

推定体積骨密度によって 中学1年男女の中軸骨の発達・充実に對する 牛乳・乳製品摂取の影響を評価する 追跡研究4年間の完遂

近畿大学医学部公衆衛生学 教授 伊 木 雅 之
京都教育大学体育学 助教授 中 比呂志
天使大学看護栄養学部栄養学科 講師 佐 藤 裕 保

I . 本研究の目的

1 . 本研究の背景

超高齢社会を間近に控え、骨粗鬆症は公衆衛生的にも医療経済的にも極めて重要な問題になっている。その予防策は最大骨量の最大化と閉経後骨量減少の最小化である。しかし、これまでの対策は後者に偏重し、より重要性が高い前者が欠落しているのが現状である。この原因は、骨量獲得期の中学生や高校生を対象とした具体的な予防対策を開発するための研究が事実上行われていないことにある。我々が平成9年および10年に実施した橈尺骨骨密度測定では、高校生女子の骨密度はほとんど増加せず、しかも成人の平均値より8%低い結果であった。これは骨折の生涯リスクが約2倍になることを示している。現在、緊急に必要なことは若年者の骨量とその変化の実態を明らかにし、骨量獲得期にできるだけ大きな最大骨量を獲得するための効果的な対策を立案、実施することである。

本調査では、高齢者のQOLを障害し、要介護老人の原因となる骨折・骨粗鬆症を予防するため、最大骨量獲得期にあたる中学生や高校生を対象に、これまでまったく手つかずであった若年者の腰椎および大腿骨頸部における骨密度の変化の様相とその決定要因を明らかにし、最大骨量をできるだけ大きくする実行可能で有効な方策を開発する。特に、高校生における骨密度発達の停滞に鑑み、その対策として牛乳摂取の意義を検討して、中学・高校における牛乳給食の提供の必要性を検証する。

2 . 本調査の必要性

高齢社会を迎え、健やかに老いることが望まれているが、高齢者の骨折はこれを阻む大きな問題である。この骨折は骨粗鬆症による低骨密度に起因している。骨密度は従来、若年成人でピークを迎えると考えられていたが、最近の研究では骨密度は学童期後半から思春期に急速に高くなり、青年期になってからはほとんど増加していないのではないかと危惧されている。これまで骨粗鬆症は中高年の問題とされてきたが、最大骨量が獲得される時期に骨量をできるだけ大きくしておくことが重要であり、思春期の中学生や高校生においても見過ごすことのできない問題となってきた。こ

の時期に骨密度をできるだけ高くしておくことは現在の骨折の予防のみならず、将来の骨粗鬆症、骨折、寝たきりの予防にとって非常に重要である。すなわち、高い骨密度を獲得しておくことは健康の面で大きな財産となると考えられる。

加えて、近年、児童・生徒の骨折の増加が指摘されており、その要因の一つとして骨密度の低下が考えられている。最近の思春期の女子は非常にかぼそく、低年齢から無理なダイエットを行う者も見受けられる。子どもたちの運動離れ、痩せ志向、食生活の乱れが指摘され、青少年期の十分な骨量獲得が阻害されている状況が危惧されている。特に、骨が最も大きく成長するこの時期のカルシウムの不足は甚だしく、インスタント食品や加工食品の過剰摂取も心配される。骨が大きく成長する思春期における骨密度の変化の様相や骨密度の増加に影響を及ぼす要因を明らかにすることは非常に重要な課題である。

これまで骨粗鬆症についてはすでに多くの疫学的研究が行われ、有益な知見が得られている。しかし、思春期における骨密度の変化（特に、骨密度は学童期後半から思春期のどの時期に最大になるのかといった骨密度のピークに関する時期）や、骨密度の増加に影響を与える要因は何か、などについては十分に検討されているとは言い難い状況にある。また、最近の骨密度測定装置の高速化、軽量化、安全性の向上などにより地域や学校において測定が可能となった。そこで、今回の調査では、中学生及び高校生の骨密度を縦断的に測定し、骨密度が最大になる時期、骨密度に影響を与える要因を明らかにすることを目的としている。本研究により骨量獲得期における骨密度の変化の様相とその決定要因が明らかになり、最大骨量を最大化するために有効な対策が立案、実施できると考えられる。

3. 本調査の目的

最大骨量獲得期にあたる中学生・高校生を対象として、腰椎及び大腿骨頸部の骨密度測定、栄養摂取調査、既往歴、食習慣や運動習慣などの調査を行い、中学1年生から高校2年生にかけての骨密度の変化の様相を明らかにする。さらに、本研究では、中学3年生から高校2年生にかけての骨密度変化に焦点をあて、この時期の骨密度の獲得に影響する要因を検討し、骨量獲得期において骨量をできるだけ高めるための実効可能で有効な方策、中でも牛乳・乳製品摂取の重要性と、中学・高校期における牛乳給食の必要性を検討することである。

．本調査の方法

1. 本調査における受診者数、継続受診者数、追跡率及び分析対象者数

本調査は、平成12年度、平成14年度及び平成16年度の3回にわたって、京都市の中高一貫教育の私立高等学校を対象に行われた。平成12年度の初回調査では中学1年生412名を対象に、平成14年度の追跡調査時には中学3年生488名を対象に調査及び測定を実施した。さらに、平成16年度は321名に対してこれまでと同様な調査及び測定を行った。表1は、本研究におけるこれまでの受診者数及

び継続受診者数を示している。3回の調査を完了した者の割合（追跡率）は女子において51.2%、男子では64.2%であり、全体で55.5%であった。本報告では、中学1年生から高校2年生にかけての4年間における骨密度の変化の様相を明らかにするために、一連の調査期間中に3回の調査及び測定に参加した205名（男子：79名、女子：126名）の内、病気等による服薬が原因で骨密度が低いと考えられる生徒を除外し、189名（男子：73名、女子：116名）について分析を行った。

表1．これまでの本研究における受診者数及び継続受診者数の内訳

	2000年				2004年						
	受診者	受診者	継続者 00-2年	新規者	受診者	追跡 不可者	継続者1 00-4年	継続者2 2-4年	継続者3 00-2-4年	追跡率 00-2-4年	新規者
男子	133人	129人	127人	2人	128人	10人		1人	79人	64.2%	48人
女子	279人	359人	219人	11人	193人	33人	14人	4人	126人	51.2%	49人
合計	412人	488人	346人	13人	321人	43人	14人	5人	205人	55.5%	97人

2．調査内容

[1] 骨量測定

二重エネルギーX線吸収法により、腰椎正面と大腿骨頸部の骨密度測定（アメリカ合衆国Hologic社製車載型QDR4500A）を行った。腰椎は第2から第4腰椎の平均骨密度を算出し、大腿骨は頸部、大転子部、転子間部、Ward三角部およびそれら全体の大腿骨近位部の骨密度を求めた。図1は、腰椎および大腿骨近位部の骨密度測定結果のサンプルを示している。本報告書では、腰椎、大腿骨近位部及び頸部の骨密度を中心に報告する。

なお、ここで言う骨密度とは骨を構成するカルシウムを中心としたミネラルの骨における濃度で、骨の強さを表している。すなわち、骨密度が高いほど骨は強く、低くなると弱くなる。骨粗鬆症ではこの骨密度が低下し、骨が弱くなってわずかな外力で骨折してしまうようになる。骨粗鬆症の診断には欠くことのできない検査である。

さらに、本研究では腰椎について、骨を円柱と仮定し、その直径をDXA出力から計測して骨体積を推定し、それで骨塩量を除して体積骨密度を推定する方法を考案した。腰椎は下位ほど直径が大きく、1つの椎体でも椎間板面の直径が椎体中央部より大きい。DXAは骨の投影面積を計測しているので、骨の長軸方向の長さを機械的に計測し、それで面積を除いて平均直径を求めた。ROI長をL、骨面積をAとすれば、推定骨体積eVは、

$$eV = \pi \times \left(\frac{A}{2 \times L} \right)^2 \times L$$

で得られ、したがって、推定体積骨密度vBMDは、骨塩量をBMCとして、

$$vBMD = \frac{BMC}{eV}$$

の式によって推定した。

[2] 骨密度判定

日本骨代謝学会では部位別に若年成人の平均値を算出し、その90%以上を正常、80%以上90%未満をやや低下、70%以上80%未満をかなり低下（骨減少症）、70%未満を骨粗鬆症と判定することを推奨している。しかし、中学生や高校生といった青少年の測定資料は少なく、判定基準も必ずしも明確でないのが現状である。そこで、本調査では、性別に測定者全体で各部位の骨密度の平均値（Mean）および標準偏差（SD）を算出し、各部位ごとに4段階（判定1 [高い] Mean + SD、Mean + SD > 判定2 [標準的] Mean - SD、Mean - SD > 判定3 [やや低め] Mean - 2SD、Mean - 2SD > 判定4 [なかり低め]）で骨密度を判定した。さらに、腰椎骨密度および大腿骨近位部骨密度の各判定値を用い、表2の判定基準に従って総合的に判定を行った。

また、中学3年から高校1年にかけての変化率に関しては、性別に測定者全体で各部位の骨密度変化率の平均値（Mean）および標準偏差（SD）を算出し、各部位ごとに5段階（判定1 [大きな上昇] Mean + SD、Mean + SD > 判定2 [標準的な上昇] Mean、Mean > 判定3 [小さめの上昇] 1%、1% > 判定4 [変化無] - 1%、- 1% > 判定5 [低下]）で評価した。さらに、腰椎および大腿骨近位部骨の変化率から骨密度変化の状態を総合的に判定した。

[3] 身体計測

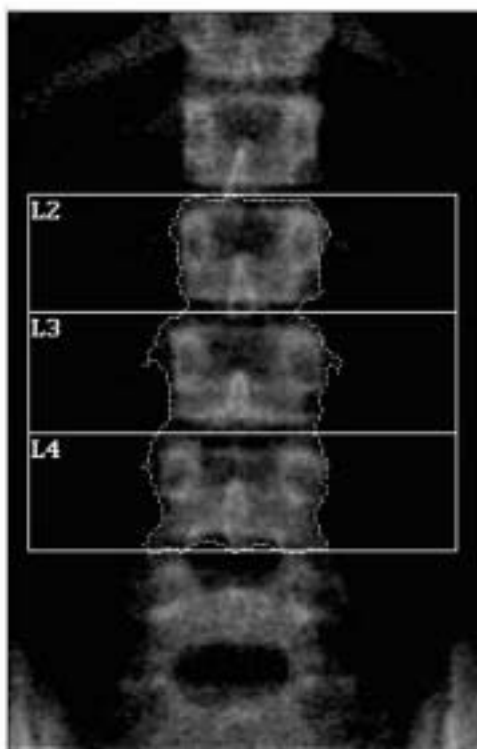
身長、体重、握力を測定した。体格判定の指標（肥瘦度）としては、身長と体重からBMI（body mass index, kg/m^2 ）を算出した。判定は表3に示した基準によった。

[4] アンケート調査（ライフスタイル調査）

アンケートは、運動習慣、睡眠時間、牛乳・乳製品の摂取および食事等に関する食習慣、ダイエット経験、第二性徴、骨折、現在・過去の病気等の既往歴などから構成した。アンケートは、学校を通して対象者に事前に配布し記入を求め、調査当日に回収した。回収にあたっては、保健婦等の専門の調査員が回答内容を確認し、記入漏れや矛盾回答を問診にて補完、訂正した。

[5] カルシウム摂取量の推定

カルシウムの供給源として重要な27品目の食品について1回の摂取の基準量を提示し、その上で最近1週間の摂取頻度を尋ねる形式の調査票を用いた。1回摂取量についても個人的なバラツキを考慮し、「やや多い」「基準量程度」「やや少ない」の中から1つ選択させた。カルシウム摂取量は食品毎に基準量の含有カルシウムに1回摂取量のバラツキ係数と摂取頻度を乗じ、それを合算して1日量を求めた。本調査から得られたカルシウム摂取量と国民栄養調査に準拠して行った秤量法によるカルシウム摂取量とはよく一致しており、両者の相関係数も0.544と良好であった。これもアンケートと同時に対象者に配布し、事前に記入を求め、調査当日に栄養士が問診し、回答を確認した。



Nov 8 00:15 2000 [116 x 92]
 Hologic QDR-4500A (S/N 45114)
 Lumbar Spine V8.26f:3

J0714000K
 Name:
 Comment:
 I.D.: Sex:
 S.S.#: - - Ethnic: 0
 ZIPCode: Height: cm
 Operator: Weight: kg
 BirthDate: Age:
 Physician:
 Image not for diagnostic use

TOTAL BMD CV FOR L1 - L4 1.0%

C.F. 1.032 1.013 1.000

Region	Est.Area (cm ²)	Est.BMC (grams)	BMD (gms/cm ²)
L2	11.42	10.00	0.876
L3	13.74	11.98	0.872
L4	14.06	12.32	0.876
TOTAL	39.22	34.30	0.874



Nov 8 00:15 2000 [104 x 106]
 Hologic QDR-4500A (S/N 45114)
 Right Hip V8.26f:3

J0717004X
 Name:
 Comment:
 I.D.: Sex:
 S.S.#: 111- - Ethnic: 0
 ZIPCode: Height: cm
 Operator: Weight: kg
 BirthDate: Age:
 Physician:
 Image not for diagnostic use

TOTAL BMD CV 1.0%

C.F. 1.032 1.013 1.000

Region	Est.Area (cm ²)	Est.BMC (grams)	BMD (gms/cm ²)
Neck	4.78	3.69	0.772
Troch	8.83	6.25	0.707
Inter	20.73	19.55	0.943
TOTAL	34.33	29.49	0.859
Ward's	1.30	1.01	0.777

Midline (94,118)-(28, 62)

Neck 49 x 15 at I -24, 14]

Troch -14 x 39 at I 0, 0]

Ward's 11 x 11 at I -5, 5]



図1. 2重エネルギーX線吸収法による腰椎及び大腿骨頸部骨密度の測定例

表2．骨密度総合判定基準

		腰椎骨密度判定			
		$\geq \text{Mean}+\text{SD}$	$\geq \text{Mean}-\text{SD}$	$\geq \text{Mean}-2\text{SD}$	$\text{Mean}-2\text{SD} >$
大腿骨近位部骨密度判定	$\geq \text{Mean}+\text{SD}$	骨密度判定 2 [高い]	骨密度判定 3 [標準よりやや高い]	骨密度判定 4 [標準的]	骨密度判定 6 [かなり低い]
	$\geq \text{Mean}-\text{SD}$	骨密度判定 3 [標準よりやや高い]	骨密度判定 4 [標準的]	骨密度判定 5 [やや低い]	骨密度判定 6 [かなり低い]
	$\geq \text{Mean}-2\text{SD}$	骨密度判定 4 [標準的]	骨密度判定 5 [やや低い]	骨密度判定 5 [やや低い]	骨密度判定 6 [かなり低い]
	$\text{Mean}-2\text{SD} >$	骨密度判定 6 [かなり低い]	骨密度判定 6 [かなり低い]	骨密度判定 6 [かなり低い]	骨密度判定 6 [かなり低い]
		骨密度判定 1 [大人並み]	骨密度判定2の対象者の中で腰椎骨密度の正常若年成人に対する割合が100%以上の場合		

表3．体格判定基準

BMI 判定基準	体格判定
$\text{BMI} \geq 30$	標準よりも重め
$30 > \text{BMI} \geq 25$	標準よりもやや重め
$25 > \text{BMI} \geq 22$	標準的な体格
$22 > \text{BMI} \geq 18.5$	標準的な体格ですが、少し軽め
$18.5 > \text{BMI}$	やせ気味

[6] 分析方法

年間変化率は、2000年 - 2002年、2002年 - 2004年、2000年 - 2004年の3つの期間で算出した。以下の式は、例として、2002年 - 2004年の期間での年間変化率を求める式を示している。

例) 2002年 - 2004年の期間での年間変化率の算出式

$$\text{年間変化率 (\%)} = \frac{(\text{高校2年時の骨密度} - \text{中学3年時の骨密度})}{\text{中学3年時の骨密度}} \times 100 \div 2$$

骨密度測定の平均値及び標準偏差を求め、必要に応じて統計解析（対応のない平均値の差の検定、対応のある平均値の差の検定、一元配置分散分析、共分散分析）を行った。統計的有意水準は、全て5%水準とした。

．結果と考察

1．対象者の基本的特性

表4-1は3回の調査に参加した追跡調査受診者と追跡できなかった者の初回調査時の基本的特性を示している。年齢及び身長、体重、BMI、握力に関して男女とも有意差は認められず、追跡受診者は対象者全員の特性をよく保持していると考えられた。表4-2は追跡受診者の初回調査時、2回にわたる追跡調査時の基本特性を示している。男女とも中学1年生から高校2年生にかけて体格及び握力は有意に増加しており、身長では男子13.1cm、女子4.6cmの増加が、体重では男子13.2kg、女子で6.4kgの増加が見られた。しかし、中学3年時から高校2年時にかけては、中学1年から3年にかけての発育と比較して発育量が減少傾向にあることがうかがえる。特に、女子ではその傾向が大きかった。握力に関して男子で約14.2kg、女子で約3.8kg増加していた。さらに、男女とも高校2年時の身長に関しては、全国平均値と比較して本調査対象者がやや高い傾向を示した。体重に関しては、全国平均値と比較して男子・女子ともやや軽い傾向にあった。握力に関しては、男女とも全国平均値よりもやや低い値であった。

表4-1．本年度追跡者と未追跡者の初回調査時（中学1年生時）の基本特性

項目	追跡受診者		未追跡者		追跡受診者		未追跡者	
	男子(n=73)		男子(n=46)		女子(n=116)		女子(n=91)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
年齢[age]	12.8	0.27	12.9	0.24	12.8	0.30	12.8	0.30
身長[cm]	158.7	7.58	159.1	8.62	154.7	5.44	154.5	5.98
体重[kg]	46.2	9.22	48.9	11.90	44.7	7.53	44.6	7.26
BMI[kg/m ²]	18.3	2.83	19.1	3.27	18.6	2.57	18.6	2.43
握力(平均)[kg]	25.3	6.25	25.8	6.83	20.7	4.00	20.3	4.09

表4-2．追跡受診者の追跡時別にみた基本特性（男子）

項目	2回目追跡時 (高校2年生)		1回目追跡時 (中学3年生)		初回調査時 (中学1年生)	
	男子(n=73)		男子(n=73)		男子(n=73)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
年齢[age]	16.9	0.29	14.8	0.27	12.8	0.27
身長[cm]	171.7	5.39	168.8	5.47	158.7	7.58
体重[kg]	59.4	7.23	55.7	8.84	46.2	9.22
BMI[kg/m ²]	20.1	2.18	19.5	2.66	18.3	2.83
握力(平均)[kg]	39.5	6.13	34.8	6.29	25.3	6.25

表 4 - 3 . 追跡受診者の追跡時別にみた基本特性 (女子)

項目	2回目追跡時 (高校2年生)		1回目追跡時 (中学3年生)		初回調査時 (中学1年生)	
	女子(n=116)		女子(n=116)		女子(n=116)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
年齢[age]	17.0	2.40	14.8	0.30	12.8	0.30
身長[cm]	159.3	5.34	158.4	5.18	154.7	5.44
体重[kg]	51.09	7.07	49.36	7.04	44.73	7.53
BMI[kg/m ²]	20.1	2.40	19.7	2.44	18.6	2.57
握力(平均)[kg]	24.4	4.33	23.3	4.07	20.7	4.00

肥満・やせの判定(図2)に関しては、BMIが22未満の「やせ」や「軽め」の割合が男女とも8割を超え、本調査の対象者は全体的にやせ傾向にあった。肥満傾向にある生徒は男子で1.4%見られたただけであった。現在、肥満者の問題とともにやせ傾向も大きな問題となっている。この時期はこれから骨密度が高くなる時期であり、極度のやせ傾向は骨密度に悪影響を及ぼすことから、今後も注意深く見守っていく必要がある。

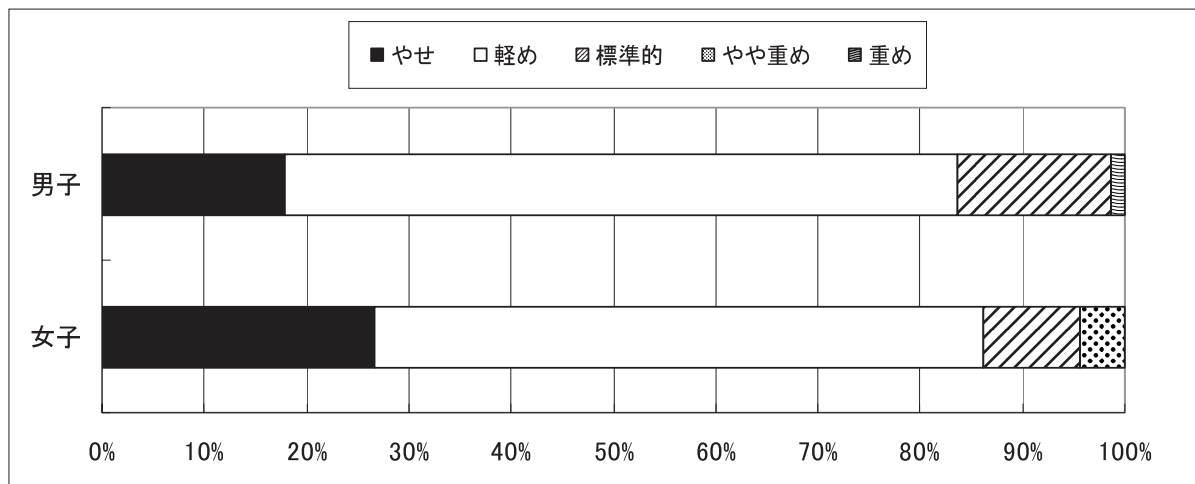


図 2 . 対象者の体格判定結果

2 . 骨密度測定結果

[1] 性別にみた骨密度及び年間変化率

表 5 - 1 は追跡調査受診者と未追跡者の初回調査時の骨密度測定値を示している。追跡対象者と未追跡者間で初回調査時の骨密度に有意差は見られなかった。表 5 - 2 ~ 表 5 - 5 は追跡受診者の初回調査時、2回にわたる追跡調査時の骨密度測定値及び各調査時期での骨密度年間変化率を示している。また、図 3 は、それらの結果を図示したものである。

男女とも各部位の骨密度は中学 1 年生時から高校 2 年生時にかけて統計的に有意に増加していた。

中学1年時から高校2年時の4年間での年間変化率は腰椎で男子8.9%、女子4.6%、大腿骨近位部で男子6.3%、女子3.8%、腰椎の体積骨密度で男子4.3%、女子2.6%であった。変化率は2000年から2002年の増加率が2002年から2004年にかけての増加率よりも有意に大きく、骨密度の増加のピークは高校期までにあることが推測される。特に、女子では2002年から2004年にかけての増加率が小さく、さらに男子よりも第二次性徴の発来が早いことから、小学校高学年の男子よりも早い時期からの継続的な対策が求められる。また、骨密度獲得の様相は性別、部位及び骨密度の算出方法の違いによって特徴的な傾向を示しており、腰椎骨密度では調査開始時と2回目の追跡時では男女の値が逆転していた。大腿骨近位部では男子が一貫して女子よりも高く、推定体積腰椎骨密度では女子が男子よりも一貫して高い値を示した。

また、成人の骨密度と比較してみると、腰椎では男子生徒が98.4%、女子生徒では96.4%であり、大腿骨近位部では男子が110.0%、女子が107.7%であった。男女とも腰椎よりも大腿骨において成人の値を示していた。

表5-1．本年度追跡者と未追跡者の初回調査時（中学1年生時）の骨密度測定値

測定部位	追跡受診者		対象者全体		追跡受診者		対象者全体	
	男子(n=73)		男子(n=46)		女子(n=116)		女子(n=91)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
腰椎骨密度(g/cm ²)	0.768	0.093	0.776	0.114	0.845	0.107	0.840	0.115
大腿骨近位部(g/cm ²)	0.844	0.081	0.830	0.104	0.831	0.099	0.814	0.105
推定体積腰椎骨密度(g/cm ³)	0.231	0.018	0.232	0.026	0.261	0.027	0.260	0.028

表5-2．追跡受診者の追跡時別にみた骨密度（男子）

項目	2回目追跡時 (高校2年生)		1回目追跡時 (中学3年生)		初回調査時 (中学1年生)	
	男子(n=73)		男子(n=73)		男子(n=73)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
腰椎骨密度(g/cm ²)	1.036	0.097	0.924	0.096	0.768	0.093
大腿骨近位部(g/cm ²)	1.056	0.094	0.987	0.098	0.844	0.081
推定体積腰椎骨密度(g/cm ³)	0.270	0.023	0.251	0.023	0.231	0.018

表 5 - 3 . 追跡受診者の追跡時別にみた年間骨密度変化率 (男子)

項目	2000年-2004年 年間変化率		2002年-2004年 年間変化率		2000年-2002年 年間変化率	
	男子(n=73)		男子(n=73)		男子(n=73)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
腰椎骨密度(%)	8.9	2.46	6.1	2.48	10.4	3.36
大腿骨近位部(%)	6.3	2.01	3.5	2.16	8.5	2.89
推定体積腰椎骨密度(%)	4.3	1.67	3.9	2.34	4.3	2.57

表 5 - 4 . 追跡受診者の追跡時別にみた骨密度 (女子)

項目	2回目追跡時 (高校2年生)		1回目追跡時 (中学3年生)		初回調査時 (中学1年生)	
	女子(n=116)		女子(n=116)		女子(n=116)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
腰椎骨密度(g/cm ²)	0.994	0.097	0.942	0.096	0.845	0.107
大腿骨近位部(g/cm ²)	0.954	0.108	0.917	0.102	0.831	0.099
推定体積腰椎骨密度(g/cm ³)	0.287	0.028	0.277	0.026	0.261	0.027

表 5 - 5 . 追跡受診者の追跡時別にみた年間骨密度変化率 (女子)

項目	2000年-2004年 年間変化率		2002年-2004年 年間変化率		2000年-2002年 年間変化率	
	女子(n=116)		女子(n=116)		女子(n=116)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
腰椎骨密度(%)	4.6	2.44	2.8	1.85	6.0	3.43
大腿骨近位部(%)	3.8	2.06	2.0	1.91	5.3	3.12
推定体積腰椎骨密度(%)	2.6	1.62	1.9	1.72	3.1	2.39

[2] 性別にみた骨密度判定結果

図 4 - 1 は2004年度測定値の評価結果である。腰椎および大腿骨近位部を総合して判定した結果、男子で約15%、女子で約14%の者が「大人並み」と判定され、「標準的」との判定を加えると男女とも約 8 割の生徒が標準以上の骨密度を獲得していた。「かなり低め」と判定された者は見られなかったが、男女とも約2割の者が「やや低め」と判定された。

次に、中学 3 年から高校 2 年にかけての年間変化率 (図4-2) についてみると、男子では 9 割以上の生徒が上昇傾向を示したが、女子においては 7 割の者に上昇傾向が見られただけであった。特に、女子では 3 割の生徒が「変化無あるいは低下」という結果であった。女子では骨の成長のピークを過ぎたことが推測され、この時期までに骨密度を高めるための総合的な方策を家庭や学校が協力してとる必要がある。

