

幼児・児童における音響的骨評価値と 体格および生活習慣との関連について

浅見唯香 池田寛奈 岩見文博
楠田美奈 照屋浩司

杏林大学 保健学部 公衆衛生学教室

要旨

幼児期および学童期前半（小学校低学年）における音響的骨評価値（OSI）と身長、体重、ローレル指数、足のサイズ、生活習慣との関連について分析、考察した。

対象はA幼稚園およびB小学校において身長、体重、足のサイズ、OSIについて測定でき、かつ、アンケート調査において保護者の同意を得られた園児150名（男児85名、女児65名）および、児童273名（男児134名、女児139名）である。アンケート調査は保護者に対して任意で行い、生活習慣、1年間の体格の変化などについて問うものである。

園児においては、男女ともに身長、体重、足のサイズが高値を示すほど、OSIが高値を示す傾向がみられた。男児においては清涼飲料水の摂取頻度とOSIの間には有意な負の関連がみられた。女児においては、果実の摂取頻度が高い群においてOSIは有意に高値を示した。また学童においては男女ともに身長、体重、足のサイズが高値を示すほどOSIが低値を示す傾向がみられた。女児においては海草の摂取頻度とおよび運動系の習い事の頻度が高い群においてOSIが有意に高値を示した。

幼児期および学童期前半におけるOSIやその生活習慣との関連については不明な点も多い。体格、運動習慣、食習慣とOSIの関連について、A幼稚園とB小学校で各項目の結果が一貫したものとならなかったことに関しては、骨量獲得には様々な要因が関与していることが考えられる。

はじめに

骨粗鬆症は治療よりも予防に重点を置くべき疾患の一つであり、骨量を増加させる若年期に骨格の健康について認識させ、運動、食事等の生活習慣について十分に指導を行い将来的な骨粗鬆症予防に繋げていくことが必要であると考えられている¹⁾。これまでの研究結果から、幼児期でも成長と音響的骨評価値（OSI：Osteo Sono-assessment Index）の関連が示唆されたが²⁾、児童については研究がなされていない。そこで本研究では幼児期から学童期前半（小学校1年生から3年生）まで年齢の幅を広げ、これまでに検討してきた成長、体格、生活習慣の各要因に加え具体的な食習慣（食品摂取頻度）がOSIでみた骨の成長とどのように関連しているかについての検討を行った。

対象および方法

東京都のA幼稚園およびB小学校において、身長および体重、足のサイズ、OSIの測定を行った。あらかじめ保護者に対して調査趣旨および協力は任意であることを明記した依頼状と園児および児童の生活習慣に関するアンケートを配布した。調査対象は保護者の同意の得られた園児計150名（男児85名、女児65名）および、児童計273名（男児134名、女児139名）である。

倫理的配慮として、園長および学校長に調査実施の了解を得るとともに、保護者に対しては上記の方法により研究協力への同意を得た。また園児および児童に対しては測定時に「ぐずる」などの態度が観察された場合には測定を強制しないよう配慮した。調査結果の分析にあたってはデータとして処理し、個人が特定できないようにした。なお本研究は杏林大学保健学部倫理審査委員会

Table 1. Items, classification and methods of analysis.

Analytical method	Items	Category
t test	Sleep hours	1: 10 hours or over 2: less than 10 hours
	Bedtime	1: before 22 o'clock 2: 22 o'clock and later
	TV viewing hours (weekday)	1: less than 2 hours 2: 2 hours and more
	Height	1: smaller than median 2: median and higher
	Soft drinks	1: often 2: seldom
	Eat between meals	1: not everyday 2: everyday
	Dislikes about foods	1: none 2: some
Oneway ANOVA	Height Weight TV viewing hours (weekend) Growth of Height Increase of Weight	1: less than 25 percentile 2: 25 percentile to 75 percentile 3: 75 percentile and over
	Fishery products Small fishes Seaweeds Potatoes Seeds Soft drinks	1: almost everyday 2: 2 or 3 times a week 3: seldom
	Meat Egg Soy products Dairy products Green vegetables Other vegetables Fruits Oils	1: everyday 2: 4 or 5 times a week 3: not so often
	Exercise	1: everyday 2: 2 or 3 times a week 3: not so often
	Lessons of sports	<for kindergarten students> 1: twice and more a week 2: once a week 3: less than once a week 4: none <for schoolchildren> 1: more than 3 times a week 2: 2 or 3 times a week 3: once a week 4: none

