

【研究ノート】

中学生における橈骨骨密度推移と筋力・運動習慣の関係

星	野	宏	司
漆	畑		綾
佐々	木		敏
角	田	和	彦
浅	野	葉	子
吉	田	貴	彦
武	田	秀	勝

## 研究ノート

## 中学生における橈骨骨密度推移と筋力・運動習慣の関係

星 野 宏 司  
漆 畑 綾  
佐々木 敏  
角 田 和 彦  
浅 野 葉 子  
吉 田 貴 彦  
武 田 秀 勝

## 目次

- I. 緒 言
- II. 方 法
- III. 結 果
- IV. 考 察
- V. 結 語
- VI. 謝 辞
- VII. 引用文献

## I. 緒言

近年、高齢化が進むにつれ、高齢女性を中心として増加している骨粗鬆症が問題となってきた。骨粗鬆症は、骨密度および骨折によって診断される疾患であり、骨強度が著名に低下し、骨折リスクが増大する骨疾患である<sup>1)</sup>。骨強度は、硬度、弾性、骨梁構造の3つの要素によって規定されるが、特に骨塩量の多少を反映する硬度は強度の約80%を支配するとされる<sup>2)</sup>。松橋ら<sup>3)</sup>は、転倒経験のある群において有意に骨塩量低値を示したと報告しており、骨粗鬆症の予防には骨塩量の維持・増大が重要である。

従来の骨粗鬆症の予防法は閉経後の女性の骨塩量減少をおさえることに重点がおかれて

いたが、近年老年期に治療として骨塩量を増加させることの困難さが認識されてきている。また、骨密度は若年において高い値を獲得することで、その cut-off 値への到達を遅らせることが可能である<sup>1)</sup>ため、むしろ若年期にできるだけ骨塩量を増加させるという予防医学的な考え方が注目されている<sup>2)</sup>。

そのため、若年期からの骨密度の平均値とその推移を知っておく必要がある。また、それは若年期での骨密度低値者のスクリーニングにも利用可能となると考えられる。若年期とくに第二次性徴期は身長、体重などに伴って骨密度が著明に増加する時期であり、西山ら<sup>4)</sup>は、腰椎骨密度増加率が最も高いのは女子11歳3ヶ月、男子は13歳であったと報告している。また、Theintz ら<sup>5)</sup>は、腰椎と大腿骨頸部の骨量は、女子で11~14歳、男子では13~17歳にかけて著しく増加したと報告している。さらに、三村ら<sup>6)</sup>は、踵骨の骨密度において男女ともに12歳から急激な増加がみられたと報告している。

しかし、腰椎や大腿骨頸部、踵骨などの研究は散見されるが、上腕での骨密度の研究は少ない。上記の骨はすべて豊富な海綿骨で構成された扁平骨であり、荷重骨でもあるため、

キーワード：骨密度、運動習慣、中学生

上腕のような大部分を皮質骨で構成されている長管骨とは構造が異なり、成長時の骨密度の推移も異なると考えられる。現段階で日本人における骨折と骨密度の関係が示されているのは椎骨のみであるため、骨粗鬆症の診断も腰椎骨密度の測定で行われているが、上腕の橈骨遠位部は骨粗鬆症の好発部位であり、その骨密度の推移を知ることは重要である。

また、若年期における骨密度の増加に関して、先行研究では運動群は非運動群と比較して有意に骨密度が高いと報告している<sup>6)7)</sup>。しかし、一方で野村ら<sup>8)</sup>は、中学生の男女ともに運動の有無による骨密度の差は認められなかったと報告している。また、筋力との関係について、西山ら<sup>4)9)</sup>は、小学生から大学生までの左右上肢・下肢の筋肉量と骨塩量、小・中・高校生の握力と腰椎骨密度に正の相関がみられたと報告している。

若年期における筋力や運動習慣と骨密度の関係性が認められれば、今後適度な運動習慣や筋力増強を促すことで、予防医学的見地からも高骨密度の獲得とそれによる、骨粗鬆症の予防へつなげることができる。そのため、本研究では第二次的徴期であり、著しく骨密度が増加すると考えられる中学生を対象に、骨密度の学年別推移における運動習慣や筋力と骨密度の関連性を検討することを目的とした。