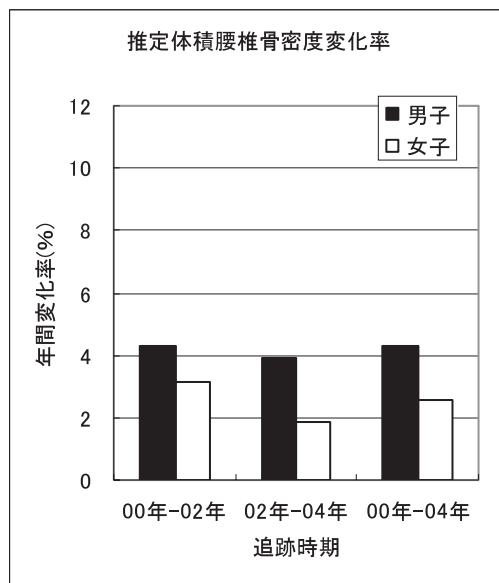
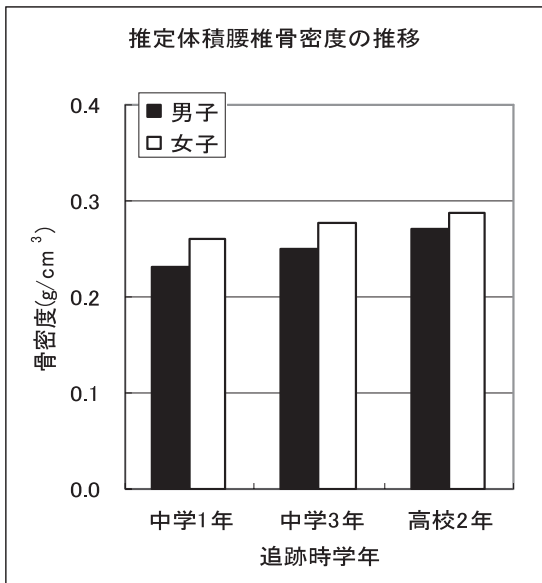
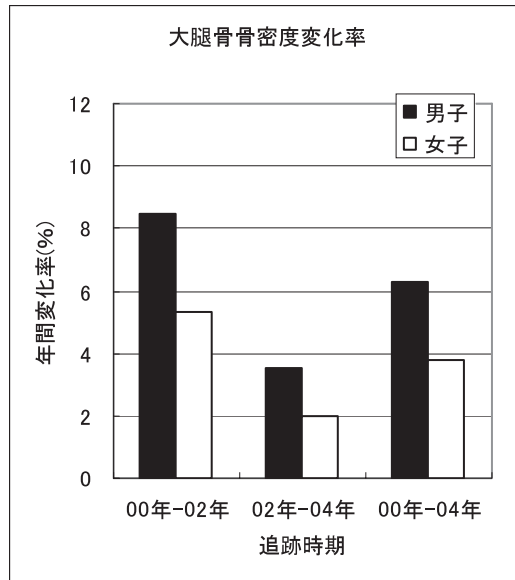
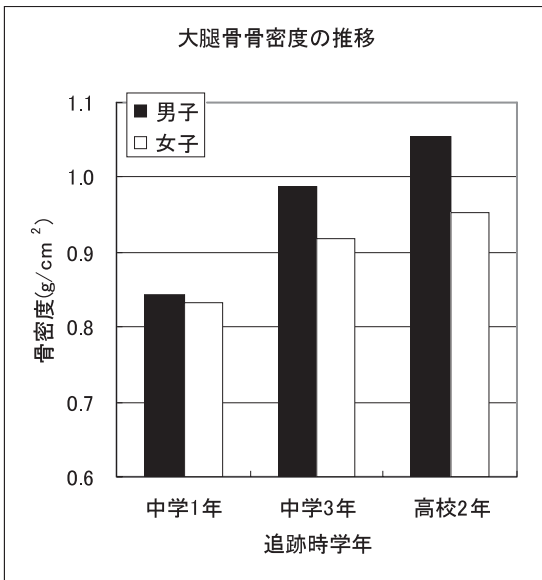
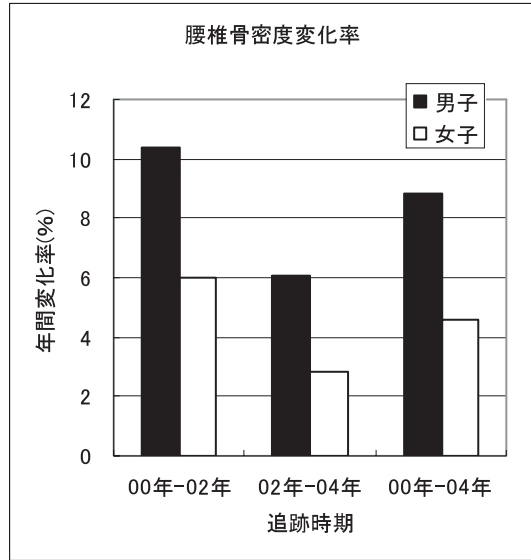
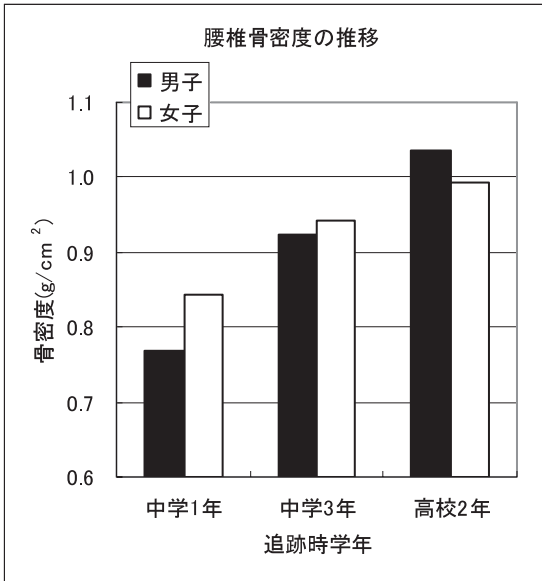


図3. 中学1年生から高校3年生にかけての骨密度の推移と追跡期間別に見た年間変化率

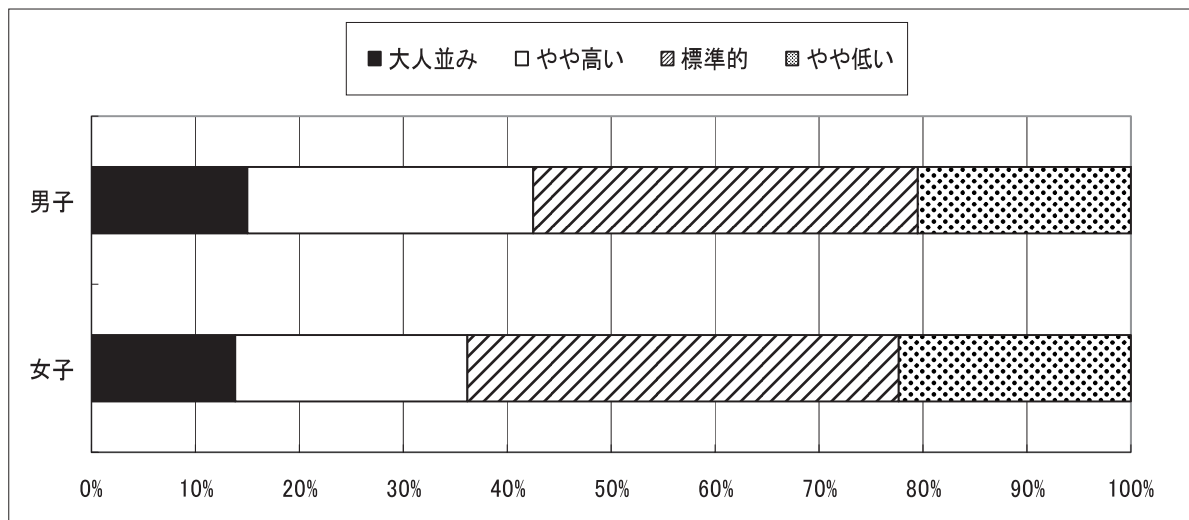


図 4 - 1 . 高校 2 年時の骨密度総合判定結果

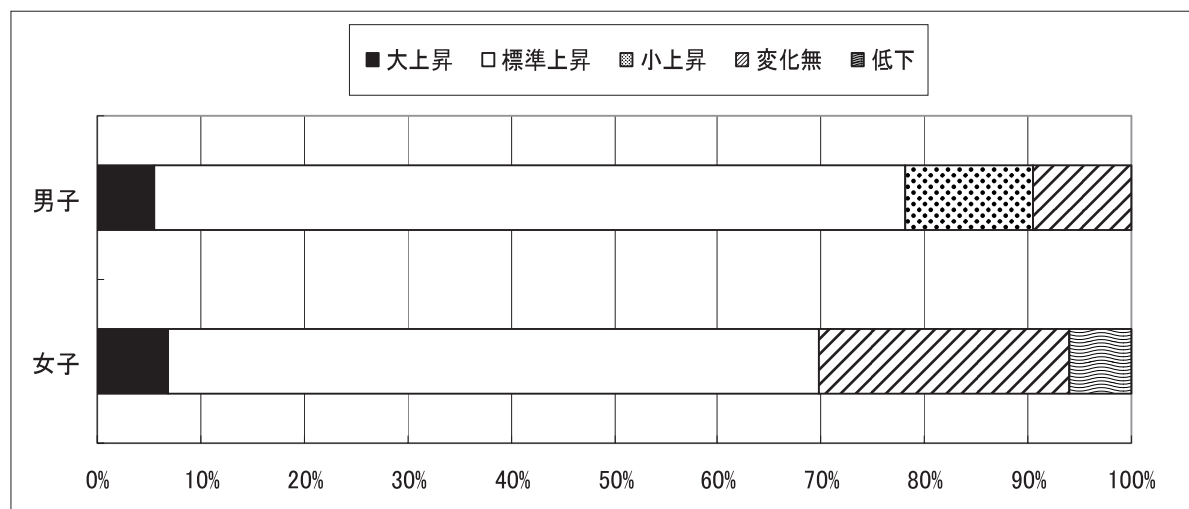


図 4 - 2 . 中学 3 年時から高校 2 年時にかけての骨密度変化率総合判定結果

3. 骨密度を高くする要因、低くする要因

[1] 第二性徴と骨密度および骨密度変化

図5は性別に第二性徴（男子：発毛、女子：初経）の発来時期を示している。男子では中学2年生までに第二性徴を迎えており、中学入学までに約半数の生徒が第二性徴を迎えていた。女子では約6割の生徒が小学校6年生までに第二性徴を迎えていた。中学3年から高校2年にかけて第二性徴を迎えた者は4名見られた。以下の解析では、グループの統合を行い、小学4-5年、小6、中1、中2 - 高2の4つの群に分類して分析を行う。

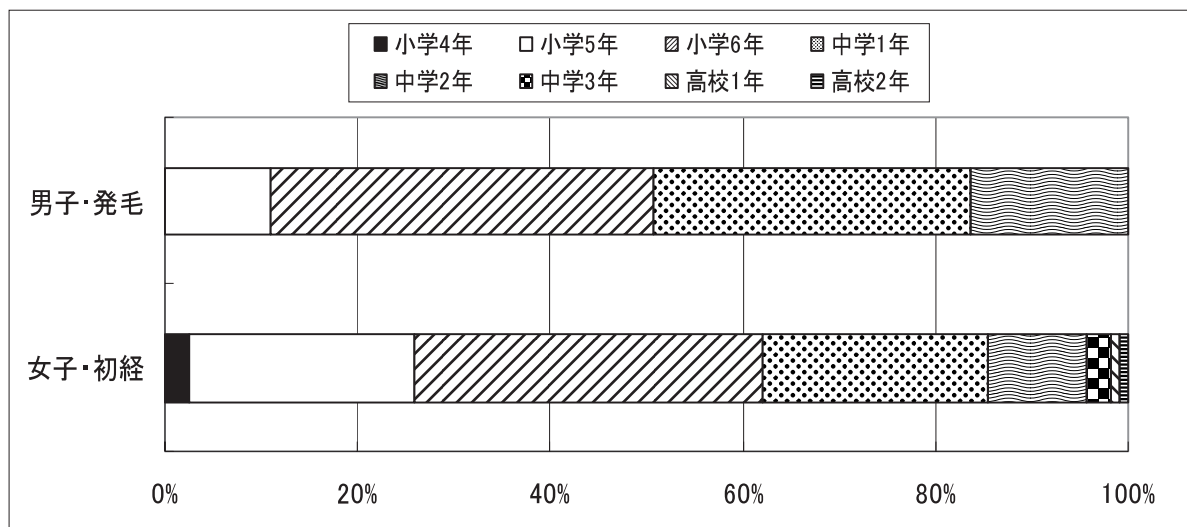


図5. 性別に見た第二性徴の発来時期

図6は男子生徒について第二性徴の発来時期別に骨密度および骨密度変化率を示したものである。男子では面積あたりで算出した腰椎骨密度及びその変化率と大腿骨骨密度変化率に関して有意差が認められた。その他の部位では有意差は認められなかったものの、骨密度に関しては第二性徴の発来が早い生徒において高い傾向を示した。年間変化率に関しては、ばらつきはあるものの第二性徴の発来が遅い生徒において変化率が大きく、骨密度の増加が大きかった。

図7は女子生徒において第二性徴の発来時期（初経）別に骨密度および骨密度変化率を示したものである。骨密度に関しては面積あたりの腰椎骨密度に有意差が認められ、変化率については面積あたりの腰椎及び大腿骨の変化率に有意差が見られた。第二性徴の発来が早い生徒において骨密度は高く、逆に第二性徴の発来が早い生徒において骨密度増加率が小さい傾向が示唆された。

中学1年時から中学3年時の結果と比較して、第二性徴の影響は徐々に少なくなっているが、第二性徴の発来はこの時期においても骨密度の増加に対して重要な影響を及ぼしていると考えられる。女子においては第二性徴の発来が早い生徒は増加率が小さく、今後その変化率はさらに縮小していくことが予想される。このことから中学校期から適度な運動を行い、規則正しい生活を送るように心がけ、この時期に十分に骨密度を高めておく必要があると考えられる。

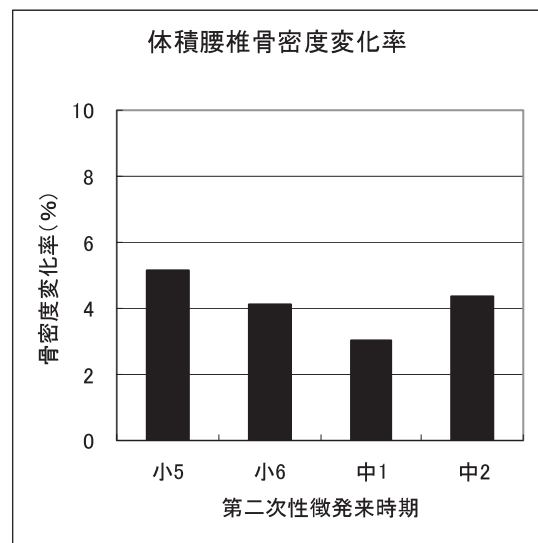
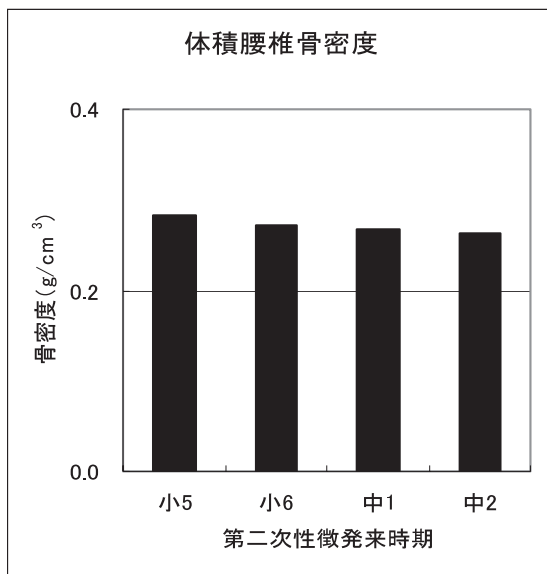
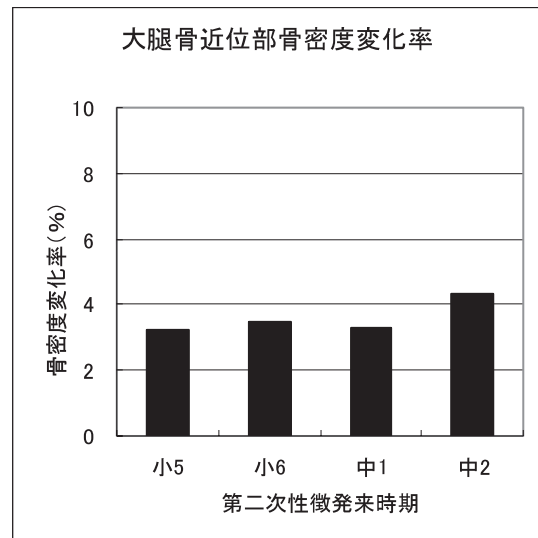
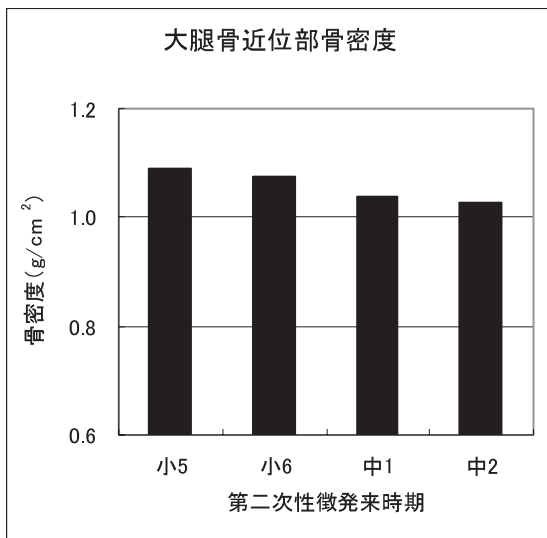
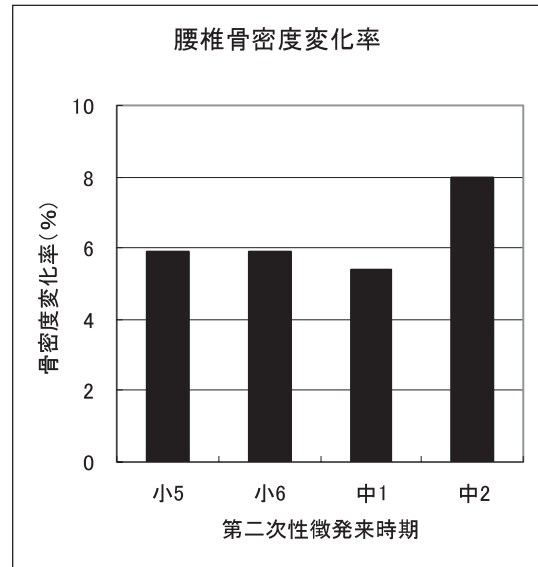
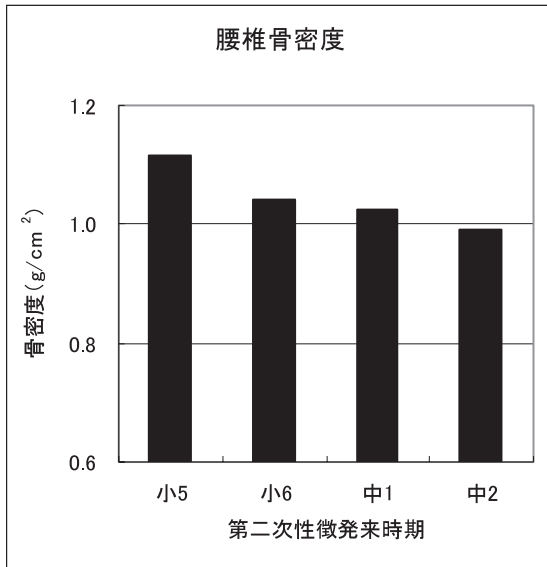


図6．第二次性徴の発来時期別に見た骨密度及び年間骨密度変化率（男子）

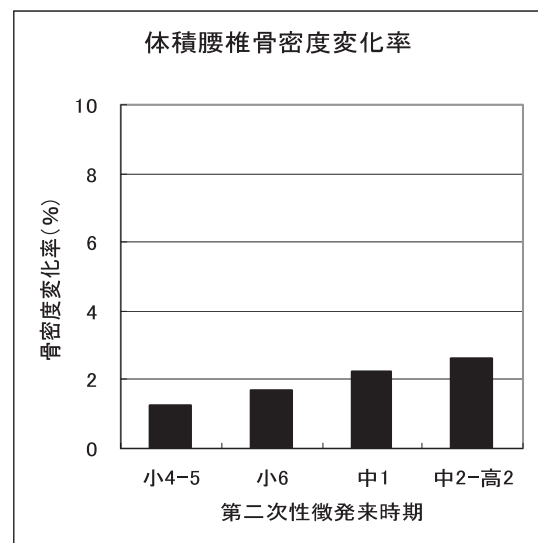
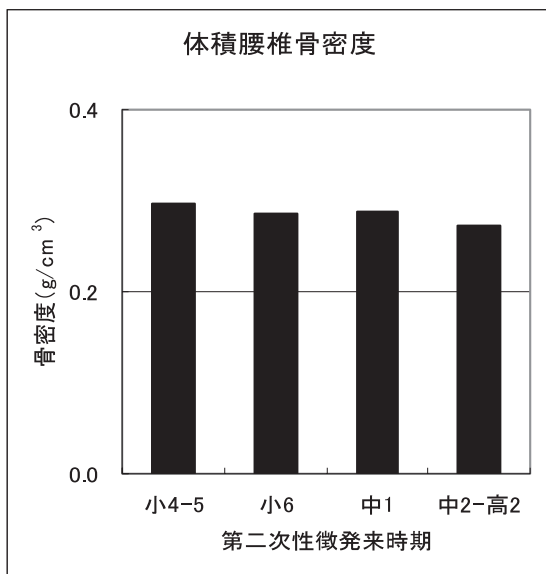
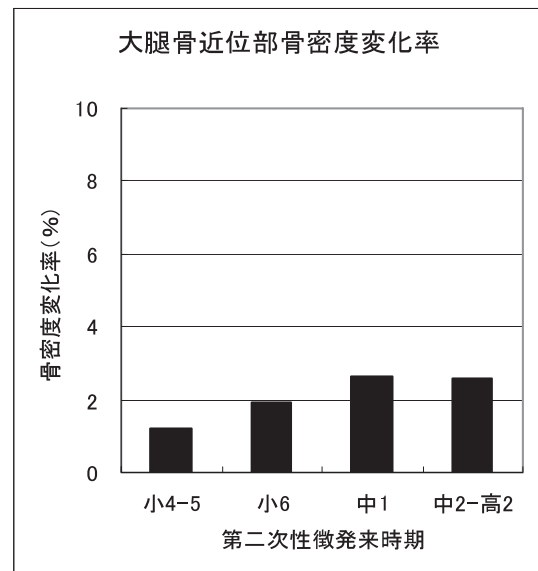
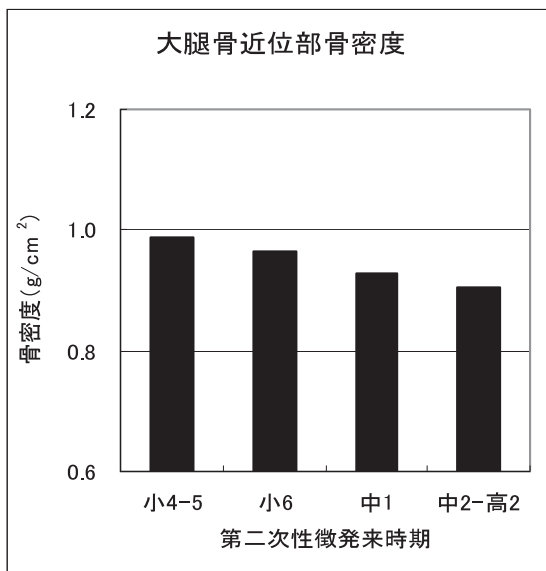
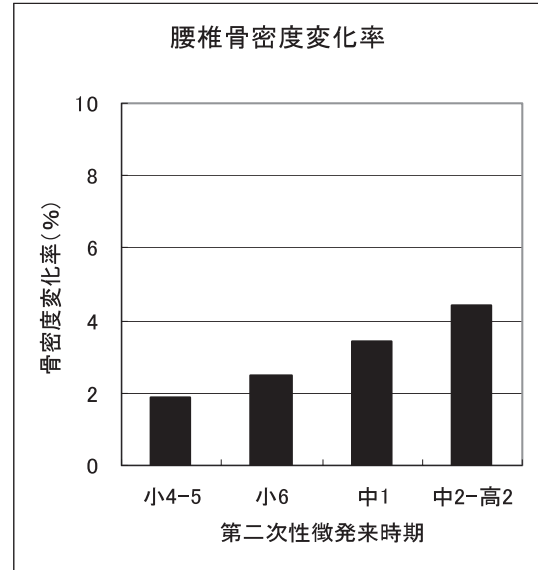
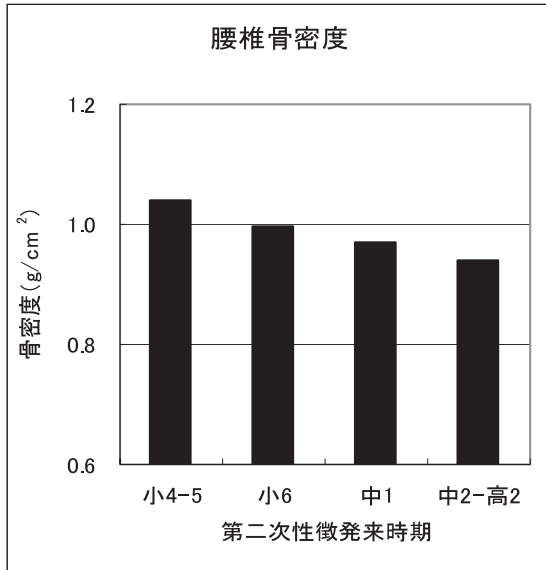


図7. 第二次性徴の発来時期別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)

[2] 体格と骨密度および骨密度変化

図8は男子生徒に関して高校2年時の体重別（体重の大きさによって4群に分類、上1/4：体重が最も重い生徒の群、下1/4：体重が最も軽い生徒の群）に骨密度及び中学3年時からの骨密度年間変化率を示したものである。面積あたりの腰椎及び大腿骨骨密度に関して有意差が認められ、体重が大きい生徒で骨密度が有意に高い傾向を示した。変化率に関しては、すべての部位において有意差が見られず、顕著な違いは認められなかった。

図9は女子生徒に関して体重別（体重の大きさによって4群に分類、上1/4：体重が最も重い生徒の群、下1/4：体重が最も軽い生徒の群）に骨密度及び骨密度年間変化率を示したものである。全ての骨密度に関して有意差が認められ、体重が大きい生徒ほど有意に骨密度が高い傾向を示した。変化率に関しては有意差が見られなかったが、体重の重い生徒において大きな変化率を示す傾向がうかがわれた。

図10は女子生徒に関して中学3年時から高校2年時にかけての体重変化別（体重増加の大きさによって4群に分類）に骨密度及び骨密度年間変化率を示したものである。男子では体重の減少が見られた者が5名いたが、男子では体重増減別に骨密度及びその変化率に関して有意差は見られなかった。女子生徒では減少傾向にあった生徒は26名見られ、その内の約8割の21名がダイエット経験者であった。骨密度に関しては各部位とも統計的有意差は見られなかった。しかし、変化率に関しては全ての部位で有意差が認められ、体重の増加が大きかった生徒においてより大きな骨密度増加率を示した。

以上のことから、体重はこの時期の骨密度の増加に重要な影響を及ぼしており、体重の増加が大きな生徒では骨密度の増加率も大きかった。減少した生徒では骨密度の変化率が有意に小さく、体重減少が骨密度の獲得に悪影響を及ぼしていることが推測された。今回の調査結果ではダイエット経験の有無との関係は認められなかったが、本対象者でやせ傾向にある者が多く見られたことや、若年者のやせ志向やダイエットの低年齢化が指摘されており、体重の管理には十分に気をつける必要がある。

