

新しい視点からみた骨強度指数

本学学生を測定対象として

小谷 恭子

【緒言】

今年度8月ギリシャ共和国のアテネにおいて第28回近代オリンピック夏期大会が開催された。我が国の獲得メダル総数が史上最高数であったことや金メダルの獲得数が今や伝説になった感がある東京オリンピックと並んだという話題が連日メディアをにぎわした。更に、今回のオリンピックでは我が国の女性選手参加人数が初めて男性選手の参加人数を上回ったという報道が開会式前に広く耳目を集めたことも記憶に新しい。ここで現代オリンピックは参加国数並びに選手数が等比級数的に増加し、国際オリンピック委員会（IOC）が出場数や出場資格の厳格さを各競技団体に求めており、参加すること自体が厳しい上に、予選を勝ち進めなくてはならない現実を直視すると、女性選手の出場数が史上最多となったことは今回のオリンピック大会における日本選手団の特筆すべき成果であると言える。各メディアでは「21世紀は女性の時代」というパラダイムがこの成果を生んだと論調が目立った。

しかし、このような喜ばしい状態は、我が国のあまねく女性の象徴として捉えて良いのかという漠然とした不安が体育、スポーツの指導者にある。ここで女性の健康という視点から考えるとき、規範となるべきトップアスリートやチャンピオンを志す女性スポーツ選手の健康は、良好な状態を維持しているとは言えない現実がある。実際のところ、これまでの為された研究の資料を検討すると、選手の健康という点に関しては、常に疑問符がつきまとう報告が多い。翻って本学に在籍する、特別な身体運動を行っていない大部分の学生が身体運動を通しての健康にどの程度関心を払い、実行しているかは未知数である。「過ぎたるは及ばざるがごとし」の言にあるようにチャンピオンスポーツを志す女性アスリートの過度のトレーニングは身体に変調を来すが逆に運動不足も度が過ぎると生活習慣病に代表される重大疾患に罹患する危険性が増すのも又事実である。適切な身体運動を選択するための資料を提供するのが体育・健康・スポーツ教育の役目であると言える。

私達が生きている21世紀の日本は、国家予算にせめる医療費の割合並びに伸び率が、莫大なものになり、国庫を圧迫している。これまで「健康は国家が守ってくれた時代」から、医療費の個人負担増加に見られるように「国家は最低限の医療のみ保証し、それ以上は自己責任で」という施策的変換が為されていることを気付かない人はいない。

さて、このような環境の中で、21世紀においてはいくつかの国民的疾患が指摘されている。

そのひとつに骨粗鬆症があげられる。この疾患は何らの原因で骨が通常の生理機能を維持できなくなった結果、骨量や骨強度の減少が起こることから発生する疾患である。特に閉経後の女性に多発することが知られており、近年はその若年化が問題となっている。原因は多岐にわたるが大きな要素に「身体運動の不足」があげられる。

筆者が所属している研究グループは、これまで安全かつ簡便な方法で、骨強度を測定する機器を用いて測定を行い成果を報告してきた^{1)~3)}。今回、新たな測定方法の開発を試みたことを機に本学学生の測定にもこれを用い、いくつかの興味ある知見を得たので本研究において報告する。

【方法】

被験者 本研究の被験者は、本学に在籍する学生61名であった。測定に参加した学生は体育関連科目の受講生であった。被験者の大部分の値が昨年度に報告分析されており本研究では、新たに得られたデータを加えて分析をおこなっている。

形態計測 身長、体重、体脂肪率、腕長、前腕周径の測定が行われた。身長は身長計を用い耳眼水平面に留意しながら測定を行った。体重並びに体脂肪率はインピーダンス法を採用したタニタ社製の機器で行った。体重と体脂肪率から除脂肪体重を算出した。腕長は肘頭から尺骨頭までの距離をノギスで測った。前腕部の最大周径を測定し前腕周径とした。この前腕周径を真円の円周として求め、真円の面積を前腕部の断面積（以後腕横断面積）として採用した。この前腕部の断面積は尺骨の断面積を反映するものと仮定する。この仮定は各個人の尺骨横断面積を一義的に決定することが困難であるための処理である。

