

小学校低学年児の脛骨皮質骨超音波伝播速度に影響を及ぼすスポーツと栄養ならびにライフスタイル要因

東京医科歯科大学医学部公衆衛生学講座 教授 高野 健 人

はじめに

骨密度の増大期にある青年期の骨密度には、成長期の牛乳摂取ならびに運動頻度が関与することが指摘されている。また、小児期にカルシウムを多く摂取することが、将来の骨密度増大に影響することが明らかにされており、小児、成長期のカルシウムの摂取状況と骨密度との関連性が示唆されている。しかし、小児、成長期に関する研究のほとんどは、DXA法、SPA法といったX線による骨密度測定法による横断研究であり、健康な子どもの集団を対象として解析を行う分析的疫学研究にはなじみにくかった。

一方、小児の骨折頻度が増加傾向にあるのではないかとということが近年指摘されるようになり、子どもの生活習慣の変化に伴って骨が脆弱になっているのではないかと、将来の骨粗鬆症発症リスクが増大するのではないかとという観点から、危惧されるようになってきた。

子どもの骨折の増加要因として、特にカルシウム摂取量の不足、スポーツ習慣、子どもとその母親の食生活やその他の生活習慣の変化、子どもをとりまく生活環境の変化などの要因が考えられるが、子どもの骨折や骨密度と成長の関連性ならびに子どもの骨密度の変化と食生活や運動、スポーツとの関連性を実証疫学的な研究に基づいて明らかにする必要がある。

本研究では、東京都内に居住する子ども700人を層化無作為法により抽出して健康ライフスタイルコホート集団とし、この集団を追跡して小学校1年生の子どもの骨強度を小児脛骨皮質骨超音波伝播速度計測システムにより計測し、子どもの身体発達、栄養および運動スポーツ、その他のライフスタイル、ならびに母親の脛骨皮質骨超音波伝播速度、身体計測値、現在および過去の栄養および運動スポーツとその他のライフスタイル、家庭の社会経済状況、主な居住場所の居住環境を調査した。結果を解析し、小学校低学年児の脛骨皮質骨成長を促進する条件をスポーツと栄養ならびに家族のライフスタイル要因の観点から考察した。

対象および方法

1. 子どもの骨折頻度の分析

小学校および中学校の児童生徒のうち災害共済に加入した児童生徒について骨折災害が報告された件数に基づき、報告された児童生徒の骨折件数率を算出した。日本体育学校健康センターが報告

した1974-1995年における加入児童生徒数（要保護児童生徒を除く）ならびに骨折件数に基づいて、加入児童生徒1,000人あたりの報告された骨折件数を骨折件数率として計算し、その年次推移を分析した。

2. 子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度および母子のライフスタイルに関するフィールドスタディ

東京都内に住む幼児（3～5歳）700人を層化無作為抽出し、子どもの健康と食生活に関する聞き取り調査を実施した。

ベースライン調査項目は、(1)基本的属性及び社会的背景：家族構成、家屋の種類、子どもの生まれてからの場所、両親の主に育った場所等、(2)子どもの健康等に関する調査：かかりつけの医者、既往歴、1年間の健康状態、生活時間（睡眠時間、平日と休日の遊び時間）等、(3)母親の健康等に関する調査：健康に関する意識、喫煙及び飲酒状況、食品の安全性に関する意識等とした。

回答の得られた家庭の中から、ベースライン調査から1年および2年後に小学校1年生に進学した児童とその母親のうち、希望母子を対象に、脛骨皮質骨超音波伝播速度計測を含む健康計測調査およびライフスタイルに関する面接調査を行った。