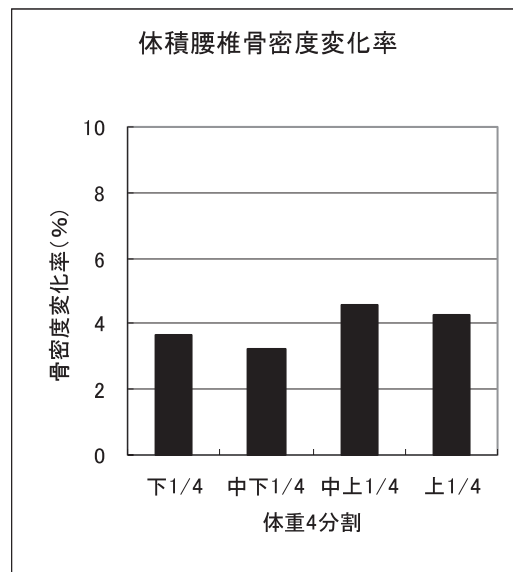
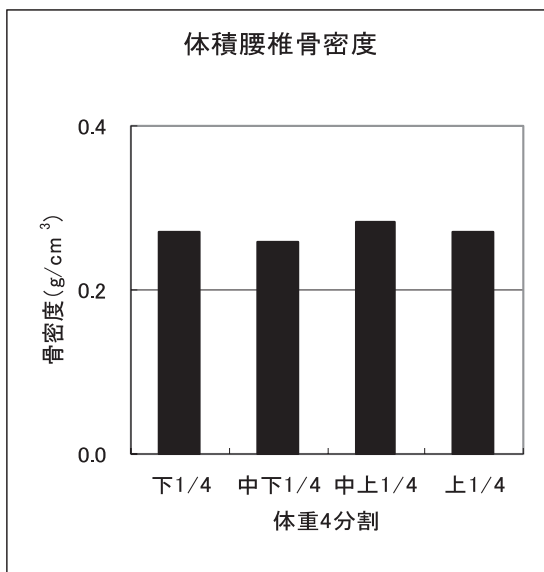
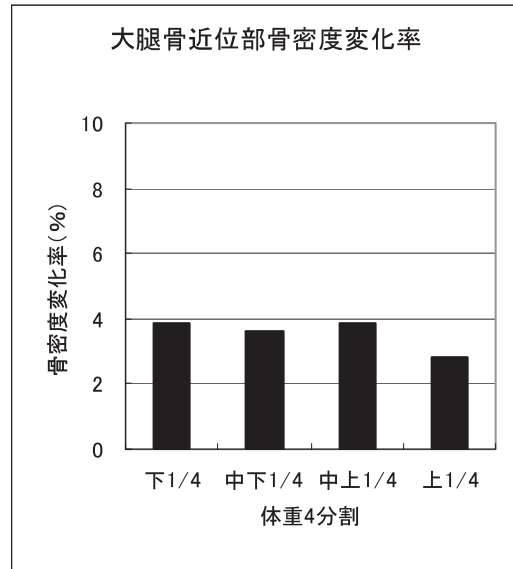
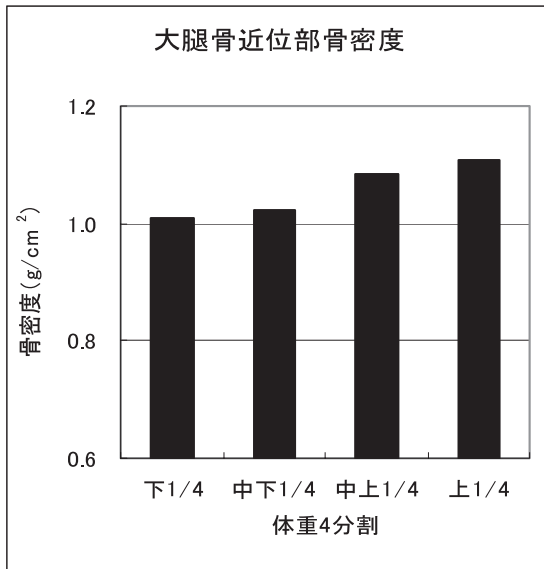
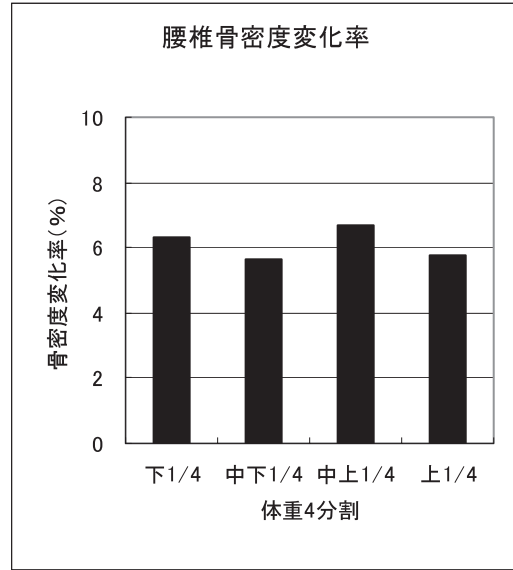
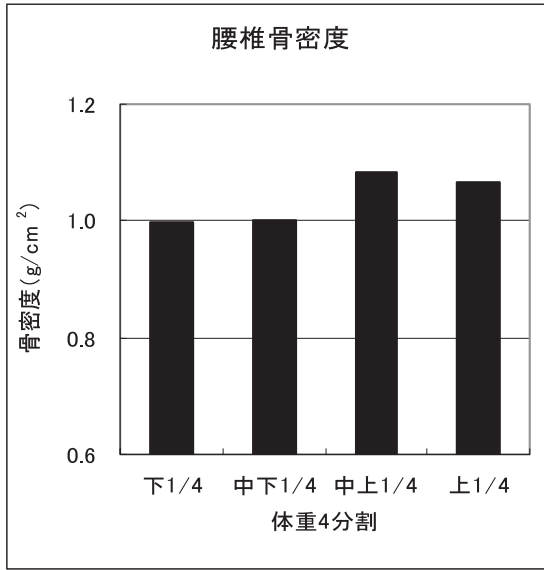


図8．高校2年時の体重別に見た骨密度及び年間骨密度変化率（男子）

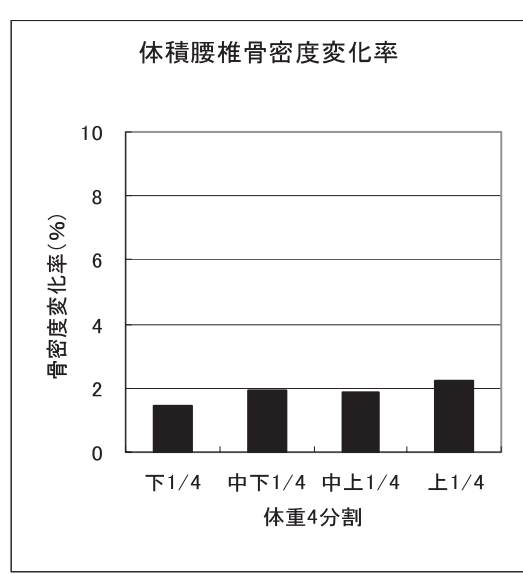
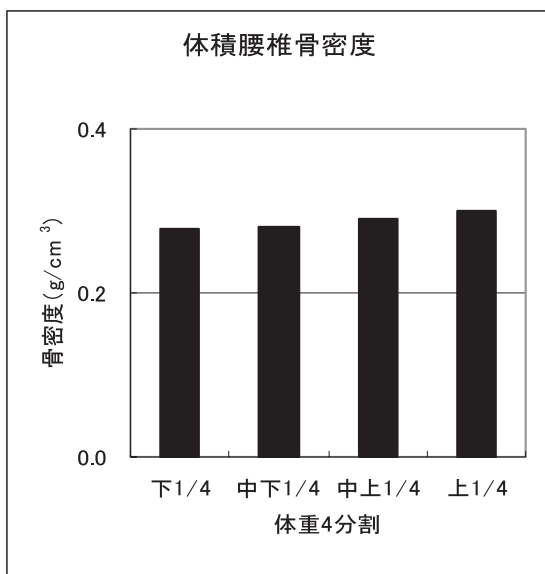
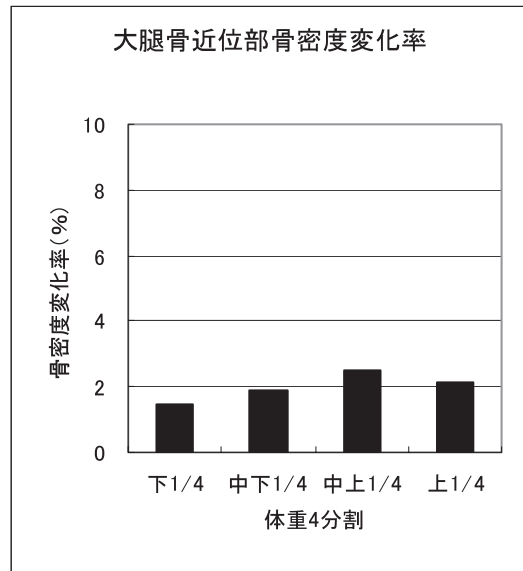
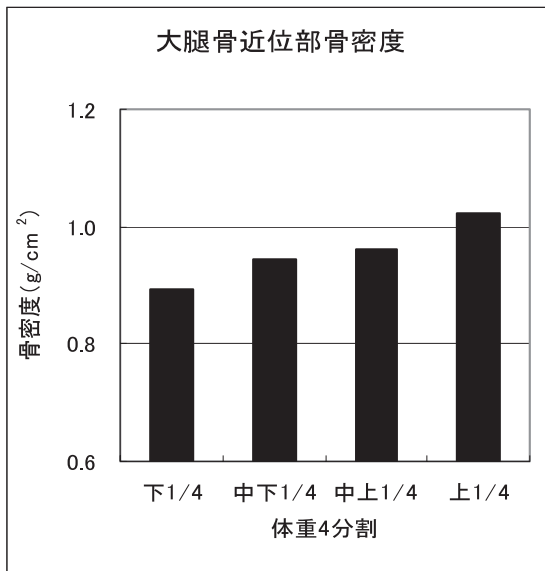
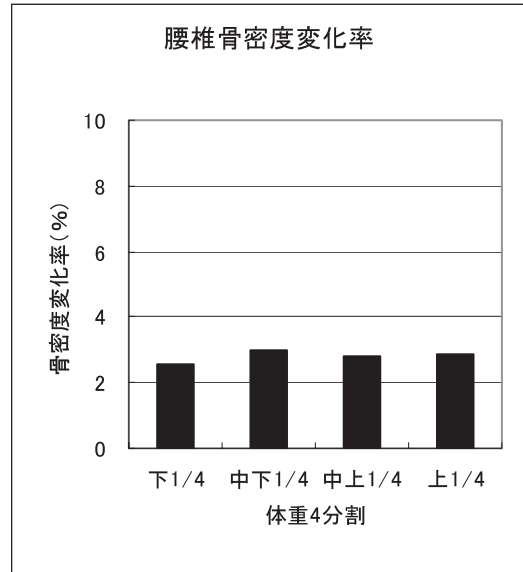
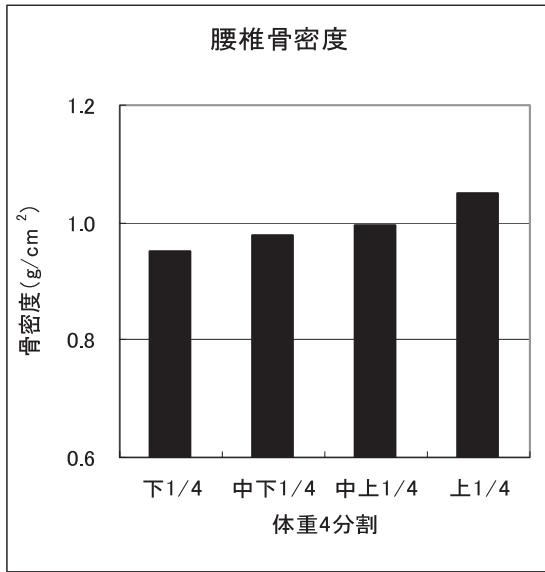


図9 . 高校2年時の体重別に見た骨密度及び年間骨密度変化率 (女子)

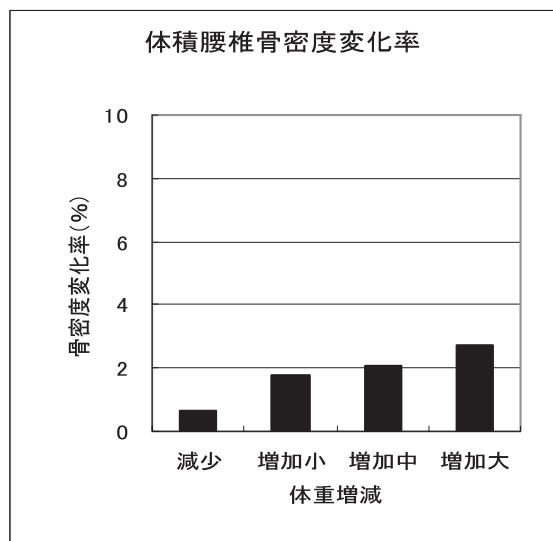
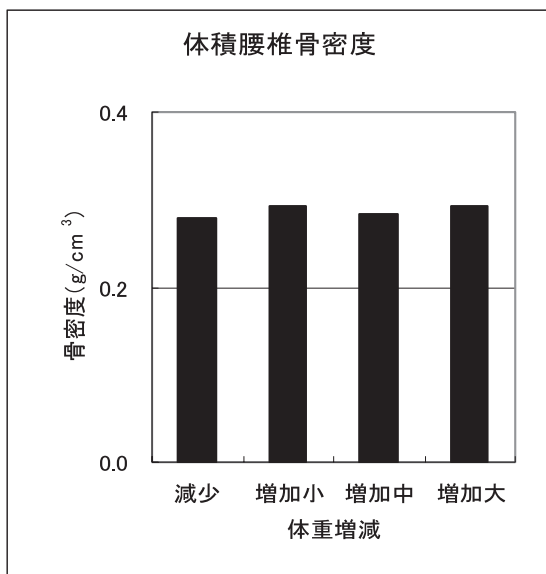
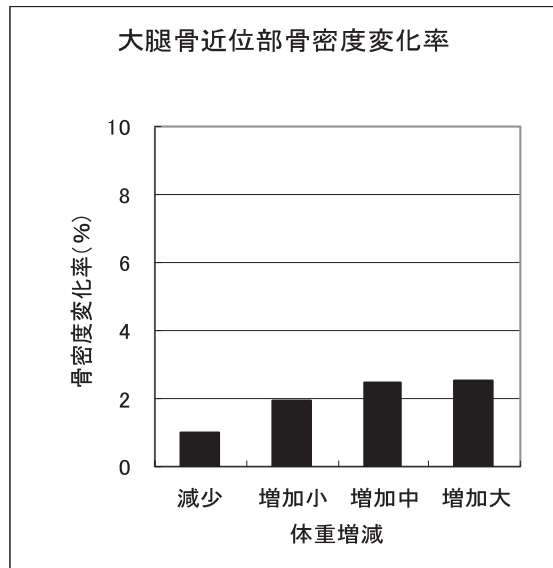
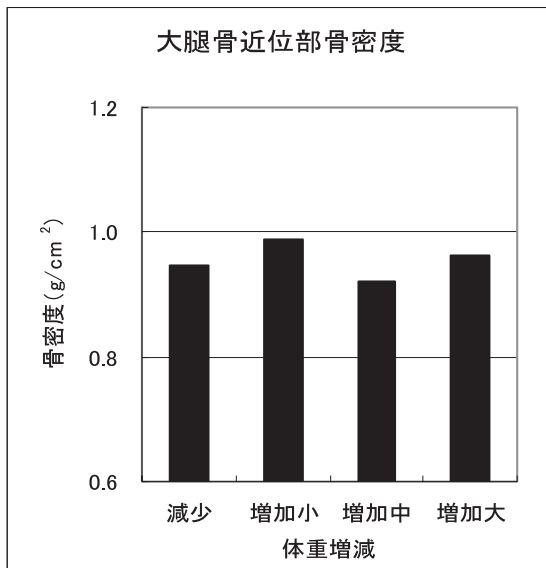
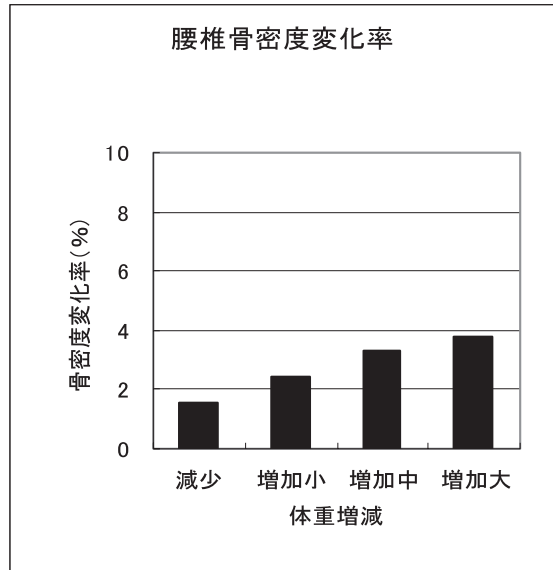
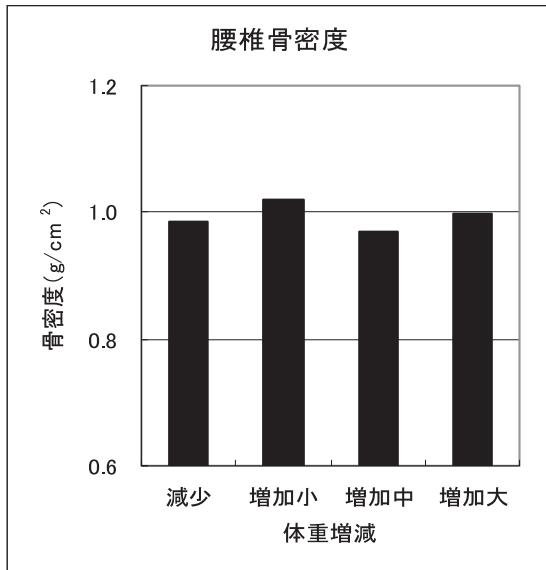


図10. 中学3年時から高校2年時にかけての体重変化別に見た骨密度及び骨密度年間変化率(女子)

[3] スポーツ活動と骨密度および骨密度変化

図11は男子生徒に関して高校時代の運動部活動時間別（学校運動部活動総時間を算出し、活動無と合わせて4群に分類）に骨密度及び中学3年時からの年間骨密度変化率を示したものである。表6は、各群の平均スポーツ時間の詳細を示している。

表6．高校時代スポーツ総時間群の詳細（男子）

スポーツ時間群	平均時間	標準偏差	最小時間	最大時間
下位 1/3	389.4	203.5	36.0	750.0
中位 1/3	899.8	115.2	771.4	1147.5
上位 1/3	1452.9	307.8	1157.1	2121.4

男子では活動無の生徒は13名と非常に少なかった。骨密度及び変化率に関してすべての部位で有意差は見られなかったが、しかしながら、骨密度に関しては高校時代の部活動時間が多い生徒ほど高い値を示す傾向がうかがわれた。また、体積腰椎骨密度に関しては部活動時間が多い群で大きな変化率を示す傾向がうかがわれた。

図12は女子生徒に関して高校時代の運動部活動時間別に骨密度及び年間骨密度変化率を示したものである。また、表7は、各スポーツ時間群の平均スポーツ時間の詳細を示したものである。

表7．高校時代スポーツ総時間群の詳細（女子）

スポーツ時間群	平均時間	標準偏差	最小時間	最大時間
下位 1/3	383.8	197.3	128.6	626.8
中位 1/3	758.9	76.8	675.0	900.0
上位 1/3	1232.9	202.1	932.1	1530.0

骨密度に関しては大腿骨近位部の面積あたり骨密度にのみ有意差が認められたが、全体的な傾向をみると、運動部活動に所属していない生徒において骨密度及びその変化率が小さい傾向がうかがわれた。特に、女子では約2/3の生徒が活動無の生徒であった。

図13は男子生徒に関して中学時代の運動部活動時間別に骨密度及び年間骨密度変化率を示したものである。男子では活動無の生徒は5名と非常に少なかった。骨密度に関しては面積あたり的大腿骨骨密度にのみ有意差が見られ、その他の部位を含めて骨密度に関しては中学時代の部活動時間が多い生徒ほど高い値を示す傾向にあった。また、骨密度変化率に関しては顕著な傾向は見られなかった。

図14は女子生徒に関して中学時代の運動部活動時間別に骨密度及び年間骨密度変化率を示したものである。骨密度に関しては大腿骨近位部の面積あたり骨密度に有意差が認められ、部活動なし群が下位1/3群よりも有意に低い骨密度を示した。その他の部位を含めて運動部活動に所属していない生徒において骨密度が小さい傾向がうかがわれた。また、骨密度変化率に関しては上位1/3でやや低い傾向がうかがわれた。

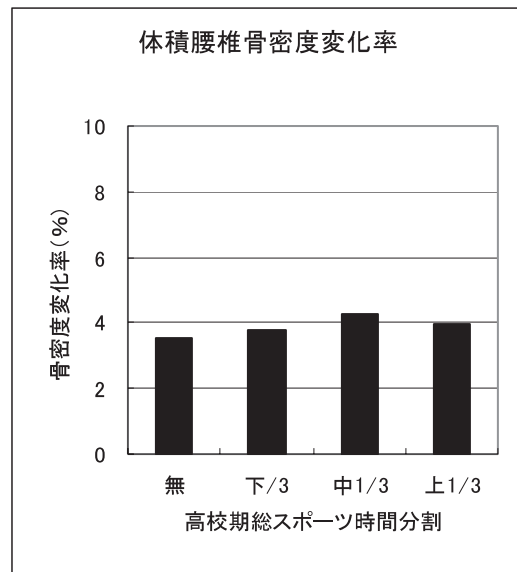
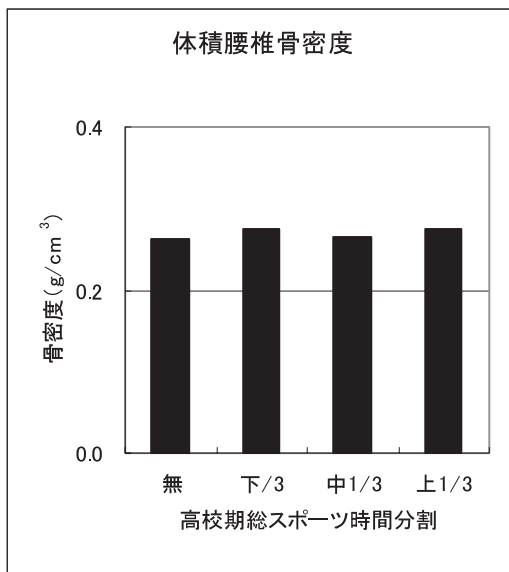
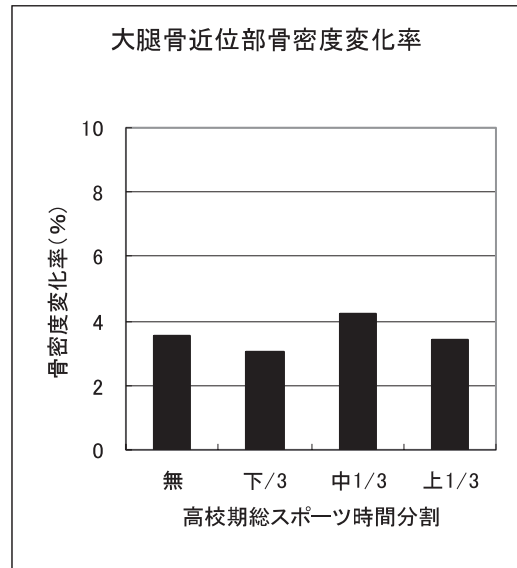
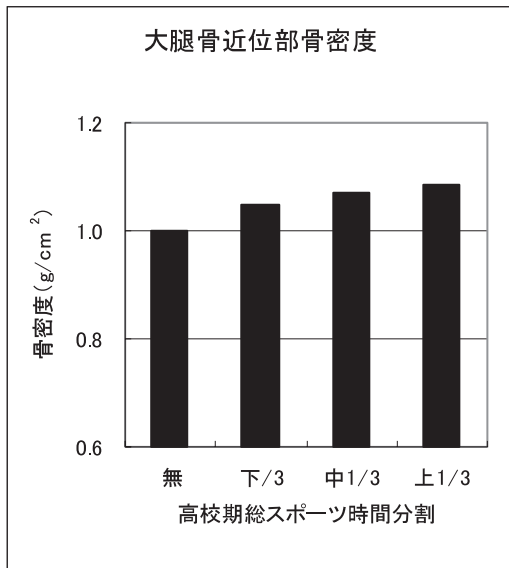
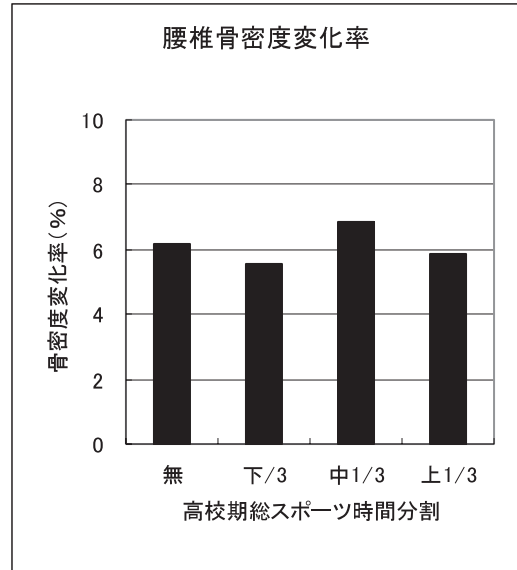
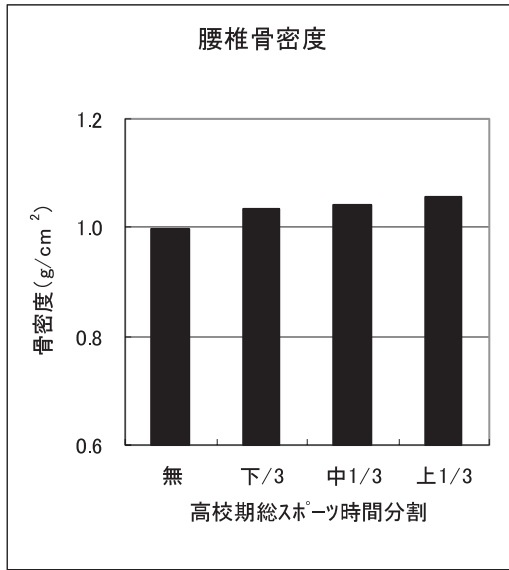


図11. 高校時代の運動部活動時間別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(男子)