骨強度の測定 骨強度の測定は、誠鋼社製健骨度チェッカ - ホネミカ ST-246（以下ホネミカ）を用いた。この機器は、被験者の尺骨に加振するための本体、振動を採取するためのマイクそして演算処理を行うためのパソコンから構成されている。測定はパソコンのディスプレイで固有振動数・波形を確認し最適な波形を選択するようにおこなわれた。ホネミカで採用されている測定方法の理論的背景は梁の横振動を説明する、 $f_i = \frac{i^2}{2} \cdot L^2 \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{E}{\rho}$ （ i : 振動モード、 f : 固有振動数、 ρ : 固有値、 L : 断面2次モーメント、 A : 断面積、 E : ヤング率、 ρ : 密度、 L : 長さ）理論式がもとになっている。この理論式を構成し、物体の強度を表すのが E/ρ （イーバイロー）である。ホネミカはこの理論式での f （振動数）と L （長さ：ノギスを用いて測った尺骨頭から肘頭までの距離）を実測して E/ρ を算出し、この値をヒトの骨（尺骨）強度とする。ここでの E/ρ は、実測が困難な項を無視し近似的に算出されている。ホネミカの対象とする骨は非利き側の尺骨である。この手順は軟部組織の影響をできるだけ除去するためである。

骨強度指数 上述の手順で得られた骨強度に前腕の最大周径から求めた腕横断面積を乗じた値を骨強度指数とした。

体力測定 本研究では、骨強度並びに骨強度指数の精度を比較するため、体力テストを実施

し資料とした。採用した体力テストは文部科学省が1999年度に導入した新体力テストであった。測定項目は握力、上体起こし、長座体前屈、反復横跳び、立ち幅跳び、20mシャトルランの5種目であった。具体的な実施方法の概要を以下に示す。

- (1) 握力：握力計の指針が外側になるように握り、この際握った人差し指の遠位・近位指節間関節共90度になるように調節する。立位姿勢で握力計を全力で握る。握力測定時は握力計を振ったり体側につけたりしないよう注意する。今回使用した測定器は、スメドレー式握力計であった。記録は(kg)でカウントされる。
- (2) 上体起こし：被験者は、仰臥姿勢をとり、両腕を胸の前で組み両膝の角度を90度に保つ。験者は、被験者の両膝をおさえ、固定する。「始め」の合図で、仰臥姿勢から両肘と両大腿部がつくまで上体を起こした後、すばやく開始時の仰臥姿勢に戻す。この動作を30秒間出来るだけ多く繰り返しその数をカウントし上体起こし(回)として記録した。背中が床につかない場合は、回数としない。
- (3) 長座体前屈：被験者は、両足を測定器の間に入れ、長座姿勢をとる。壁に背・尻をぴったりとつけ、背筋を伸ばすが、足首の角度は固定しない。この形をゼロポジションとする。肩幅の広さで両手のひらを下にして、手のひらの中央付近が、板の手前端にかかるように置き、肘を伸ばす。両手を板から離さずにゆっくりと前屈して、測定器全体を真っ直ぐ前方にできるだけ遠くまで滑らせる。このとき、膝が曲がらないように注意する。測定器を出来るだけ前方に移動させその移動距離を長座体前屈(cm)としてカウントした。測定器は竹井機器社製の長座体前屈計を使用した。
- (4) 反復横跳び：床上に線を引きその線(中央線)を中心にして100cm間隔で左右に線を引く。被験者は、まず中央線を跨ぎ立ち「始め」の合図の後、左右任意の線に触れるか越すまでサイドステップをし(ジャンプは不可)、次に中央線に戻り、再び反対側にサイドステップをする。この動作をくり返し20秒間の間に何回中央線と左右の線を踏めたかをカウントする(例：右、中央、左、中央で4回となる)。
- (5) 立ち幅跳び：マット(6メートル程度)を準備して、マットの手前(30cm～1メートル)の床にラインテープを張り踏み切り線とする。両足を軽く開いて、つま先が踏み切り線の前端にそろうように立ち、両足で同時に踏み切って前方へとぶ。着地した足の踏み切り線に近い方の踵から踏み切り線までの垂線を長さとして測定し、立ち幅跳びの距離(cm)として記録した。
- (6) 20メートルシャトルランテスト(往復持久走)：プレーヤーによりCD再生を開始する。一方の線上に立ち、テストの開始を告げる5秒間のカウントダウン音を聴く。直後の電子音によりスタートする。一定の間隔で1音ずつ電子音が鳴るが、電子音が次に鳴るまでに20メートル先の線に達し、足が線を越えるか、触れたら、その場で向きを変える。この

