

原 著

## 男子小中学生の踵骨の定量的超音波指標と 体格・生活習慣因子の関連

孫 大 鵬<sup>1)\*</sup>, 安 藤 大 輔<sup>2)\*</sup>, 佐 藤 美 理<sup>3)</sup>, 鈴 木 孝 太<sup>1)</sup>,  
田 中 太 一 郎<sup>4)</sup>, 永 井 亜 貴 子<sup>5)</sup>, 山 縣 然 太 朗<sup>1), 3)</sup>

1) 山梨大学大学院医学工学総合研究部社会医学講座, 2) 防衛大学校体育学教育室,

3) 山梨大学大学院医学工学総合研究部附属出生コホート研究センター,

4) 東邦大学医学部社会医学講座衛生学分野, 5) 東京大学医科学研究所公共政策研究分野

**要 旨**: 本研究の目的は, 小学生の男子 412 名, 中学生の男子 138 名を対象に踵骨の QUS 指標と体格・生活習慣因子の関連を検討することである。Achilles A-1000 InSight (GE Healthcare) は, 右踵骨の超音波伝播速度, 超音波減衰係数, スティフネス値を算出するために用い, 調査票は, 運動習慣や食習慣を評価するために使用した。Stepwise 回帰は踵骨の QUS 指標に影響する因子を分析するために用いた。男子小学生において, 現在の運動時間が踵骨 QUS 指標に有意に関係していた。一方で, 男子中学生では, 踵骨 QUS 指標に現在の運動時間は関係せず, 小学生時の運動時間が有意に関係していた。したがって, 男子において小学生の時期における運動が踵骨 QUS 指標を高めるために重要である可能性が示唆された。

**キーワード** QUS, 骨量, 運動, 食事, 子ども

### 1. 緒 言

我が国では, 高齢化に伴う寝たきりの増加が社会問題となっている。寝たきりの原因の一つである骨折, 特に大腿骨頸部骨折は増加の一途をたどっており<sup>1)</sup>, その対策は喫緊のものとなっている。寝たきりは, 個人の生活の質を低下させ, 社会的な損失にもなるため, 骨折予防は我が国において重要な課題であると考えられる。

骨折は骨粗鬆症患者で多く生じるため, 骨粗

鬆症の予防が将来生じる骨折を防ぐために重要であると考えられる。我が国において骨粗鬆症は, 脆弱性骨折の有無に加え, 骨密度の値または脊椎エックス線像での骨粗鬆化で診断され, WHO の診断基準においても骨密度が用いられている<sup>2)</sup>。一方で, 骨密度以外にも様々な骨折のリスク因子が存在することが明らかになってきているため, 2000 年の米国立衛生研究所 (NIH) におけるコンセンサス会議では, 骨粗鬆症を「骨強度の低下を特徴とし, 骨折のリスクが増大しやすくなる骨疾患」と定義している<sup>3)</sup>。その骨強度は骨密度と骨質の 2 要因からなり, 骨質は, 微細構造, 骨代謝回転, 微細骨折の集積, 骨組織の石灰化の程度などにより影響されるとしている<sup>3)</sup>。実際, WHO で定義される骨粗鬆症域以上の骨密度を有する集団から多くの骨折が生じることが知られている<sup>4)</sup>。

