

女子高校生における骨密度と 生活習慣の検討（第二報）

柴田 洋孝* 辻岡三南子* 和井内由充子*
玄葉 道子* 齊藤 郁夫*

近年、骨粗鬆症は単なる老化現象ではなく、高血圧、高脂血症などと同様に生活習慣病としてとらえられている。その理由としては、加齢と共に骨密度が低下してくることは否めないが、食習慣や運動習慣に加えて薬物療法を行うことにより、かなりその程度を抑制することが可能となってきたこと、またそのような生活習慣を是正しないと、大腿骨や椎骨の骨折による寝たきりの生活の危険が高まることが指摘されている。このような生活習慣の是正は更年期以降のみならず、思春期から行うことで、さらに更年期以降の骨粗鬆症を予防できると考えられる^{1,2)}。

思春期から更年期までは、年齢が若いことに加えて特に女性では女性ホルモンによる内分泌環境が骨密度の維持および最大骨量を増加させることに重要であることが指摘されている。すなわち、近年の女性全般におけるやせ嗜好の結果、極端なダイエットなどにより月経不順や無月経に至ると、最大骨量の低下につながり、そのことが更年期以降の骨粗鬆症の大きな加速因子となりうる可能性がある。女性ホルモンすなわちエストロゲンの月経周期にともなう内分泌環境は女性に特有であり、その減少がみられる更年期以降に骨粗鬆症が加速度的に増加する原

因と考えられる。さらに、エストロゲンは骨粗鬆症のみならず、全身の血管の動脈硬化の予防、高脂血症の予防、アルツハイマー病の予防などにも関連していると考えられており、女性の長寿の原因の一つにも考えられている³⁾。当保健管理センターでは、女子高校生を対象に平成12年度⁴⁾から平成15年度まで4年間にわたり、踵骨骨密度検査および生活習慣問診アンケート調査を行っており、その結果につき報告する。

対象と方法

1. 対 象

東京都内私立女子高校3年生を対象に、平成12年度105名、平成13年度179名、平成14年度190名、平成15年度180名の合計654名に対して、本研究の目的、方法、意義を十分に説明した上で、骨密度検査および食事・運動習慣を含むアンケート調査を行った。対象者には、過去にホルモン治療や婦人科疾患に罹患した者はいなかった。

2. 方 法

骨密度は、Aloka社製超音波骨評価装置（AOS-100）を使用して各種超音波骨評価計測値を求めた。音響的骨評価値（Osteo Sono-Assessment index: OSI）は、骨密度と骨量の

* 慶應義塾大学保健管理センター

両方を反映した指標で、1つの総合的な指標値となると考えられている。対象者の身長、体重を測定し、body mass index (BMI) を算出した。食習慣については、牛乳、ヨーグルト、チーズ、スキムミルク、卵、魚介類、肉類、大豆類、みそ汁、果物、芋類、海藻類およびカルシウム添加食品についてその摂取状況をアンケート用紙にて行った。運動習慣については、定期的運動を行っているかにつきアンケート調査を行った。

3. 統計

本文および図表中の数値は、すべて平均±標準偏差で表した。計量データにおける平均値の差の検定には、2群の場合は Student's t test, 3群以上では一元配置の分散分析法を用いた。

なお、統計的有意差水準は5%以下とした。

成績

1. 平成12年度～15年度の骨密度健診結果の変化

平成12年度～平成15年度の骨密度検査の結果を表1に示す。身長、体重、BMIについては年度による有意差を認めず、体格の変化はほとんどないと考えられる。そして、踵骨超音波法による音響的骨評価値 (OSI), 対年齢骨評価値, Z score で評価すると、平成15年度はそれまでの3年間と比べて有意に骨評価値の増加を認めた (図1)。また、アンケート調査に基づくカルシウム摂取量もこの4年間は430-470 mg/day 程度であり厚生労働省の推奨する摂

表1 平成12年度～平成15年度の女子高生骨密度検査対象者の健康診断結果

	平成12年度	平成13年度	平成14年度	平成15年度
人数	105	179	190	180
身長 (cm)	159.2 ± 5.5	159.3 ± 5.2	159.4 ± 4.8	159.3 ± 5.4
体重 (kg)	50.3 ± 5.8	51.3 ± 5.9	50.5 ± 6.9	51.6 ± 5.6
BMI (kg/m ²)	19.8 ± 2.1	20.2 ± 2.1	19.9 ± 2.4	20.3 ± 2.0
音響的骨評価値 (OSI)	2.78 ± 0.24	2.76 ± 0.26	2.76 ± 0.33	3.25 ± 0.47
対年齢骨評価値 (%)	95.4 ± 8.3	95.9 ± 9.3	96.6 ± 9.6	114.0 ± 16.6
Z score	-0.36 ± 0.66	-0.34 ± 0.52	-0.27 ± 0.82	1.28 ± 1.83
カルシウム摂取量 (mg/day)	430 ± 151	431 ± 151	471 ± 139	465 ± 144

