

都内中高一貫校男子生徒の骨密度縦断的測定結果

－成長期における運動の必要性－

筑波大学附属駒場中・高等学校 保健体育科

加藤勇之助・入江 友生・合田 浩二

登坂 太樹・横尾 智治

女子栄養大学

上西 一弘

国際帝京大学

兒玉 桃子

都内中高一貫校男子生徒の骨密度縦断的測定結果

－成長期における運動の必要性－

筑波大学附属駒場中・高等学校 保健体育科

加藤勇之助・入江 友生・合田 浩二

登坂 太樹・横尾 智治

女子栄養大学

上西 一弘

国際帝京大学

兒玉 桃子

要約

61期本校生徒を対象に、中学2年生から高校3年生まで定量的超音波法（quantitative ultrasound ;QUS法）による骨量の測定を実施してきた。最大骨量の獲得にとって大切な中高校生の時期に、縦断的に測定した研究は非常に少ない。本研究は超音波伝播速度（speed of sound;SOS）と超音波減衰係数（broad-band ultrasound attenuation;BUA）を組み合わせることで算出された Stiffness index を、都内中高一貫校のデータと比較検討した。本校生徒の骨密度は、中学時代は高いが、高校になると上昇率が減少する一方となる。この点について本校高校生の運動部活動への取り組み方から原因を推測し、今後の健康教育のための基礎資料としたい。

キーワード：都内中高一貫校 男子生徒 骨密度 縦断的研究

1 はじめに

本校61期生徒は、保健体育の授業を活用し、中学2年生から高校3年生まで、女子栄養大学栄養生理学研究の協力を得て、骨密度の測定を実施してきた。

現在、日本は高齢化に伴い骨粗鬆症の患者が年々増加している。骨折による QOL の低下をもたらすことから、医療のみならず、社会的にもその対策は重要な課題である。将来、骨粗鬆症を予防するためにも、思春期において可能な限り高い最大骨量（peak bone mass; PBM）を獲得することで、年齢とともに減少する骨密度の低下による骨折閾値への到達を遅らせることが可能である¹⁾。成長期における規則正しい生活習慣、特に栄養習慣と運動習慣が、骨の成長に重要であることは容易に推測できる。最近の調査研究では、思春期では運動負荷の量が骨量に大きく関与し、食生活については運動との関連ほど影響が大きいとする報告もある²⁾。運動による骨の成長については、跳ぶ・はねるという衝撃が骨に加わることで、骨の内部にマイクロクラックと呼ばれる微細な損傷が生じ、そこを修復するためにカルシウムの沈着が起こり骨密度は高

くなっていく。そのため身体に大きな衝撃が加わるスポーツほど骨密度は高くなる。さらにウエイトトレーニングなどにより筋肉の発達した人ほど骨密度は高い。これは重負荷によって骨がたわみ、ピエゾ効果が生じて骨芽細胞が活性化されたためとされる³⁾。服部らによるスポーツ種目と骨密度に関する研究では、特にウエイトトレーニングを高重量で行っている者の骨密度が高いことを報告した⁴⁾。また、運動の時期的なことでは、長升らが小学生の時期よりも中学生の時期での運動負荷が、骨評価計測値により多く影響していると報告している⁵⁾ように、小学生と比べ運動の質が向上し、量が増加し、身長、体重も大きくなる中学生以降の運動は骨の成長には大切であり、PBM を最大化させるために有効なのである。中らによる男女高校生を対象にした研究でも、この時期のスポーツ活動が骨密度上昇には重要な要因であることを報告している⁶⁾。

本研究における骨量測定は、定量的超音波法（quantitative ultrasound ;QUS法）によるものである。QUS法は、簡便であることに加え、二重エネルギーX線吸収測定法（dual-energy X-ray absorptiometry; DXA法）と異なり、被爆の危険性が全くない。現在、

A metropolitan area integrated junior high and high school boy student's bone density vertical section measurement result .