\* 最初の 2 名の著者 (孫, 安藤) は本研究に対し同等の貢献をした。

1, 3) 〒 409-3898 山梨県中央市下河東 1110 番地

2) 〒 239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

4) 〒 143-8540 東京都大田区大森西 5-21-16

5) 〒 108-8639 東京都港区白金台 4-6-1

受付: 2011 年 1 月 12 日

受理: 2013 年 2 月 26 日

したがって、骨密度に加え、骨質に着目した骨折の予防法を検討することも重要と考えられる。

骨の定量的超音波 (quantitative ultrasound, QUS) 法によって得られる測定値は、骨密度だけでなく骨の微細構造などの他の骨の特性を反映している可能性が示唆されている<sup>5)</sup>。これまでに、踵骨の QUS 指標が二重エネルギー X 線吸収 (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) 法で得られる骨密度と同様に骨折と関連することが示されており<sup>6,7)</sup>、日本人を対象とした研究においても、踵骨 QUS 指標は女性のみならず男性でも骨折リスクを予測できることが報告されている<sup>8)</sup>。また、最近のメタ解析でも踵骨の QUS 指標が骨折のリスクと関連し、その関連は DXA で測定した大腿骨近位部の骨密度を調整した QUS 測定値を用いた研究のメタ解析でも認められており<sup>9)</sup>、踵骨 QUS 指標の値が骨密度以外の他の骨の特性を一部反映している可能性もある。さらに、この踵骨 QUS 指標の値は DXA 法にて得られる指標と同じく、若年期に増加し高齢期に低下することが示されている<sup>10,11)</sup>。したがって、若年期における QUS 指標の増加に貢献する因子を探求し、積極的に若年期の QUS 指標を増加させる手段を構築することは、将来の骨折予防のための一つの重要な戦略であると考えられる。

これまでに、若年者を対象に踵骨 QUS 指標に影響する因子の検討が行われているが、それらの研究は主に女子を対象に行われており<sup>12-16)</sup>、男子の踵骨 QUS 指標にどのような因子が影響するか検討した報告は限られ<sup>17,18)</sup>、さらに日本人を対象とした研究は少ない。現在、大腿骨頸部骨折者数は、女性のみならず男性においても年々増加しており<sup>1)</sup>、一次予防的な視点から男性における骨折予防対策の構築も重要な課題の一つと考えられる。そこで、本研究では、踵骨 QUS 指標の増加期にあたる小中学生の男子を対象に踵骨 QUS 指標と体格・生活習慣因子の関連を検討することを目的とした。

## II. 方 法

### 1. 対象者

対象は、小学生の男子 415 名 (小学 4・5・6 年生) および中学生の男子 138 名 (中学 1・2・3 年生) とした (年齢: 9 ~ 15 歳)。本研究では、そのうち質問紙によって生活習慣調査の回答が得られた小学生 412 名、中学生 138 名を解析対象とした。また、本研究は、山梨大学医学部倫理審査委員会の承認を得て実施した。

### 2. 測定項目および測定方法

超音波測定装置 (Achilles A-1000 InSight, GE Healthcare) を用い右踵骨に超音波を照射し、超音波伝播速度 (speed of sound, SOS)、および超音波減衰係数 (broadband ultrasound attenuation, BUA) を測定し、これらからスティフネス値 (Stiffness index, STI) を算出し、これら 3 項目を QUS 指標とした。なお、STI は以下の公式により算出した<sup>19)</sup>。

$$STI = (0.67 \times BUA) + (0.28 \times SOS) - 420$$

各対象者の QUS 指標の測定回数は 1 回とした。なお、測定機器の温度を安定させるため、各学校での測定開始 30 分以上前には機器の設置を完了し、測定開始前には必ずキャリブレーションを実施した。また、QUS 指標の測定者には事前に十分な説明を行い、測定方法を理解した同一の測定者が実施した。

体格要素として、身長、体重、BMI (body mass index) を用いた。

### 3. 質問紙調査

自記式調査票により、運動習慣や食品摂取頻度を評価した。運動習慣に関しては、「あなたは、普段、授業以外で、とても息が苦しくなる運動をしますか？」または「あなたは、普段、授業以外で、少し息が苦しくなる運動をしますか？」の問いに、「する」と答えたものに対して、それぞれの 1 週間における実施時間を質問し、それらの合計時間を現在の運動時間として用いた。それに加え中学生に対しては、「あな

Table 1. Correlation between SOS, BUA, STI and independent variables in elementary school boys

	grade	height	weight	BMI	current exercise time	milk	yoghurt	cheese
SOS	0.21 **	0.09	-0.03	-0.12 *	0.21 **	0.10	0.08	-0.05
BUA	0.21 **	0.41 **	0.39 **	0.26 **	0.12 *	0.03	0.06	0.03
STI	0.26 **	0.34 **	0.26 **	0.12 *	0.19 **	0.07	0.07	0.01