計測項目は、子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度、身長、体重、脚長（肢長測定法）、握力（スメドレー方式）とした。子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度は、長管骨皮質骨の超音波伝播速度計測のOgseeらの原法に基づいて著者らが開発した計測システムにより計測した。右脛骨中位における皮質骨縦方向の超音波伝播速度を計測するものであり、6歳から7歳の子どものにおいて、日内変動係数が0.3～0.5%であり、再現性が高いことが確認されている。計測結果は超音波の伝播速度として記録され、速度が速いほど当該長管骨の骨強度が高いことが確認されている。計測の単位は、m/secであり、脛骨皮質骨超音波伝播速度を以下TCSOS（Tibial Cortical Speed of Sound）とする。

面接調査では、(1)子供の現症および既往症：出生時体重、授乳、骨折既往、骨折部位、骨の病気および代謝異常の有無、主な既往症等、(2)母親の現症、妊婦出産歴、および既往症：骨折既往、骨折部位、骨の病気および代謝異常の有無、主な既往症、初潮年齢、初産年齢、出産回数、喫煙（過去及び現在）状況、飲酒状況等、(3)子どものライフスタイル関連項目：3日間の食事・おやつ調査、牛乳の摂取頻度・摂取量、運動頻度、遊びの種類と時間、生活活動状況（起床・就寝時間）、(4)母親のライフスタイル関連項目：健康生活習慣、過去における運動頻度、食事摂取頻度、地域活動、日常生活における車の利用、について調査を行った。日ごろ気をつけている健康生活習慣に関する7項目への回答結果を得点化し、各項目を1点としてその総合点数を7点満点の健康習慣配慮得点とした。

子どものTCSOS、身体計測結果ならびに子どもの食生活、スポーツ運動習慣、生活習慣ならびに母親の食生活、両親の運動、スポーツ習慣、家庭の社会経済条件、家族の過去の居住場所との関連性について、多重比較のt検定ならびに、カイ2乗検定により分析した。

結果と考察

1. 報告された子どもの骨折件数率

小学生1,000人あたりの報告された骨折件数率は、1974年に6.4であったものが、1995年には12.6に増加した。中学生1,000人あたりの報告された骨折件数率は、1974年に11.4であったものが、1995年には22.8に増加した。(Figure. 1)