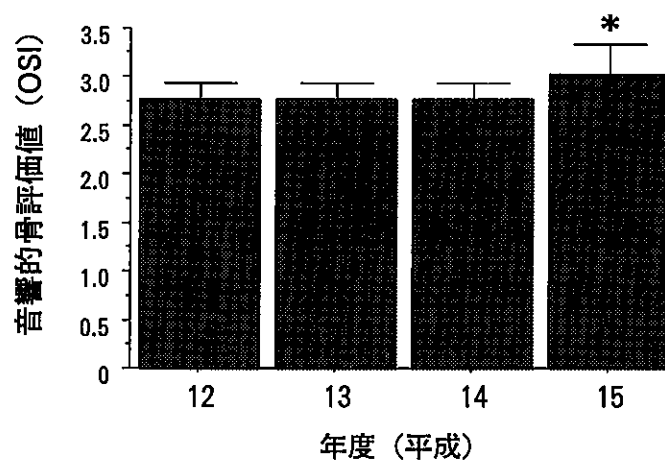


図1 平成12年度～15年度の女子高生骨密度の変化

*P < 0.001 vs. 平成12, 13, 14年度の OSI 値

取量 700 mg/day より少ない状況が続いていることが示された。

次に、身長、体重、BMI、カルシウム摂取量と骨密度関連因子の相関を検討した (表 2)。その結果、体重、BMI のみが OSI, Z score および対年齢骨評価値と有意な相関関係を認めることが示された。

2. 骨密度と各測定因子との相関

次に、運動部を含めた定期的運動の有無により 2 群に分けると、定期的運動を行っている群 (n = 338) では、OSI, Z score および対年齢骨評価値が定期的運動を行っていない群 (n = 316) と比べて有意に高値であった。また、今までに食事量を 2/3 以下に減らすダイエット経験の有無 (あり 184 名, なし 470 名), 骨折の既往 (あり 122 名, なし 532 名), 定期的月経の有無 (あり 517 名, 不規則 128 名, なし 9 名), 初経発来の早遅 (13 歳以前 431 名, 13 歳以降 223 名) により 2 群または 3 群に分けて検討した結果、骨折の既往がある群は骨折の既往がない群よりも骨密度が低値であった。さらに、定期的月経のある群より、月経が不規則な群は骨密度が低値であり、無月経群はさらにそれより低値であることが示された。また、上記のいずれの因子の有無も食事によるカルシウム摂取量には差を認めなかった。

考 察

平成12年度～平成15年度までの4年間にわたり、654名の女子高校生(18歳)を対象に踵骨骨密度検査および生活習慣アンケート調査を行った。対象の平均身長、平均体重、平均BMIについては各年度間でほとんど有意差を認めなかった。しかし、各年度の平均音響的骨評価値(OSI)については平成15年度にやや有意な増加を認めた(図1)。この結果は、生徒の生活習慣の改善に加えて、校医による生活習慣の指導の効果が現れていることが示唆され、今後とも食事・運動習慣の指導が重要であると思われる。

また、OSI, Z score, 対年齢骨評価値と各因子の相関を検討した結果、体重やBMIと骨密度の間で有意な正相関を認めた(表2)。この結果は、各年度ごとの検討でも同様であり、思春期のこの年代では体格、体重が骨密度の大きな決定因子となっていることが示唆された。

定期的運動習慣の有無と骨密度の間の検討では、明らかに定期的運動習慣のある生徒の方がいない生徒より骨密度の高値を認めた。この結果より、体格に加えて、運動習慣は重要な因子であることが示唆された(表3)。成長期における運動、スポーツ歴が閉経前後の骨量にまで反映されるということは、多くの疫学的調査により示されており、この時期の運動は将来の骨粗

表 2 平成12年度～平成15年度の女子高生骨密度検査結果と身長、体重、BMI およびカルシウム摂取量の相関係数

	音響的骨評価値 (OSI)	Z score	対年齢骨評価値
身長	0.071	0.043	0.055
体重	0.242*	0.210*	0.227*
BMI	0.226*	0.209*	0.218*
カルシウム摂取量	0.050	0.031	0.043