－The necessity for Sporting activities in a growth phase－

日本では骨量評価に広く使用されている。

本研究は QUS 法により測定された骨指標の経年変化について、本校 61 期生のデータと、都内私立中高一貫校におけるデータと比較検討し、本校生徒への健康教育の基礎資料のひとつとすることを目的とした。

2 方法

2.1 対象者

2007 年本校に入学した 61 期生を対象とした。中学 2 年時から高校 3 年時まで毎年 5～6 月に QUS 法による骨量測定を、合計 5 回全て行った生徒、男子 105 名を解析対象者とした。

都内にある私立中高一貫校（以下 A 校とする）に 2004 年から 2006 年に中学校に入学した生徒のうち、中学 1 年生から高校 3 年生までの 6 年間のいずれかで 1 回以上 QUS 法により骨量測定を行った男子 267 名を本校生徒との比較解析対象者とした。

2.2 QUS 法による骨量測定

アキレス InSight (GE ヘルスケア・ジャパン株式会社) を用い、骨指標には超音波伝播速度 (speed of sound; SOS) と超音波減衰係数 (broad-band ultrasound attenuation; BUA) を組み合わせて算出された Stiffness index を用いた。測定に際しては、多少者の右足踵の位置をモニタリングし、対象者の足の大きさや測定位置による影響を最小限にした。以下、Stiffness index の計算方法を示す。

$$\text{Stiffness index} = (0.67 \times \text{BUA}) + (0.28 \times \text{SOS}) - 420$$

2.3 統計解析

統計解析は、本校、A 校ともに標本が 30 を超えるため、Z 検定を実施し、有意水準は 5%未満とした。

3 結果

3.1 本校および A 校生徒の Stiffness index

A 校は中学 1 年生からのデータがあるが、本校は女子栄養大学栄養生理学研究室との共同研究が始められた 2008 年以降のデータである。そのため比較は中学 2 年生から高校 3 年生までのデータとなる。表 1 および図 1 に両校の Stiffness index を示す。

表 1 中の右欄には Z 値を参考までに添付したが、いずれの学年も 5%水準においては統計的に有意な差は

認められなかった。しかし、中学 2 年生では本校生徒の Stiffness index が高く、高校 2 年生、高校 3 年生では A 校の方が高くなっている。

表 1. 本校と A 校の Stiffness index 平均値

学年	本校		A校		Z値
	n	Mean±SD	n	Mean±SD	
中2	105	98.4±13.6	147	94.9±14.8	1.94
中3	105	104.1±15.6	125	103.9±15.9	0.1
高1	105	108.8±15.7	157	108.6±18.7	0.09
高2	105	110.8±16.9	181	114.8±17.9	-1.89
高3	105	111.2±16.5	222	116.2±19.1	-1.94

n : 人数 (名)

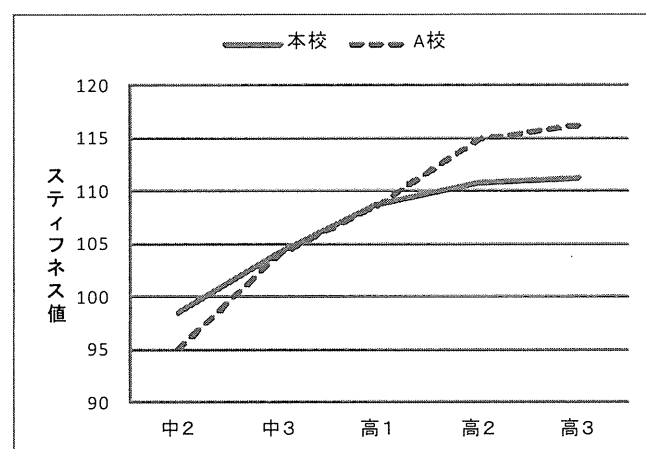


図 1. 本校と A 校の Stiffness index 平均値

3.2 本校および A 校生徒の Stiffness index 変化率

両校の Stiffness index について、1 年間の変化率を求め比較した (図 2)。変化率の計算方法を以下に示す。
変化率 (%) = (1 年後の値 - 今年の値) / 今年の値 × 100