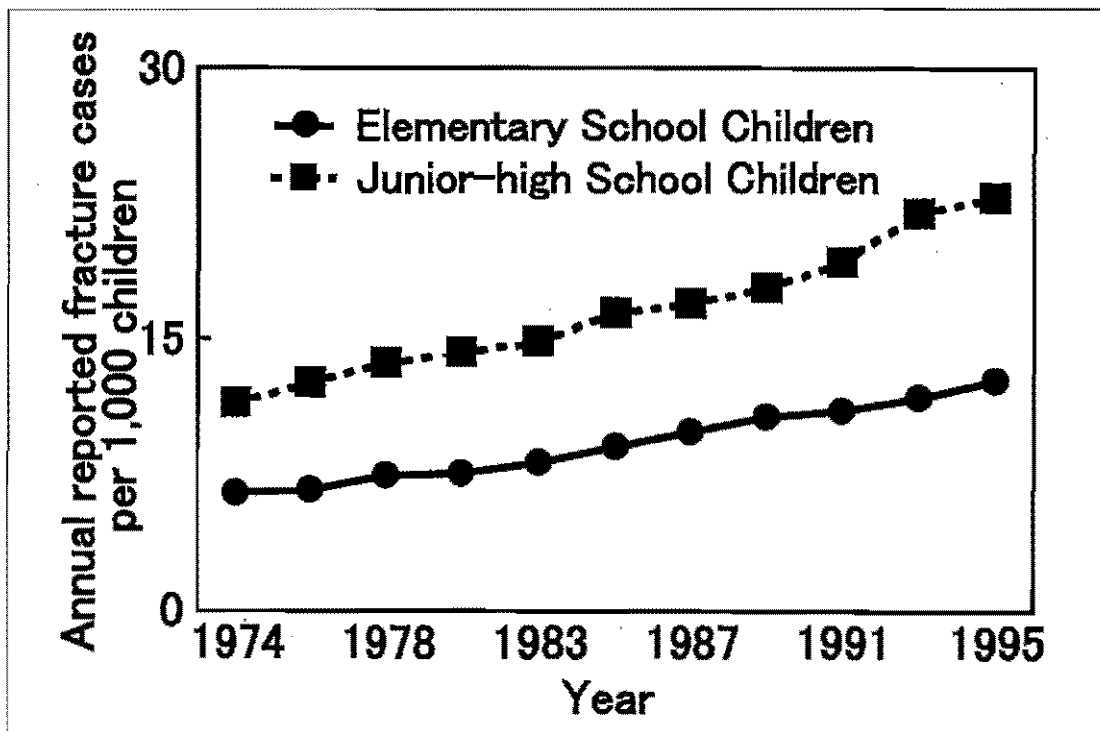


Figure. 1 Trends of reported fracture incidence among school children. Incidence was calculated as annual reported fracture cases per 1,000 children enrolled in a school accident insurance. Rates were individually calculated for elementary school children and junior-high school children. (Date source : Disaster under school administration control, 1974-1995)

2. 子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度および母子のライフスタイル

ベースライン調査に回答を得た496家庭を追跡調査した結果、小学校1年生に進学した児童のうち、116名(男子61名、女子55名)とその母親を対象に脛骨皮質骨超音波伝播速度を含む身体計測および面接調査を実施できた。この116名を分析対象とした。

分析対象の116名の身体計測結果は、身長 118.4 ± 4.2 cm、(男子 118.6 ± 4.1 cm、女子 118.0 ± 4.3 cm)(以下代表値は、平均値 \pm 標準偏差)、体重 22.3 ± 3.3 kg(男子 21.6 ± 3.6 kg、女子 23.0 ± 2.8 kg)、カウプ指数は 15.9 ± 1.8 (男子 16.2 ± 2.1 、女子 15.4 ± 1.4)、脚長 64.5 ± 3.6 cm(男子 64.3 ± 3.4 cm、女子 64.8 ± 3.8 cm)、握力 9.7 ± 1.8 kg(男子 10.0 ± 1.8 kg、女子 9.3 ± 1.7 kg)であった。脛骨皮質骨超音波伝播速度(TCSOS)は $3,566.2 \pm 78.2$ m/sec(男子 $3,566.0 \pm 83.4$ m/sec、女子 $3,566.3 \pm 72.8$

m/sec)であった。なお、対象者の身長、体重は、東京都内の公立小学校1年生の平均値と差がなかった。男女間において身長、脚長、TCSOSに有意な差はなかったが、体重、握力では男子の方が有意に高かった ($p < 0.05$)。また、男女のTCSOSと身体計測(身長、体重、脚長、握力)に有意な相関はなかった。

牛乳の摂取頻度が高い子どもとその母親のライフスタイルについて、以下の特徴が認められた。牛乳摂取頻度が高い子どもは、母親が「乳製品」、「卵」、「漬物・佃煮」を多く摂取していた ($p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.05$)。子どもの牛乳摂取頻度が高いことと、その家庭において摂取食品群に偏りのないこととの関連が認められた。健康習慣配慮得点が高い母親ほど、肉類を多く摂取していた ($p < 0.05$)。また、摂取食品群に偏りのないこととの関連が認められた。

母親のライフスタイルと子どものTCSOSならびに身体計測値結果を表1に示した。過去に喫煙習慣があったが現在は喫煙していない母親の子どもは、現在も喫煙習慣が続いている母親の子どもに比べてTCSOSが高かった ($p < 0.01$)。一方、現在、喫煙習慣のない母親の子どもは、喫煙習慣のある母親の子どもより体重、カウプ指数が低かった ($p < 0.05$)。現在、飲酒をする母親子どもの身長、脚長、握力は、飲酒しない母親の子どもに身長、脚長、握力より有意に高かった ($p < 0.05$)。健康のために日頃気をつけている項目のうち「バランスのとれた食事」をしていると回答した母親の子どものTCSOSは、気をつけていると回答しなかった母親の子どもにTCSOSより有意に高かった ($p < 0.05$)。