動作を繰り返す。電子音の前に線に達してしまった場合は、向きを変え、電子音を待ち、電子音が鳴った後に走り始める。20 mを何回走ることが出来たかをカウントして回数とした。

以上の手順で測定を行った。測定時は学生にパディーシステムをとらせ2名1チームとし被験者と測定者を交互に行かせた。いくつかの種目は複数のパディーを組み合わせさせておこなった。

統計解析 得られた資料の統計解析はSPSS統計解析ソフトを用いて行った。有意水準の危険率を5%とした。

【結果】

表1には、本研究が対象とした被験者から得られた体格に関する測定結果を平均値、標準偏差、最大値、最小値の順に示している。

表2には、骨強度、骨強度指数、腕長、腕周径、腕横断面積の測定結果が平均値、標準偏差、最大値、最小値の順に示されている。表3には、本研究の被験者が実施した体力テストの結果が示されている。

表1・表2・表3の体格・体力テストの結果は前報の値と近似した値であった。

表1 本研究の被験者から得られた、身長、体重、体脂肪率、脂肪量、除脂肪体重の平均値、標準偏差、最大値、最小値

	身長	体重	体脂肪率	脂肪量	除脂肪体重
平均値	158.7	52.3	26.4	14.3	37.8
標準偏差	5.5	9.2	6.8	6.4	3.5
最大値	171.5	74.7	42.8	32.0	45.3
最小値	149.5	39.4	13.3	5.4	31.7
	cm	kg	%	kg	kg

表2 本研究の被験者から得られた、骨強度、骨強度指数、腕長、腕周径、前腕横断面積

	骨強度	骨強度指数	腕長	腕周径	腕面積
平均値	382	14946	23.3	21.9	38.6
標準偏差	130	6065	1.4	1.8	6.3
最大値	734	30914	26.2	26.0	53.8
最小値	142	4986	20.7	17.0	23.0
	index	index	cm	cm	cm ²

表3 本研究の被験者が実施した体力テスト各種目の結果（平均値、標準偏差、最大値、最小値）

	反復横とび	握力	上体起こし	長座体前屈	立ち幅跳び	シャトルラン
平均値	43	25.3	18	39.8	160.4	37
標準偏差	5	4.7	5	11.2	19.9	14
最大値	54	39.3	30	58.0	200.0	77
最小値	24	16.1	3	12.0	119.0	13
	回	kg	回	cm	cm	回

表4は、骨強度並びに骨強度指数と体格に関する測定結果との相関係数を求めた結果が示されている。表5には、骨強度並びに骨強度指数と体力テスト各測定項目間の相関係数を求めた結果が示されている。

表4 骨強度、骨強度指数と体格測定から得られた各測定項目との相関分析の結果

	骨強度	骨強度指数	身長	体重	体脂肪率	脂肪量	除脂肪体重	腕長	腕周径囲	前腕面積
骨強度		0.918 **	0.383 **	0.273 *	0.084	0.145	0.466 **	0.658 **	0.237	0.235
骨強度指数			0.390 **	0.522 **	0.342 **	0.401 **	0.630 **	0.631 **	0.592 **	0.589 **
身長				0.296 *	-0.009	0.097	0.542 **	0.492 **	0.217	0.224
体重					0.905 **	0.964 **	0.872 **	0.329 **	0.774 **	0.782 **
体脂肪率						0.976 **	0.598 **	0.074 **	0.714 **	0.717 **
脂肪量							0.711 **	0.178 **	0.741 **	0.750 **
除脂肪体重								0.525 **	0.666 **	0.673 **
腕長									0.255 *	0.256 *
腕周径囲										0.998 **
前腕面積										