Dependent variable: OSI

の承認を得て実施し（承認番号：19-26, 21-12），検査結果にはコメントを加え，保護者にフィードバックした。

骨量の測定には超音波骨評価装置 AOS-100NW（アロカ社製）を用いて，測定部位を透過する超音波の音速（SOS：Speed Of Sound）と透過指標（TI：Transmission Index）を測定し以下の式^{*1}より OSI を求めた。また，振動子メンブレンが右踵骨中心部に当たるように対象者の足の大きさにあわせて独自の足置き台を使い調節するとともに，台に記したスケールにより足のサイズを測定した。

アンケート調査は，食習慣，食品摂取頻度（ごはん

またはパン，肉類，魚介類，卵，大豆・大豆製品，牛乳・乳製品，小魚，海草，緑黄色野菜，その他の野菜，果実，いも類，種実類，油類，清涼飲料水），運動習慣，習い事，睡眠状況，テレビ視聴時間，この1年間の身長，体重の変化について問うもので，保護者に対して記名自記式で行った。記名とした理由は，検査結果にコメントを加え保護者にフィードバックを行うためである。運動習慣については幼稚園および小学校から帰宅後の家の外での運動の頻度について質問を行った。睡眠状況については起床時刻および就寝時刻から睡眠時間を算出した。

統計学的解析は統計ソフト SPSS ver16.0 を用い男女

別および全体について解析した。OSI と身長、体重、ローレル指数、足のサイズとの関連については相関分析を行った。OSI と身長、体重、足のサイズ、睡眠時間、就寝時刻、平日および休日のテレビ視聴時間、各食品摂取頻度、運動習慣との関連については一元配置分散分析、あるいは独立したサンプルの t 検定を実施した。各調査項目とその分類、および分析に用いた方法は Table 1. の通りである。

※1 $OSI = TI \cdot SOS^2$

SOS : 踵部の距離 (幅) を超音波伝搬時間で除した値

TI : 受信透過波形の第一極大値の半値幅

結 果

< A 幼稚園 >

身長、体重、ローレル指数、足のサイズ、身長の伸び (自己申告値)、体重の増加 (自己申告値) と OSI の関連性について対象者全体および男女別に相関分析を用いて検討した (Table 2.)。

身長、体重、睡眠時間、就寝時刻、平日のテレビ視聴時間、休日のテレビ視聴時間、身長の伸び、体重の増加、食品摂取頻度 (魚介類、小魚、海草、いも類、種実類、清涼飲料水、肉類、卵、大豆・大豆製品、牛乳・乳製品、緑黄色野菜、その他の野菜、果実、油類)、運動習慣、運動系の習い事の頻度、間食摂取、好き嫌いの有無、それぞれの群別と OSI との関連性について、一元配置分散分析、独立したサンプルの t 検定を用いて男女別に検討した (Table 3.)。

女兒および全体では身長および体重と OSI の間に有意な正の相関がみられた。男児では有意ではなかったが、身長および体重が高値を示すほど OSI も高値を示す傾向がみられた。身長および体重は、一元配置分散分析の結果でも女兒および全体において有意な正の関連がみられ、男児においては有意な関連はみられなかったが正の関連の傾向がみられた。また全体において足のサイズと OSI の間には有意な正の相関がみられた。男女別では有意ではなかったが足のサイズが大きいほど OSI が高値を示す傾向がみられた。ローレル指数、身長の伸び、体重の増加については、OSI との有意な関連はみられなかった。

男女とも、睡眠時間、就寝時刻、平日のテレビ視聴時間の各群で OSI に有意な差はみられなかったが、女兒においては「睡眠時間 10 時間未満群」の方が「10 時間以上群」よりも OSI の平均値が高い傾向がみられた。