## II. 方法

### II-1) 対象者

対象者は、骨代謝に影響を及ぼす疾患を有することのない、北海道東部に在住する健康な中学生 (12~15歳)、男子45名と女子25名の計70名である。本研究は旭川医科大学倫理委員会の承認を得て、対象者とその保護者には、事前に本調査についての説明を文書により行い、十分なインフォームドコンsentのもとで、承諾書が得られたものを対象とした。

尚、本研究の骨密度測定はA医科大学の医師によって行われた。

### II-2) アンケート調査

アンケート調査は、対象者本人または保護者に記入してもらい行った。アンケート内容は、性別や年齢、既往歴の他、運動習慣の把握を目的とした部活動所属の有無、それ以外の運動習慣の有無、運動の種類、1週間の運動頻度と運動時間であった。運動の種類は複数回答可とし、運動頻度と運動時間については、夏季と冬季を別々に記入してもらい、それらが異なる場合にはその平均値を表出した。

### II-3) 筋力測定

筋力は握力を指標とすることとし、スメドレー式握力計にて非利き手の握力を2回測定した (図1)。このとき測定は小数点第一位までとし、測定値が高い方の値を測定結果とした。また、測定は立位で行い、両下肢は肩幅まで開き両上肢下垂位、非利き手側の手関節を軽度背屈位にて測定した。

### II-4) 骨密度測定

骨密度の測定は、DTX-200型オステオメータ X線骨密度測定装置 (オステオメータ社製) を使用し、dual energy X-ray absorptiometry (デュアルエネルギー X線吸収測定法; DXA 法) により、非利き手の橈骨遠位部を測定した (図2・図3)。また、骨密度の単位は  $\text{g}/\text{cm}^2$ 、測定値は小数点第三位までとした。

DXA 法による測定は、測定時間が短いこと、被爆線量が少ないこと、再現性が良好で精度が高いこと<sup>10)</sup>により、今のところ小児に適した骨塩量の測定法となっている<sup>4)</sup>。さらに、橈骨遠位部は体幹と比較しても小児への身体的影響が小さく、測定方法も簡便である。

非利き手での測定は、被験者数が少ないことを考慮し運動種目別の統計処理が困難と考

え、運動種目の違いによる影響を可能な限り小さくすることを目的として行った。

## Ⅱ－５）統計処理

各平均値は平均値±標準偏差で示してある。各学年の骨密度平均値の差の検定には一元配置分散分析を行い、さらに有意差が認められた場合に多重比較検定（Turkey-Kramer 法）を行った。また、学年別男女間の骨密度平均値の差の検定には students の t 検定を行った。

運動頻度・運動時間と骨密度の相関分析には正規分布を仮定せず、spearman の順位相関係数検定を行った。また、握力と骨密度の



図3 骨密度測定装置—測定部位置

相関分析における相関係数は Pearson の積率相関係数を用いた。

## Ⅲ．結果

### Ⅲ－１）骨密度結果

骨密度は、学年と性別で分類し平均値の結果を表1に示した。1年男子は平均 $0.327 \pm 0.059 \text{g/cm}^2$ （運動群 $0.319 \pm 0.056$ ，非運動群 $0.387 \pm 0.059$ ），2年男子は平均 $0.358 \pm 0.046$ （運動群 $0.365 \pm 0.044$ ，非運動群 $0.312 \pm 0.041$ ），3年男子は平均 $0.422 \pm 0.080$ （運動群 $0.430 \pm 0.090$ ，非運動群 $0.395 \pm 0.035$ ）であった。1年女子は平均 $0.349 \pm 0.045$ （運動群 $0.351 \pm 0.047$ ，非運動群 $0.339 \pm 0.044$ ），2年女子は平均 $0.459 \pm 0.076$ （運動群 $0.443 \pm 0.056$ ，非運動群 $0.474 \pm 0.099$ ），3年女子は平均 $0.437 \pm 0.030$ （運動群 $0.428 \pm 0.050$ ，