  

	natto	bean curd	fish	seaweed	vegetables	fruit	juice
SOS	-0.04	0.00	0.00	0.02	0.01	0.06	-0.05
BUA	0.03	-0.02	0.02	0.02	-0.02	0.07	-0.01
STI	0.01	-0.01	0.01	0.04	0.00	0.07	-0.04

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.001$ 

たは、小学生の頃、定期的に（週1回以上）何か運動をしていましたか？」と質問し、「はい」と答えたものに関しては、1週間の実施時間を調査し、小学生時の運動時間として解析に用いた。また、これらの問いに対し、「しない（いいえ）」と答えたものに関しては運動時間を「0分」とした。食品摂取頻度調査は、牛乳、ヨーグルト、チーズ、納豆、豆腐、魚、海藻、野菜、果物、ジュースのそれぞれの食品に対し、「週に1回未満」、「週に1回から3回」、「週に4回から6回」、「毎日1回」、「毎日2回」、「毎日3回以上」という6つ摂取頻度から1つを選ばせた。

#### 4. 統計解析

小学生、中学生それぞれにおける SOS, BUA, および STI の値と体格指標、運動時間、食品摂取頻度との関連を調べるため、体格指標、運動時間に対しては Pearson 単相関係数、食品摂取頻度に対しては Spearman 順位相関係数を算出した。そこで各踵骨 QUS 指標との間に有意水準 10% 未満の関連が認められ、単回帰分析でも有意水準 10% 未満となった変数に関しては、その関係を詳細に検討するため、重回帰分析（stepwise 法）を行った。有意水準の限界は 5% 以下とした。統計解析には SAS ver9.1 (SAS Institute Inc.) を用いた。

### III. 結 果

小学生男子の QUS 指標と関連している要因を明らかにするために、SOS, BUA, STI と各種要因との関連について単相関係数を算出した。その結果を、Table 1 に示した。SOS については、学年 ( $r = 0.21$ )、BMI ( $r = -0.12$ )、現在の運動時間 ( $r = 0.21$ ) との間に、BUA は、学年 ( $r = 0.21$ )、身長 ( $r = 0.41$ )、体重 ( $r = 0.39$ )、BMI ( $r = 0.26$ )、現在の運動時間 ( $r = 0.12$ ) との間に有意な相関関係が認められた。また、STI は、学年 ( $r = 0.26$ )、身長 ( $r = 0.34$ )、体重 ( $r = 0.26$ )、BMI ( $r = 0.12$ )、現在の運動時間 ( $r = 0.19$ ) との間に有意な相関関係を示した。

次に、中学生男子の QUS 指標と関連している要因を明らかにするために、SOS, BUA, STI と各種要因との関連について単相関係数を算出した (Table 2)。SOS については、小学生時の運動時間 ( $r = 0.18$ ) との間に、BUA は、学年 ( $r = 0.39$ )、身長 ( $r = 0.47$ )、体重 ( $r = 0.38$ )、BMI ( $r = 0.22$ ) との間に有意な相関関係が認められた。また、STI は、学年 ( $r = 0.34$ )、身長 ( $r = 0.38$ )、体重 ( $r = 0.21$ )、小学生時の運動時間 ( $r = 0.19$ ) との間に有意な相関関係を示した。

さらに詳細に QUS 指標と関連の強い要因を

Table 2. Correlation between SOS, BUA, STI and independent variables in junior high school boys

	grade	height	weight	BMI	current exercise time	past exercise time <sup>†</sup>	milk	yoghurt
SOS	0.15	0.14	-0.08	-0.17	0.02	0.18 *	0.09	0.05
BUA	0.39 ***	0.47 ***	0.38 ***	0.22 **	-0.07	0.15	0.02	0.12
STI	0.34 ***	0.38 ***	0.21 *	0.06	-0.04	0.19 *	0.06	0.08

  

	cheese	natto	bean curd	fish	seaweed	vegetables	fruit	juice
SOS	0.15	0.16	0.03	0.13	0.08	0.09	0.02	0.09
BUA	0.06	0.08	0.02	0.08	0.10	0.01	0.11	0.08
STI	0.10	0.13	0.01	0.11	0.10	0.06	0.09	0.12

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ .<sup>†</sup> exercise time at elementary school days.