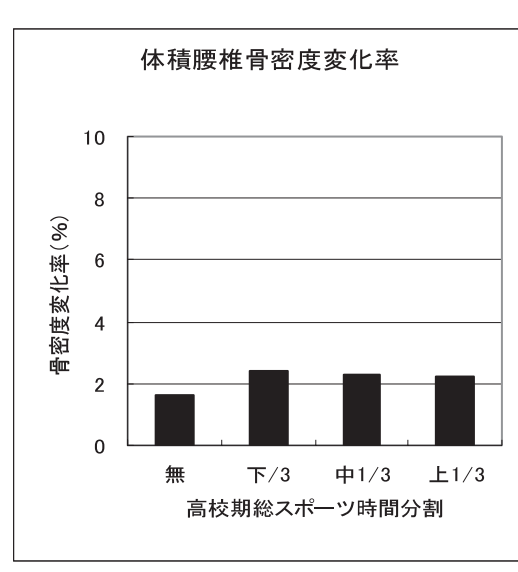
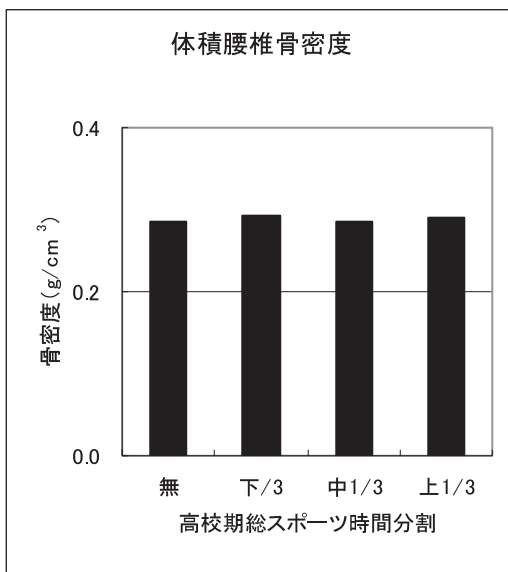
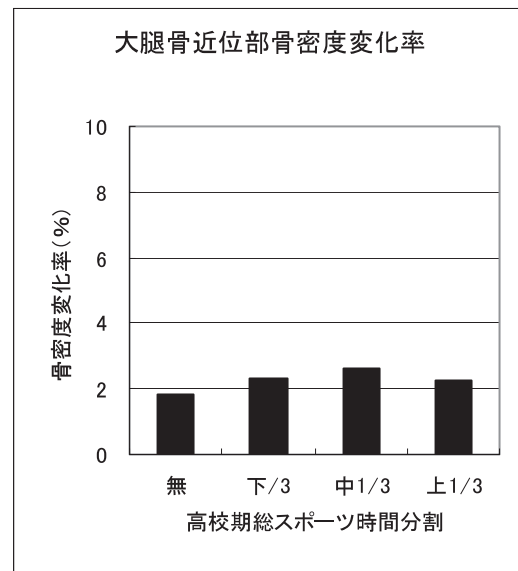
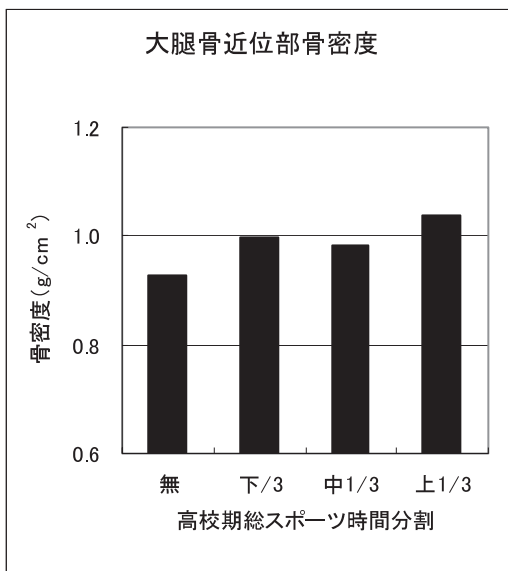
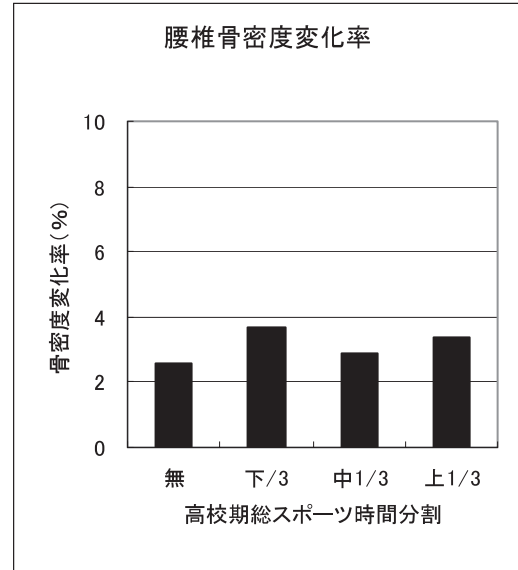
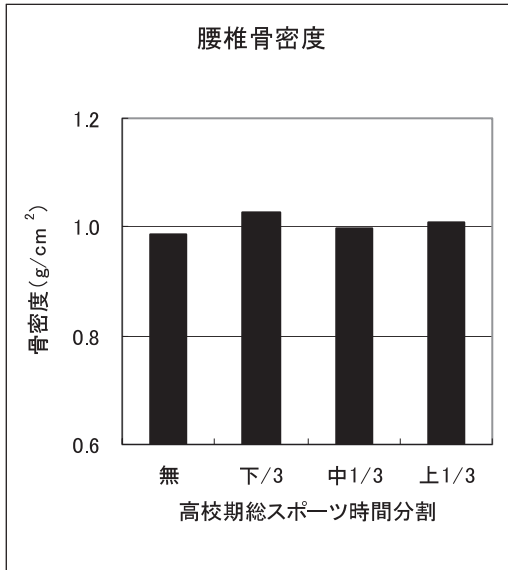


図12. 高校時代の運動部活動時間別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)

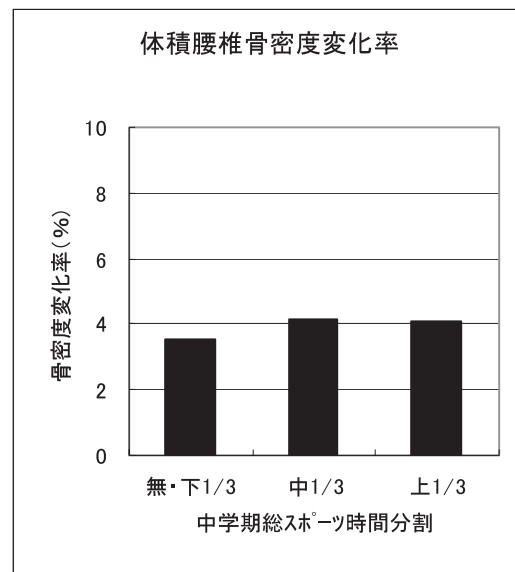
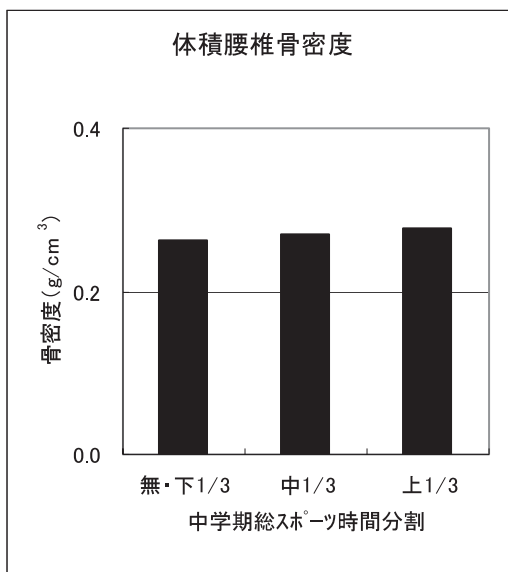
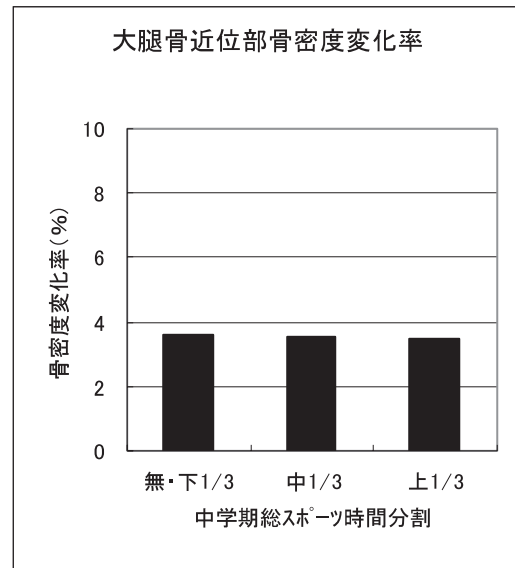
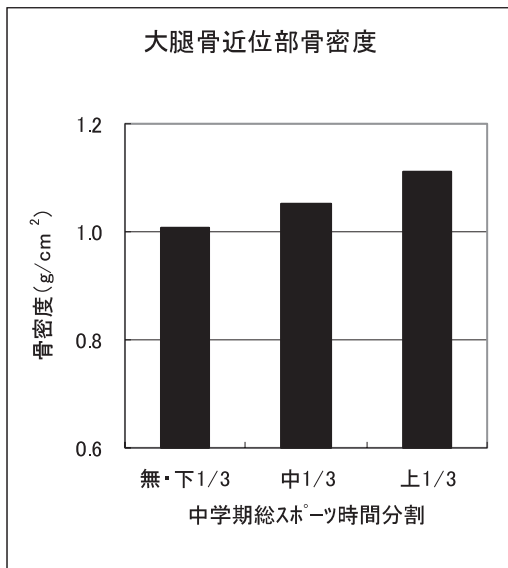
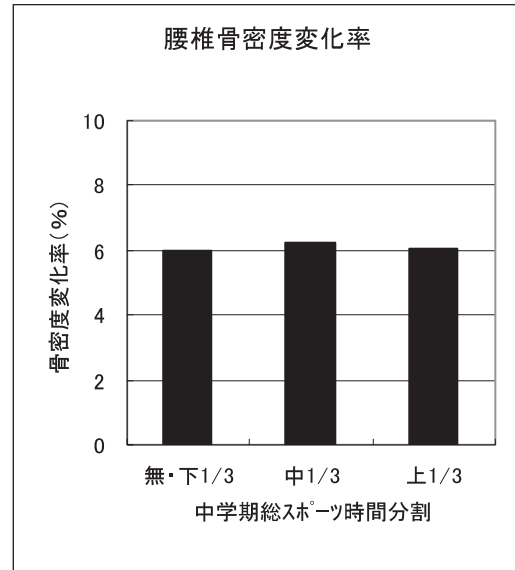
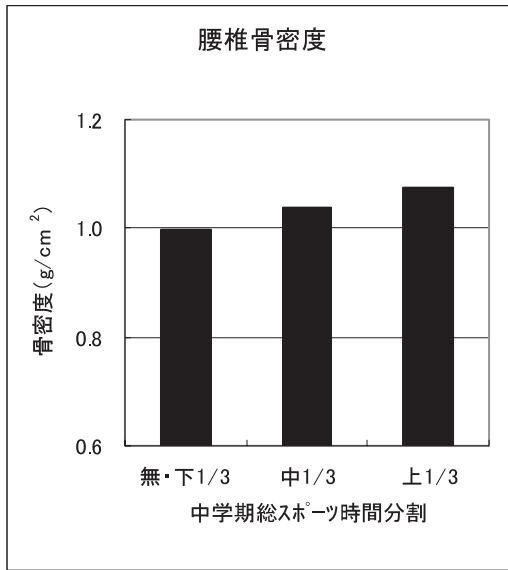


図13. 中学時代の運動部活動時間別に見た骨密度及び年間骨密度変化率 (男子)

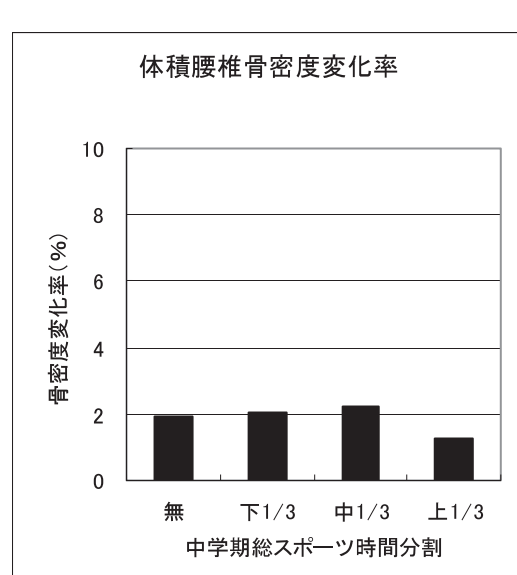
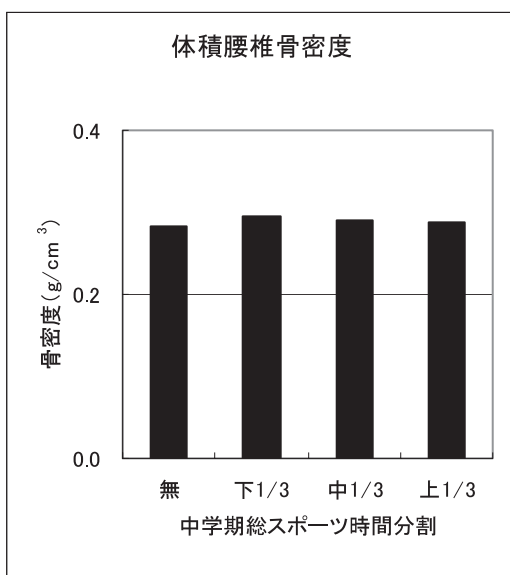
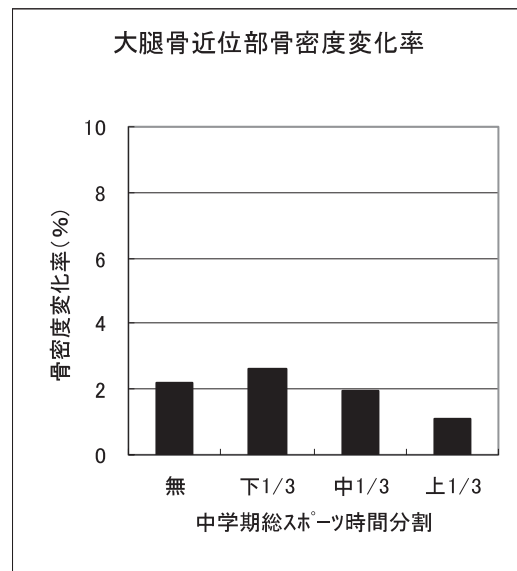
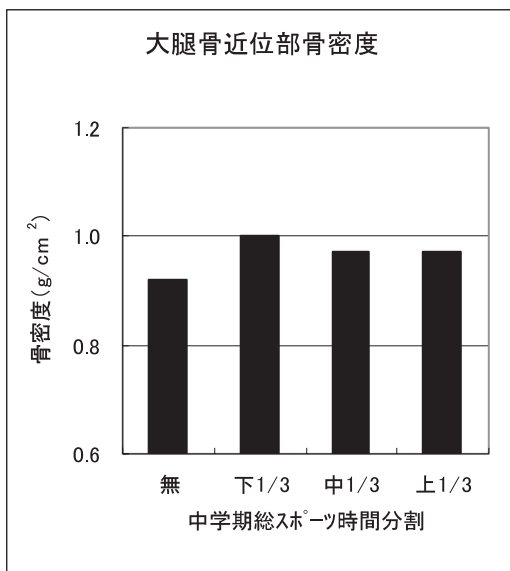
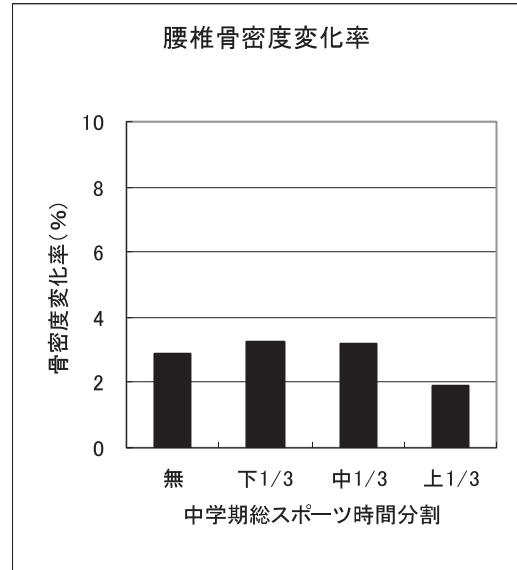
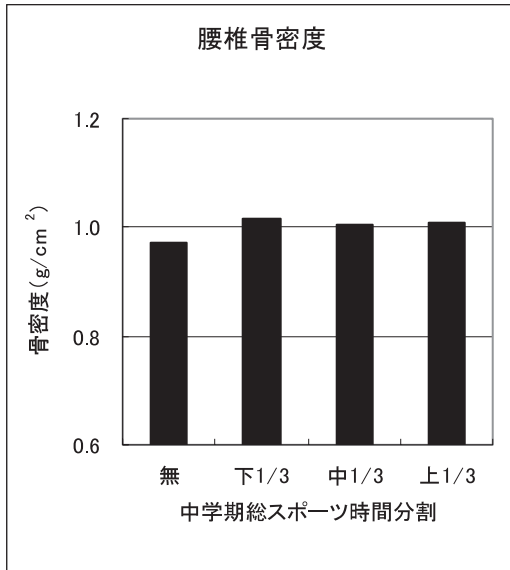


図14. 中学時代の運動部活動時間別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)

この時期のスポーツ活動が骨密度およびその増加に重要な影響を及ぼしていることが明らかとなり、この時期に積極的にスポーツ活動を行うことがすすめられる。しかし、女子では約2/3の生徒が部活動に所属していなかった。運動やスポーツ活動は骨だけでなく、健康にとっても非常によい効果が期待されることから、スポーツ活動を積極的に行うような働きかけが必要である。

[4] 食事からのカルシウム摂取量、牛乳摂取状況と骨密度および骨密度変化

表8は性別に総カルシウム摂取量及び各食品群からのカルシウム摂取量である。総カルシウム摂取量および乳製品からのカルシウム摂取量に関しては、男子が女子よりも有意に大きい値を示した。女子では700mgを下回った。また、生徒は多くのカルシウムを乳製品から摂取している傾向にあった。

表8．性別にみたカルシウム摂取量

	男子		女子	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
Ca 総摂取量	713.7	244.22	543.6	231.25
乳製品からの Ca 摂取量	411.1	202.14	272.9	183.29
小魚からの Ca 摂取量	56.9	40.12	53.9	39.15
野菜類からの Ca 摂取量	131.0	67.33	113.3	62.22
豆類からの Ca 摂取量	55.1	32.63	52.1	30.95

単位:mg

図13は、男子生徒について高校2年時の総カルシウム摂取量群別（食品摂取頻度調査より総カルシウム量を算出し、カルシウム摂取量から4群に分類した）に今回の追跡調査時の骨密度及び年間骨密度変化率を示している。また、表9は、カルシウム摂取量群の詳細を示している。

表9．カルシウム総摂取量群の詳細（男子）

Ca 摂取量群	平均値	標準偏差	最小値	最大値
下位 1/4	434.0	129.7	254.9	524.3
下位中 1/4	633.9	54.7	526.0	720.5
上位中 1/4	782.7	49.0	723.9	861.5
上位 1/4	1062.7	213.4	862.2	1592.5

単位:mg

骨密度及び変化率に関しては、すべての部位において群間に有意差は認められなかったが、大腿骨近位部ではカルシウム摂取量が多い群ほど骨密度が高い傾向が認められた。

図14は、男子生徒について中学3年時の総カルシウム摂取量群別に今回の追跡調査時の骨密度及び年間骨密度変化率を示している。骨密度及び変化率に関しては、すべての部位において群間に有意差は認められなかった。

図15は、男子生徒について高校2年時の牛乳・ヨーグルト摂取群別に骨密度及び年間骨密度変化

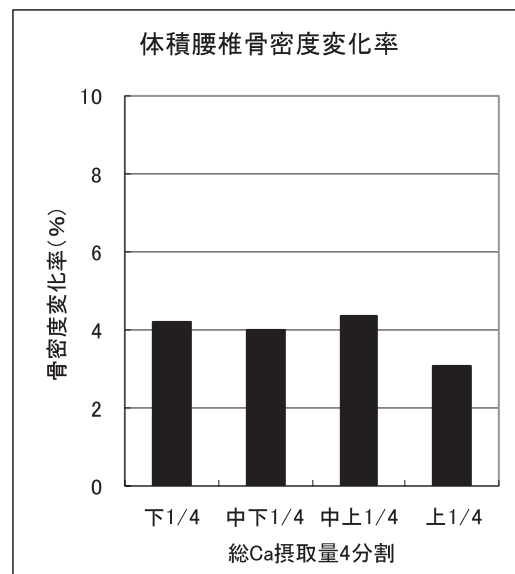
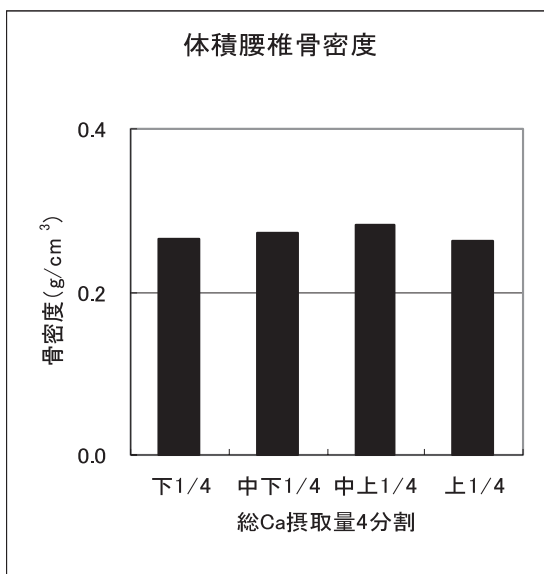
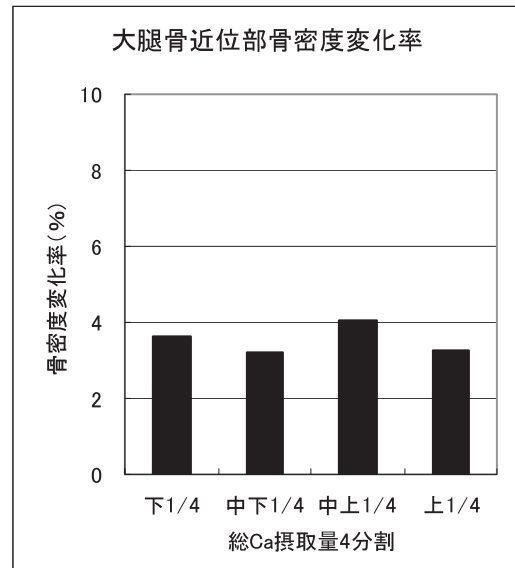
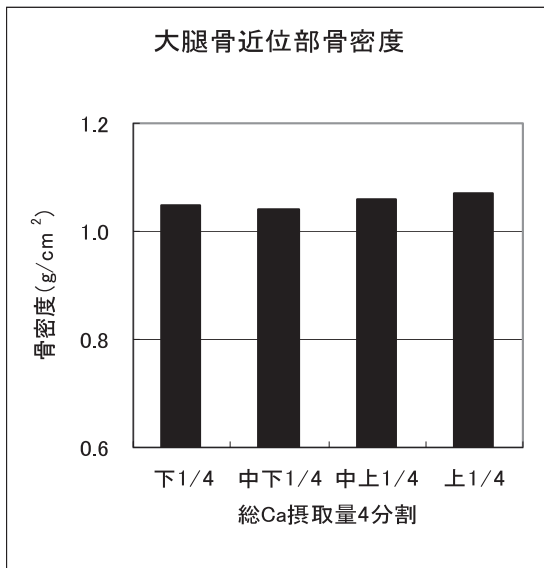
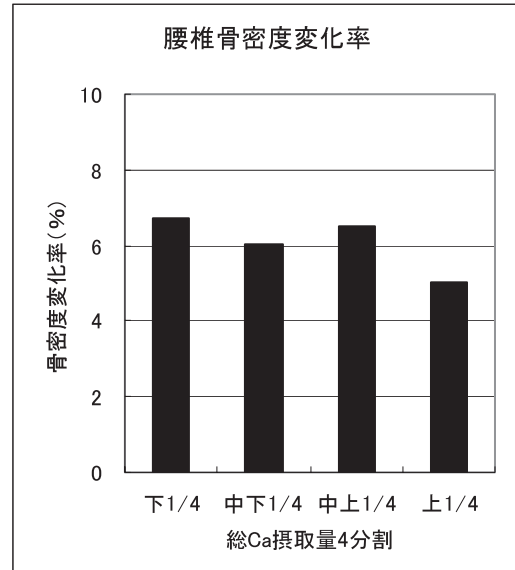
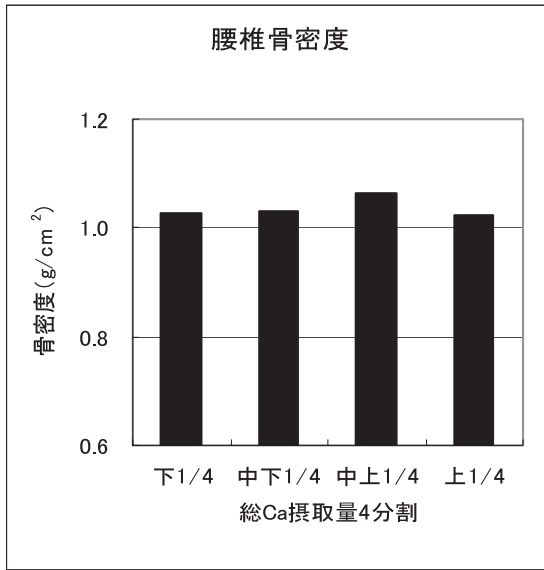


図13. 高校2年時の総カルシウム摂取量群別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(男子)

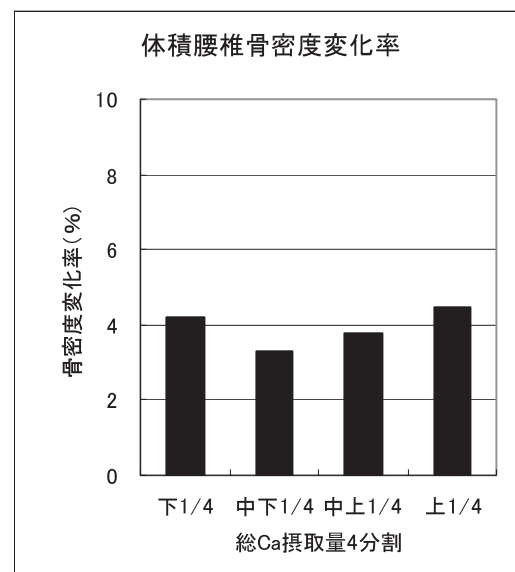
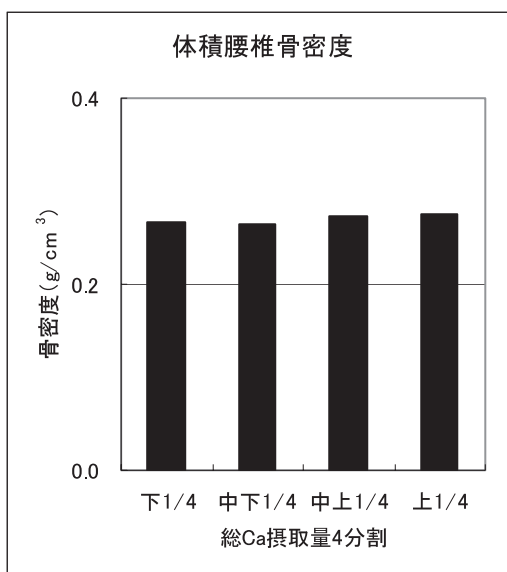
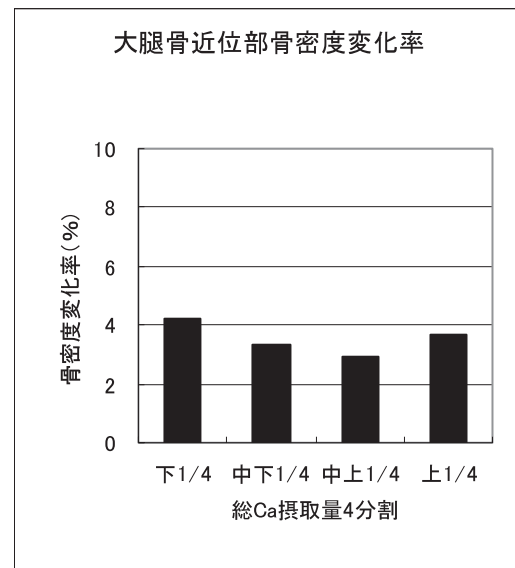
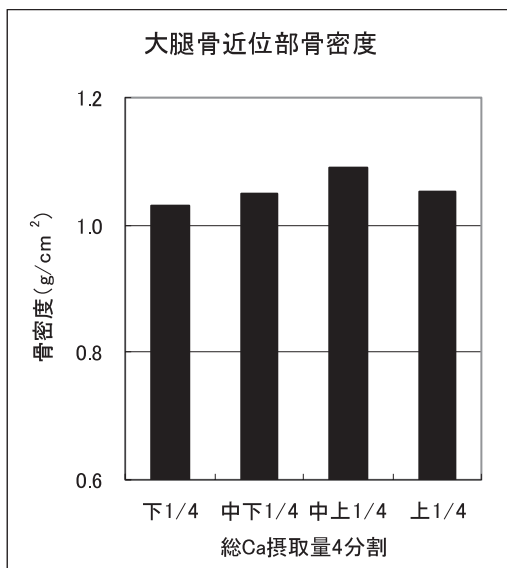
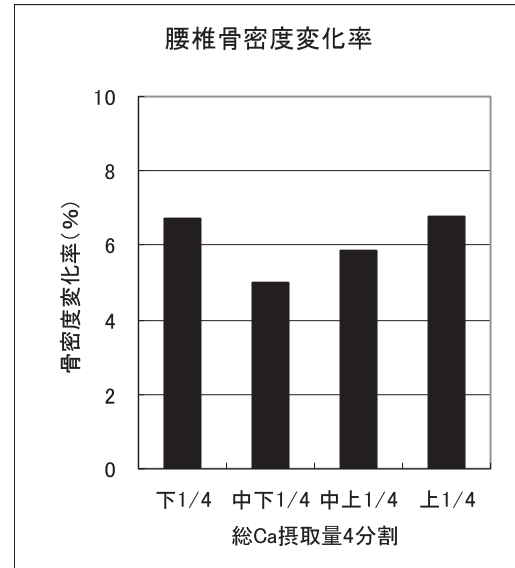
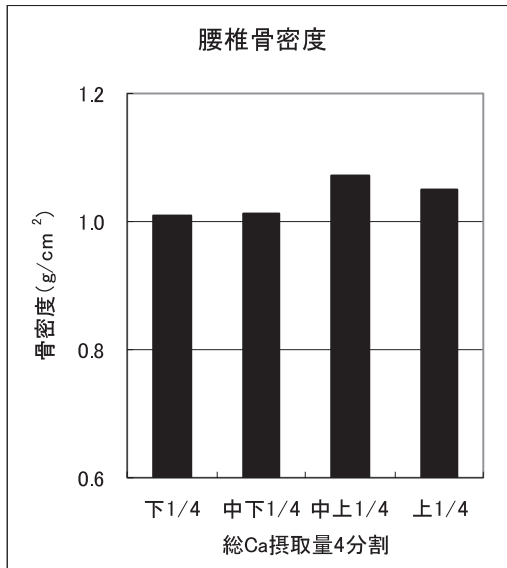