** 1%水準で有意
* 5%水準で有意

表5 骨強度、骨強度指数と体力テストから得られた各測定項目との相関分析の結果

	骨強度	骨強度指数	反復横とび	握力	上体起こし	長座体前屈	立ち幅跳び	20mシャトル
骨強度		0.918 **	0.220	0.536 **	0.199	0.129	0.128	0.259 *
骨強度指数			0.145	0.576 **	0.132	0.138	-0.005	0.171
反復横とび				0.444 **	0.608 **	0.250	0.630 **	0.544 **
握力					0.325 *	0.275 *	0.414 **	0.485 **
上体起こし						0.432 **	0.480 **	0.611 **
長座体前屈							0.352 **	0.224
立ち幅跳び								0.594 **
20mシャトル								

** 1%水準で有意
* 5%水準で有意

図1 骨強度と握力の相関関係を求めた結果

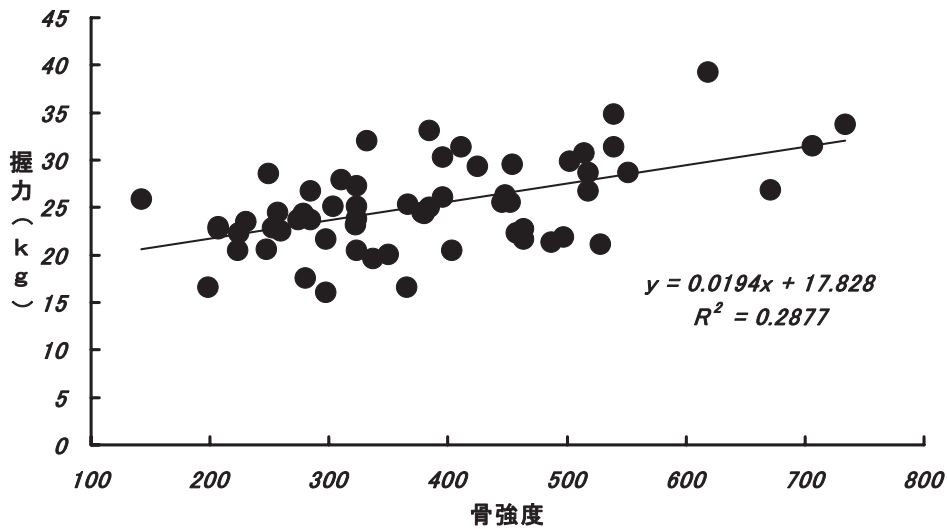


図2 骨強度指数と握力の相関係数を求めた結果

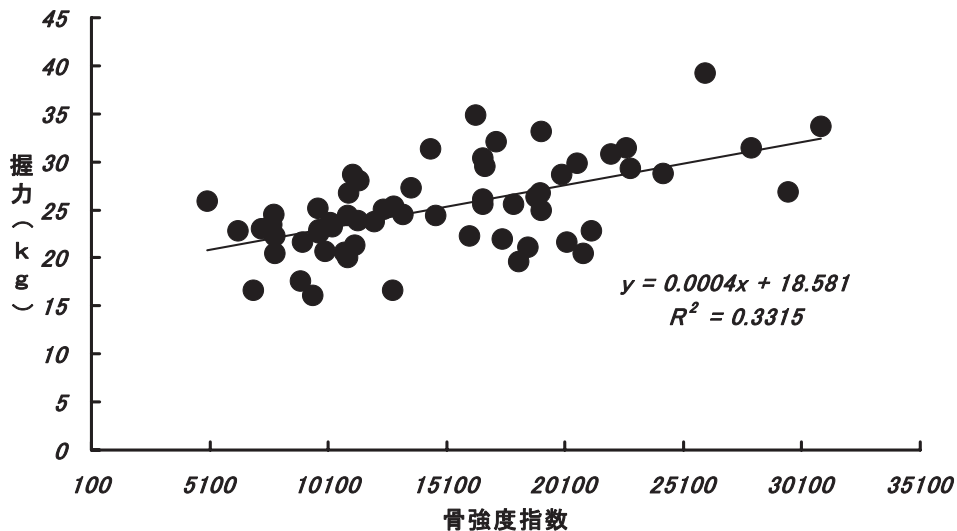


図1、図2は前腕を測定部位とする骨強度並びに骨強度指数と前腕に位置する各筋が共同で発揮する筋力を定量化した握力との関係を表5より抽出し図示したものである。

【議論】

骨の状態を捉えるためにいくつかの測定法が存在する。X線を用いた方法は、レントゲン写真に写る骨像の濃淡から骨密度を推定する方法をはじめ多くの方法が提唱されている。これらX線を用いた方法の中で現在、最も骨の状態を的確に捉えているのがDEXA法である。この方法は、強度が異なる2種類のX線を用いてその透過率の違いから物体の密度を測定する方法を人体に適用したものである。現在では多くの医療現場で使用されている方法であるが機器が億

単位の費用を必要とし、X線を人体に照射することから特別な資格・施設が必要になる。また、超音波を用いて測定する方法が非侵襲的方法としては一般的である。この方法は踵骨を対象として行われることが多く、踵骨の骨構成が海面骨の占める割合が多いことから有効な方法であり、現在では機器の費用は数百万円である。しかし、筆者らが本研究で用いた方法に関する研究をはじめた時点では数千万円する機器であった。筆者らが進める音響工学的手法を用いた骨強度測定は非侵襲的であり、機器の価格も上述した方法よりも廉価であり、特別な施設・資格も必要ない。