Table 3. Final stepwise regression results in elementary school boys

	parameters	Regression coefficient	Standardized regression coefficient	P value	R <sup>2</sup>
SOS	(P value of Model ; <0.0001 )				
	Intercept	1547.5			
	grade	6.388	0.219	<0.0001	0.045
	BMI	-0.796	-0.108	0.022	0.012
	current exercise time	0.008	0.202	<0.0001	0.044
BUA	(P value of Model ; <0.0001 )				
	Intercept	6.623			
	height	0.590	0.360	<0.0001	0.168
	BMI	0.655	0.160	0.001	0.021
	current exercise time	0.003	0.127	0.004	0.016
STI	(P value of Model ; <0.0001 )				
	Intercept	17.124			
	height	0.427	0.275	<0.0001	0.114
	current exercise time	0.004	0.191	<0.0001	0.035
	grade	1.726	0.112	0.038	0.009

明らかにするため、単相関の解析において各種骨 QUS 指標との間に有意水準 10%未満の関連が認められ、かつ単回帰分析でも有意水準 10%未満となった変数に関しては、指標を独立変数、各 QUS 指標を従属変数とし stepwise 法による重回帰分析を行った。その際、単相関分析において体重と BMI の間に強い相関がみられたため、多重共線性の問題を考慮し、単相関

の解析において体重と BMI の両変数ともに各種 QUS 指標との間に関連がみられた場合には体重を投入する変数から除外した。小学生ではステップワイズ法による重回帰分析の結果、SOS に関しては学年 ( $R^2 = 0.045$ )、BMI ( $R^2 = 0.012$ )、現在の運動時間 ( $R^2 = 0.044$ ) が説明変数として採択された (累積  $R^2 = 0.100$ )。SOS と BMI との間には有意な負の関連がみ

Table 4. Final stepwise regression results in junior high school boys

	parameters	Regression coefficient	Standardized regression coefficient	P value	R <sup>2</sup>
SOS	(P value of Model ; 0.0076 )				
	Intercept	1599.5			
	grade	6.501	0.178	0.034	0.026
	BMI	-1.264	-0.165	0.051	0.027
	past exercise time	0.015	0.168	0.045	0.033
BUA	(P value of Model ; <0.0001 )				
	Intercept	9.612			
	grade	3.387	0.178	0.064	0.017
	height	0.559	0.323	0.001	0.219
	BMI	0.567	0.142	0.067	0.018
STI	(P value of Model ; <0.0001 )				
	Intercept	18.012			
	grade	3.312	0.171	0.088	0.018
	height	0.486	0.276	0.006	0.144
	past exercise time	0.010	0.206	0.009	0.040

† exercise time at elementary school days.

れた。BUAでは身長 ( $R^2 = 0.168$ ), BMI ( $R^2 = 0.021$ ), 現在の運動時間 ( $R^2 = 0.016$ ) が (累積  $R^2 = 0.205$ ), STI では身長 ( $R^2 = 0.114$ ), 現在の運動時間 ( $R^2 = 0.035$ ), 学年 ( $R^2 = 0.009$ ) が最終的なモデルに残った (累積  $R^2 = 0.158$ ) (Table 3)。

中学生ではステップワイズ法による重回帰分析の結果, SOS に関しては学年 ( $R^2 = 0.026$ ), BMI ( $R^2 = 0.027$ ), 小学生時の運動時間 ( $R^2 = 0.033$ ) が説明変数として採択された (累積  $R^2 = 0.085$ )。SOS と BMI の関連は負の関連であった。BUA では学年 ( $R^2 = 0.017$ ), 身長 ( $R^2 = 0.219$ ), BMI ( $R^2 = 0.018$ ), 小学生時の運動時間 ( $R^2 = 0.026$ ) が (累積  $R^2 = 0.280$ ), STI では学年 ( $R^2 = 0.018$ ), 身長 ( $R^2 = 0.144$ ), 小学生時の運動時間 ( $R^2 = 0.040$ ) が最終的なモデルに残った (累積  $R^2 = 0.202$ ) (Table 4)。