図1 スメドレー式握力計



図2 骨密度測定装置

表1. 学年・男女別骨密度

	全 体	運動群	非運動群
1年男子 (n=17)	$0.327 \pm 0.059$	$0.319 \pm 0.056$	$0.387 \pm 0.059$
2年男子 (n=16)	$0.358 \pm 0.046$	$0.365 \pm 0.044$	$0.312 \pm 0.041$
3年男子 (n=12)	$0.422 \pm 0.080$	$0.430 \pm 0.090$	$0.395 \pm 0.035$
1年女子 (n=12)	$0.349 \pm 0.045$	$0.351 \pm 0.047$	$0.339 \pm 0.044$
2年女子 (n= 8)	$0.459 \pm 0.076$	$0.443 \pm 0.056$	$0.474 \pm 0.099$
3年女子 (n= 5)	$0.437 \pm 0.030$	$0.428 \pm 0.050$	$0.443 \pm 0.019$

(平均値±標準偏差)

非運動群 $0.443 \pm 0.019$ )であった。

学年別に比較すると、男子では1年生と2年生の間には有意な差がみられなかったが、2年生と3年生の間に有意な差 ( $p < 0.05$ ) がみられ、全体として1年生と3年生間で  $p < 0.01$  の有意差が観察された (図4)。一方女子では1年生と2年生の間に有意な差 ( $p < 0.01$ ) がみられた。しかし、2年生と3年生の間には有意差がみられず3年生における骨密度平均値が2年生を下回っていた。全体として、1年生と3年生との間には  $p < 0.05$  で有意な差が観察された (図5)。

また、学年別に男女で比較すると1年生、3年生では平均値に差がみられなかったが、2年生において女子が男子を有意に上回っていた ( $p < 0.01$ ) (図6)。

### Ⅲ-2) アンケート結果

アンケート結果により、男子は中学1年生17名 (運動習慣あり15名, なし2名), 2年生16名 (運動習慣あり14名, なし2名), 3年生12名 (9名, 3名) の計45名, 女子は中学1年生12名 (10名, 2名), 2年生8名 (4名, 4名), 3年生5名 (2名, 3名) の計25名であった。運動習慣があるもの (以下, 運動群) は全学年の男子で全体の84.4%, 女子は64%であり, 男子で運動習慣を持つものが多い傾向にあった。

運動の種類は重複回答を含めて, サッカー10名 (男子10名, 女子0名), 野球8名 (8名, 0名), 卓球8名 (3名, 5名) 剣道5名 (4名, 1名), バドミントン11名 (6名, 5名), 陸上7名 (4名, 3名), スケート5名 (5名, 0名), 水泳3名 (2名, 1名), スキー1名 (1名, 0名), バレーボール1名 (0名, 1名) と多種目にわたっていた。

運動頻度と運動時間は, 全学年男子において運動群では運動頻度が週平均4.8回, 運動時間は週平均12.3時間であった。一方女子で

は, 頻度が週平均5.2回, 時間は週平均13.8時間であり, 運動群のみで比較すると運動頻度, 運動時間は女子が男子を若干上回る傾向が観察された。

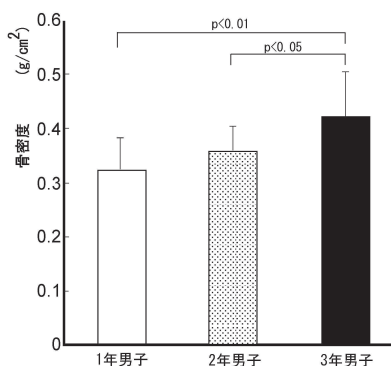


図4. 男子の骨密度推移 (平均値±標準偏差)