*P < 0.0001

表3 定期的運動, ダイエット経験, 定期的月経, 骨折の既往の有無, 初経発来時期の骨密度に及ぼす影響

対 象	定期的運動あり (n=338)	定期的運動なし (n=316)	P	
音響的骨評価値 (OSI)	2.90 ± 0.37	2.77 ± 0.34	< 0.0001	
Z score	0.21 ± 1.26	-0.22 ± 0.97	< 0.0001	
対年齢骨評価値	100.6 ± 13.1	96.5 ± 11.0	< 0.0001	
カルシウム摂取量	459 ± 148	446 ± 146	n. s.	
対 象	ダイエット経験あり (n=184)	ダイエット経験なし (n=470)	P	
音響的骨評価値 (OSI)	2.80 ± 0.40	2.86 ± 0.35	0.08	
Z score	-0.11 ± 1.09	0.06 ± 1.18	n. s.	
対年齢骨評価値	97.4 ± 12.4	99.1 ± 12.4	n. s.	
カルシウム摂取量	450 ± 152	454 ± 145	n. s.	
対 象	骨折の既往あり (n=122)	骨折の既往なし (n=532)	P	
音響的骨評価値 (OSI)	2.78 ± 0.24	2.85 ± 0.38	< 0.05	
Z score	-0.32 ± 0.66	0.09 ± 1.24	< 0.01	
対年齢骨評価値	95.7 ± 8.2	99.2 ± 13.0	< 0.01	
カルシウム摂取量	442 ± 156	455 ± 145	n. s.	
対 象	定期的月経あり (n=517)	不規則な月経 (n=128)	月経なし (n=9)	P
音響的骨評価値 (OSI)	2.85 ± 0.35	2.81 ± 0.29*	2.52 ± 1.02**	*P < 0.05 vs. 月経なし群. **P < 0.01 vs. 定期的月経あり群
Z score	0.01 ± 1.20	-0.07 ± 0.88	0.23 ± 1.16	n. s.
対年齢骨評価値	98.8 ± 12.6	97.5 ± 10.4	98.3 ± 14.6	n. s.
カルシウム摂取量	454 ± 145	451 ± 154	395 ± 169	n. s.
対 象	初経発来13歳未満 (n=431)	初経発来13歳以降 (n=223)	P	
音響的骨評価値 (OSI)	2.85 ± 0.36	2.81 ± 0.36	n. s.	
Z score	0.04 ± 1.12	-0.11 ± 1.20	n. s.	
対年齢骨評価値	99.1 ± 12.0	97.3 ± 12.9	n. s.	
カルシウム摂取量	454 ± 150	452 ± 139	n. s.	

n. s. : 有意差なし

鬆症の発症予防に関してきわめて重要であると思われる⁵⁾。さらに、最近のメタアナリシスでは、運動が閉経前後の骨量減少予防あるいは骨量増加に有効であることが示されている⁶⁾。またダイエット経験の有無の検討では、有意な骨密度との関連は認めなかった。しかし、文献的にはダイエット経験のある群ではない群より骨密度が低下しやすいとの報告もあることから、極端なダイエットには留意するように指導していくことが重要と思われた。

過去の骨折の既往の有無との関連では、骨折の既往がある群の方がいない群より骨密度が低値を示していたことより、骨折の既往がある生徒に対しては特に、生活習慣の指導が重要と考えられる。また、エストロゲンによる内分泌環境の指標である定期的月経の有無の関連では、骨密度が、定期的月経あり群 > 不規則月経群 > 無月経群、と明らかな関連を認めており、骨密度増加には定期的運動習慣に加えて、定期的月経は重要な因子と考えられた。

アンケート調査によるカルシウム摂取量は各年度において 430-460 mg/日と低値を認めており、骨密度因子とカルシウム摂取量との相関は、この 4 年間の検討では認めていないが、今後もっとカルシウム摂取の指導が必要と思われる。栄養バランスのとれた食事、十分のカルシウムやビタミン D などの栄養補給は骨粗鬆症予防や治療に重要である。栄養欠乏ややせにおいて、骨量や筋肉量の減少が多くみられ、骨粗鬆症に罹患しやすいだけでなく、骨折頻度が高くなり、骨折の回復が遅くなる。カルシウム栄養と骨量との関係については、欧米における介入試験結果から、思春期だけでなく閉経期および老年期においても高いカルシウムの摂取量が勧められるようになった。日本では思春期・青年期は 1 日に 700 mg をカルシウム所要量としているが、アメリカでは 1300 mg と 2 倍近くを勧めている。これは、介入試験の結果から、食事からの高いカルシウム摂取あるいはカルシウム製剤による骨量減少の抑制や骨折率の減少効果が認められていることによる^{7,8)}。他方、高カルシウム摂取の有効性を否定する報告もあるが、これは日常のカルシウム摂取が少ない対象者ほどカルシウムの補充効果が顕著に認められ、日常の食生活の違いにより、カルシウム補充効果が異なっているからと考えられる。わが国では骨折予防や骨密度上昇を目的とした大量のカルシウム補充の大規模臨床試験はほとんどない。日本人も欧米のようにカルシウム必要量を 1000-1500 mg/日とすべきかどうかのエビデンスはない。しかし、閉経期以後の骨粗鬆症の予防を考えると、少なくとも 800 mg/日以上カルシウム摂取は必要かと思われる⁹⁾。