#### IV. 考 察

現在までに, QUS 指標が, 骨折リスクの識別に有効である可能性が示唆されている<sup>6,7,9)</sup>。日本人を対象とした前向きコホート研究でも, SOS, BUA, STI のいずれの測定値においても将来の骨折リスクを予測できることが示唆されている<sup>8)</sup>。近年, 男性における骨折も増加しており<sup>1)</sup>, 女性における骨折予防対策と同時に男性における対策を考えることも重要であると思われる。これまでの研究にて, 踵骨 QUS 指標は, 若年期において増加し20代から30代でピークをむかえた後に低下することが報告されている<sup>10)</sup>。また, 男子における踵骨 QUS 指標のスパークが14歳で観察されることも示されている<sup>11)</sup>。したがって, 将来の骨折予防のための1つの戦略として, 踵骨 QUS 指標の増大期にあたる小中学生においてその QUS 指標に影響する因子を探索することは重要であると思われる。また, 踵骨 QUS 指標の測定は, 放射線被

曝もないため、若年期における骨粗鬆症・骨折予防に関する健康教育ツールとして有用であると考えられる。これらの視点から、本研究では、男子小中学生の QUS 指標に影響する因子を探索することを目的とした。

本研究の最も価値ある成果は、男子において運動、特に小学生時の運動が踵骨の QUS 指標を高めるために重要である可能性を示した点である。運動負荷が骨へのメカニカルストレスとなり、骨芽細胞の活性化等により骨量を増加させる因子となることは広く知られている<sup>20)</sup>。本研究結果から、小学生時の運動は、少なくとも中学生時の運動より踵骨の QUS 指標を増加させるための刺激要因となりうる可能性が示唆された。しかし、この結果は中学生時期の運動習慣の必要性を否定するものではない。これまでの研究にて、運動を継続して行うことが、踵骨 QUS 指標の維持あるいは増加の為に必要であることも示されており<sup>15)</sup>、小学生の時期のみ運動を行えばよいというのではなく小学生以降も継続して運動を行うことが必要であると考えられる。すなわち、QUS 指標の増加期において十分な骨形成を促すためには、できるだけ早期に、遅くとも小学生の時期までに運動習慣を形成し、その習慣を長期にわたって維持することが必要であると思われる。また、骨は歪みの大きさを感知して、モデリング閾値以上の歪みが生じた際に骨量や骨強度を高めるとするメカノスタット理論 (Mechanostat theory) が広く受け入れられている<sup>21)</sup>。つまり、運動種目、特に運動強度が QUS 指標の変化に対して重要である可能性もある。実際に 18 から 22 歳の男性を対象に QUS 指標に対する運動種目の影響を検討した先行研究にて、荷重負荷運動 (weight-bearing exercise) の実施者は、非荷重負荷運動 (non weight-bearing exercise) の実施者や運動非実施者より踵骨 QUS 指標が高いことが示されている<sup>22)</sup>。しかし今回の研究では、運動習慣を有する者が行っている運動種目や運動強度など、QUS 指標の値に影響をもたらす可能性のある要素に関しての検討をして

おらず、今後この年代でも同様の影響がみられるかの検討が求められる。

踵骨 QUS 指標と体格の関係について、これまで女性を対象にした報告では、体格要素は BUA に対し強力に影響し、SOS との関係は弱いことが報告されている<sup>23,24)</sup>。本研究の小中学生男子での検討においても、BUA と体格指標の間に有意な関連がみられ、BUA が体格要素に強い影響を受けるという研究を支持する結果となった。これは、BUA が単に骨量だけではなく骨質を評価した指標と考えられていることから<sup>25)</sup>、体重といった体格要素が骨に対し力学的な負荷を継続して与えることで、骨梁構造を強くしている可能性を示唆している。一方で、本研究では小学生において SOS 値と BMI の間に有意な負の関連を認め、中学生においても有意でないが同様の傾向が示された。Falk *et al.* は、思春期前および思春期早期の男子を対象とした研究にて、脛骨の SOS 値が、適正体重児に比較し過体重児は低値を示すことを報告しており、脂肪の蓄積は、SOS 値を低下させる要因である可能性を示唆している<sup>26)</sup>。したがって、BUA を増大させるためには力学的な負荷を大きくするという視点から体重を増やすことが一つの要素となるが、BUA 値の増大と共に SOS 値を低下させないために、単に体重を増加させるのではなく、運動等により徐脂肪体重、特に骨格筋量を増やすことが重要であると考えられる。