表1 母親のライフスタイルと子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度と体格および握力

	n	TCSOS		身長		脚長		体重		カウプ指数		握力	
		(m/sec)		(cm)		(cm)		(kg)				(kg)	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
喫煙習慣													
喫煙経験なし	95	3563.2	79.5	118.2	4.2	64.3	3.5	22.0	3.3	15.4	1.8	9.5	1.7
喫煙経験あり現在は非喫煙	7	3542.8	73.2	118.6	4.9	64.8	4.9	23.1	1.7	15.4	1.1	10.4	1.8
喫煙	13	3548.9	45.2	119.6	3.7	65.6	3.2	24.1	3.6	16.8	2.2	10.4	2.0
飲酒習慣													
ほとんど飲酒せず	56	3568.5	84.3	117.4	4.5	63.7	3.6	22.1	3.5	15.3	1.9	9.2	1.7
週に1回以上飲酒	59	3564.4	73.2	119.2	3.7	65.3	3.4	22.5	3.1	15.8	1.8	10.0	1.7
「バランスのとれた食事をする」ことへの日ごとの配慮													
していない	67	3552.0	79.6	119.0	3.9	64.3	3.4	22.8	3.4	16.1	2.0	9.8	1.9
している	49	3585.6	72.7	117.6	4.6	64.0	3.8	21.6	3.1	15.6	1.6	9.5	1.5
健康習慣配慮得点(7点満点)													
0-3点	53	3551.9	76.3	119.1	3.7	65.1	3.5	23.1	3.3	16.2	1.9	10.0	1.9
4-7点	62	3578.8	78.9	117.7	4.5	64.0	3.6	21.6	3.2	15.6	1.7	9.4	1.7

母親の健康習慣配慮得点が高い母親の子どもは、健康習慣配慮得点が高い母親の子どもに比べて体重より有意に低かった ($p < 0.05$)。一方、健康習慣配慮得点が高い母親の子どもは、健康習慣配慮得点が高い母親の子どもに比べてTCSOSは、統計学上有意ではなかったが、健康習慣配慮得点が高い母親の子どもより高い傾向であった。

母親の過去のライフスタイルならびに健康と子どものTCSOSならびに身体計測値結果では、母親

の過去（15-17歳当時）の運動頻度については「週に2回以上」と回答した母親の子どものTCSOSは「週に1回以下」と回答した母親の子どものTCSOSより有意に高かった（ $p<0.05$ ）。出産回数1回の母親の子どものTCSOSは2回以上出産経験のあった母親の子どものTCSOSより有意に高かった（ $p<0.01$ ）。

家庭の居住環境、社会経済的背景、家族の過去の居住場所と子どものTCSOSならびに身体計測値結果を表2に示した。母親が主に育った場所が「東京都内」であると答えた母親の子どものTCSOSは「その他の道府県」であると答えた母親の子どものTCSOSより有意に高かった（ $p<0.01$ ）。「一戸建て」に住んでいた子どもの身長、脚長は、「その他」に住んでいた子どもの身長、脚長より有意に低かった（ $p<0.01$ ）。また、「一戸建て」に住んでいた子どもの身長、脚長は、「6階建て以上のマンションまたは集合住宅」に住んでいた子どもの身長、脚長より有意に低かった（ $p<0.05$ ）。

家庭における1ヶ月間の食費のカテゴリー別（3～6万円未満／6～9万円未満／9～12万円未

表2 母親の都市生活・居住環境と子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度と体格および握力

	n	TCSOS		身長		脚長		体重		肘が指数		握力	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
母親の主に育った地域													
東京都内	58	3582.9	78.2	117.9	4.4	64.2	3.9	22.3	3.4	16.0	1.9	9.7	1.8
他の道府県	58	3549.5	75.3	118.9	4.0	64.9	3.2	22.4	3.3	15.8	1.8	9.7	1.8
住居の種類													
一戸建て	45	3575.6	88.1	116.9	3.9	63.4	3.4	21.7	2.7	15.9	1.6	9.6	1.9
その他	71	3560.2	71.3	119.3	4.1	65.2	3.5	22.7	3.6	15.9	2.0	9.7	1.7