図14. 中学3年の総カルシウム摂取量別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(男子)

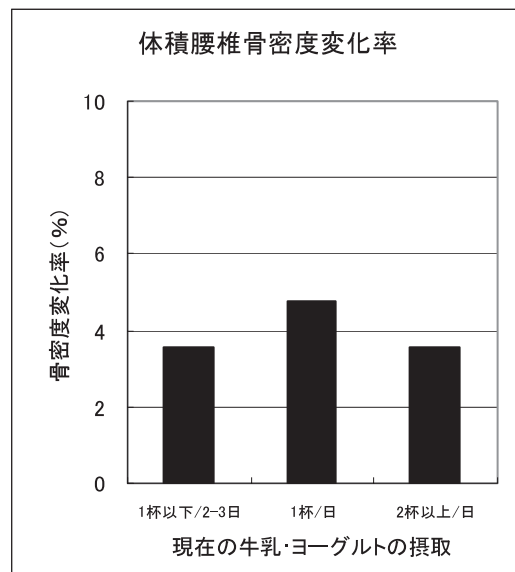
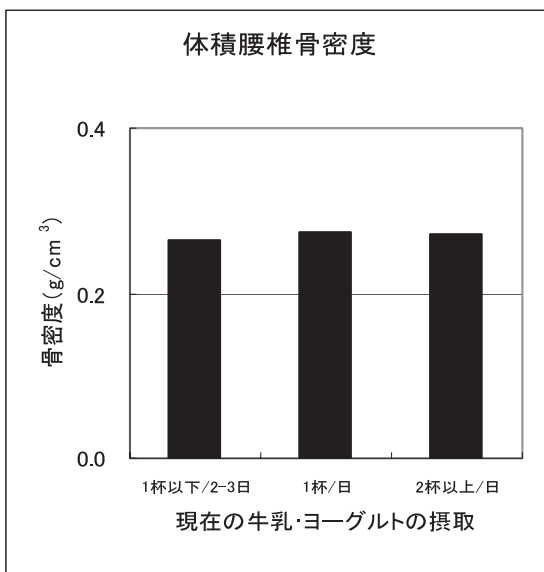
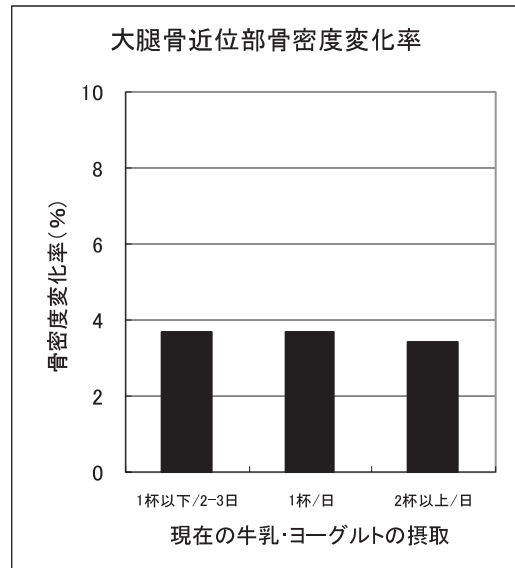
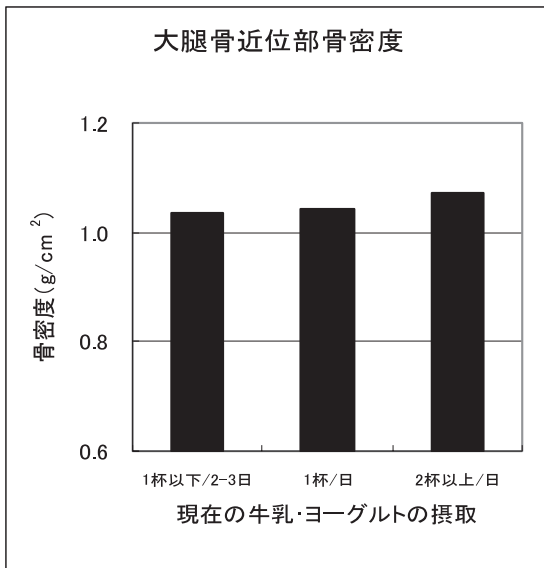
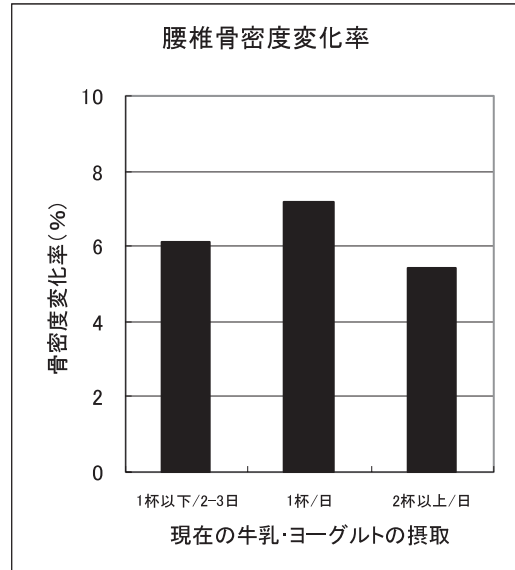
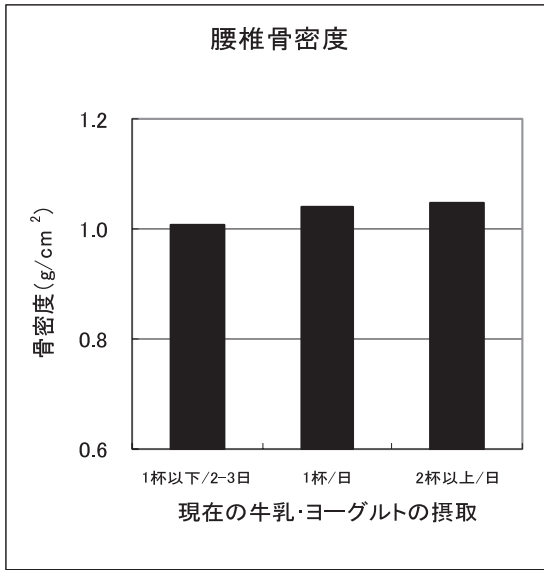


図15. 高校2年時の牛乳・ヨーグルト摂取別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(男子)

率を示している。骨密度に関しては有意差は認められなかった。しかし、骨密度に関しては2～3日に1杯以下しか牛乳を飲んでいない生徒は牛乳の摂取量が多い生徒よりも骨密度が小さい傾向がうかがわれた。骨密度変化率については面積あたりの腰椎骨密度変化率に有意差がみられ、日に1杯摂取している群が日に2杯以上摂取している群よりも高い変化率を示した。

図16は、男子生徒について中学3年時の牛乳・ヨーグルト摂取群別に骨密度及び年間骨密度変化率を示している。骨密度及び骨密度変化率に関してはすべての部位において有意差が認められなかったが、骨密度に関しては、牛乳摂取量が2～3日に1杯以下の生徒では値が小さい傾向が、変化率ではその逆の傾向がうかがわれた。

図17は、女子生徒について高校2年時の総カルシウム摂取量群別（食品摂取頻度調査より総カルシウム量を算出し、カルシウム摂取量から4群に分類した）に今回の追跡調査時の骨密度及び年間骨密度変化率を示している。また、表10は、カルシウム摂取量群の詳細を示している。

表10. カルシウム総摂取量群の詳細（女子）

Ca 摂取量群	平均値	標準偏差	最小値	最大値
下位 1/4	289.6	66.5	140.2	383.6
下位中 1/4	459.2	35.7	385.5	510.4
上位中 1/4	571.6	41.6	517.6	660.1
上位 1/4	853.8	193.7	661.6	1399.6

単位：mg

骨密度に関しては、すべての部位において群間に有意差は認められなかった。しかし、各部位においてカルシウム摂取量が上位1/4の群で高い骨密度を示す傾向がうかがわれた。変化率に関してもすべての部位において有意差は見られず、顕著な傾向は見られなかった。

図18は、女子生徒について中学3年時の総カルシウム摂取量群別に今回の追跡調査時の骨密度及び年間骨密度変化率を示している。骨密度及び変化率に関しては、すべての部位において群間に有意差は認められなかった。しかし、カルシウム摂取量が多い群で骨密度が高い傾向がうかがわれた。

図19は、女子生徒について高校2年時の牛乳・ヨーグルト摂取群別に骨密度及び年間骨密度変化率を示している。骨密度に関しては腰椎及び大腿骨の面積あたり骨密度に有意差が認められ、日に1杯以上牛乳・乳製品を飲んでいる生徒で2-3日に1杯摂取の生徒よりも骨密度が高い傾向にあった。骨密度変化率に関しては顕著な傾向は認められなかった。

図20は、女子生徒について中学3年時の牛乳・ヨーグルト摂取群別に骨密度及び年間骨密度変化率を示している。骨密度および変化率ともにすべての部位において有意差は認められなかった。しかし、変化率に関しては週に1杯以下しか牛乳を飲まない生徒で骨密度変化率が高い傾向がうかがわれた。

カルシウム摂取量の骨密度および骨密度変化に及ぼす影響は、スポーツの実施や第二性徴、体重変化に比較し顕著な傾向を示さなかった。これは、カルシウムの摂取量の推定が非常に難しいことも影響していると思われる。しかしながら、部分的にはあるがカルシウム摂取量が多い生徒で

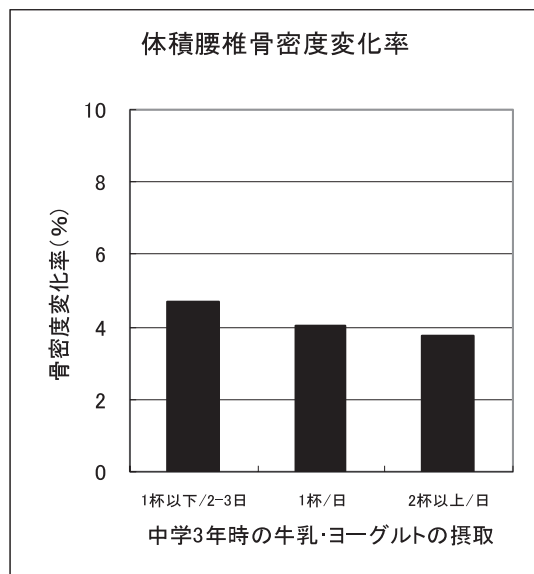
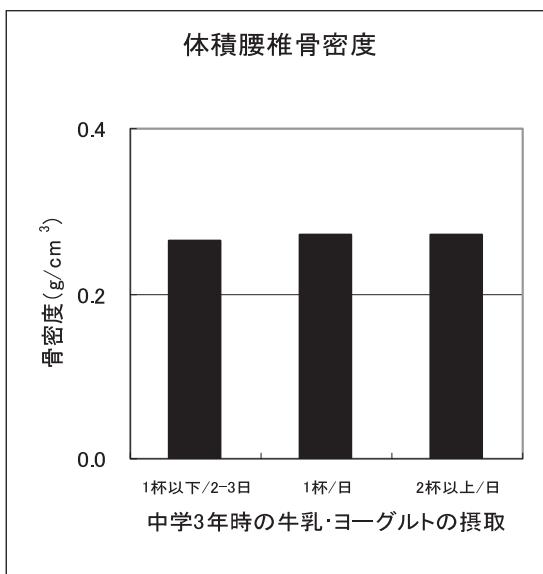
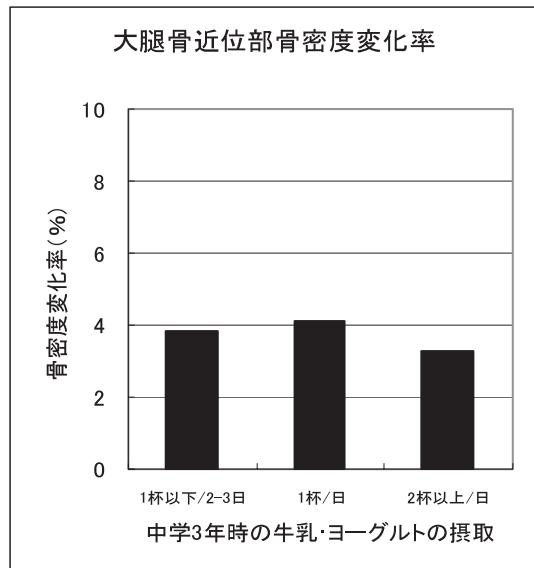
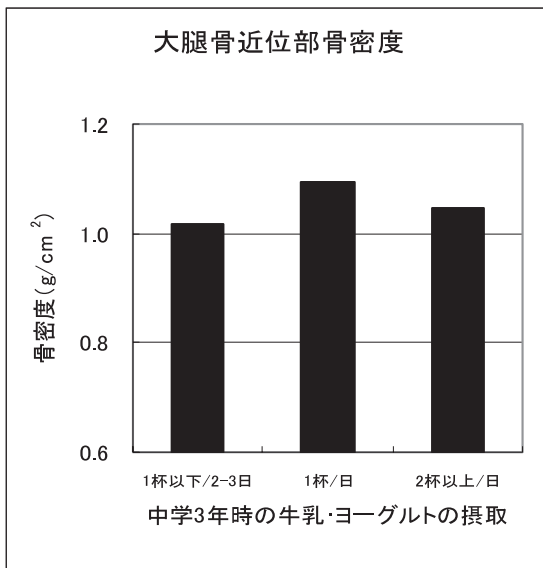
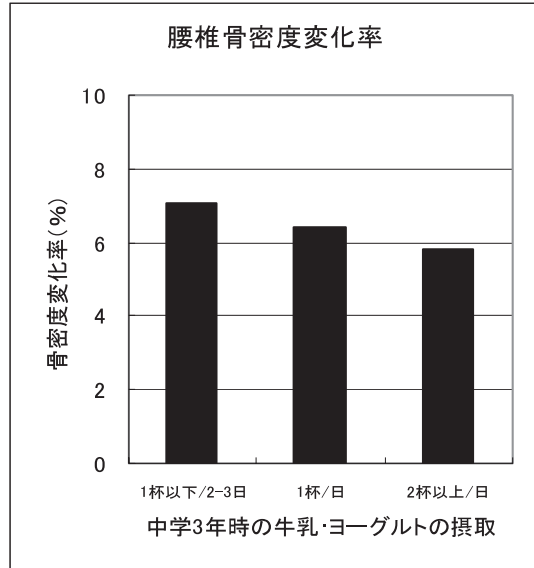
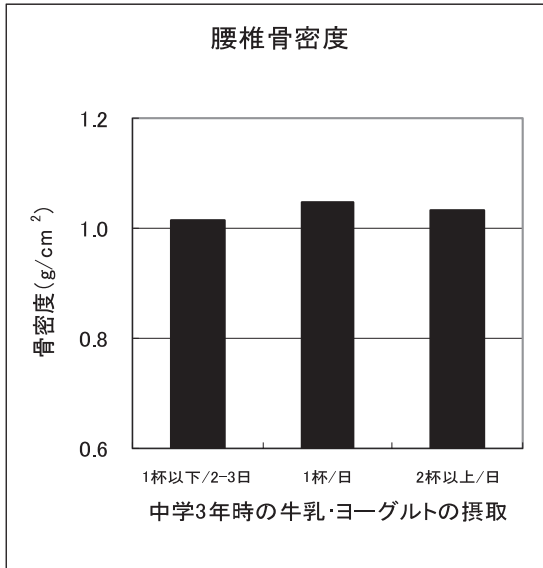


図16. 中学3年時の牛乳・ヨーグルト摂取別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(男子)

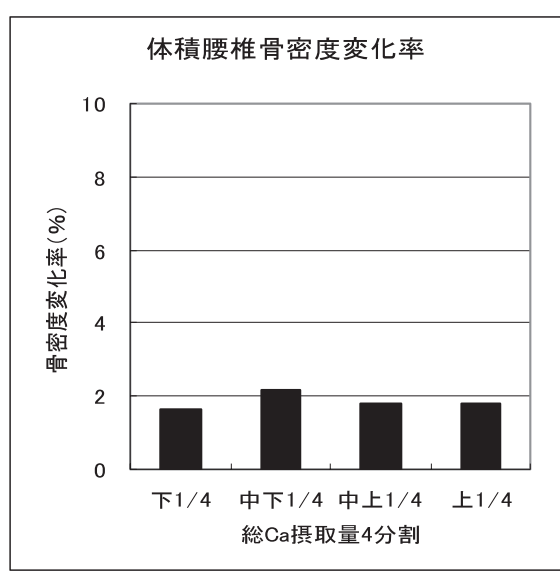
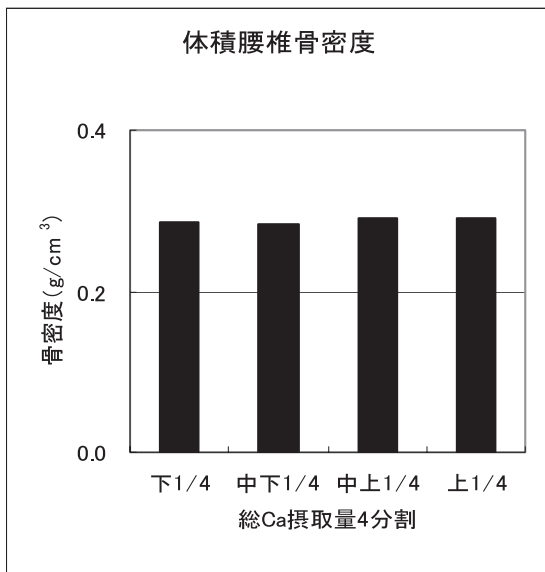
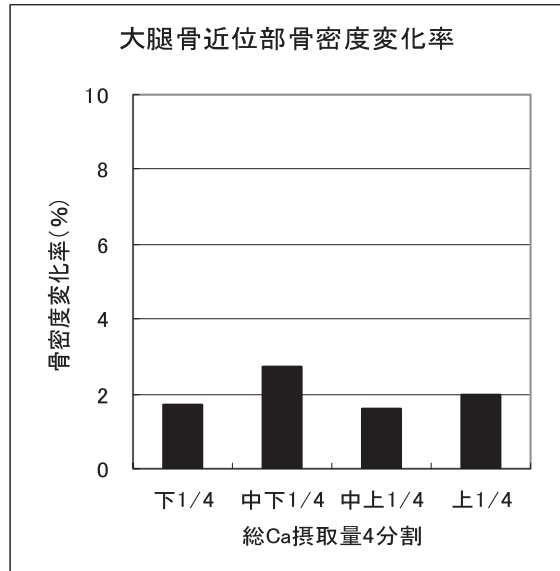
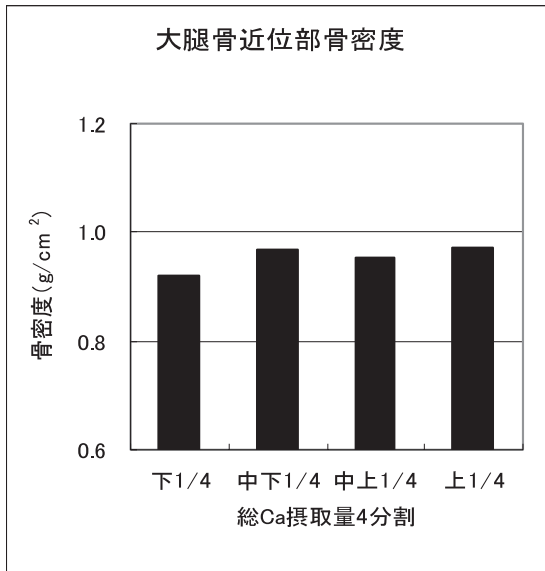
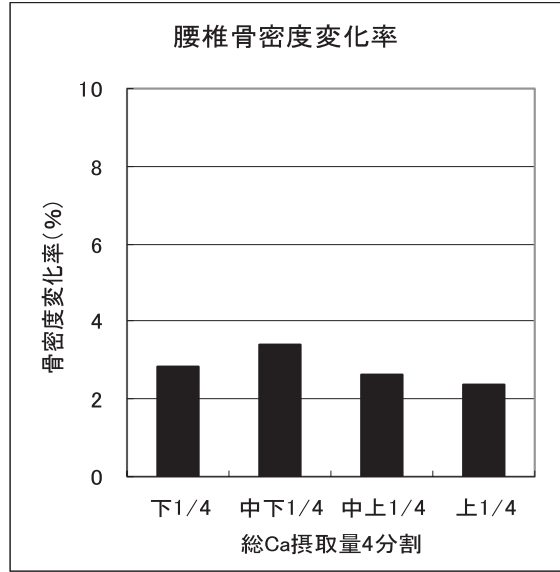
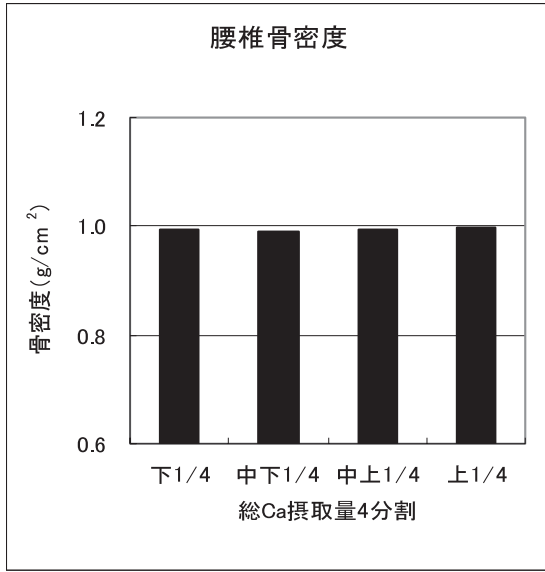


図17. 高校2年時の総カルシウム摂取量群別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)

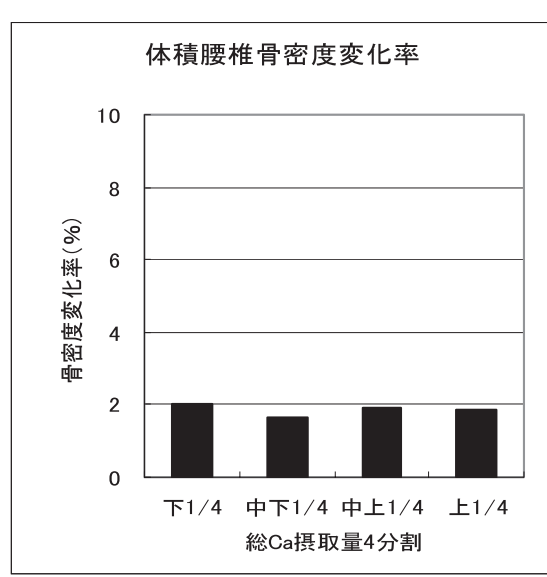
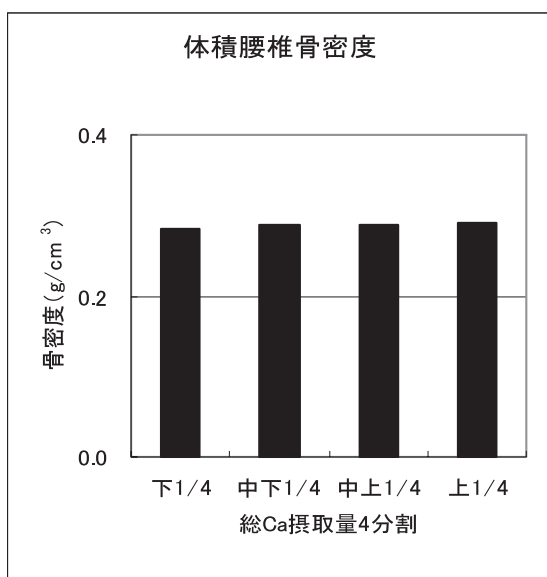
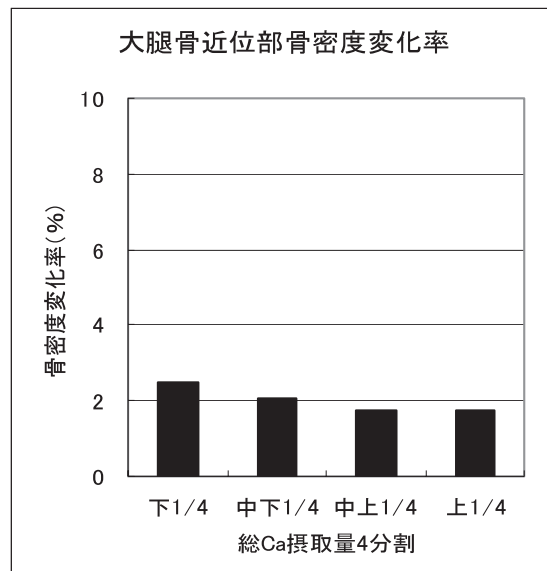
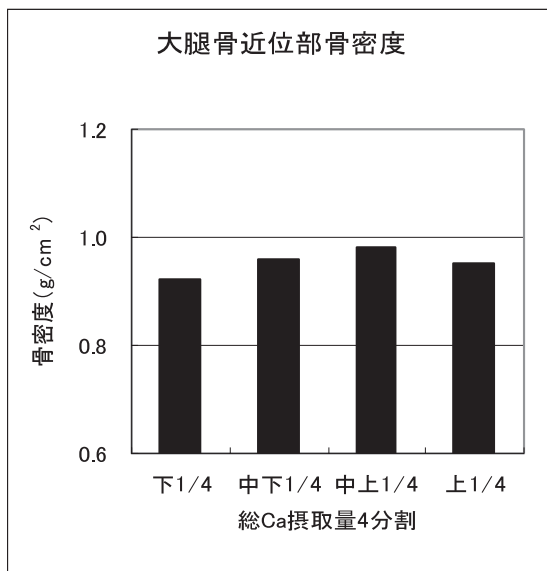
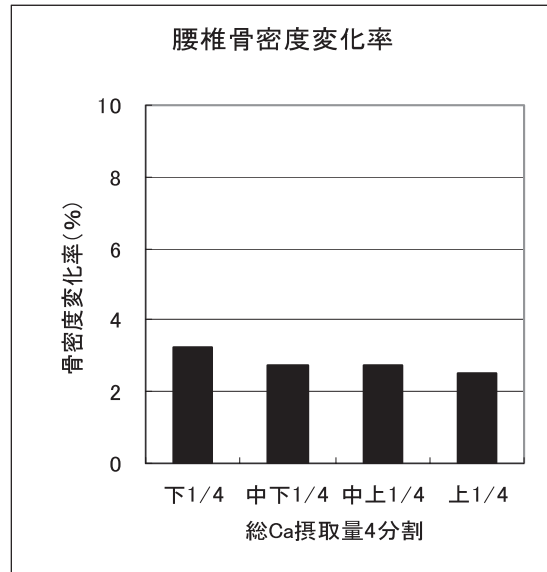
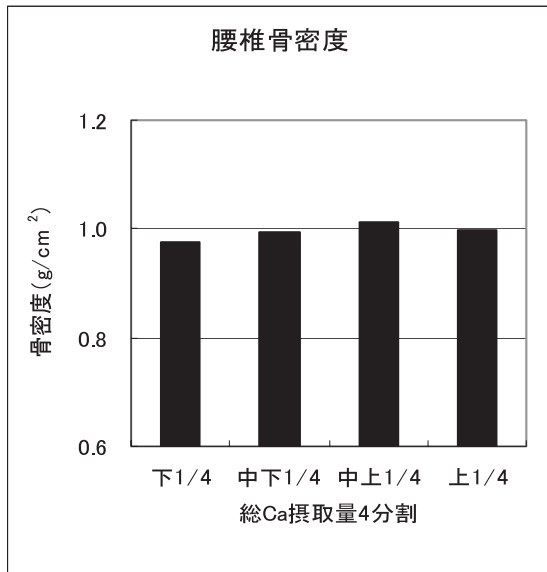