OSI と食品摂取頻度との関連については、女兒の果実摂取においてのみ有意な関連がみられ、果実摂取の頻度が高い群において低い群よりも OSI の平均値が高値を示した。

清涼飲料水の摂取頻度の各群と OSI との間連では、男児において有意な関連がみられ、清涼飲料水の摂取頻度が「飲む群」よりも「飲まない群」の方が OSI の平均値が高値であった。間食や好き嫌いの有無別では、OSI に有意な差はみられなかった。

OSI と運動との関連について、男女別および全体において有意な関連はみられなかった。女兒においては運動習慣、運動系の習い事の頻度ともに一元配置分散分析では、各群には OSI の平均値にほとんど差はみられなかったが、男児においては、運動習慣では 1 週間に数回、運動系の習い事の頻度では 1 週間に 1 ~ 1.5 回の群で OSI の平均値が高い傾向を示した。

< B 小学校 >

身長、体重、ローレル指数、足のサイズ、身長の伸び (自己申告値)、体重の増加 (自己申告値) と OSI の関連性について対象者全体および男女別に相関分析を用いて検討した (Table 4.)。

身長、体重、睡眠時間、就寝時刻、平日のテレビ視聴時間、休日のテレビ視聴時間、身長の伸び、体重の増加、食品摂取頻度 (魚介類、小魚、海草、いも類、種実類、清涼飲料水、肉類、卵、大豆・大豆製品、牛乳・乳製品、緑黄色野菜、その他の野菜、果実、油類)、運動習慣、運動系の習い事の頻度、間食摂取、好き嫌いの有無、それぞれの群別と OSI との関連性について、一元配置分散分析、独立したサンプルの t 検定を用いて男女別に検討した (Table 5.)。

男児および全体では身長と OSI の間に有意な負の相関がみられた。女兒では有意な関連はみられなかった。男女および全体において足のサイズと OSI の間には有意な負の相関がみられた。体重、ローレル指数、身長の伸びでは有意な関連はみられなかった。また、全体において体重の増加と OSI の間には有意な負の相関がみられた。

男女とも、睡眠時間、就寝時刻、平日のテレビ視聴時間の各群で OSI に有意な差はみられなかった。

OSI と食品摂取頻度との関連については、女兒の海草摂取においてのみ有意な関連がみられ、海草を「ほぼ毎日食べる」群の OSI の平均値が他の群と比較して高値を示した。間食や好き嫌いの有無別では、OSI に有意な差はみられなかった。

OSI と運動との関連について、男児では有意な関連はみられなかったが、女兒においては運動習慣「毎日」の群で OSI 高値の傾向が、運動系の習い事の頻度「1 週間に 3.5 回以上」の群で他の群と比較して有意に OSI の平均値が高値を示した。

Table 2. Correlation coefficients between OSI and height, weight, Rohrer index, size of foot, growth of height, increase of weight, among kindergarten students.

	Boy	Girl	Whole
Height	0.121	0.334 **	0.178 *
Weight	0.154	0.339 **	0.203 *
Rohrer Index	0.042	-0.088	0.009
Size of Foot	0.161	0.191	0.183 *
Growth of Height	0.088	-0.052	0.028
Increase of Weight	-0.019	0.010	-0.008

*p < 0.05, **p < 0.01

Table 3. Relationships between OSI and physique, lifestyle, dietary habit, exercise, among kindergarten students.

	Boy	Girl
Height	n.s	p<0.05
Weight	n.s	p<0.05
Sleep hours †	n.s	n.s
Bedtime †	n.s	n.s
TV viewing hours (weekday) †	n.s	n.s
TV viewing hours (weekend)	n.s	n.s
Growth of Height	n.s	n.s
Increase of Weight	n.s	n.s
Dietary habits	Fishery products	n.s
	Small fishes	n.s
	Seaweeds	n.s
	Potatoes	n.s
	Seeds	n.s
	Soft drinks †	p<0.05
	Meat	n.s
	Egg	n.s
	Soy products	n.s
	Dairy products	n.s
	Green vegetables	n.s
	Other vegetables	n.s
	Fruits	n.s
	Oils	n.s
Exercise	n.s	n.s
Lessons of sports	n.s	n.s
Eat between meals †	n.s	n.s
Dislikes about foods †	n.s	n.s