本研究では、小学生、中学生ともに食品の摂取頻度と QUS 指標の間に有意な相関関係は認められなかった。これは、カルシウムの摂取と QUS 指標には関連は認められないとする報告<sup>17,18,27)</sup>を支持する結果であった。一方で、カルシウム摂取が踵骨 QUS 指標に影響するという報告もみられる<sup>16)</sup>。本研究では、食品の摂取頻度のみを調査しており、食品の摂取量に関しては調査しておらず、それが相対する結果が得られた理由の 1 つとして考えられる。今後の研究では、食品の摂取頻度に加え、食品の摂取量の調査し、総カルシウム摂取量と QUS 指

標の関連を詳細に検討することが必要と思われる。

本研究には限界がいくつか存在する。最も大きな限界としては、本研究デザインが横断研究ということである。したがって、本研究結果の解釈には注意が必要である。例えば、調査時の運動習慣ではなく調査以前の運動習慣が QUS 指標に大きな影響を与えている可能性や調査時の運動習慣が将来の QUS 指標の値に影響を及ぼす可能性がある。今回、中学生を対象にした検討において、現在の運動時間、つまり中学生時の運動時間とその時点での QUS 指標との間に関連がみられなかった。この理由の 1 つとして、運動による QUS 指標の短期的な変化を十分に捉えられなかった可能性がある。例えば、小学生の時期にあまり運動していなかった者が中学生になり運動を始めたとしても、運動の実施期間が短いためにまだ十分に QUS 指標が高まっていなかったことも考えられる。生体内では、骨形成と骨吸収は常に起きており、運動の実施によりそのバランスが骨形成に傾くことで、長期的に骨密度や骨質が高まっていくものと思われる。したがって、中学生時からの運動の短期間な効果を QUS 指標で捉えるのは難しい可能性もあり、QUS 指標に対する中学生時の運動の効果は例えば高校生時に顕著に表れてくとも考えられる。また、中学生時での運動時間の長いグループについては、小学生時で運動時間が長い者も短い者も含んでおり、反対に中学校での運動時間の短いグループについては、小学校時で運動時間が長い者も短い者も含んでいる。したがって、中学生時の運動の効果が過小評価されている可能性は否定できない。今回は中学生の対象者数が少なく、また横断的な調査であったため検討できなかったが今後詳細に検討を進める必要があると思われる。さらに、食品の摂取頻度調査では、食品の摂取量に関しては調査しておらず、食事の影響が過小評価されていた可能性もある。これらの点について、今後、縦断的な研究や介入研究により詳細に検討することが望まれる。また、本研究で

は体格指標として BMI を使用したため、QUS 指標に対する脂肪量や骨格筋量の影響について詳細な検討はできなかった。今後、体脂肪率や徐脂肪量等を計測し詳細に体格要素の影響を検討する更なる研究が必要である。QUS 測定自体に関する限界もある。QUS 法は DXA 法と比較して誤差が大きいことや温度の影響を受けることが欠点として示されている<sup>2,28)</sup>。本研究では測定者の違いによる影響を最小限にするため、測定者には事前に説明を実施し、十分に測定方法を理解した同一の測定者で実施した。また、本研究で用いた測定機器は、超音波の照射位置を確認しながら測定することが可能であったため、照射位置を確認した後に指標の測定を実施した。加えて、超音波の伝搬速度は温度によって変化することが示されており<sup>28)</sup>、学校間における測定時期の違いによる気温の影響を最小限にするため、可能な限り測定時期が異ならないように努めた(7月下旬～9月上旬)。さらに、毎回の測定開始の 30 分以上前には機器設置を完了し、温度の安定をさせ、毎回キャリブレーションを実行した。現在 QUS 測定装置には数多くの種類があり、機種により様々なパラメーターが使用され、機種間での数値の統一化がされていない。そのため、例えば骨折予防のための目標とする具体的な数値を示すことが現時点では困難であることも大きな限界点としてあげられる。その一方で、QUS 測定装置自体は DXA の測定装置に比べ、小さく、持ち運びもでき、安価であり、さらには放射線被爆がないというメリットもあるため、今後これらの問題点を改善していくことが望まれる。