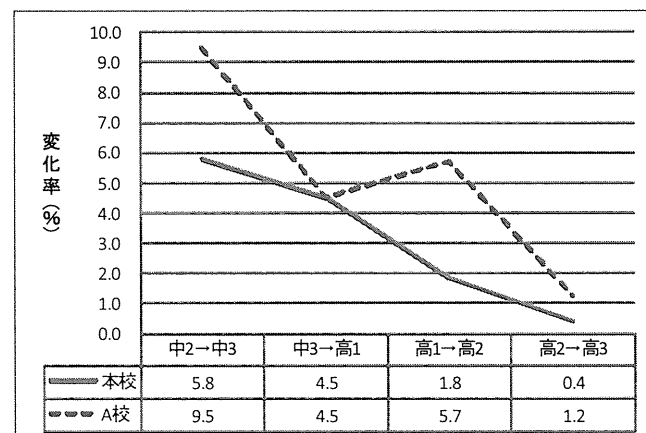


図 2. 両校の Stiffness index 変化率

3.3 本校およびA校生徒の身長と体重

両校の身長と体重について図3と図4に示す。

身長は平均値は、中学2年生から高校3年生までの学年で本校がA校より高い。

体重の平均値は、中学2年生のみ本校が重い、その後は全てA校が重くなる。本校では体脂肪率は測定していないが、A校は中学2年生で16.4%、中学3年生で14.5%、高校1年生で14.7%、高校2年生で14.3%、高校3年生で14.6%であった。

学年	本校		A校	
	n	Mean±SD	n	Mean±SD
中2	105	164.3±7.3	266	161.8±7.0
中3	105	169.0±6.6	266	166.6±5.9
高1	105	170.9±6.4	260	169.5±5.4
高2	105	172.2±6.5	267	170.7±5.4
高3	105	172.6±6.5	266	171.7±5.4

n：人数（名）

図3. 両校の身長の平均値

学年	本校		A校	
	n	Mean±SD	n	Mean±SD
中2	105	51.7±8.0	266	51.2±9.2
中3	105	55.3±7.3	266	55.6±8.8
高1	105	58.6±7.0	266	59.5±8.4
高2	105	60.4±6.7	267	61.8±8.0
高3	105	61.4±6.9	266	63.4±8.6

n：人数（名）

図4. 両校の体重の平均値

3.4 本校生徒のStiffness indexと身体指標の関係

図5に本校生徒の中学2年生から高校3年生までの身長、体重、BMIとStiffness indexの相関係数を示す。身長については、中学2年生のみ、やや相関があり、他の学年時は統計的に関係がない。体重については、中学2年生のみやや相関があり、他の学年時は統計的に関係がない。BMIについては、中学2年生、中学3年生、高校2年生に弱い相関がある。

	中2	中3	高1	高2	高3
身長	0.40	0.22	0.16	0.09	0.04
体重	0.41	0.32	0.22	0.24	0.09
BMI	0.26	0.24	0.14	0.20	0.07

図5. Stiffness indexとの相関係数

4 考察

本研究では、本校61期生を対象に、中学2年生から高校3年生までQUS法により測定したStiffness indexの経年変化について、都内にある中高一貫校の男子生徒のデータと比較し検討した。

本研究で使用した測定機器におけるStiffness indexの基準値は、20歳以降の成人男性については定められている。それによれば、20～24歳の男性では、103.1が基準値である⁷⁾。以降、Stiffness indexは年齢と共に減少していく。伊藤らによる、9歳から22歳までの、児童、生徒、学生の男女計3468名を対象にした研究では、骨量は9歳から14歳までは男女間に差がなく年齢とともに増加し、男子では20～22歳レベルに達すると報告した⁸⁾。本校生徒は中学3年生に、104.1でありその数値を上回り、その後、高校3年生まで値は向上している。この点は、A校においても同様の結果となった。