Oneway ANOVA, † : t test

考 察

< A 幼稚園 >

体重については、年代は異なるが中学生において、OSI 値の増加に密接な関わりをもつのは踵骨に力学的負荷がかかることが一因と思われると報告されている³⁾。本研究における対象は幼児であるが、同様の機序で体重

が高値を示すほど OSI も高値を示すという結果がみられた可能性がある。また身長については、先行研究では男女ともに骨の成長速度に、一時的に成長を補うための新たな骨量の獲得が間に合わなくなり、骨が弱くなると報告されている^{2,4)}。一部の文献では身長伸びる時期を骨の脆弱期としている^{2,5)}。しかし本研究では身長の

Table 4. Correlation coefficients between OSI and height, weight, Rohrer index, size of foot, growth of height, increase of weight, among schoolchildren.

	Boy	Girl	Whole
Height	-0.195 *	-0.137	-0.165 **
Weight	-0.147	-0.068	-0.115
Rohrer Index	-0.029	-0.068	0.027
Size of Foot	-0.194 *	-0.178 *	-0.184 **
Growth of Height	-0.021	-0.059	-0.038
Increase of Weight	-0.168	-0.094	-0.135 *

*p < 0.05, **p < 0.01

Table 5. Relationships between OSI and physique, lifestyle, dietary habit, exercise, among schoolchildren.

	Boy	Girl
Height †	p<0.05	n.s
Weight	n.s	n.s
Sleep hours †	n.s	n.s
Bedtime †	n.s	n.s
TV viewing hours (weekday) †	n.s	n.s
TV viewing hours (weekend)	n.s	n.s
Growth of Height	n.s	n.s
Increase of Weight	n.s	n.s
Dietary habits	Fishery products	n.s
	Small fishes	n.s
	Seaweeds	n.s
	Potatoes	n.s
	Seeds	n.s
	Soft drinks	n.s
	Meat	n.s
	Egg	n.s
	Soy products	n.s
	Dairy products	n.s
	Green vegetables	n.s
	Other vegetables	n.s
	Fruits	n.s
Oils	n.s	
Exercise	n.s	
Lessons of sports	n.s	
Eat between meals †	n.s	
Dislikes about foods †	n.s	

Oneway ANOVA, † : t test

伸びと OSI の関連について、有意な関連はみられなかった。理由として、この 1 年間の身長伸びを保護者に回答してもらったが、保護者が把握している幼児の発育と実際の発育に差があったのではないかと推測される。成長期である中学生期では身長、体重が高値を示しているほど OSI も高値であり、OSI と体格の指標との間に高

い正の相関関係が認められたとされており⁶⁾、本研究においても類似した結果が得られた。本研究で対象としている幼児期は一般的な成長期ではないが、ある程度の成長がみられ、結果として身長と OSI の間に有意な相関関係がみられたと思われる。また足のサイズにおいても同様に推測される。本研究では幼稚園と小学校を比較す

る目的で、単年度の成績を用いた検討を行ったが、今後は継続したデータから身長など体格指標の変化を算出して解析に用いることが望ましいと考えられる。

青少年期は急激に骨量を獲得する時期であり、この時期の骨は成人期に比べて運動刺激によく反応するといわれているが、運動刺激が大きすぎる場合は骨の吸収に骨形成が追いつかない状況となって骨密度が低下する⁵⁾。男児において中間値群のOSIの平均値が他の群に比べ高値を示したのは、高値群において運動刺激量が大きすぎたためと推測された。骨評価値と平均歩数の関連について示された先行研究では、男児においては有意差が認められ骨評価値が高いほど平均歩数が多いとされているが、女児においては有意差が認められていない⁷⁾。本研究の対象は幼児であるため、遊ぶことが運動することとなると考えられる。「歩くこと≒運動すること」と考えると、本研究の結果は先行研究と類似し、女児に比べ男児のほうが骨密度獲得に運動が効果的であったと考えられる。上記のことも踏まえ、男児の骨密度獲得には適度な運動刺激が有効であるといえる。