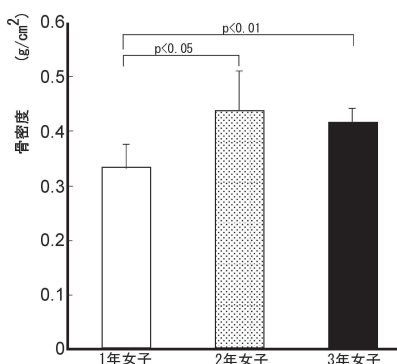


図5. 女子の骨密度推移 (平均値±標準偏差)

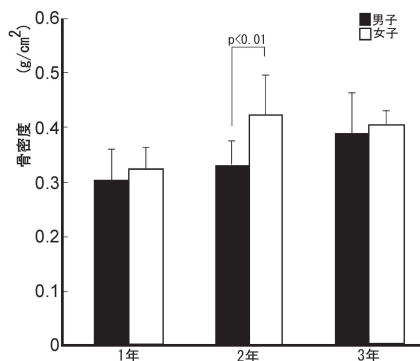


図6. 学年別における骨密度性差 (平均値±標準偏差)

### Ⅲ－３）骨密度と運動習慣

運動時間と運動頻度について骨密度との相関関係の表出を試みた。これらは男女別、学年別に６つの群に分けて行ったが、いずれの群においても運動時間、運動頻度ともに有意な相関関係は得られなかった。

### Ⅲ－４）骨密度と握力

骨密度と握力は、男子全体で強い正の相関がみられた ( $r=0.710$ ,  $p<0.01$ ) (図 7)。また、各学年でみると 1 年男子は  $r=0.577$ ,  $p<0.05$  (図 8) で、2 年男子は  $r=0.667$ ,  $p<0.01$  (図 9), 3 年男子は  $r=0.652$ ,  $p<0.05$  (図 10) でそれぞれ高い相関が観察された。