## V. 結 論

本研究では、男子小学生においては、現在の運動時間が踵骨 QUS 指標に関係していることが観察された一方で、男子中学生においては、踵骨 QUS 指標に現在の運動時間は関係せず、小学生時の運動時間との関連が認められた。したがって、男子において小学生の時期における

運動が踵骨 QUS 指標を高めるために重要である可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) Orimo H, Yaegashi Y, Onoda T, Fukushima Y, Hosoi T, *et al.*: Hip fracture incidence in Japan: estimates of new patients in 2007 and 20-year trends. *Arch Osteoporos*, 4: 71–77, 2009.
- 2) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会：骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2011年版。ライフサイエンス出版株式会社, 2011.
- 3) Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. NIH Consensus Statement, 17: 1–36, 2000.
- 4) Nguyen ND, Eisman JA, Center JR, Nguyen TV: Risk factors for fracture in nonosteoporotic men and women. *J Clin Endocrinol Metab*, 92: 955–962, 2007.
- 5) Njeh CF, Fuerst T, Diessel E, Genant HK: Is quantitative ultrasound dependent on bone structure? A reflection. *Osteoporos Int*, 12: 1–15, 2001.
- 6) Hans D, Dargent-Molina P, Schott A, Sebert J, Cormier C, *et al.*: Ultrasonographic heel measurements to predict hip fracture in elderly women: the EPIDOS prospective study. *Lancet*, 348: 511–514, 1996.
- 7) Marín F, González-Macías J, Díez-Pérez A, Palma S, Delgado-Rodríguez M: Relationship between bone quantitative ultrasound and fractures: a meta-analysis. *J Bone Miner Res*, 21: 1126–1135, 2006.
- 8) Fujiwara S, Sone T, Yamazaki K, Yoshimura N, Nakatsuka K, *et al.*: Heel bone ultrasound predicts non-spine fracture in Japanese men and women. *Osteoporos Int*, 16: 2107–2112, 2005.
- 9) Moayyeri A, Adams JE, Adler RA, Krieg MA, Hans D, *et al.*: Quantitative ultrasound of the heel and fracture risk assessment: an updated meta-analysis. *Osteoporos Int*, 23:143–153, 2012.
- 10) Liu W, Xu CL, Zhu ZQ, Wang W, Han SM, *et al.*: Characteristics of calcaneus quantitative ultrasound normative data in Chinese mainland men and women. *Osteoporos Int*, 17: 1216–1224, 2006.
- 11) O Zhu ZQ, Liu W, Xu CL, Han SM, Zu SY, *et al.*: Ultrasound bone densitometry of calcaneus in healthy Chinese children and adolescents. *Osteoporos Int*, 18: 533–541, 2007.
- 12) 赤坂真史, 美尻義彦, 高倉 実：スポーツ関連因子からみた女子高生の骨密度に関する研究。体力科学, 46: 375–382, 1997.
- 13) 相良多喜子, 西条旨子, 広川 渉：女子中学生の骨強度の特徴とその要因に関する検討。日公衛誌, 49: 389–398, 2002.
- 14) 横内樹里, 安藤大輔, 小野悠介, 尾崎芳雅, 浅川和美, 北川 淳, 中原凱文, 小山勝弘：女子大学生の踵骨超音波計測値と体格の関係。体力科学, 52: 639–646, 2003.
- 15) 横内樹里, 安藤大輔, 小野悠介, 尾崎芳雅, 浅川和美, 北川 淳, 中原凱文, 小山勝弘：女子大学生における2年間の骨量変化に対する体格・生活習慣の影響。体力科学, 55: 331–340, 2006.
- 16) Robinson ML, Winters-Stone K, Gabel K, Dolny D: Modifiable lifestyle factors affecting bone health using calcaneus quantitative ultrasound in adolescent girls. *Osteoporos Int*, 18: 1101–1107, 2007.
- 17) Cvijetić S, Barić IC, Bolanca S, Juresa V, Ozegović DD: Ultrasound bone measurement in children and adolescents. Correlation with nutrition, puberty, anthropometry, and physical activity. *J Clin Epidemiol*, 56: 591–597, 2003.
- 18) 篠矢理恵, 浅井 均, 北川未幾子：超音波測定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—運動及び食生活との関連性について—。大阪教育大学紀要, 53: 33–44, 2004.
- 19) Njeh CF, Boivin CM, Langton CM: The role of ultrasound in the assessment of osteoporosis: a review. *Osteoporos Int*, 7: 7–22, 1997.
- 20) 納富拓也：運動による骨形態・骨代謝の変化。宮村実晴 編。身体トレーニング, 真興交易(株), 医書出版部, 東京, 130–135, 2009.
- 21) Frost HM: On our age-related bone loss: insights from a new paradigm. *J Bone Miner Res*, 12: 1539–1546, 1997.
- 22) Yung PS, Lai YM, Tung PY, Tsui HT, Wong CK, *et al.*: Effects of weight bearing and non-weight bearing exercises on bone properties using calcaneal quantitative ultrasound. *Br J Sports Med*, 39: 547–551, 2005.
- 23) Kroke A, Klipstein-Grobusch K, Bergmann MM, Weber K, Boeing H: Influence of body composition on quantitative ultrasound parameters of the os calcis in a population-based sample of pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int*, 66: 5–10, 2000.
- 24) Kitagawa J, Omasu F, Nakahara Y: Effect of daily walking steps on ultrasound parameters of the calcaneus in elderly Japanese women. *Osteoporos Int*, 14: 219–224, 2003.
- 25) 友光達志：踵骨超音波法。日本臨床, 60: 197–203, 2002.
- 26) Falk B, Braid S, Moore M, O’Leary D, Sullivan P, *et al.*: Bone properties in overweight pre- and early-pubertal boys. *Pediatr Exerc Sci*, 20: 50–61, 2008.
- 27) Dib L, Arabi A, Maalouf J, Nabulsi M, El-Hajj



