	16.6
標準偏差	6.9	3.9	2.4	3.1	7.2	0.8

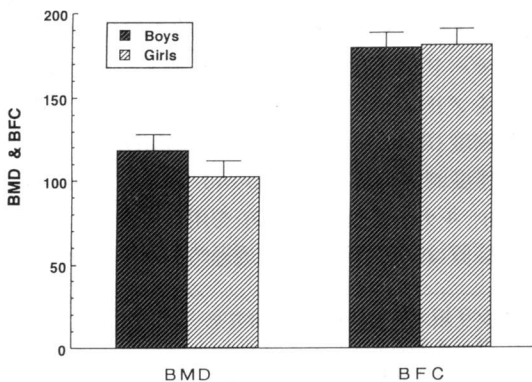


図1. 男女別の骨密度および骨硬度.

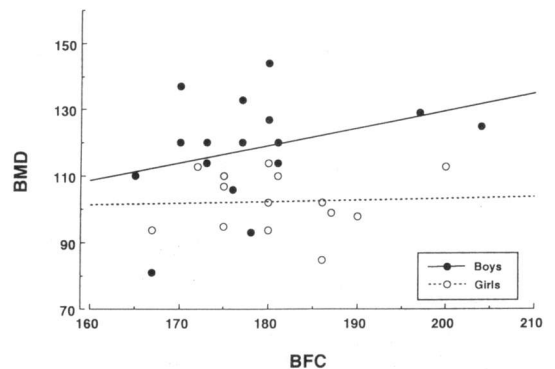


図2. BMDとBFCの関係.

表2 国別による被検者の身体的特徴 (男子)

	身体 (cm)	体重 (kg)	% FAT (%)	LBM (kg)	ローレル指数	BMI
Australia	146.9	39.1	15.5	33.0	123.3	18.1
Russia	157.1	52.3	5.0	49.7	134.8	21.2
BLR	160.6	56.5	6.6	52.7	136.4	21.9
China	160.7	56.7	8.9	51.7	136.6	22.0
Italy	161.3	61.3	10.3	55.0	146.1	23.6
Korea	163.4	51.1	6.2	47.9	117.1	19.1
Romania	164.8	57.5	7.4	53.2	128.5	21.2
Japan	166.6	60.3	8.2	55.3	130.5	21.7
German	167.1	55.5	8.7	50.7	118.9	19.9
Switzerland	174.1	66.7	10.8	59.5	125.7	21.9

表3 国別による被検者の身体的特徴 (女子)

	身長 (cm)	体重 (kg)	% FAT (%)	LBM (kg)	ローレル指数	BMI
Ukraina	134.0	31.7	15.6	26.8	131.7	17.7
Japan	137.1	30.0	8.2	27.5	116.5	16.0
USA	139.8	33.8	11.9	29.8	123.7	17.3
Romania	141.0	32.7	11.1	29.1	116.7	16.4
China	141.1	30.8	9.4	27.9	109.6	15.5
Russia	143.1	35.7	12.0	31.4	121.8	17.4
Korea	149.5	35.4	9.9	31.9	105.9	15.8
Switzerland	154.4	41.4	13.0	36.0	112.5	17.4
BLR	156.4	40.2	12.0	35.4	105.1	16.4

また、表1に肥満の程度を判定する指標として用いられている % FAT, ローレル指数, BMI を示した。身体充実指数ともいわれるローレル指数は、からだの身長を一辺とする立方体と考え、その立方体の重量が体重であるという考え方からなっており人体の密度を表したものと見える²⁾。ローレル指数は、体重(kg)/身長(cm)³×10⁷から算出した。BMIは、身長に対する相対的な体重を評価するもの³⁾で、体重(kg)/身長(m)²から算出した。

% FAT 値は、男子 8.5±2.7%, 女子 10.8±2.4%であった。ローレル指数は男子 130.7±8.7, 女子 116.9±7.2であり、男女間に有意な差がみられた。また標準偏差が大きいのは個人差の大きいことを示しているといえる。BMIに関しては男子 21.2±1.5で一般にいわれている正常範囲内に位置し、女子は 16.6±0.8という結果で、男女間に有意差がみられず、男女とも標準偏差が小さいことから、本調査に参加した選手らの身体的特徴を表しているといえる。