小塚らによる小中学生を対象に3年間のうち1年間隔で2回以上骨密度測定した者を対象者とした研究では、骨密度の年次変化については、男子では年齢に対して負の傾きの直線になり、女子では10.3歳をピークにした二次曲線に回帰される分布を示すことを報告した⁹⁾。本研究ではStiffness indexの年間変化率で分析したが、その結果からも本校生徒の変化率は中学2年生以降、高校3年生になるまで毎年減少している。しかし、A校については高校1年生から高校2年生になる1年間は、中学3年生からの1年間の変化率を大きく上回っている。中高生の時期に運動やスポーツ活動が骨密度の上昇には重要な要因である。本来であれば、骨密度の上昇率は落ちる時期であるが、A校生徒は中学3年生以降、本校生徒より積極的に運動部で活動したことが影響したと思われる。小西らは、18歳から29歳までの青年男女を対象に、身体組成、小学校から現在までの運動習慣が踵骨骨量相対値に及ぼす影響についての研究では、小中高等学校で週3回以上運動した者は、しなかったか週1、2回の者より踵骨骨相対値が有意に高いこと、そして小学校、中学校と運動を継続した者が最も高く、小中学校で運動をしなかった者が最も低いことを報告した¹⁰⁾。また、岡野による男女高校生を対象として研究においても、運動部活動の参加者は未参加者より、踵骨の骨強度が明らかに高いことを報告している¹¹⁾。

次に本校生徒の運動有能感について考えてみたい。岡沢らによれば、運動有能感とは、運動場面における

自信であり、身体的有能さの認知、統制感、受容感の3因子より構成されるものである¹²⁾。自己の運動能力や技能に対して肯定的な認知、つまり自信をもち、自己の努力によって運動が上手にできるようになる見通しがもて、運動している自己が仲間から受け入れられているという認知ができることである。本校生徒は、小学生期に運動場面における有能感を味わってきた経験が少ないと思われる。そのため本校保健体育科では以前から、指導上キーワードとして、する・みる・ささえる、ということで、運動をする能力が低い生徒にとっても、スポーツ活動に対して、見る楽しさ、ささえる楽しさから、運動やスポーツ活動を生活に取り入れ、人生を豊かにするような指導を継続してきている。しかし、部活動のレベルになると、本校生徒、特に高校生になった時点で勝敗という結果から、運動部活動に対する有能感が持てなくなってしまうのではないだろうか。男子校でありながら、高校2年生の秋には部活動を引退し、勉強にシフトする傾向がどの学年においても強くなる。おそらくA校は、高校3年生の春、もしくは夏の大会を学校全体が引退試合とし、部活動に励んでいるのであろう。運動強度、運動時間から考えると体育の時間だけでは高校生の骨密度を高めるための刺激としては十分ではないと思われる。羅による男子高校生を対象にした骨密度と運動有能感との関係についての研究では、運動有能感の違いによって骨密度に影響を与え、高校生の時期において合理的な健康管理、適切な運動習慣および高いレベルでの運動有能感を育成することが、骨密度を高めることに有効であると報告している¹³⁾。また、國友による男女大学生の踵骨骨密度(Stiffness index)と運動に関する研究では、中学時代の運動部活動頻度、継続年数、チーム内でレギュラーであったかどうかにおいては、骨密度と有意な関係が認められ、高校時代の運動部経験は未経験者よりも骨密度が有意に高く、さらに活動頻度が週5日以上のは、それ以下の者より骨密度が有意に高いとも報告している¹⁴⁾。今後、本校生徒の健康・体力を高め、高校生になっても骨密度をさらにもうひと伸ばしするには、学校全体としても運動部活の取り組みに対して積極的に支援をし、例え結果が出ないとしても、生徒に対して運動有能感を向上させるような指導が必要と思われる。

本校生徒は入学するまでは、各家庭において非常にバランスの取れた食事が用意され、食習慣の面から骨の成長が育成されている。しかし、本校に入学以降、中学生の時期はそれでも運動部に参加して頑張る生徒

が多いが、高校生になると大学受験に備え、さらに他にもやりたいことが出てきて、部活動に対する価値観が薄れてしまう。平成24年度からは新学習指導要領が中学校で全面実施となった。その中でのキーワードは生きる力の育成である。生きる力の育成の3つの構成要素は、主体的問題解決能力の育成、豊かな人間性の育成、健康・体力の育成である¹⁵⁾。本校で学校行事にしっかりと取り組ませることでこれら3要素の育成にも十分関係しているであろう。今後は、生徒の健康・体力を本校の教育環境においてさらに伸ばしていくために、より多くの生徒が運動部活動で高校3年生の引退試合まで必死に頑張り通す雰囲気作りが必要なのではないだろうか。