測定技術に関して、トレーニングは必要であり、いわゆる測定の「こつ」の取得は必要であるが、運動生理学測定で用いられる既存の測定の困難さよりをかけ離れたものではない。本学の体育・健康・スポーツ関連授業中に骨の状態を把握する測定・評価を行うことの有効性は言を俟たない。確かにこれまで述べたように利点だけではなく、いくつかの欠点もあるのも事実である。そこで、これら欠点のうち現在最優先に解決すべき問題は「腕長の骨強度に対する貢献度が大き過ぎ、これは測定の根本原理である物理式を採用するときの独立変数を定数として扱い過ぎる」という点である。この欠点を克服するため、筆者らは、新しい視点からの骨強度指数を提唱した¹⁾。本研究においても骨強度と骨強度指数の両測定がおこなわれ統計解析がおこなわれた。骨形成が筋活動に強く依存することは多くの先行研究であきらかである。筋活動を量的に反映するのが、除脂肪体重である。本研究において、骨強度と除脂肪体重の相関係数が0.466であるのに対して、骨強度指数と除脂肪体重は0.630になった。筋量の多いほうがより多くの骨量を獲得することを前提とし、骨強度と骨強度指数の測定精度の比較を考えたとき、この前提に即した結果をもたらすものが骨強度指数であり測定精度が骨強度より高くなったといえる。身長、体重をはじめ体格関連測定値の本研究の結果は、前報と比較して特別大きな差はなかった。骨強度と有意な関係が見られた体力テスト項目は握力、シャトルランである。筋力と骨の関係から握力と骨強度の関係は説明することが可能であるが、シャトルランに関しては現段階での明確な解釈はない。骨強度指数は握力にのみに有意な関係が見られた。骨強度と握力、骨強度指数と握力それぞれの相関係数を比較してみると0.536（対骨強度）、0.576（対骨強度指数）と骨強度指数の相関係数が高くなっている。これも、骨強度指数が骨強度よりも精度が向上したことによる成果であると考えられる。

骨の状態に関して、女性は多大な関心を払わなくてはならないことは女性のライフサイクルという観点から重要である。骨の状態を簡便測定し即時的に結果をフィードバックできる本研究の分析した方法は、本学の体育・スポーツ・健康教育に有効な成果をもたらすものであることが確認された。

【文献】

- 1) 河鱒一彦,小谷恭子,甲斐知彦,佐藤博信,濱田初幸,中塘二三生(2003):新しい指標を用いた骨強度測定,日本体育学会第54回大会号,462.
- 2) 小谷恭子(1998):本学学生の骨強度と体力診断テスト測定値との関係,帝塚山学院大学研究論集,第33集,22-29.
- 3) 小谷恭子(2003):本学学生の体格測定・体力テスト・骨強度測定,帝塚山学院大学研究論集[文学部],第38集,99-107.