満／12～15万円未満／15～20万円未満／20万円以上）の子どものTCSOSならびに身体計測値では、統計学上の有意な差はみられなかった。

母親の最終学歴が「大卒またはそれ以上」である母親の子どもの身長は「短期大学・高等専門学校またはそれ以下」である母親の子どもの身長より有意に高かった（ $p<0.01$ ）。さらに「大卒」である母親の子どもの身長は「短期大学」である母親の子どもの身長より有意に高かった（ $p<0.05$ ）。

子どものライフスタイルと子どものTCSOSならびに身体計測値結果を表3に示した。学校のある時は「22時前」に就寝する子どものTCSOSは、「22時以降」就寝する子どものTCSOSより有意に高かった（ $p<0.01$ ）。運動する日数が「4-7日」である子どものTCSOSは、「1-3日」である子どものTCSOSより有意に高かった（ $p<0.01$ ）。朝食の摂取頻度についての回答では、対象者ほとんどが朝食を毎日食べていた。子どもの1日あたりの牛乳摂取本数とTCSOSとの間には有意な関連性は認められなかったが、1日平均1本半以上摂取すると回答した子どもは、1日平均1本以下と回答した子どもよりのカウプ指数が有意に高く（ $P<0.05$ ）、体格がよいことが示された。

表3 子どものライフスタイルと子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度と体格および握力

	n	TCSOS		身長		脚長		体重		カウプ指数		握力	
		(m/sec)		(cm)		(cm)		(kg)				(kg)	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
子どもの就寝時刻（通学日平日）													
22時前	102	3573.9	77.5	118.3	4.1	64.6	3.7	22.1	3.0	15.7	1.6	9.6	1.7
22時以降	14	3510.0	60.3	119.0	5.1	64.0	2.8	24.2	5.0	17.0	2.6	10.2	1.9
1日あたり牛乳平均摂取本数													
1本半以上	38	3568.0	84.5	118.4	3.9	65.3	3.4	23.1	3.6	16.4	2.3	9.9	1.7
1本以下	34	3572.4	88.5	118.7	4.6	65.3	3.7	21.9	2.8	15.5	1.3	9.5	1.5
1週間の平均運動日数													
1-3日	49	3546.3	65.6	118.8	3.9	65.0	3.3	22.8	3.5	16.1	2.2	9.8	1.7
4-7日	67	3580.7	83.8	118.1	4.4	64.2	3.8	22.0	3.2	15.7	1.5	9.6	1.9

母子の食品摂取頻度と子どものTCSOSならびに身体測定値との関係について、以下の結果を得た。肉類を、「ほとんど毎日」摂取している母親の子どものTCSOSは「週に3-5回」摂取している母親の子どものTCSOSより高い傾向が見られた。魚介類を、「週に3-5回またはそれ以上」摂取している母親の子どもの身長、体重は、「週1-2回以下」摂取している母親の子どもの身長、体重より有意に高かった ($p < 0.01$, $p < 0.05$)。

緑黄色野菜を、「1日2回以上」摂取している母親の子どもの体重は「ほとんど毎日」摂取している母親の子どもの体重より有意に低かった ($p < 0.05$)。色の薄い野菜を、「ほとんど毎日またはそれ以上」摂取している母親の子どもの体重は、「週に3-5回またはそれ以下」摂取している母親の子どもの体重より有意に低かった ($p < 0.05$)。果物を、「ほとんど毎日またはそれ以上」摂取している母親の子どもの体重、カウプ指数は、「週に1-2回またはそれ以下」摂取している母親の子どもの体重、カウプ指数より有意に低かった ($p < 0.05$)。また、統計学上有意な差はなかったが、「ほとんど毎日またはそれ以上」摂取している母親の子どものTCSOSは、「週に3-5回またはそれ以下」摂取している母親の子どものTCSOSより高い傾向が見られた。