5 おわりに

女子栄養大学栄養生理学研究室の協力を得て、本校61期生の骨密度を中学2年生から高校3年生まで測定してきた。上西一弘教授からも、本校生徒は他校と比較して骨密度が高い生徒が多いといわれていた。しかし、本研究で都内にある中高一貫校のデータと比較してみると、中学2年生では骨密度が高いが、学年が進むにつれA校に骨密度の高さが逆転されていくのである。中高生にとって、骨の健康については視覚的に表面上見えないこと、さらに骨密度が低いとしても自覚症状が全くないため関心を持つことは困難である。中高生にとっては、この時期に運動、スポーツ活動に積極的に取り組むことで骨の成長はもちろん、健康・体力面の向上には絶対に必要なことである。

現在は男子中高生の骨密度に関わるデータ、そして縦断的調査報告例は極めて少ない。61期生の次は今年度から66期生を対象に測定を開始した。今後さらに継続研究し、他の学校とも情報を共有し、科学的根拠を確立して、中高生に対する健康教育に役立つものに発展させていきたい。

【参考文献】

1. 折茂肇、骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2011年版、骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会、ライフサイエンス出版、2011
2. 篠矢理恵、朝井均、北川未幾子、超音波骨評価装置での高校生における骨評価計測値に関する調査研究、大阪教育大学紀要第Ⅲ部門 53(1)、33-44、2004

3. 小沢治夫、骨とスポーツ、体育科教育（大修館書店）、1999・11、76-77
4. 服部由季夫、阿部眞雄、杉山文宏、植田恭史、村川俊彦、原島三郎、スポーツ種目と骨密度に関する研究、東海大学紀要体育学部 26、47-51、1997
5. 長升登志江、津川恵子、朝井均、中学生における骨評価計測値に関する調査研究、大阪教育大学紀要第Ⅲ部門 56（2）、27-39、2008
6. 中比呂志、伊木雅之、森田明美、玉置淳子、池田行宏、高校生における腰椎および大腿骨近位部骨密度とその決定要因の縦断的研究、デサントスポーツ科学 26（1）、85-93、2004
7. QUS 使用の実際、日本骨粗鬆症学会、骨強度測定機器の評価と臨床応用に関する委員会、ライフサイエンス出版、2005
8. 伊藤千夏、小泉暁子、田中絵里香、金子佳代子、成長期における骨量の年齢別推移および身体組成との関連、日本栄養・食糧学会誌第 59 巻第 4 号、221-227、2006
9. 小塚和人、長塚正晃、茂呂信高、藤原紹生、白土なほ子、奥山大輔、千葉博、齊藤裕、矢内原巧、超音波測定法による思春期男女の骨密度の年次変化の検討、日本産科婦人科学会誌 52（4）、669-675、2000
10. 小西史子、伊藤千夏、木村靖夫、金子佳代子、青年男女の身体組成、運動習慣、食習慣、睡眠習慣が踵骨骨量に及ぼす影響、日本家政学会誌 58(5)、247-254、2007
11. 岡野亮介、男女高校生における形態、体脂肪率及び生活履歴と踵骨骨強度の関連性、臨床スポーツ医学 23（1）、73-80、2006
12. 岡沢祥訓、北真佐美、諏訪祐一郎、運動有能感の構造とその発達及び性差に関する研究、スポーツ教育学研究 16（2）、145-155、1996
13. 羅平、男子高校生の骨密度と運動習慣との関係、広島大学大学院教育学研究科紀要第二部 55 号、325-331、2006
14. 國友広渉、江上いすず、男女大学生の骨密度と運動に関する研究、名古屋文理大学紀要第 3 号、127-132、2003
15. 西嶋尚彦、鈴木和弘、小山浩、川口千代、小松崎敏、中学校体育における主体的問題解決能力プロセスの因果構造分析、体育学研究 45、347-359、2000