男児において、清涼飲料水を飲む群に比べ飲まない群のほうがOSIの平均値が高値を示す結果となった。理由として、清涼飲料水にはリンが多く含まれていることが考えられる。適量のリンはカルシウムやマグネシウムとともに骨の形成に関わる成分である。しかし、過剰に摂取すると腸管におけるカルシウムの吸収を阻害し骨量や骨密度が減少するといわれている⁸⁾。現代の食生活ではリンの摂取が不足するということはなく、清涼飲料水の多飲によってリンの過剰摂取となることがある。これによって清涼飲料水を飲む群のOSIの平均値が低値を示し、飲まない群が高値を示したのだと考えられる。

女児の果実の摂取頻度について、摂取頻度が高いほどOSIの平均値が高値を示す結果となった。フラミンガム研究では果実を摂取していない児童よりも摂取している児童の方が骨が丈夫であることが明らかにされている⁹⁾。また、果実に含まれているビタミンCやミネラルが骨形成をサポートし、 β -クリプトキサンチン等の抗酸化物質が骨吸収を緩やかにしているといわれている⁹⁾。本研究においても先行研究に類似した結果となり、幼児においても果実の摂取は骨量獲得に有効であることが示唆された。

< B 小学校 >

OSIと体格の関連について男児では身長および足のサイズに有意な負の相関がみられ、女児では足のサイズに有意な負の相関がみられた。全体では身長・足のサイズ・体重の増加に有意な負の相関がみられた。有意でなかった項目についても負の傾向がみられ、A幼稚園とは異なる結果となった。また先行研究では年齢が増加するにつれOSIも高値を示す傾向があることが報告されてい

る¹⁰⁾が、B小学校はA幼稚園に比べOSIの平均値が低い結果となった。理由として、成長による骨の脆弱期であること、骨形成を促進させる生活習慣ではなかったであろうことが考えられる。これらのことに関しては、小学校での測定は今回が初めてであるため、成長の度合いも含めて継続した調査が必要であると考えられる。

OSIと運動習慣の関連について、女児では運動系の習い事の頻度において有意な相関がみられ、1週間に3.5回以上と回答した群が高値を示した。また有意な関連はみられなかったが運動習慣において毎日する群のOSIの平均値が高値を示した。男児では有意な関連はみられなかったが、運動系の習い事において、やっていない群は他の群に比べ低値を示した。

女児の運動系の習い事の頻度についてこのような結果が得られた理由としては、1週間に3.5回以上と回答した群の人数が少なかったことから慎重に検討する必要があるが、男児と女児で骨量増加に資する適切な運動強度に違いがある可能性も考えられる。A幼稚園では運動の頻度が中間の群でOSIの平均値が高値を示したが、B小学校では頻度が高い群で高値を示した。これについても、年齢によって体格が異なることから、必要とする運動刺激量が変わってくるのではないかと考えられ、今後さらに検討する必要がある。

B小学校の児童が行っている運動系の習い事の内容に水泳が多いことも理由として考えられる。水泳は浮力が働くため、身体にかかる負荷が陸上での運動に比べ少ない。そのため、骨に対する運動刺激の量が十分に得られなかった可能性も考えられる。運動や遊びの内容によって運動刺激の量が変化するため、今後は頻度や時間だけでなく内容についても検討していきたい。

OSIと食習慣の関連について、女児で海草の摂取頻度において有意な関連がみられ、ほぼ毎日食べる群で高値を示した。海草にはカルシウムをはじめとするミネラルを多く含み、これらの栄養素は骨形成に正の働きを示すとされている¹¹⁾。海草の摂取頻度が高い群のOSIの平均値が高かったのはこのためと考えられる。

まとめ

本研究ではA幼稚園とB小学校で調査を行ったが、男女別、学年別のOSIの平均値がB小学校に比べA幼稚園の方が高値を示した。また、A幼稚園のOSIの平均値は他の文献と比較しても高値であった。しかし、本研究の対象とした年齢における他のOSIの調査では、年齢とOSIとの関連について明確にされていない。この点については今後も調査を続け検討していくことが望ましい。