なお、乳製品、小魚、汁物、卵、ジュース・炭酸飲料、漬物・佃煮、練り製品、豆製品、インスタント麺の個別の摂取頻度と子どものTCSOSならびに身体計測値との間に有意な関連性は認められなかった。

3. まとめ

学校における骨折の報告件数率が増加していることが示された。増加の理由として、子どもの骨折リスクが高くなったことの他に、軽症の骨折の報告が増加したことによる骨折件数率の増加の可能性も考えられる。小児の骨折の増加は将来の骨粗鬆症発症リスクの増大の観点からも大いに危惧されるところであり、骨折増加の実態を明かにするとともに、骨折発生リスク要因について、多角的に検討

する必要がある。子どもの骨折発生は、栄養、特にカルシウム摂取、運動、身長体重の増加速度、長管骨の骨強度、運動能力、幼児期のあそび、小学校低学年の時期のあそび、子どもの学校生活および学校外での生活スタイル、家族のライフスタイルと関連が予測され、健康な子どもとその家族を対象とした横断研究にとどまらず、縦断的な追跡研究によって、子どもの骨折のリスク要因を解明する必要がある。

子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度ならびに身体計測値および母子の食生活スタイルとの関係では、子どもの牛乳摂取頻度が高いことが、偏りのない食品摂取をする食生活と関連することが示された。

また、子どもの1日あたりの牛乳摂取量が多いことが子どものカウプ指数が大きいことと関連しており、子どもの体格の発達と牛乳摂取の関係が示された。一方、肉類、果物の摂取頻度が高い家庭の子どもの脛骨皮質骨超音波伝播速度が高く、緑黄色野菜、淡色野菜の摂取頻度が高い家庭の子どものカウプ指数が低かった。「バランスのとれた食事」を日頃から気をつけている母親の子どもは、TCSOSが高い傾向がみられた。また、健康習慣配慮得点の総合点が高いほど、子どものTCSOSは高い傾向がみられた。偏りのないバランスのとれた食生活が、長管骨の骨強度の増大にも寄与することが示唆された。子どもの成長の過程に伴う食生活の特徴と子どもの体格の変化、荷重負荷や運動などの骨強度増大の促進要因と、骨強度の変化の関連を解析することにより、牛乳摂取が子どもの健康増進、骨強度増大にもたらす効果を明らかにすることができると考えられた。

母子の生活習慣と子どものTCSOSとの関係では、就寝時間の早いこと、運動頻度の高いことが高いTCSOSと関係することがわかった。母親の過去のライフスタイルにおいて、若年期当時の過去の運動頻度が高い母親の子どもは、低い母親の子どもに比べてTCSOSが高かった。母親の出産回数と子どものTCSOSとの関係は、1子のみ出産した母親の子どものTCSOSは2子以上出産した母親の子どものTCSOSより高かった。母親の喫煙習慣との関係では、喫煙する母親の子どもでは、TCSOSが低いことが示された。一方、飲酒においては、飲酒習慣があるほうが、身長、脚長、握力が高かった。子どもや母親のライフスタイルにおける個別の特徴を捉えるだけでなく、家庭生活のライフスタイルの特徴を把握して、子どもの骨強度を増大する方向の条件について検討する必要がある。

母親の生育地と子どものTCSOSとの関係では、東京都内で主に育った母親の子どもは、他の道府県で主に育った母親の子どもよりTCSOSが高かった。近年は、都市化現象が非都市部にも影響を及ぼしており、首都圏だけでなく、全国各地で都市型生活スタイルに変容してきている。大都市圏では、通勤その他の日常生活に車を使用する頻度が相対的に少なく、生活の中での運動量はむしろ大きいことも考えられる。日常生活における運動量と都市化の影響をふまえて、子どもの骨強度を高める諸条件を検討する必要がある。