図18. 中学3年時の総カルシウム摂取量群別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)

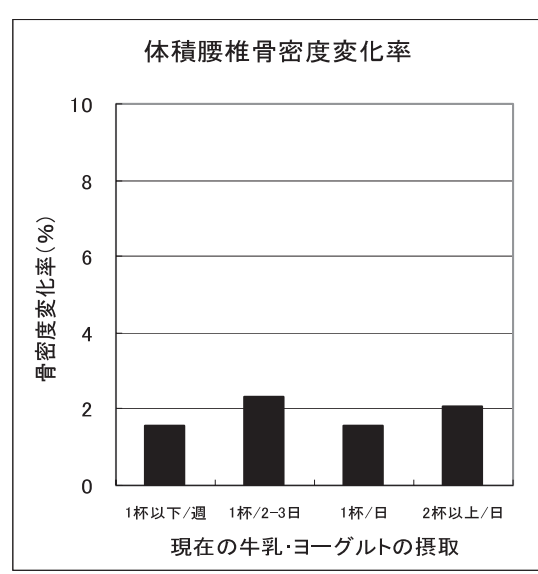
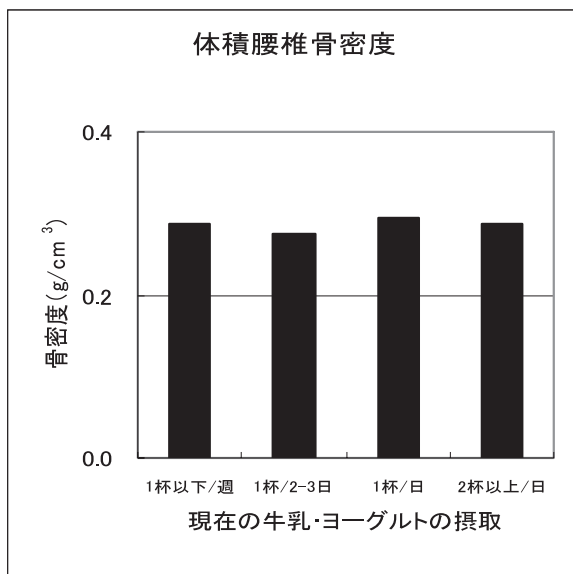
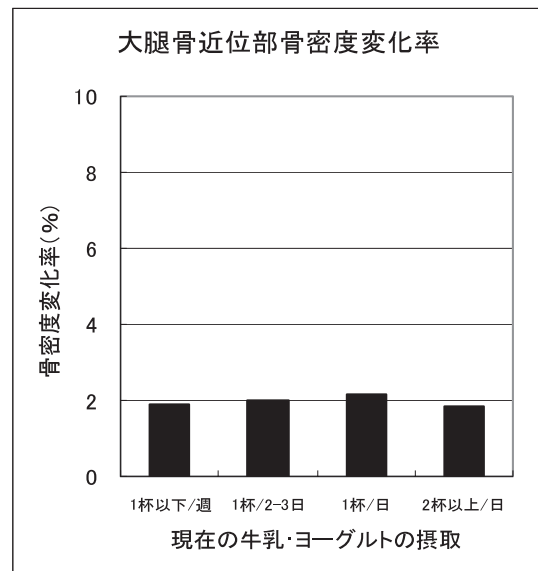
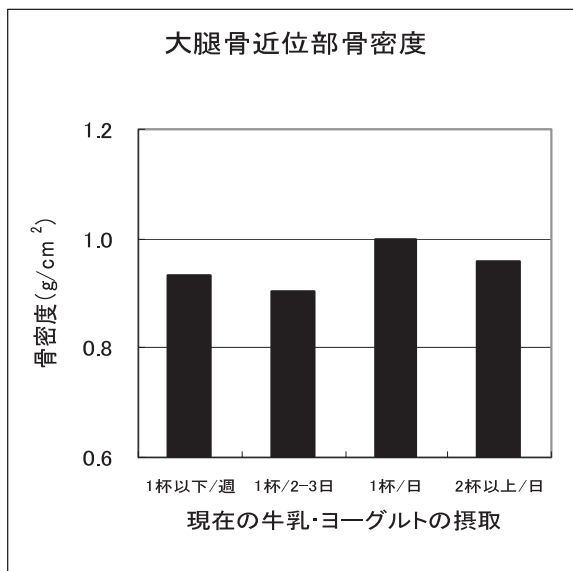
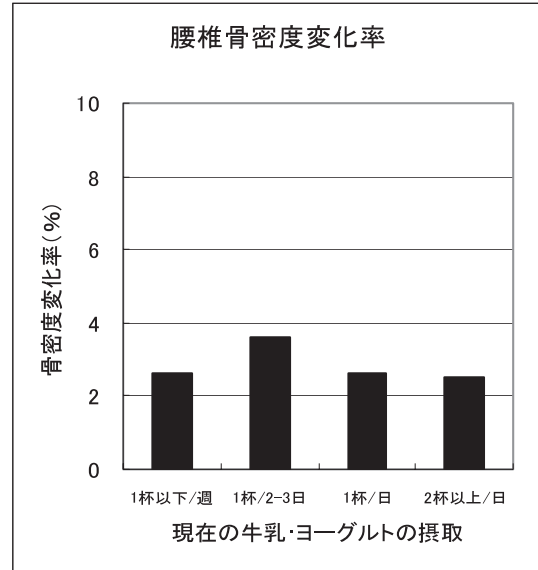
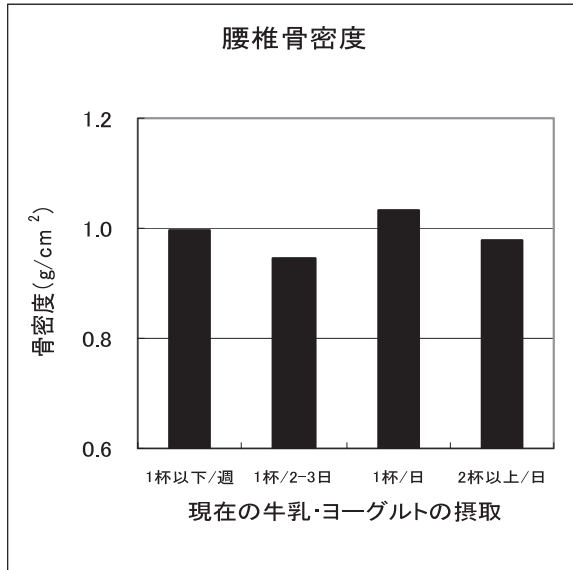


図19. 高校2年時の牛乳・ヨーグルト摂取別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)

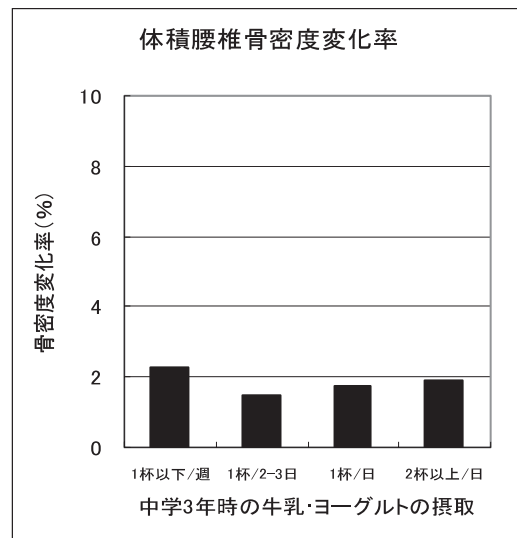
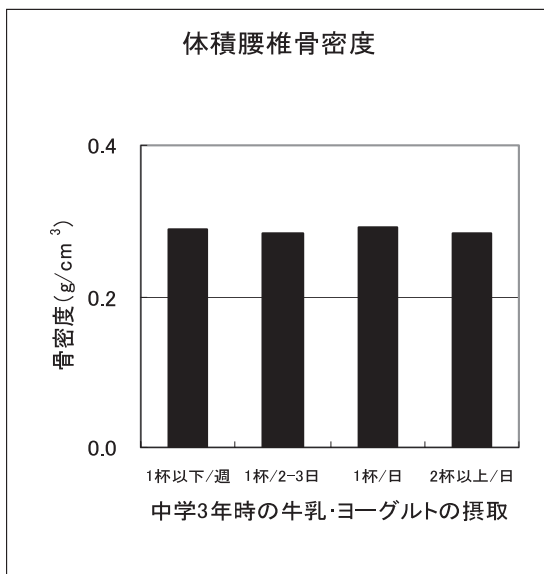
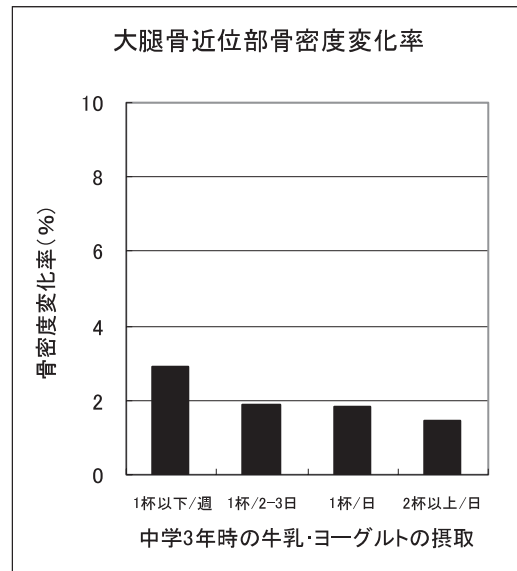
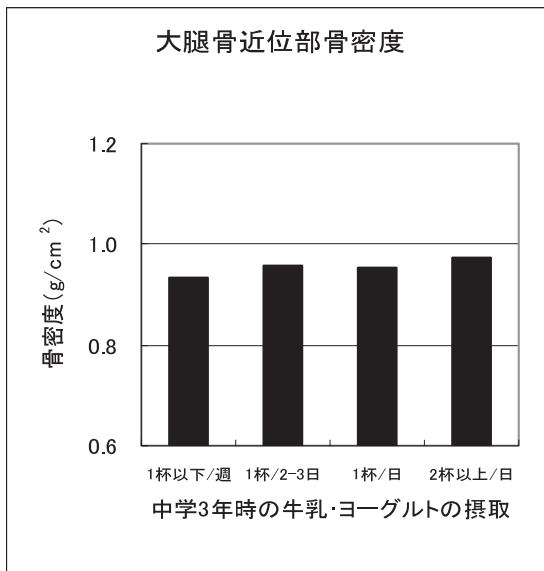
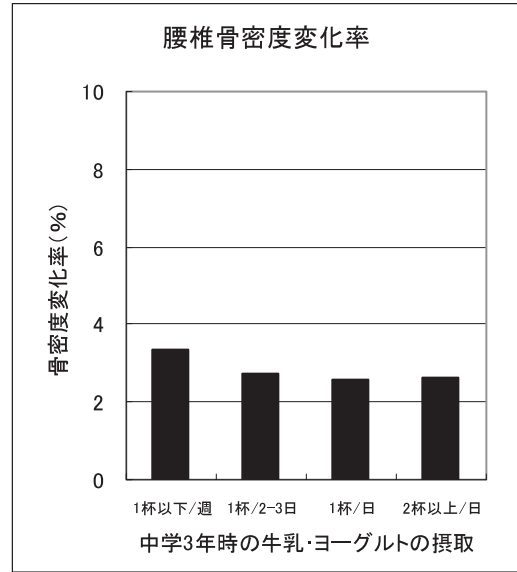
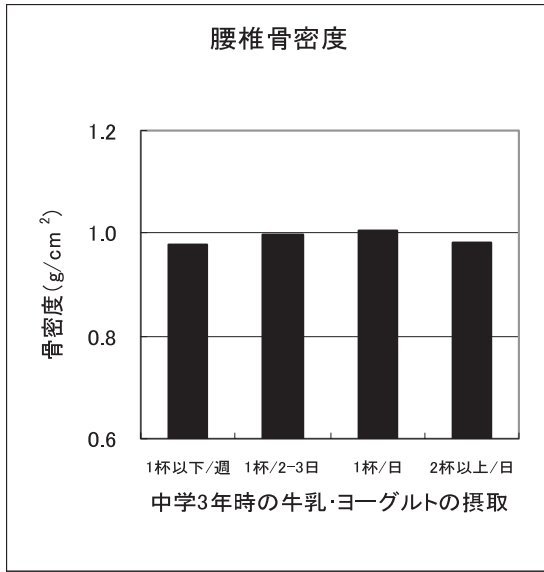


図20 . 中学3年時の牛乳・ヨーグルト摂取別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)

は骨密度が高い傾向がうかがわれ、カルシウムの摂取がこの時期の骨密度獲得に少なからず影響を及ぼしていると推測される。

今回の調査では、生徒のカルシウム摂取は平均値でみる限り必要量に達しておらず、女子において特に顕著であった。各学校とも学校給食がないことから、まず家庭での積極的なカルシウム摂取を促すことが必要である。カルシウムの摂取は乳製品による部分が多く、手軽に摂取できることから、牛乳や乳製品の積極的な活用が望まれる。この点からも今後は学校給食の導入や乳製品の積極的な摂取を促進するような取り組みが必要である。

[5] 第二性徴、体格、スポーツ活動、カルシウム摂取量の複合的要因と骨密度および骨密度変化

図21は、男子において体重および第二性徴の発来を調整したときの高校時代の運動部活動実施時間別（表6参照）に骨密度および骨密度年間変化率を示したものである。面積あたり的大腿骨骨密度に有意差が認められ、運動部活動時間が少ない群では有意に低い骨密度を示した。変化率に関して有意差は認められなかったが、活動時間が長い生徒で変化率が大きい傾向にあった。

図22は、女子において体重および第二性徴の発来を調整したときの高校時代の部活動実施時間別（表7参照）に骨密度および骨密度年間変化率を示したものである。女子においても面積あたり的大腿骨骨密度に有意差が認められ、運動部活動時間が少ない群では有意に低い骨密度を示した。変化率に関しては有意差が認められなかったが、活動時間が長い生徒で変化率が大きい傾向にあった。

このことから、高校生のこの時期におけるスポーツ活動は中学校期と同様に、骨密度を高めるために非常に重要な役割を担っていると考えられる。テレビゲーム等の室内での遊びが多くなり、塾通いで戸外での遊び時間が減少しているとの指摘もある。特に、女子では運動部加入者が少なく、日ごろの生活の時間で身体を動かす時間が非常に少ないことが予想される。スポーツする子どもとしない子どもの二極化傾向が指摘されたり、子ども達の体力の低下が指摘されるなど、将来の担い手である子ども達に非常に大きな問題が広がりを見せている。現在、文部科学省では総合型地域スポーツクラブの育成が行われており、学校、地域や家庭が互いに連携して子ども達のスポーツ活動を促進していく必要がある。

図23は、男子において体重、握力、第二性徴の発来を調整したときの高校2年時の総カルシウム摂取量群別（表8参照）に骨密度および骨密度年間変化率を示したものである。体積腰椎骨密度に関して有意差が認められ、カルシウム摂取量が中上位1/4の群で高い骨密度を示した。年間変化率では面積あたり的大腿骨骨密度に関して有意差が認められ、カルシウム摂取量が少ない群で変化率が高かった。

図24は、女子において体重、握力、第二性徴の発来を調整したときの高校2年時の総カルシウム摂取量群別（表9参照）に腰椎・大腿骨の骨密度および骨密度年間変化率を示したものである。すべての部位において骨密度および年間変化率とも有意差は認められなかった。しかし、大腿骨近

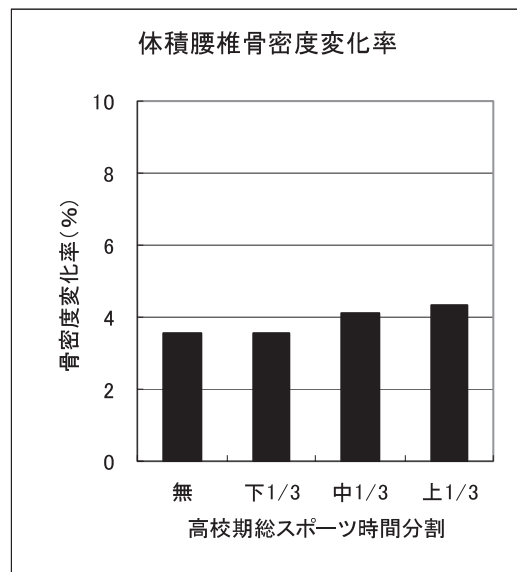
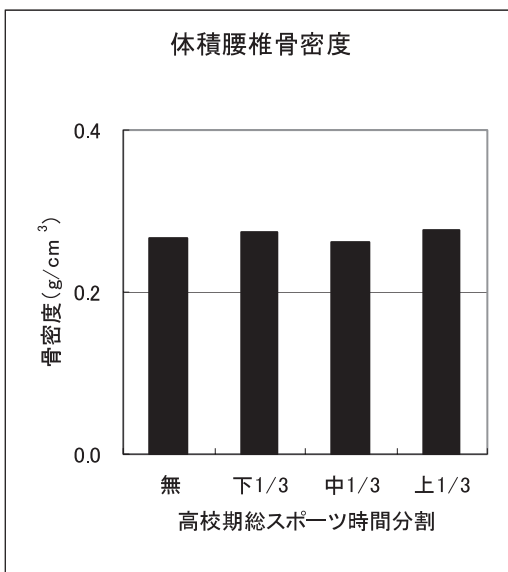
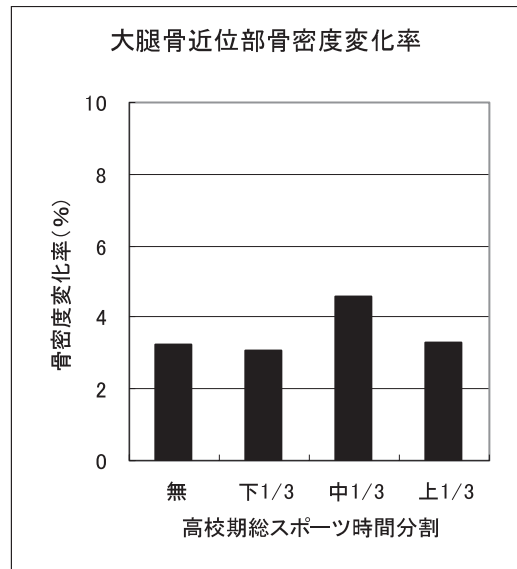
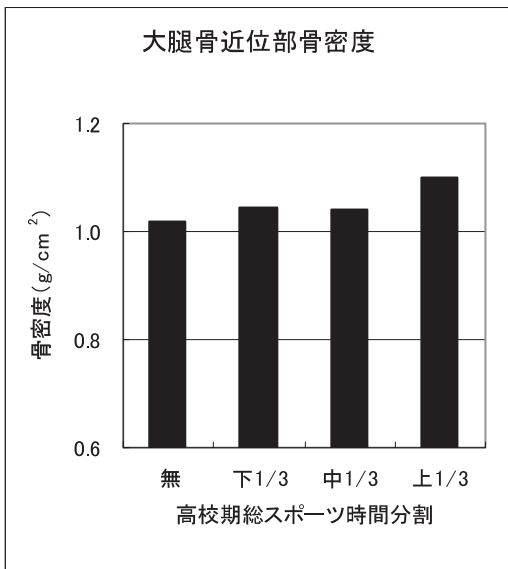
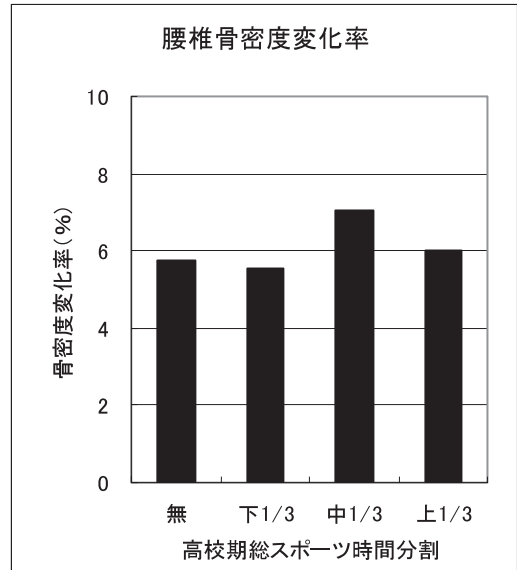
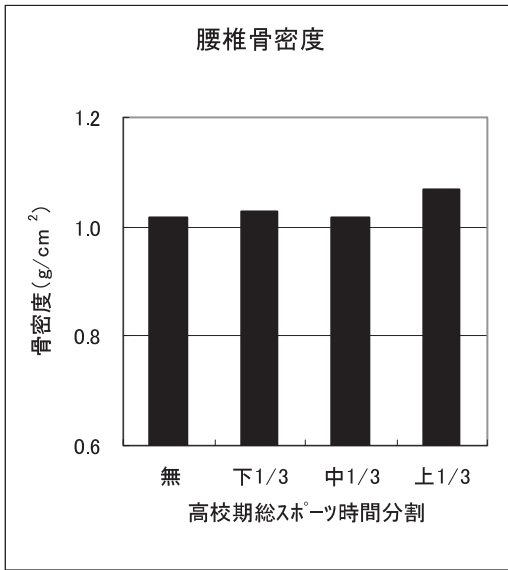


図21. 高校時代の総スポーツ実施時間別に見た骨密度及び年間骨密度変化率 (男子)
体重・第二次性徴で調整

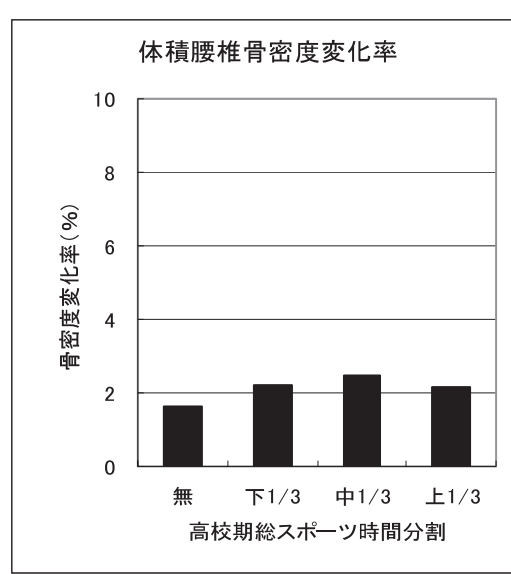
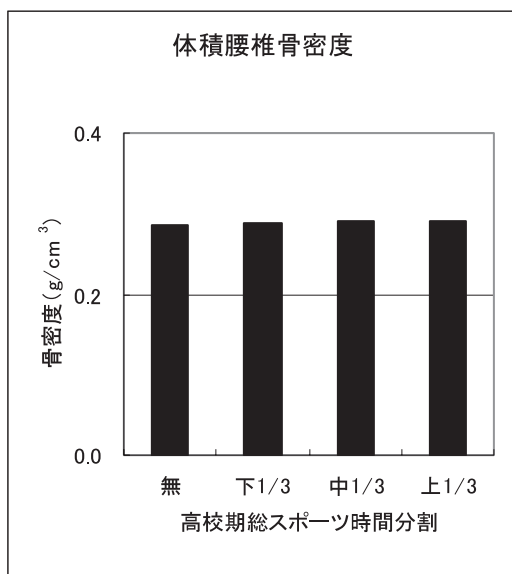
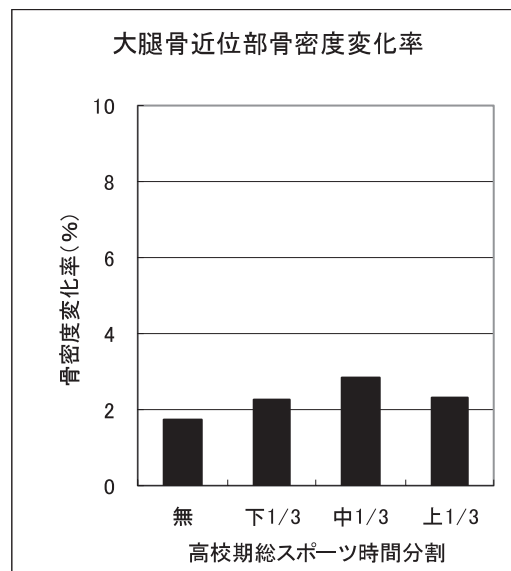
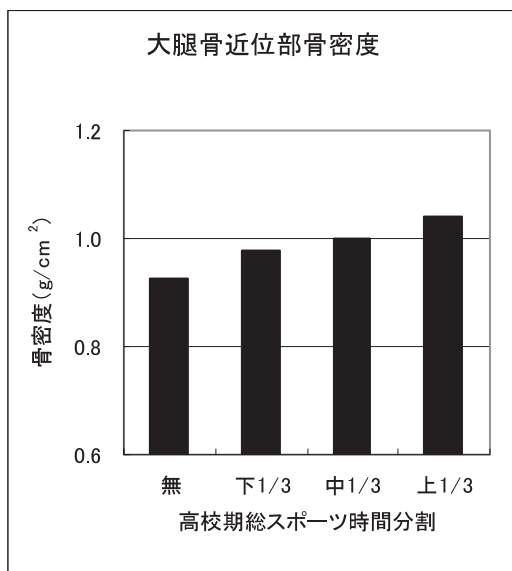
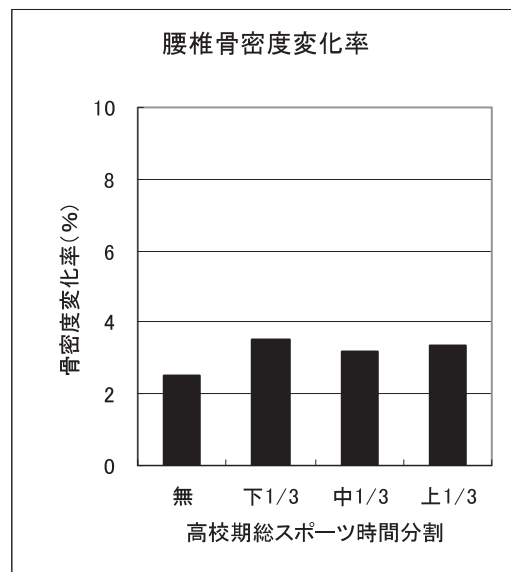
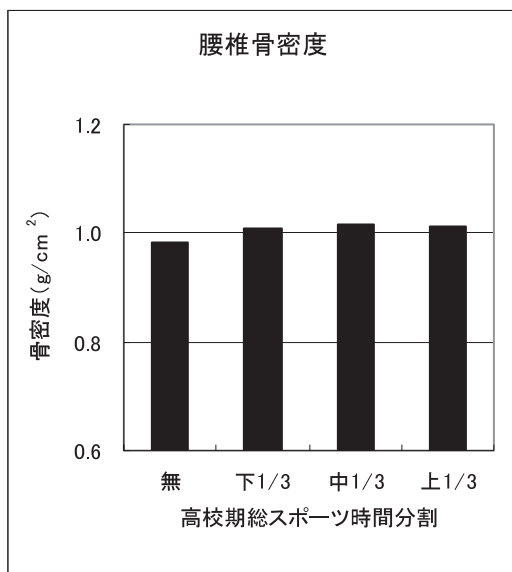


図22. 高校時代の総スポーツ実施時間別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)
体重・第二次性徴で調整