一方女子では、全体、各学年のすべてにおいて有意な相関が観察されなかった。

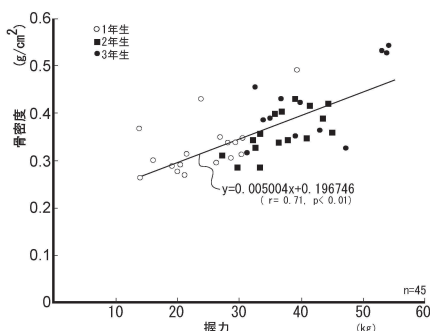


図 7. 全男子の骨密度と握力の関係

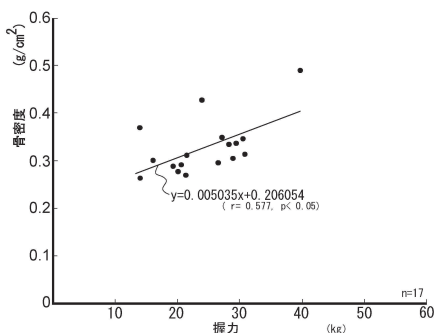


図 8. 1 年生男子の骨密度と握力の関係

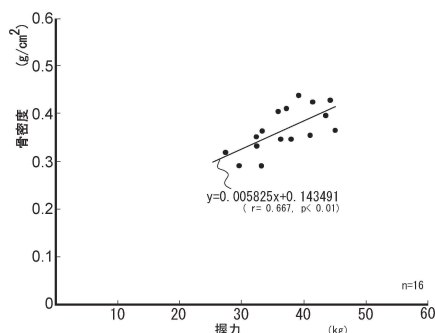


図 9. 2 年生男子の骨密度と握力の関係

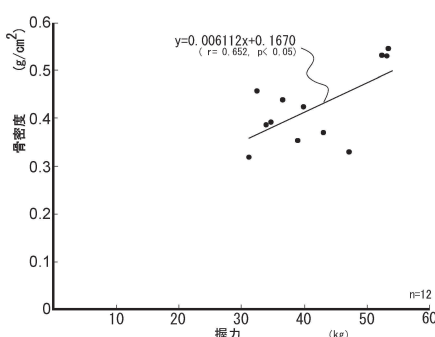


図 10. 3 年生男子の骨密度と握力の関係

## Ⅳ. 考察

### Ⅳ－１）骨密度の推移

本研究では骨密度の平均値は男子が 2 年生から 3 年生、女子が 1 年生から 2 年生の間で有意に上昇した。これらを先行研究と比較すると、骨密度増加率の高い年齢は先行研究と同程度か、わずかに遅く推移するといえる。廣田<sup>11)</sup>は骨密度変化が測定部位によって異なり、測定部位と腰椎正面の骨密度の相関係数は、全身、大腿骨頸部、踵骨、橈骨の順に低下し、橈骨の相関係数は 0.6 と報告している。しかしながら、本研究の結果から橈骨遠位端の測定であっても、腰椎や大腿骨頸部とほぼ同様か、わずかに遅く推移することが推測された。

また、2 年生での男女の平均値で女子が、男子を有意に上回ったことも、男女での骨密度増加時期の差を示している。男子と女子で、



著明な骨密度増加時期に差があることは先行研究と一致しており、この差について、男女での第二次性徴期が異なることが関係しているといえる。つまり、中学生では、男子の骨密度が中学生以降において、上昇していくことが推測される。一方、全学年で女子の骨密度が高いことから、近年の初経発来の低年齢化によって、中学生以前から骨密度の著しい上昇がみられていたことが考えられる。また、本研究において女子は2年生から3年生にかけて平均値が減少しており、これは女子では中学3年生ごろから骨密度の上昇が見られなくなるが推察される。これは骨形成に必要な、エストロゲンの分泌を亢進する内部環境の成熟にもかかわらず、骨密度の上昇が抑制されているのは、調査対象者の年代を考慮すると、思春期によるボディ・イメージの覚醒による痩身意識の高まりによって、栄養摂取の偏りから、乳製品やビタミンの十分な摂取が行われず、骨密度の上昇が見られなかったのかもしれない。このことから、男子では著しい骨増加がみられる中学生、特に中学2年生以降、女子は中学1年生もしくは、それ以前から骨密度増加を促していくために、骨形成に必要な乳製品をはじめとする栄養摂取が効果的な高骨密度の獲得につながると思われる。

#### IV-2) 運動習慣・筋力と骨密度

運動は骨形成を刺激し骨吸収を抑制するため、に骨密度の増加に関与するといわれている。しかし、本研究では、運動時間・運動頻度ともに相関はみられなかった。その一方で、男子の握力は高い相関を示した。このことから、骨密度の増加には、運動時間や運動頻度ではなく、運動の種類が大きく関与することが考えられた。すなわち、筋力増強運動であるかどうか、骨密度の増加に影響していると考えられた。筋力増強運動であれば、運動強度が高ければ、筋力増強が可能であるため、

運動時間や頻度は影響しないといえる。

運動と骨の関係について、特に骨格に対する運動衝撃、あるいは運動に伴う筋収縮を介した力学的負荷量が、大きいほど骨密度の増加に影響すると言われている。さらに、筋・骨格系の力学的負荷による、骨密度増加の機序として、電気的刺激・力学的刺激による物理的刺激が骨芽細胞の活性化、血流の増加によってカルシウム沈着の促進、筋力増大に伴う骨への負荷の増大が、仮定されている<sup>12)</sup>。また、運動部に入っていない生徒とサッカーやバスケットボールのような、着地衝撃を伴うようなスポーツをクラブ活動として行っている生徒の間には、骨密度に大きな差がみられる<sup>7)</sup>という報告がある。このことから、運動時間や運動頻度ではなく筋力と骨密度に高い相関が観察されたものと思われる。

また、測定部位による影響も考えられる。脊椎は腰椎部で66%以上、胸椎で75%以上が海綿骨によって構成されている。一方で、橈骨は骨幹部で95%以上が皮質骨、骨幹部部でも海綿骨は25%である。海綿骨では、代謝回転が活発であり運動による効果が皮質骨よりも顕著に観察される<sup>10)</sup>ことを考えれば、皮質骨の割合が高い橈骨では、運動の影響が出現しにくいことが考えられる。本研究では、被験者数の確保の問題から、運動種類別に分類して、骨密度との関係を分析することは不可能と考え、運動特性の小さい非利き手での測定であった。しかし、非利き手は利き手と比較しても運動時の衝撃を受けにくいと考えられ、結果として、運動での影響が得られなかったことが考えられる。加えて、このことは運動による、血流改善や内分泌機能の賦活化などの全身的作用が、骨密度に与える影響が小さいことを示唆される。