Fuleihan, G: Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. *Bone*, 36: 736–742, 2005.

28) Ikeda Y, Iki M: Precision control and seasonal variations in quantitative ultrasound measurement of the calcaneus. *J Bone Miner Metab*, 22: 588–593, 2004.

### The Relationship of Anthropometric and Lifestyle Factors with Calcaneal Quantitative Ultrasound Parameters in Elementary and Junior High School Boys

Dapeng SUN<sup>1)\*</sup>, Daisuke ANDO<sup>2)\*</sup>, Miri SATO<sup>3)</sup>, Kohta SUZUKI<sup>1)</sup>,  
Taichiro TANAKA<sup>4)</sup>, Akiko NAGAI<sup>5)</sup> and Zentaro YAMAGATA<sup>1), 3)</sup>

*\*The first two authors (Sun D and Ando D) contributed equally to this study*

<sup>1)</sup> Department of Health Sciences, Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

<sup>2)</sup> Department of Physical Education, National Defense Academy

<sup>3)</sup> Center for Birth Cohort Studies, Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

<sup>4)</sup> Department of Environmental and Occupational Health, Faculty of Medicine, Toho University

<sup>5)</sup> Department of Public Policy, The Institute of Medical Science, The University of Tokyo

**Abstract:** The aim of this study was to evaluate the relationship of anthropometric and lifestyle factors with calcaneal QUS parameters in 412 elementary and 138 junior high school boys. An Achilles A-1000 InSight ultrasound bone densitometer (GE Healthcare) was used to calculate speed of sound, broadband ultrasound attenuation, and right calcaneal stiffness index in these 550 boys; questionnaires were used to measure their exercise and dietary habits. Stepwise regression using these data identified the factors influencing calcaneal QUS parameters. In the elementary school boys, current exercise time was significantly associated with calcaneal QUS parameters, while in the junior high school boys, current exercise time did not significantly correlate with calcaneal QUS parameters, but exercise time during elementary school did significantly correlate with calcaneal QUS parameters. These findings indicate that elementary school is a critical time for determining QUS parameters in boys and suggest that the development of good exercise habits during this time period might improve calcaneal QUS index.

**Key words:** QUS, bone mass, exercise, diet, children