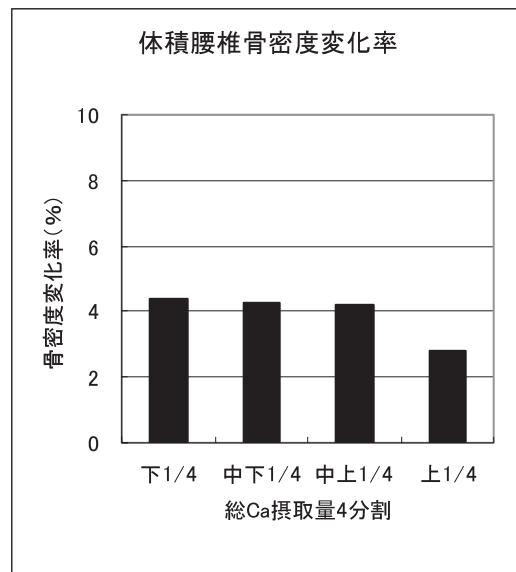
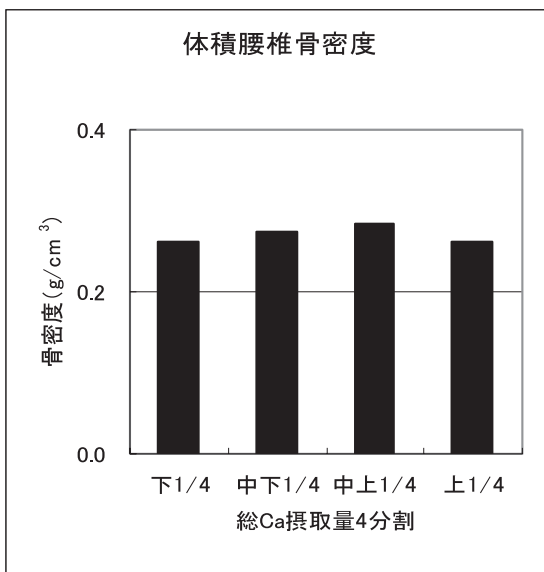
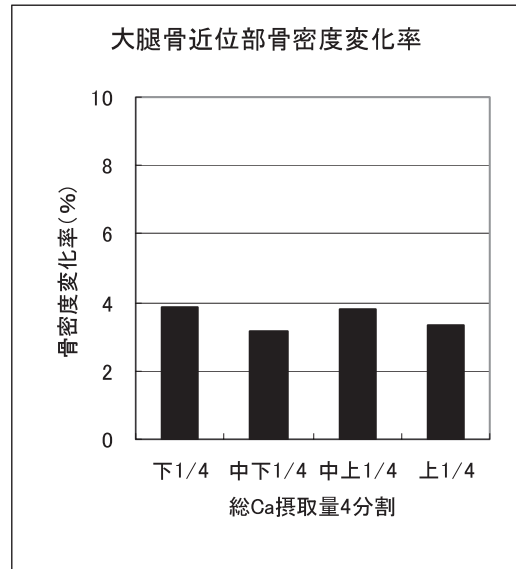
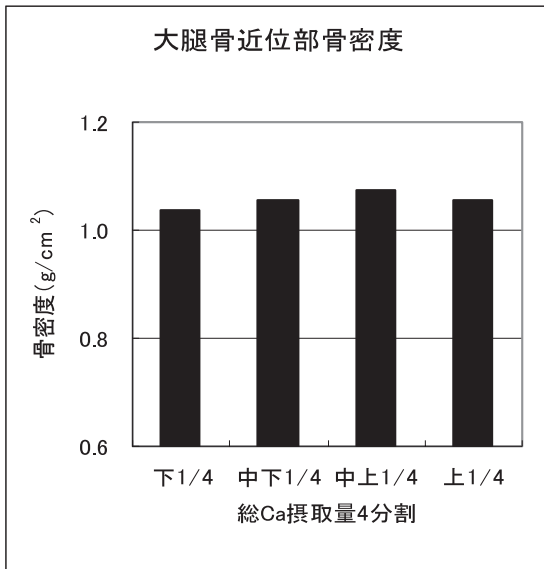
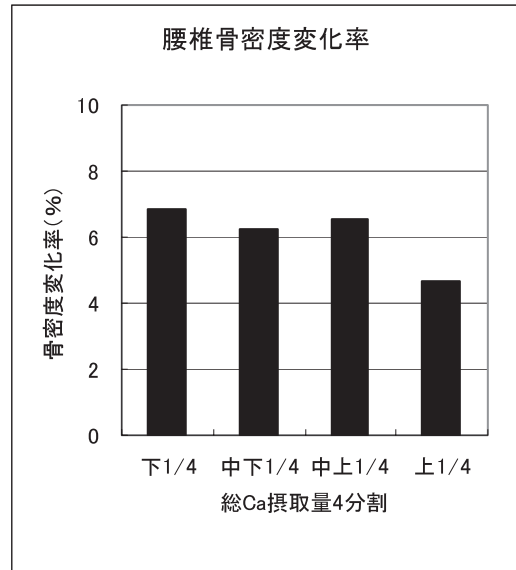
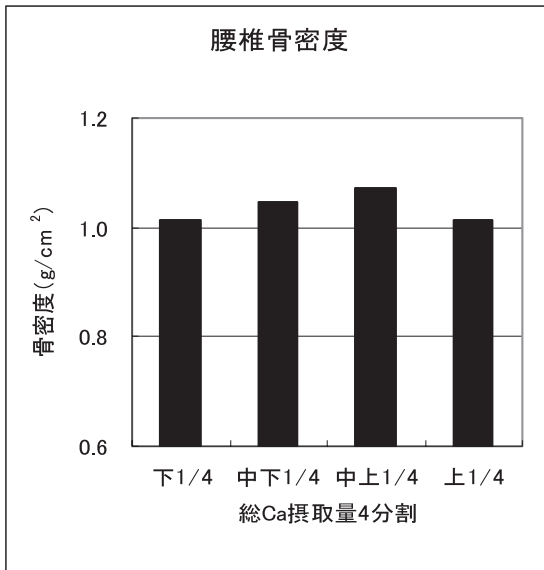


図23. 高校2年時の総カルシウム摂取量別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(男子)
体重・握力・第二次性徴で調整

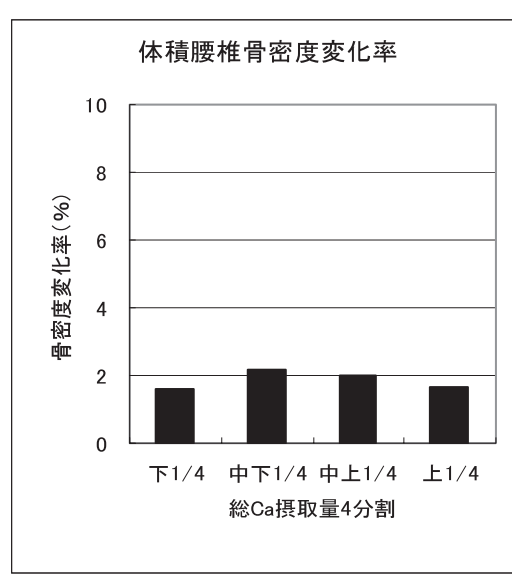
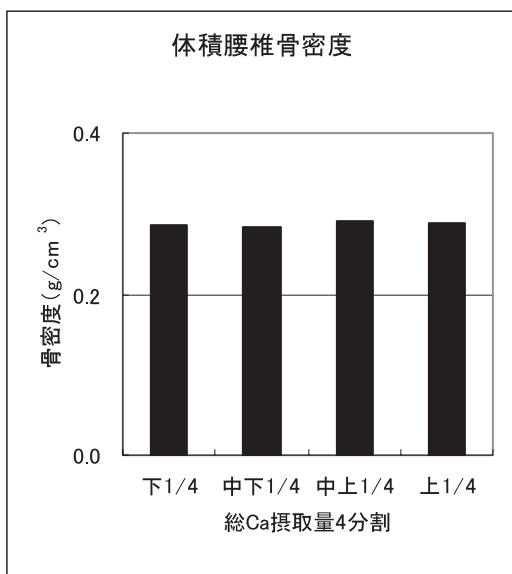
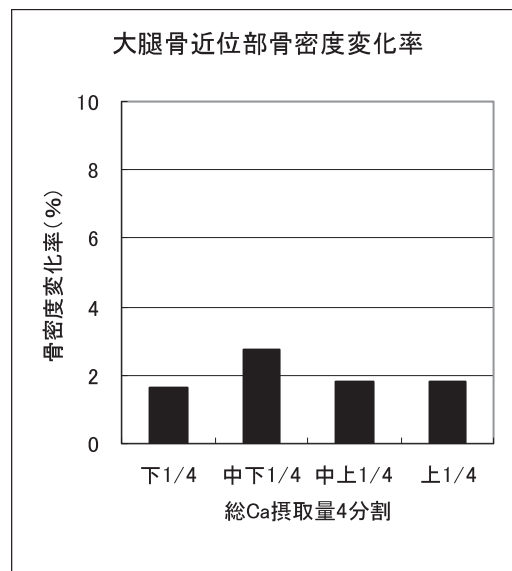
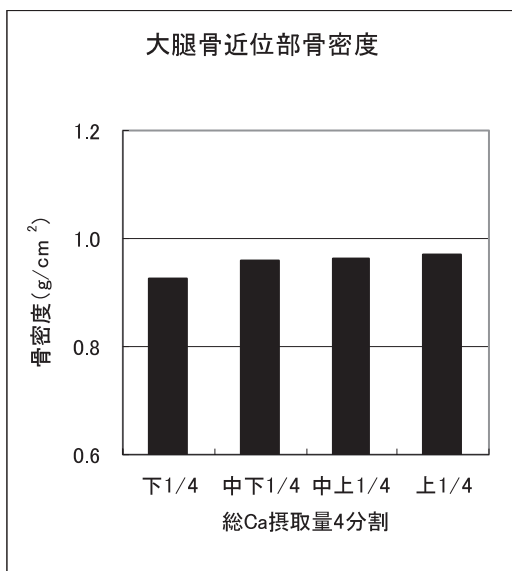
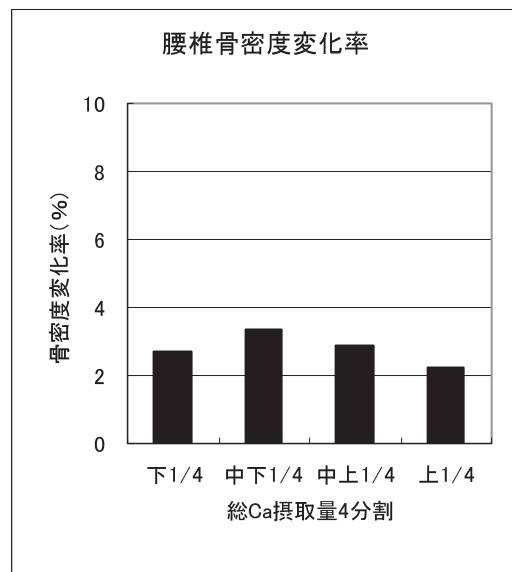
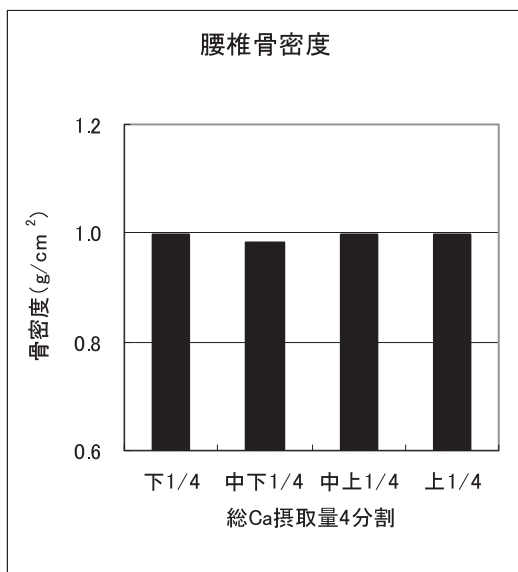


図24. 高校2年時の総カルシウム摂取量別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)
体重・握力・第二次性徴で調整

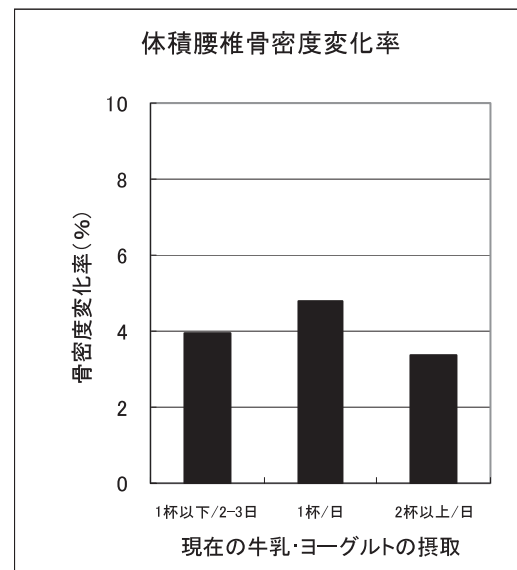
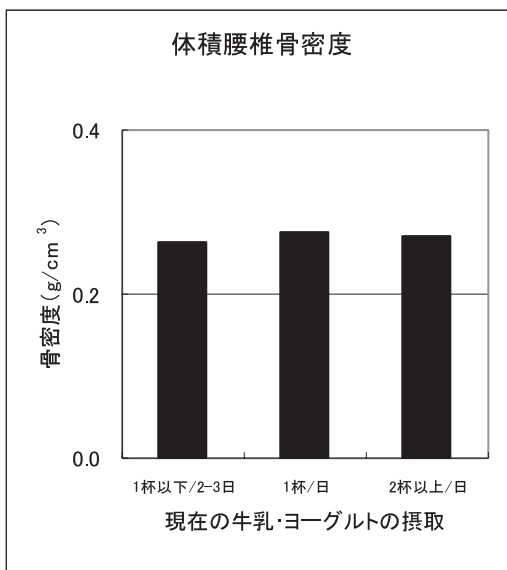
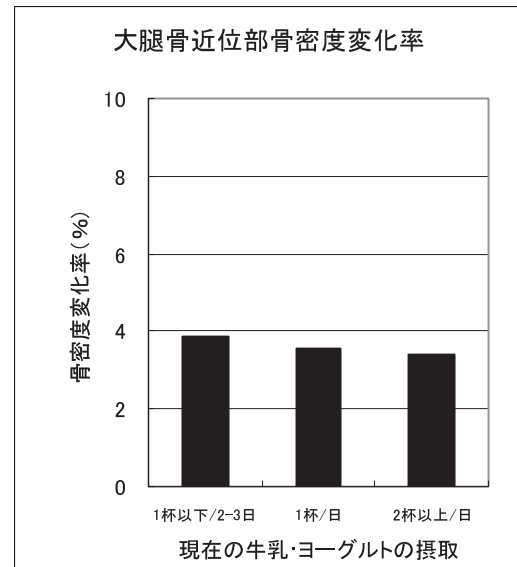
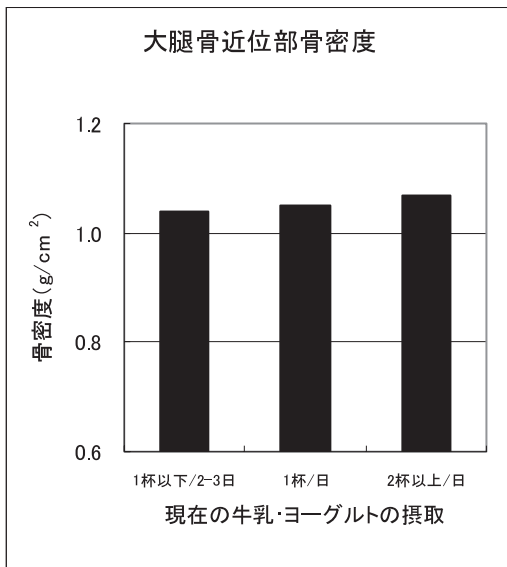
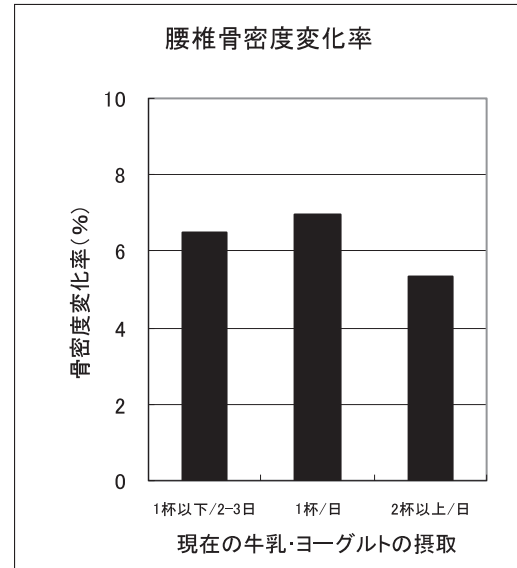
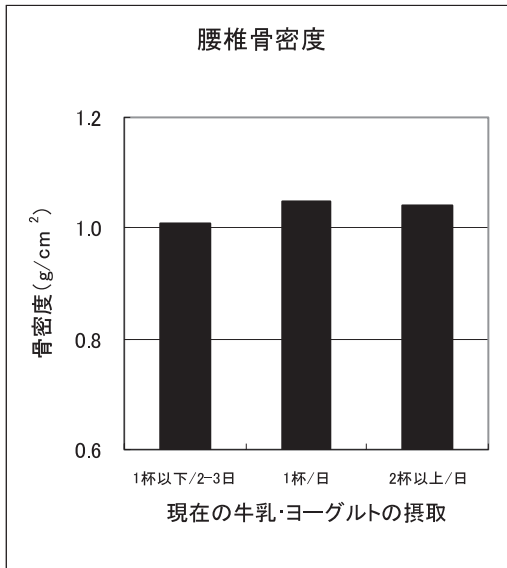


図25. 高校2年時の牛乳・乳製品摂取別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(男子)
体重・握力・第二次性徴で調整

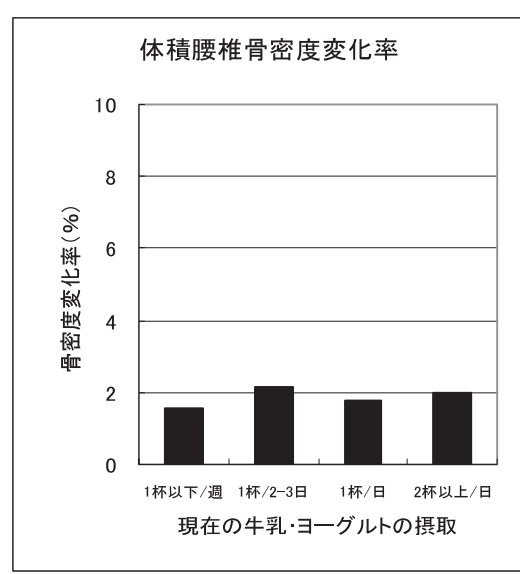
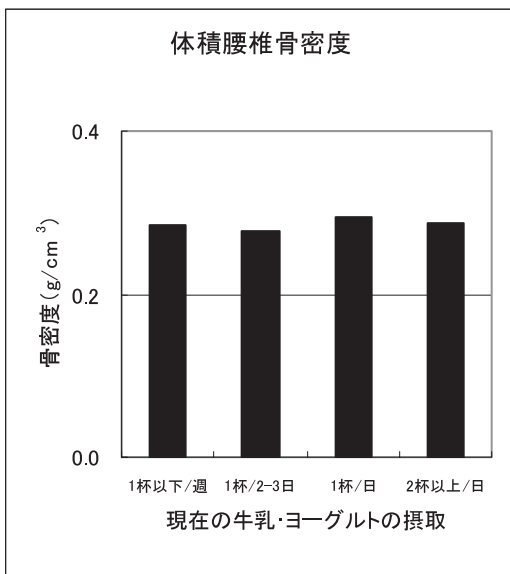
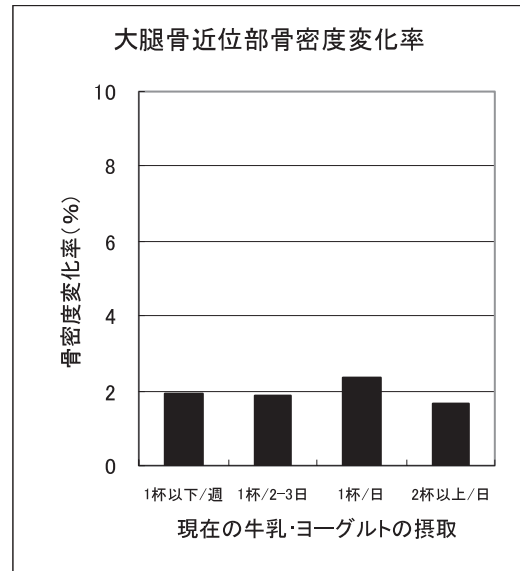
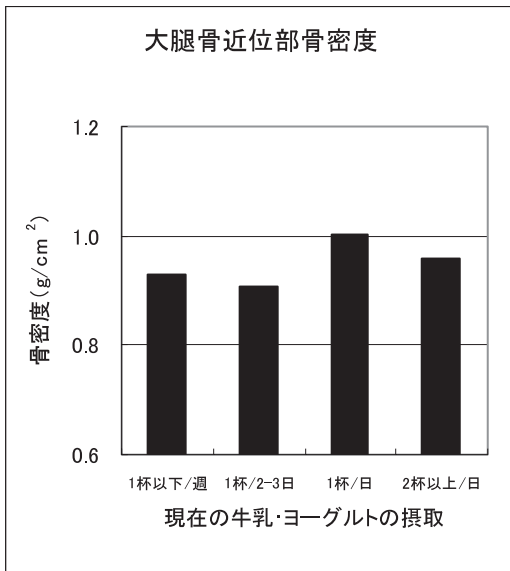
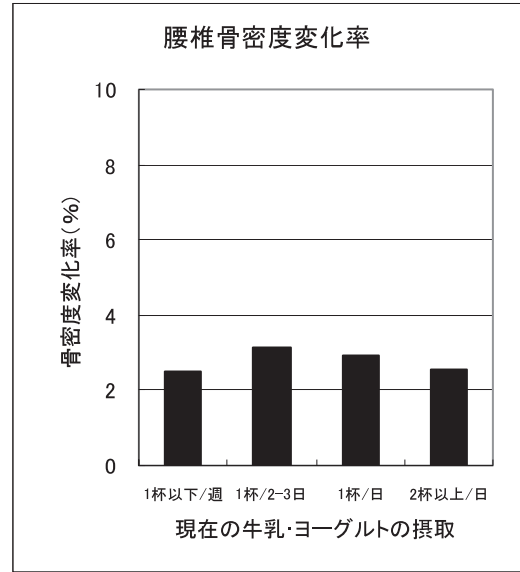
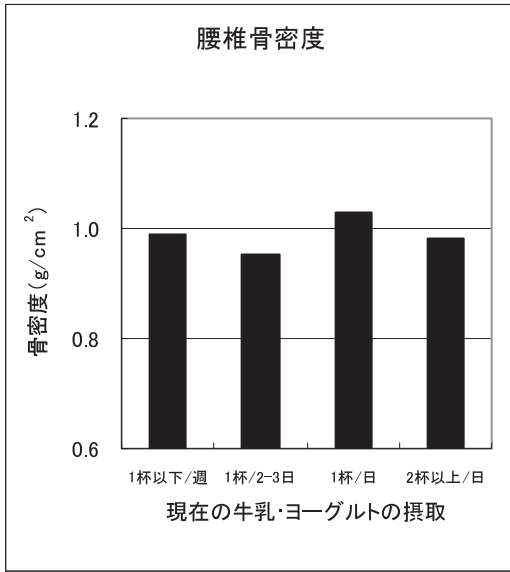


図26 . 高校2年時の牛乳・乳製品摂取別に見た骨密度及び年間骨密度変化率(女子)
体重・握力・第二次性徴で調整

位部骨密度では摂取量が最も少ない群で骨密度が低い傾向がうかがわれた。

図25は、男子において体重、握力、第二性徴の発来を調整したときの高校2年時の牛乳・ヨーグルト摂取量と骨密度および骨密度年間変化率の関係を示したものである。面積あたりの腰椎骨密度の変化率においてのみ有意差が認められ、1日に2杯以上の生徒において変化率が小さい傾向にあった。その他のすべての部位で統計的有意差は認められなかったが、骨密度に関しては2-3日に1杯以下の摂取群では骨密度が小さい傾向がうかがわれた。

図26は、女子において体重、握力、第二性徴の発来を調整したときの高校2年時の牛乳・ヨーグルト摂取量と骨密度および骨密度年間変化率の関係を示したものである。骨密度に関しては面積あたりの腰椎及び大腿骨骨密度において1日1杯摂取している群で2-3日に1杯あるいは週に1杯以下の群よりも有意に高い骨密度が認められた。骨密度変化率に関しては有意差が認められなかった。

以上のことから、カルシウム摂取と骨密度の関係については顕著な傾向は認められなかった。しかし、部分的に見られた傾向から、骨密度が大きく増加するこの時期のカルシウム摂取は、骨を作る原材料として非常に重要な役割を担っていると考えられる。総カルシウム摂取量は平均値で見ると限り中学3年時に比較して減少しており（図29）、高校生になるとカルシウム摂取量は減少する可能性が示唆される。学校において給食がない現状では、家庭でのカルシウム摂取、特に牛乳、乳製品の摂取量を増やすことが重要である。

また、学校での栄養指導や牛乳の自動販売機の設置など、カルシウム摂取を促進するような対策も必要であろう。

4. 高校生における体格・ライフスタイルの現状

[1] 体格の変化とダイエット経験

図26は、現在の体格に対する意識をみたものである。本研究の対象者は全体的にやせ傾向にあるものの、女子では「太っている」あるいは「太り気味」と思っている生徒が4割程度見られ、さらに約半数の生徒は「標準的」と回答していた。特に、女子において体格に対する意識と実際の体重との間にズレが見られた。

図27は、ダイエット経験者の割合を示している。男子では非常に少ないが、女子では約1/4の生徒が中学・高校時にダイエット経験を有していた。また、ダイエット経験者の約1/4の生徒は生理に変化（不順、回数の減少、量の減少）があったと回答していた。ダイエット開始時期は主に中学校期に入ってからであることから、中学校期からの教育が重要である。

本調査からも体重が重い生徒において高い骨密度を示し、体重増加が大きな生徒では増加率が高い傾向が見られ、体重は骨密度の獲得に重要な影響を及ぼしていると考えられた。10歳代及び20歳

代のやせ志向が指摘され、ダイエットの低年齢化が問題視されており、中学校期から高校期における家庭や学校での健康教育の充実が求められる。また、テレビや雑誌を通じた興味本位の情報発信も子ども達のやせ志向、ダイエット志向に影響を及ぼしていると考えられ、この点についての対応も必要であろう。今後、女子においては骨密度の変化率が徐々に縮小していくものと推測され、中学生から高校生にかけてのこの時期に如何に骨密度を高めておくかが非常に重要になると思われ、適切な体重管理が必要である。