従って、男子において骨密度の増加には、運動時間や運動頻度ではなく、運動の種類が重要であり、力学的刺激の多い筋力増強運動が、効果的であることを示唆している。

一方、女子では運動習慣、筋力ともに相関はみられなかった。このことは、女子において、骨密度に対する筋力や運動の役割が男子よりも小さいことを示している。その理由として、女性ホルモンの影響が考えられる。女性ホルモンは骨形成を促進し、骨吸収を抑制するが、女性ホルモンであるエストロゲンの欠乏は骨代謝回転を亢進させ、骨形成よりも骨吸収をより亢進させる<sup>13)</sup>。そのため、中学生のような初経発来前後の時期では骨密度が、筋力や運動習慣以上に、女性ホルモンの影響を受けていることが考えられる。また、エストロゲンは体脂肪によって、アンドロゲンから変換されるため、過度の運動により体脂肪が15%以下になると、女性ホルモンが低下して月経周期が障害され、骨塩量が低下することが知られている<sup>14)</sup>。本研究では、女性ホルモンの問題について考慮しなかったが、第二次性徴期によるアンドロゲン分泌の活発化によって、蛋白同化作用が亢進したために、エストロゲンの抑制が働き、骨上昇率の低下したものと推察される。

アンケート結果では、男子の84.4%、女子では64%に運動習慣があった。これらの運動の種類は、様々であるが、力学的負荷に加えて、全身的な作用、すなわち内分泌機能の賦活化による小腸からの、カルシウム吸収の促進や、血流・代謝の改善などによって、骨密度増加に関与している可能性がある。そのため、男女ともに、この時期の運動習慣を獲得することが、重要であると思われる。本研究では、女子において、運動習慣のある人の割合が低かったが、今後、中学生の運動習慣の獲得を促していく必要があると考えられる。

## V. 結語

本研究では、中学生を対象に橈骨骨密度の学年別推移と運動習慣や筋力が、骨密度へ及ぼす影響を検討した。本研究の結果を以下に

まとめた。

- ① 健康な中学生70名を性別、学年に基づき6群に分類し、骨密度平均値を男女別3群間、各学年の男女間で比較した。
- ② 運動時間、運動頻度、握力と骨密度との関係を調べた。
- ③ 骨密度平均値は男子が2年生から3年生にかけて、女子では1年生から2年生にかけて有意に高くなった。
- ④ 運動時間と運動頻度は6群すべてで骨密度との相関はみられなかった。
- ⑤ 握力は男子のみ全学年で骨密度と強い正の相関がみられた。
- ⑥ 従って、骨密度は男子で2年生以降、女子では1年生もしくはそれ以前から骨密度の著しい増加が生じることが示唆された。
- ⑦ 男子では運動時間や頻度でなく運動の種類が骨密度の上昇に影響を及ぼすことが推測され、2年生以降に筋力増強運動を行うことが骨密度増加に効果的であると考えられた。
- ⑧ 女子は、中学生以前から骨密度増加を促していく必要があるが、運動との関連がみられなかったため、今後より詳細な研究が期待される。