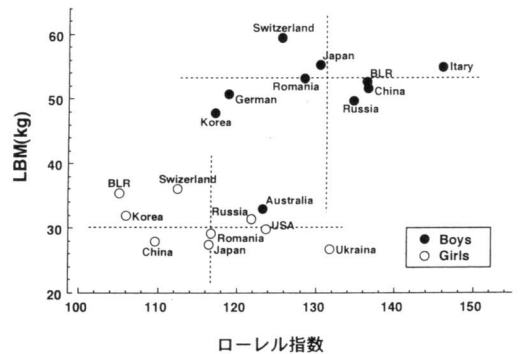


図3. LBMとローレル指数の関係。

(2) 骨密度・骨硬度について

図1に、全被検者の男女別骨密度(BMD)と骨硬度(BFC)を示した。男女を比較すると、骨密度は男性の値の方が女性より高い傾向がみられ、骨硬度においては有意差はなかった。平均値をみると、骨密度は男性 118.3±15.3, 女性 102.6±8.6を示し、骨硬度に関しては男性 179.1±10.3, 女性 181.0±8.1という値を示していた(図1)。この値を一般人の平均値と比較すると、BMDでは男子

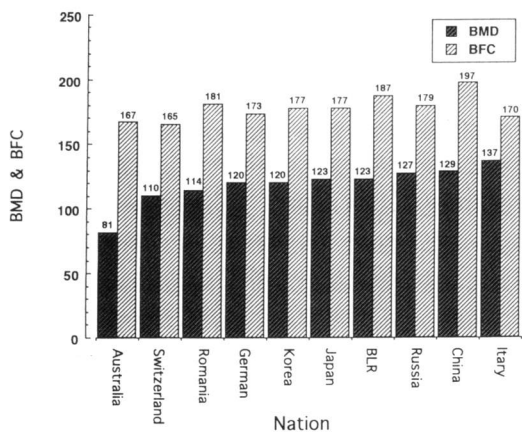


図4. 国別の骨密度および骨硬度 (男子).

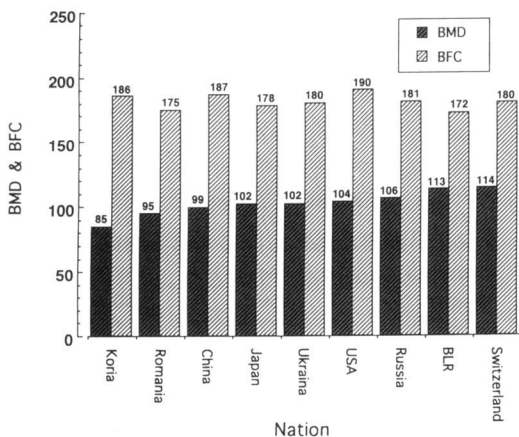


図5. 国別の骨密度および骨硬度 (女子).

約 20, 女子約 10, 値の高い傾向がみられ, BFC に関してはほとんど差がみられなかった。

また, BMD と BFC との間には男女ともに有意な相関関係はみられなかった (図2)。したがって, 今回の調査では骨塩量の高いことが必ずしも骨強度の高いことを示すとは限らない結果となった。

2) 各国男女別総合成績について

(1) 身長および体重と除脂肪体重について

表 2・3 に, 国別による被検者の身体的特徴を男女別に示した。これを基にローレル指数を横軸に, 除脂肪体重 (LBM) を縦軸に取り, 身体的特徴を国別に図3に示してみた。図中の点線は男女それぞれのローレル指数および LBM の平均値を示している。男女とも, Japan および Romania の選手が, ローレル指数, LBM とともに平均値付近に位置していることがわかる。また, 男女共に Switzerland 選手に LBM 値の高い傾向がみられた。逆に, 男子 Australia, 女子 Ukraina の選手が除脂肪体重の最低値を示した。男子 Italy の選手は, ローレル指数, LBM とともに高いという特徴を示した。

これにより, 女子 Ukraina の選手は, 筋肉量が少なく % FAT 値の高い傾向がみられ, 男子 Australia の選手は他の国の選手に比べ体格的にかなり劣っていることが明らかになった。