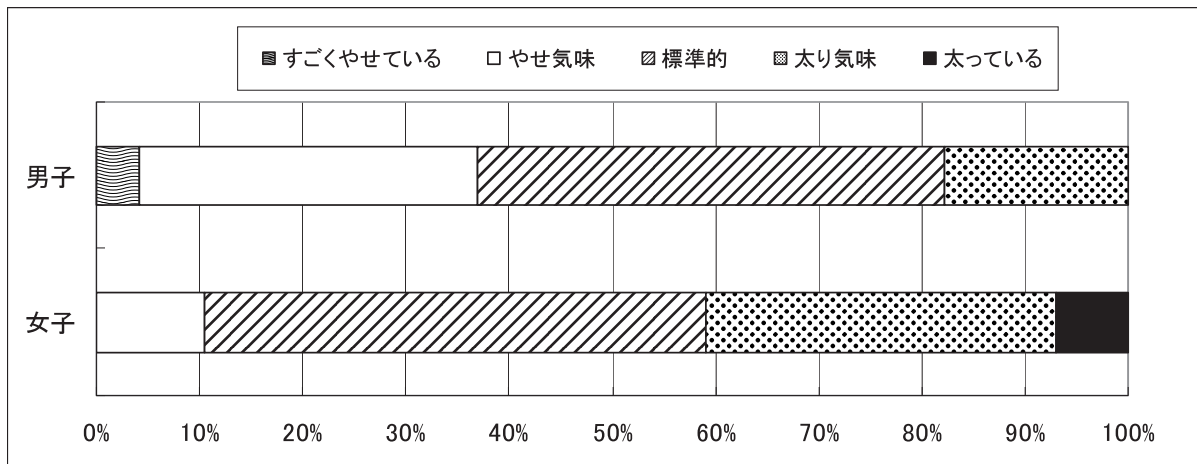


図26. 現在の体格に対する意識

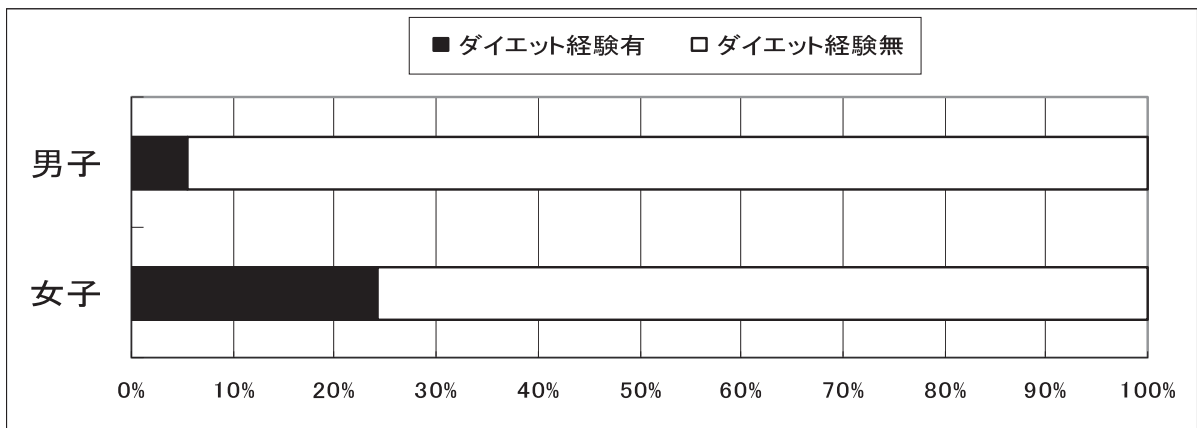


図27. ダイエット経験者の割合

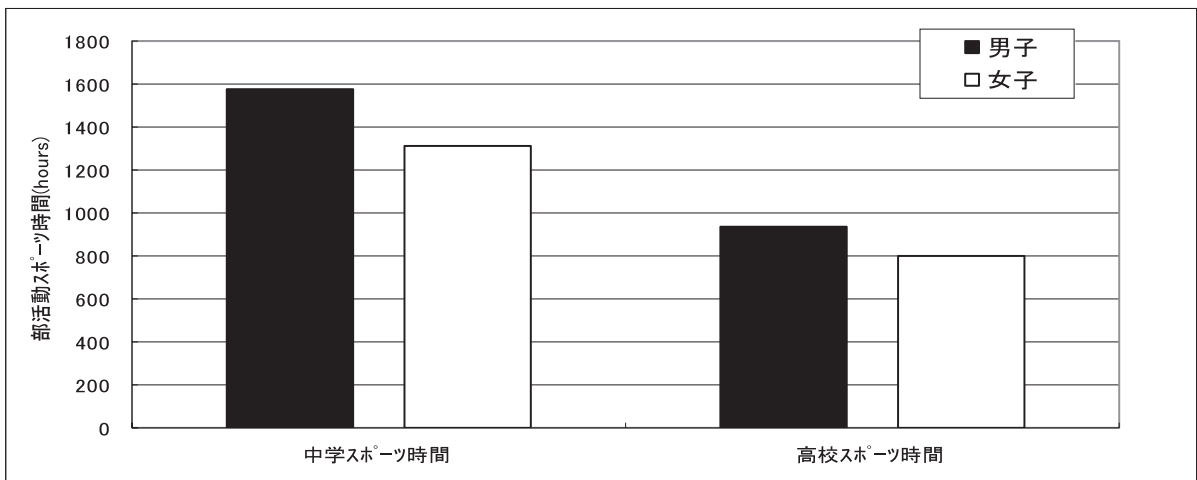


図28. 高校時代の部活・スポーツ実施時間

[2] スポーツ活動時間

図28は、高校期及び中学期において学校運動部に加入していた生徒の部活動総時間の性別の平均値を示している。殆どの生徒においてこの時期のスポーツ活動は部活動での活動であった。平均値で見ると、中学校では男子が過当たり10.1時間、女子が過当たり8.4時間の活動を行っており、高校では男子が過当たり14.3時間、女子が過当たり12.3時間の活動であった。特に、男子では活動無の生徒は非常に少なかったが、女子では約2/3の生徒がこの時期に部活動を行っていなかった。

本調査結果からも、この時期のスポーツ活動は骨密度に重要な影響を及ぼしていた。また、発育・発達から考えてもこの時期のスポーツ活動は子ども達の成長に重要な意味を持っている。今後、さらにスポーツ活動者の割合は低下することが懸念されることから、地域も含めた幅広い視点で子ども達のスポーツ環境を整備していく必要がある。また、学校においても部活動に所属していない生徒に対して、自由にスポーツができる機会を提供するなど、積極的な働きかけが必要である。

[3] 牛乳摂取状況およびカルシウム摂取量

図29は、性別に中学3年時及び高校2年時の平均総カルシウム摂取量を示したものである。男女ともカルシウム摂取量は中学期に比較して減少する傾向にある。また、女子では平均値で見ると所要量に達していなかった。

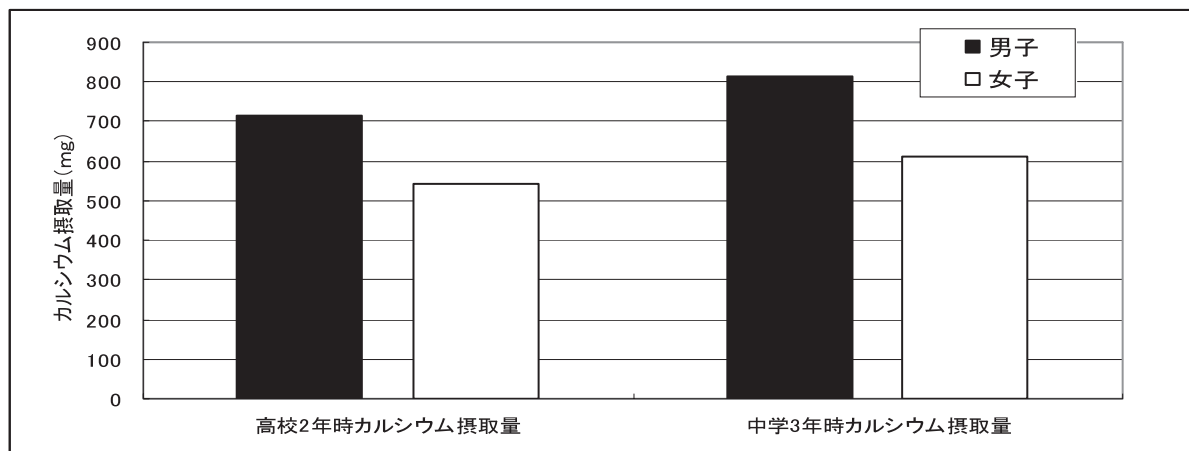


図29 . Ca摂取量

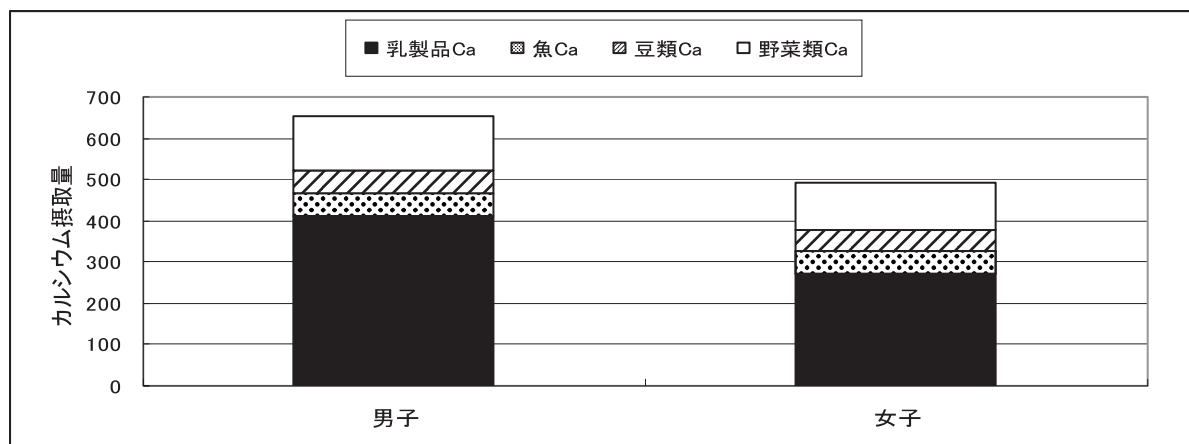


図30 . 総Ca摂取状況

図30は、総カルシウム摂取量のうち、乳製品、小魚、野菜類および豆類からのカルシウム摂取量を示したものである。男子・女子ともカルシウムの摂取の半分以上は牛乳や乳製品から摂取していた。

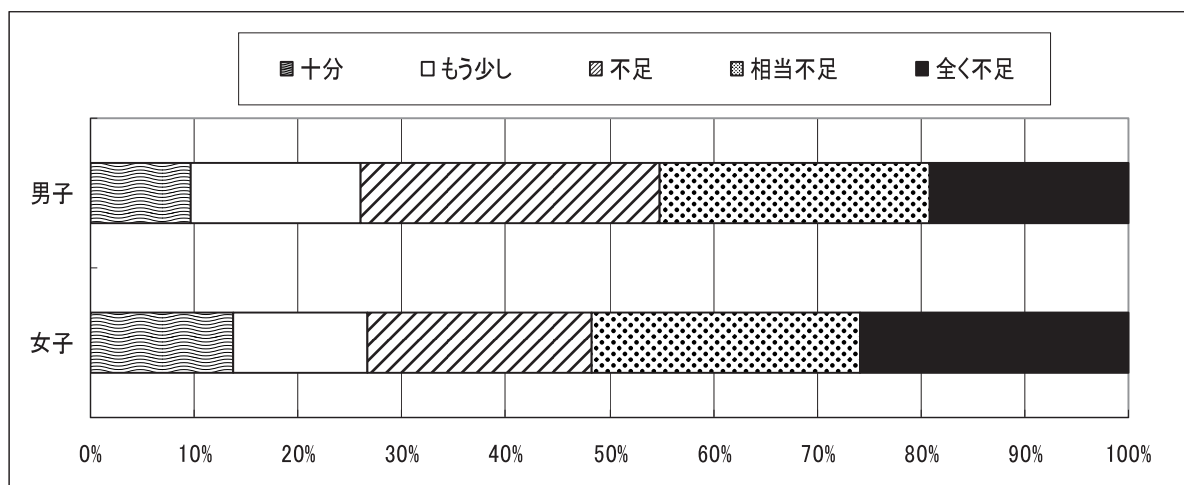


図31 . Ca充足状況

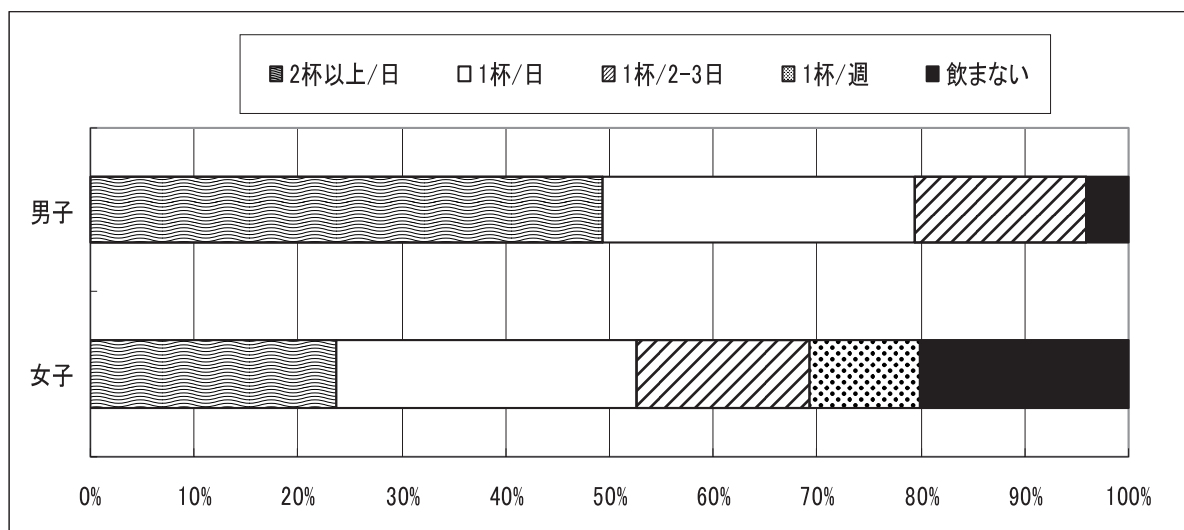


図32 . 高校2年時の牛乳・乳製品の摂取状況

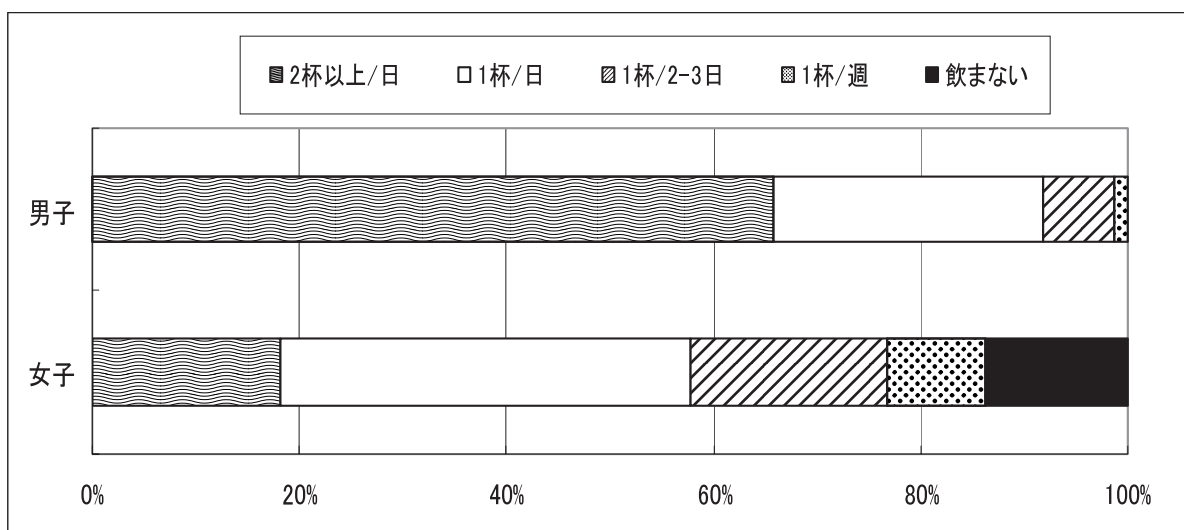


図33 . 中学3年時の牛乳・乳製品の摂取状況

図31は、カルシウム充足状況を見たものである（男子850mg、女子：650mgを推奨量として充足率を算出、十分：120%以上、もう少し：100%以上-120%未満、不足：80%以上-100%未満、相当不足：60%以上-80%未満、全く不足：60%未満）。男女とも充足率が100%以上の生徒が約1/4見られたが、半数近くの生徒は充足率が80%未満でカルシウム不足の状態であった。女子では充足率が60%未満の生徒が約1/4認められ、カルシウム不足の状態が深刻であった。

図32及び図33は、現在（高校2年生時）の牛乳・ヨーグルト摂取状況と中学3年生時の牛乳・ヨーグルト摂取状況とを比較したものである。男子では1日に2杯以上牛乳や乳製品を摂取する者は減少傾向にあった。女子では若干の増加が見られたが、全く飲まないとの回答が増加していた。女子生徒においては高校2年生の現在、1日1杯以上牛乳を飲んでいる生徒は約5割であり、ほとんど牛乳や乳製品を飲まない生徒や週に1杯しか牛乳を飲んでいない生徒が約3割見られた。

以上のことから、女子高校生ではカルシウムの摂取量が少なく、カルシウム不足は深刻な状況であり、積極的なカルシウム摂取が必要である。しかし、女子ではカルシウム摂取量の半分近くを占める牛乳や乳製品の摂取が少なくさらなる増加が求められる。日頃からジュース類の代わりに牛乳を飲むように指導し、最低でも1日にコップ1杯の牛乳を飲むような習慣をつけることが大切である。そのためには家庭でいつでも牛乳を飲めるように、冷蔵庫に牛乳を冷やしておくなどの環境作りも非常に重要であり、家庭や学校での積極的な牛乳摂取が求められる。

・調査結果のまとめ

本調査は、京都市の中高一貫教育の私立高校の高校2年生を対象に実施し、321名（男子：128名、女子：193名）について骨量測定、身体計測、ライフスタイル調査およびカルシウム摂取量調査を行った。その内、病気等による服薬などの原因により骨密度が低いと考えられる生徒および追跡が行えなかった生徒を分析から除外し、中学1年から4年間の追跡を実施できた189名（男子：73名、女子：116名）について分析を行った。

1．基本的特性

- [1] 追跡率は全体で55.5%と低かったものの、受診者全員と追跡受診者の初回調査時の体格、握力及び骨密度に大きな違いは認められず、追跡受診者は対象者全員の特性をよく保持していた。

2．骨密度とその変化

- [1] 男女とも各部位の骨密度は中学1年生から高校2年生にかけて増加していた。中学1年生から高校2年生の4年間における年間変化率は、男子で面積あたりの腰椎骨密度8.9%、大腿骨骨密度6.3%、体積腰椎骨密度4.3%、女子では面積あたりの腰椎骨密度4.6%、大腿骨骨密度3.8%、体積腰椎骨密度2.6%であった。この時期で見ると女子の増加率が小さく、女子では骨成長のピークを過ぎたことが推測される。また、男子でも中学3年生から高校2年生にかけての変化率は、中学1年生から3年生にかけての変化率よりも小さくなっており、小学校高学年から中学校期に重点的な対策の必要性が示唆される。成人の骨密度と比較してみると、腰椎では男子生徒が98.4%、女子生徒では96.4%であり、大腿骨近位部では男子が110.0%、女子が107.7%であった。男女とも腰椎よりも大腿骨において成人の値を示していた。
- [2] 骨密度の評価の結果、腰椎および大腿骨近位部において「かなり低め」と判定された生徒はいなかった、「やや低め」と判定された生徒は男女とも約2割を占めていた。
- [3] 年間骨密度変化率の評価では、腰椎および大腿骨近位部において男子の7割以上の生徒が上昇傾向を示したが、女子において腰椎に「変化無あるいは低下」という生徒が4割も見られた。

3．骨密度を高くする要因、低くする要因

- [1] 男子・女子とも第二性徴の発来が早い生徒において骨密度が高い傾向を示した。また、骨密度変化率では第二性徴が遅い生徒で変化率が高い傾向にあった。中学校期に比較して第二性徴の影響は徐々に少なくなっているが、第二性徴の発来はこの時期においても骨密度の増加に対して重要な影響を及ぼしていると考えられる。女子においては第二性徴の発来が早い生徒は増加率が小さく、今後その変化率はさらに縮小していくことが予想される。このことから特に、小学校高学年から中学校期にかけて適度な運動を行い、規則正しい生活を送るよ

うに心がけ、十分に骨密度を高めておく必要があると考えられる。

- [2] 男子女子ともに体重が重い生徒ほど骨密度が高い傾向を示した。変化率に関しては各部位で有意差は見られなかったが、女子生徒では体重が軽い生徒ほど骨密度変化率が小さい傾向がうかがわれた。
- [3] 体重変化と骨密度の関係について、男子では顕著な関係は見られなかった。しかし、女子では体重の減少が見られたもので変化率が小さい傾向が見られ、体重が骨密度に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。若者のやせ志向が指摘されており、本研究でもやせ体型にあったことから、この時期のダイエットは慎むべきである。
- [4] 高校期の運動部活動及び中学校期の運動部活動時間が多い生徒ほど骨密度が高かった。この時期のスポーツ活動が骨密度の増加に重要な影響を及ぼしていることが明らかとなり、この時期に積極的にスポーツ活動を行うことがすすめられる。女子では高校期に約2/3の生徒が運動部に所属していなかった。
- [6] カルシウム摂取量の骨密度および骨密度変化に及ぼす影響は、スポーツ実施や第二性徴、体重変化に比較し顕著な傾向を示さなかった。これは、カルシウムの摂取量の推定が非常に難しいことも影響していると思われる。しかしながら、部分的にはあるがカルシウム摂取量が多い生徒では骨密度が高い傾向がうかがわれ、カルシウムの摂取がこの時期の骨密度獲得に少なからず影響を及ぼしていると推測された。生徒のカルシウム摂取量は平均値でみるかぎり必要量に達しておらず、さらに学校では学校給食がないことから、まず家庭での積極的なカルシウム摂取を促すことが必要であると思われる。
- [7] 男女とも体重および第二性徴の発来時期を調整しても、運動部活動に参加していない群あるいは部活動時間が少ない群では、すべての部位において低い骨密度および変化率を示した。
- [8] 男子・女子とも、体重、握力、第二性徴の発来時期を調整しても、総カルシウム摂取量と各部位の骨密度との間には顕著な関係は認められなかった。
- [9] 男子・女子生徒において、体重、握力、第二性徴の発来時期を調整し、高校2年時の牛乳・ヨーグルト摂取量群別に骨密度を比較した結果、顕著な傾向は認められなかったが、1日に1杯以上牛乳を飲んでいる生徒は2～3日に1杯以下あるいは週に1杯以下しか牛乳を飲んでいない生徒よりも高い骨密度を示す傾向がうかがわれた。

4. 高校生における体格・ライフスタイルの現状

- [1] 本対象者では過体重傾向の生徒は非常に少なく、全体的に男女ともやせ傾向にある。特に、女子では約1/4の生徒がやせ傾向にあった。
- [2] 現在の体格に対する意識については実際にはやせ傾向にあるものにもかかわらず、女子では「太っている」あるいは「太り気味」と思っている生徒が4割程度見られ、約半数の生徒は「標準的」であると回答していた。

- [3] ダイエット経験に関して男子の経験者は非常に少ないが、女子では約 1 / 4 の生徒が中学校・高校時にダイエット経験を有していた。また、ダイエット経験者の約 1 / 4 の生徒は生理に変化（不順、回数の減少、量の減少）があったと回答していた。
- [4] 男子では高校時代に部活動に参加していない生徒は比較的少なかったが、女子では約 2 / 3 程度の生徒が高校期のこの時期に部活動に所属していなかった。
- [5] カルシウムの必要最低量を男子850mg、女子650mgとし充足率を検討した結果、男女とも約 1 / 4 の生徒は充足していたが、半数近くの生徒が80%未満であった。特に、男子では2割、女子では5割近くの生徒が充足率60%未満であり、カルシウム不足の状態にあった。
- [6] 高校2年生時の牛乳・ヨーグルト摂取状況と中学3年生時の牛乳・ヨーグルト摂取状況とを比較してみると、男女とも2-3日に1杯以下の生徒や飲まないとする生徒が増加する傾向が認められた。

・中学生・高校生における骨粗鬆症予防対策の提言

骨粗鬆症の予防を効果的に行うためには、各ライフステージに適した予防対策を講じなければならない。中でも、大切なのは骨密度獲得期にあたる中学生および高校生の時期にできるだけ高い最大骨量を獲得することである。

本調査から、中学校期・高校期のスポーツ活動や牛乳・ヨーグルトの摂取は骨密度の獲得に対して好影響を及ぼし、骨密度の増加に差異をもたらすことが明らかとなった。また、適切な体重管理は骨密度の獲得においても非常に重要な役割を担っていた。さらに、第二性徴の発来早い生徒では増加率が徐々に縮小する傾向が示唆され、小学校期からの継続的な予防策を講じることは非常に重要である。しかしながら、子ども達の体格やライフスタイルを見つめてみると、不安な側面も見え隠れしていることが明らかになってきた。そこで、本調査結果から以下の対策を提言したい。

[1] 個人がすべきこと

- 1 . やせが低い骨密度につながることから、標準体重を下回ることがないようにする。また、体重の減少は骨密度の増加を抑制する可能性が示唆され、ダイエットは絶対に行わない。
- 2 . 1日1回は牛乳や乳製品をとる習慣をつける。特に、女子生徒では牛乳の摂取量が少ないことから重点的な指導が必要である。
- 3 . また、睡眠時間が7時間未満の者が男女とも8割に達し、ほとんど毎日朝食を取っていない者も見られることから、毎日、朝食をとり、睡眠時間を十分確保するなど、規則正しい食生活を身につける。
- 4 . 継続的に運動やスポーツ活動を行い、積極的に身体を動かす習慣をつける。学校内では体育の

授業で積極的に活動するのはもちろんのこと、部活動にも積極的に参加するようにする。また、学校外でも比較的 low 料金で利用できる公共のスポーツ施設が多く見られるようになってきたので、友達同士や家族で利用するように心がける。

[2] 学校がすべきこと

1. 小学生からいのちと健康の大切さを教育し、そのためには何が必要かを理解させる。
2. 体格、運動、栄養の大切さを伝えるキャンペーンを定期的に行う。特に、中学生以降、体重増加に過度の関心を示し、ダイエットに興味を持つ生徒が増えることから、学校をあげての健康教育に対する取り組みを行う。特に、美しい体、望ましい体格とは何かを考えさせる。
3. 女子において牛乳摂取が少ない生徒が見られた。中学校や高校での学校給食の導入や牛乳やヨーグルト等の乳製品を積極的にとるような栄養指導を行ったり、清涼飲料の自動販売機に代えて、牛乳の自動販売機を設置するなど、学校内で牛乳等の乳製品の摂取しやすい環境をつくる。また、家庭でも冷蔵庫に牛乳、ヨーグルト、チーズなどの乳製品を常備するように保護者に働きかける。
4. 学校において積極的に運動やスポーツができる環境を整える。休み時間や放課後等でも自由にスポーツができるように用具の貸し出しや場所の提供を行う。また、同好会的な活動なども積極的に奨励したり、手軽にできる運動やスポーツの仕方や方法に関する情報を提供し、スポーツ活動を促進するよう学校全体をあげて取り組む。

[3] 行政がすべきこと

1. 学校の保健体育、理科、生物、家庭科などで、単に身体の構造にとどまらず、生活習慣病予防を念頭において、健康問題を重点的に取り上げる。
2. その際には、生徒の年齢に応じたテーマを重点的に取り上げる。骨の健康では、女子では骨密度が最も急峻に上昇するのは小学校の高学年から中学校期の前半、男子では中学校期の後半から高校期の前半と考えられる。この時に、もっとも効率的な骨密度の上昇が期待できるので、特にこの時期に取り上げる。
3. 近年の行動科学的知見によれば、知識だけがあっても、健康行動には帰結しない。問題を認識することは行動への第 1 歩であるが、それだけでは不十分である。これまでの学校教育は知識に偏重し、問題解決能力の養成が不十分であった。骨を強くするために具体的に何をすればよいかを考えさせるライフスキルを上達させる意味での教育が必要である。
4. しかしながら、本研究からもわかるとおり、現状では牛乳・乳製品摂取の改善は相当困難である。少なくとも 1 日に 200ml の牛乳飲用を確保するためには、牛乳を学校で現物給付することがもっとも有効であると考えられる。すなわち、現在、公立の小中学校で実施されている牛乳給食を国立、私立の小中学校を含めて完全実施すると共に、現在行われていない高等学校にも拡大することを提言する。

VI. 謝辞

通常、学校での大規模な調査には多くの困難を伴います。しかしながら、本調査では各学校とも多くの生徒さんに参加していただき、成功裏に終わることができました。この場をお借りし、ご協力いただいた高校の生徒の皆さん、保護者の皆様、諸先生方ならびに関係機関、関係者各位に心より感謝と敬意を表します。

VII. 研究実施者、ならびに協力者

代表者 伊木雅之（近畿大学医学部公衆衛生学教授）

中比呂志（京都教育大学体育学助教授）

佐藤裕保（天使大学看護栄養学部栄養学講師）

協力者 森田明美（近畿大学医学部公衆衛生学講師）

玉置淳子（近畿大学医学部公衆衛生学講師）

池田行宏（近畿大学医学部公衆衛生学助手）