18歳女性を対象とした 4 年間の骨密度検査の結果では、薬物療法を要する程度の生徒は認めていないが、カルシウム摂取量の全般的な低下を認めていることや、定期的運動や定期的月経

がない生徒は将来の骨粗鬆症の危険が高いと考えられる。したがって、今後ともカルシウム・蛋白質などの食事指導に加えて、定期的運動や定期的月経の調査および指導が最も重要であることが考えられた。

総 括

1. 18歳の女子高校生を対象に平成12年度から平成15年度まで、合計 654 名を対象として、4 年間にわたり踵骨骨密度を超音波骨評価装置 (AOS-100) を用いて測定し、身長、体重、BMI、運動習慣、カルシウム摂取量、食事習慣などとの関連を検討した。
2. 超音波骨評価装置 (AOS-100) による骨密度のスクリーニングは、方法が簡便であり、侵襲も低く、多くの対象者を取り扱うのに適している方法であり、また時間経過による変化を検討する目的にも適していると考えられた。
3. 音響的骨評価値 (OSI) は、体重および BMI と有意な正の相関関係を認めた。
4. 音響的骨評価値 (OSI) は、定期的運動を行っている群の方が、ない群よりも有意に高値を示したことから、運動部を含めた定期的運動は骨密度を上げるのに有用と考えられた。
5. 音響的骨評価値 (OSI) は、定期的月経のある群が、不規則な群や無月経の群よりも有意に高値を示したことから、定期的月経すなわち、女性ホルモンは思春期の骨密度を高めるのに重要と考えられた。
6. 音響的骨評価値 (OSI) は、骨折の既往がある群よりもない群の方が有意に高値を示したことより、骨折の既往は骨密度の低下と関連する危険因子の一つである可能性が示唆された。
7. 一方、音響的骨評価値 (OSI) は、ダイエツ

ト経験の有無や初経発来年齢との関連を、今回の対象群では認めなかった。

8. カルシウム摂取量は骨密度を高めるのに重要と言われているが、今回の対象群ではカルシウム摂取量は4年間にわたり低値であるにもかかわらず、各危険因子の有無との関連や、骨密度との直接的な相関は認めなかった。
9. 4年間の骨密度の検討の結果から、女子高校生の骨密度を高めるには、定期的運動、定期的月経が重要であることから、今後さらにこれらの指導が重要と考えられた。
10. カルシウム摂取量は、アンケート調査の結果からは毎年低値であり、骨密度のピークを高める目的からも、栄養指導が重要と考えられた。

文 献

- 1) 日本骨粗鬆症学会 財団法人骨粗鬆症財団 骨粗鬆症の治療(薬物療法)に関するガイドライン作成ワーキンググループ: 骨粗鬆症の治療(薬物療法)に関するガイドライン——2002年版——. *Osteoporosis Japan*, 10: 637-709, 2002
- 2) 中村利孝: 骨粗鬆症ナビゲーター. メディカルレビュー社, 東京, p. 98-193, 2001
- 3) 柴田洋孝, 猿田享男: エストロゲンの循環器領域での役割. *ホルモンと臨床*, 48: 51-61, 2000
- 4) 柴田洋孝, 他: 女子高校生における骨密度と生活習慣の検討. *慶應保健研究*, 19: 47-54, 2001
- 5) Kriska AM, et al: The assessment of historical physical activity and its relation to adult bone parameters. *Am J Epidemiol* 127: 1053-1063, 1988
- 6) Wolff I, et al: The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trails in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 9: 1-12, 1999
- 7) Dawson-Hughes B, et al: Effect of calcium and vitamin D supplementation on bone density in men and women 65 years of age or older. *N Engl J Med* 337: 670-676, 1997
- 8) Chan HHI, et al: Dietary calcium intake, physical activity and the risk of vertebral fracture in Chinese. *Osteoporos Int* 6: 228-232, 1996
- 9) Uenishi K, et al: Calcium requirement estimated by balance study in elderly Japanese people. *Osteoporos Int* 12: 858-863, 2001