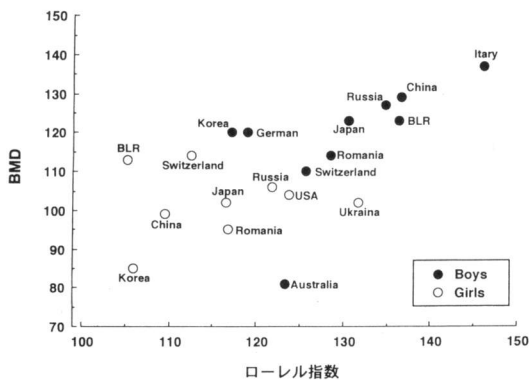


図6. BMD とローレル指数の関係。

(2) 骨密度・骨硬度について

図4・5に, 国別の骨密度および骨硬度を男女別に示した。横軸が国名, 縦軸は骨密度 (BMD) および骨硬度 (BFC) であり, BMD 値の低い国から高い国の順で列挙した。図2でも示したように, 国別男女別成績において, 骨密度の高いことが必ずしも骨硬度の高いことを示さないという結果を得た。しかしながら最高値および最低値でみると, BMD において男子の最高値は 137 (Italy), 女子 114 (Switzerland), 最低値は男子 81 (Australia), 女子 85 (Korea) であった。BFC においては, 男子最高値が 197 (China), 女子 190 (USA), 最低値は男子 165 (Switzerland), 女子 172 (BLR) という結果であった。そこで人体の密度を表すローレル指数を横軸に, 骨硬度より個人差のみら

れた骨密度(BMD)を縦軸に取り、この関係を国別に図示した(図6)。しかし両者の間に有意な相関関係はみられなかった。

ま と め

運動と骨密度に関する研究は従来、定期的に運動を行っていない非鍛錬者よりも行っている鍛錬者の方がより高い骨密度を示すという報告があり⁴⁾また Mechanical Stress として MES (minimum effective strain) を越える全身的な運動習慣が骨塩量を増加させるという報告もある^{5,6)}。逆に MES を越えても骨塩量の獲得を低下させると報告されている⁷⁾。女性に関しては月経に伴うホルモンの影響が大きく⁸⁾、また男性に関しては筋肉量の増加が運動量の増加につながり mechanical stress を高め、骨塩量の増加をうながすといわれている⁹⁾。

本調査に使用した骨密度の測定は、放射線被爆の影響なく安全にしかも迅速に測定できた点に利点がみられたものの、測定部位である踵骨では海綿骨の割合が 95% と高い骨であることなどを考慮する必要がある。また、体操競技の競技特性として踵骨への衝撃(刺激)はかなり高いと考えられ、本調査結果のみで全身の骨塩量を推定することは困難であると考えられた。また、トップクラスにいるジュニア体操選手という限られた被検者であるため、男女の比較も同年齢でないこと、

またきわめて少数例である点に今後本実験を継続して施行する必要があると考えられた。

しかし、いかなる理由があるとしても国際的な選手レベルの形態を調査することは継続することにより、向後より意味のある研究になるといえる。国ごとの食文化によりカルシウム摂取量の違いが考えられるので、栄養調査をしてカルシウム摂取量を調査することも、骨塩量・骨硬度との関連が高いことから大切であると示唆された。

参 考 文 献

- 1) 平成5年度学校保健統計調査報告書. 文部省大臣官房調査統計企画課, 1994.
- 2) 名取礼二監修: 健康・体力づくりハンドブック. 大衆館書店, 1983.
- 3) アメリカスポーツ医学協会編: 運動処方指針原著第4版. 南江堂, 1993.
- 4) 山縣正庸ほか: 運動選手における腰椎および大腿骨頸部の骨密度の変化. 臨床スポーツ医学, 8(3): 305-308, 1991.
- 5) 井本岳秋ほか: 子どものスポーツ活動と骨折, 骨密度. 体育の科学, 43(9): 696-701, 1993.
- 6) 井本岳秋ほか: 小児の骨折, 骨密度. 臨床スポーツ医学, 11(11): 1297-1302, 1994.
- 7) 宮本章次: 発育期の運動と骨密度. 保健の科学, 36(4): 216-220, 1994.
- 8) 鳥居 俊ほか: MD/MS法による女子スポーツ選手の骨密度評価. 体力科学, 42: 183-188, 1993.
- 9) 井本岳秋ほか: スポーツ選手の腰椎骨塩濃度と体組成. 臨床スポーツ医学, 9(7): 819-824, 1992.