食習慣とOSIの関連で、骨形成に正の働きを示す栄養素を含んだ食品を摂取している群でOSIが高値を示す結果となったが、それらの栄養素を多く含むすべての

食品で同じ傾向がみられるわけではなかった。1つの栄養素ではなく、いくつかの栄養素が関わりあうことで骨量獲得を促進している可能性があり、各々の食品では有意な関連がみられなかったと考えられる。多く摂取したほうが良い栄養素と過剰摂取で骨形成を抑制する栄養素があることから、バランスの取れた食事を取ることが望ましい。

体格、運動習慣、食習慣と OSI の関連について、A 幼稚園と B 小学校で各項目の結果が一貫したものとならなかったことから、骨量獲得には様々な要因が関与していること示唆される。

本研究の結果からも、骨量獲得に向けた保健指導の内容として、適度な運動刺激とバランスの取れた食事を推奨することが有効であると考えられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、調査にご協力をいただいた A 幼稚園の園長先生、B 小学校の校長先生、諸先生方、園児・児童ならびに保護者の方々に心より御礼申し上げます。

また、実際の測定にご協力をいただいた母子保健学研究室及び地域看護学研究室的の皆さま、熱心かつ丁寧にご指導頂いた加藤英世教授に感謝いたします。

本研究には平成 23 年度杏林医学会学生リサーチ賞を授与していただきました。ここに深謝の意を表します。共に卒業研究に励んだ公衆衛生学教室の仲間たちと、この喜びを分かちあいたいと考えます。

文 献

1. 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三部門第 56 巻第 2 号, 27-39 頁 2008

2. 照屋浩司, 岩見文博, 片桐朝美, 眞鍋知子, 太田ひろみ, 石野晶子, 大嶺智子, 加藤英世: 幼児における音響的骨評価値と体格および生活習慣との関連について, 杏林医学会雑誌, 40 (3), 34-42, 2009
3. 長澤誠一郎, 三宅健夫, 横山英世, 野崎貞彦: 中学生の踵骨骨密度と体格, 生活習慣等の関連について, 日大医学雑誌, 60 (11), 485-491 2001
4. 三村寛一, 中塚喜義, 山本威久, 新井竜雄, 森井浩世: 若年層における OSI の経年変化と形態および運動能力との関係, Osteoporosis Japan 11 (3), 421-424 2003
5. 日本骨粗鬆症学会 子どもの骨折予防委員会 田中弘之, 杉森裕樹, 加賀勝, 井本岳秋, 三村寛一, 高橋香代, 清野佳紀: 子どもの骨を丈夫にするための提言, Osteoporosis Japan 14 (2), 177-189 2006
6. 伊藤千夏, 古泉佳代, 渥美圭子, 鈴木智恵美, 金子佳代子: 中学生における骨量と生活習慣および体力との関連, 日本栄養・食糧学会誌 第 60 巻 第 1 号, 53-59 2007
7. 武藤紀久, 桑原信治, 竹本康史, 鷺野嘉映, 西田弘之: 幼児の踵骨骨評価値と日常活動量および運動能力との関係, 岐阜市立女子短期大学研究紀要第 54 輯 41-47 2005
8. 関野章代: 骨密度と生活習慣の関係 (1) 女子学生の場合, 梅花女子大学 短期大学部紀要 2, 75-82 2005
9. FACT BOOK 果物と健康四訂版 3 骨粗しょう症—果物を食べている人は骨密度が高い—
<http://www.kudamono200.or.jp/booklet/pdf/factbook.pdf>
10. 徳丸久: 小児における踵骨超音波法による骨評価の年齢別変動 - 腰椎骨密度との比較検討 -, 日本小児科学会雑誌 101 巻 7 号, 1142-1148 1997
11. 小林修平 監修 伊東一郎, 高橋邦子, 田口素子, 青柳百美, 横田憲治 著: 健康運動指導士がすすめる 丈夫な骨をつくろう 骨粗鬆症の予防, 第一出版, 1991