## VI. 謝辞

本研究の一部は2011年度北星学園大学特定研究費の援助を受けて行ったことをここに付記し、感謝の意を表します。

本研究にご協力、ご指導頂きました旭川医科大学健康科学教室の伊藤俊弘、中木良彦、両先生に深く感謝申し上げます。



## VII. 参考文献

- (1) 宮原優子, 他: 第6回日本骨粗鬆症学会, 一般演題 High light; 若年女性における骨密度獲得に寄与するライフスタイルは?. Osteoporosis Japan 13 (2) : 93-96, 2005.
- (2) 松岡尚文, 他: 小児の臨床検査・最近の進歩 (3) 発育 (1) 日本人小児の骨成熟 (骨塩量、骨年齢) の評価と発育. 小児科臨床50 (4) : 563-570, 1997
- (3) 松橋淳, 他: ラウンドテーブルディスカッション, 3-2骨粗鬆症と転倒予防; 骨塩量の低下は転倒の内部因子になりうるか—骨塩量と Functional Reach の関連性から—. Osteoporosis Japan 13 (1) : 154, 2005
- (4) 西山宗六, 他: 日本人小児の骨密度と体組成の年齢別推移. 日本小児科学会雑誌103 (11) : 1131-1138, 1999
- (5) Theintz, G., et., al. : Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents. ; evidence for a marked reduction after 16 year of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. J. Clin. Endocrinol. Metab. 75: 1060-1065. 1992.
- (6) 三村寛一, 他: 超音波法による発育期における子どもの骨密度の経年変化. Osteoporosis Japan 13 (2) : 166-169, 2005.
- (7) 小沢治夫, 他: 特集, スポーツ・身体活動と骨密度; 発育中・高校生の骨密度変化—縦断研究—. 臨床スポーツ医学15 (7) : 713-717, 1998.
- (8) 野村彰夫, 他: 中学生および高校生におけるスポーツの有無と踵骨の超音波パラメータとの相関. 日本臨床バイオメカニクス学会誌18 : 499-504, 1997.
- (9) 西山宗六, 他: 小児内分泌学の進歩'95; 日本人小児骨塩量の基本的発達の研究—性ホルモン, 基本的体格, 運動との関係—. ホルモンと臨床43 (9) : 853-856, 1995.
- (10) 山崎薫: 特集, スポーツ・身体活動と骨密度; 骨密度測定の方法—測定部位による相違, 部位の選択—. 臨床スポーツ医学15 (7) : 709-712, 19985.
- (11) 廣田憲二: 特集・女性の骨粗鬆症; 女性の骨密度. 産婦人科治療78 (3) : 286-288, 1999.
- (12) 田中喜代次, 他: 【身体活動と生活習慣病】対象者別にみた身体活動; 青年期における身体活動. 日本臨床58 (増刊 身体活動と生活習慣病号) : 298-301, 2000.
- (13) 伊東昌子: 特集骨・関節疾患と物理療法; 女性ホルモンと運動の骨量に及ぼす影響. THE BONE14 (5) : 51-57, 2000
- (14) 西山宗六, 他: 小児骨密度の正常分布と臨床への応用. 小児科41 (11) : 1997-2004; 2000.

[Abstract]

## Study of Radial Bone Density and the Relation between Muscle Strength, Physical Exercise Habits, and Bone Density in Junior High School Students

Hiroshi HOSHINO  
Aya URUSHIHATA  
Tsutomu SASAKI  
Kazuhiko TSUNODA  
Yoko ASANO  
Takahiko YOSHIDA  
Hidekatsu TAKEDA

In recent studies of osteoporosis, the importance of increasing the peak bone mass or PBM in youth as primary care has been recognized. To further this research, it is essential to know how the mean bone density varies by age in youth. Also it is necessary for the attainment of high bone density to investigate the correlation between bone density and both exercise and muscle mass in youth. This study used 70 healthy school students in the 7<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> grades as test subjects. A questionnaire survey, grip tests and PBM measurements were conducted on them. The results were divided by the categories of sex and grade to compare bone density. Also, each subject's exercise time, exercise frequency and grip strength were compared with their bone density. This study found significant increases of  $p<0.05$  in 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> grade male students and of  $p<0.01$  in 7<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> grade female students. Little correlation was found between the duration and frequency of physical exercise and bone density. A strong correlation was found between grip strength and bone density in male students only ( $r=0.710$ ,  $p<0.01$ ). The results of this research indicate that bone density significantly increases from 8<sup>th</sup> grade in male students and from 7<sup>th</sup> grade or earlier in female students. This research suggests that it is effective for male students to start resistance training in 8<sup>th</sup> grade or later to increase peak bone mass.