

高齢者の骨代謝に及ぼす牛乳乳製品摂取と運動の効果

関東学院大学人間環境学部健康栄養学科 山 田 哲 雄
松 崎 政 三
江 田 節 子
社会福祉法人 明石恵泉福祉会 藤 本 真美子
藤 本 修 二

緒 言

高齢社会の本格的到来が目前の現在、高齢者の健康の保持・増進および疾病からの回復の問題は極めて重要な課題である。そしてこの問題の解決策として、栄養と運動が大きな柱として位置付けられている。

加齢に伴う骨塩量低下、骨粗鬆症ひいては骨折により引き起こされる寝たきりの問題に対しても、一次予防の観点から栄養と運動の役割が期待されている。すなわち、栄養面では骨塩量の保持に対してカルシウムや良質たんぱく質が必須であるが、牛乳がその給源として重要な位置を占めることは言うまでもない。一方、健康の保持・増進のための運動については従来から全身持久的運動の有効性が明らかにされており、平成元年には「健康づくりのための運動所要量」が策定された。そして第六次改定「日本人の栄養所要量」では全身持久的運動に加えて軽レジスタンス（抵抗）運動の有効性が示され、これら両タイプの運動を行うことによって、呼吸・循環能力や代謝能力の向上のみならず、現在世界的に問題となっている骨粗鬆症（Osteopenia）や筋肉減弱症（Sarcopenia）の予防が可能となることが明らかになっている¹⁾。

骨代謝の指標としては骨密度とともに骨代謝マーカーが用いられているが、骨密度自体の変動速度が遅いことから、骨代謝マーカーによって治療薬剤選択の指針決定、薬物療法の効果判定、将来の骨密度変化の予測などが行われている²⁻⁵⁾。栄養や運動についても種々の検討が行われており、その検討対象は若年者やスポーツ選手から高齢者まで広範囲にわたっているが、75歳以上の後期高齢者や超高齢者を対象として検討した報告は少ない^{6, 7)}。そして、骨代謝マーカーを指標とし、牛乳乳製品をはじめとする食物摂取状況・栄養素摂取状況と運動の両者の影響を関連づけて検討した報告はほとんどみられない。

我々は先に、高齢者の骨代謝に及ぼす身体活動要因の影響を明らかにすることを目的としてケアハウス入居高齢者（平均年齢80歳）を対象に横断的な検討を行い、“筋力（筋肉量）の維持が後期高齢以降の女性においてもその骨吸収増大を抑制し得る”可能性を示す結果を得た⁸⁾。そこで今回、同ケアハウス入居高齢者の骨密度、骨代謝マーカーレベルについての追跡調査を行い、その変動と牛乳乳製品摂取状況、歩行数および筋力との関連を検討した。本研究は、「牛乳乳製品の摂取と運動が、高齢者

における骨代謝の約1年間の変動に対して単独効果／複合効果／相乗効果をもたらす」を作業仮説として、骨密度および骨代謝マーカーを指標とする前向きな手法を用いることにより、高齢者の骨代謝に対する牛乳製品と運動の有効性に関するエビデンスを得ることを目的とするものである。

方 法

1. 対象

兵庫県明石市のケアハウス入居者男性14名、女性56名の合計70名を対象とした。本研究の実施にあたっては、その趣旨と内容について十分に説明した後に同意書を対象者から回収し、ヘルシンキ宣言(1964年承認、2000年修正)の精神を遵守した。

2. 調査と試料採取、測定の手順

食物摂取状況および身体活動状況(歩行数)の調査を1週間行った後、早朝・空腹時の血液および第2尿を採取し、体重、握力、踵骨骨密度を測定した。

14ヶ月の観察期間後に、同様の手順で調査、試料の採取および各々の測定を実施した。

(1) 食物摂取状況および身体活動状況(歩行数)の調査

五訂日本食品成分表⁹⁾に基づく献立作成から食事の提供、摂食状況の調査には、ケアハウス常駐の管理栄養士があたった。観察期間に先立つ調査期間中、献立における1日当たりのエネルギーおよび各栄養素量の平均値は、エネルギー：1,526kcal、たんぱく質：63.3g、カルシウム：554mg、リン：919mgであった。観察期間中の献立における栄養素摂取レベルは、ほぼ一定に維持された。摂食状況については、個別に朝・昼・夕食の残食量を実測して毎食の提供量に対する摂食率を算出し、献立上のエネルギーに摂食率を乗じることにより1日当たりのエネルギー摂取量推定値を求めた。

身体活動状況については、カロリーカウンターSelect 2 (スズケン)により1日当たりの歩行数を測定した。

(2) 血液および尿の採取と測定項目

血液については早朝・空腹時に採取し、骨形成マーカーとして血清骨型アルカリ性ホスファターゼ (bone-specific alkaline phosphatase : BAP) をEIA法 (オステオリンクス「BAP」: 住友製薬)、オステオカルシン (osteocalcin : OC) をIRMA法 (IRMA「ミツビシ」: 三菱化学) により測定した。

尿については早朝第2尿を採取し、骨吸収マーカーとして尿中I型コラーゲン架橋N末端テロペプチド (crosslinked N-telopeptides of type 1 collagen : NTx) をELISA法 (オステオマーカー: 持田製薬)、デオキシピリジノリン (deoxypyridinoline : DPD) をEIA法 (オステオリンクス「DPD」: 住友製薬) により測定した。

(3) 体重、握力、踵骨骨密度の測定

体重は体脂肪計TBF-401（タニタ社）、握力は握力計グリップD（竹井機器工業社）を用いて各々測定した。踵骨骨密度については超音波骨密度測定装置CM100（古野電気社製）を用い、右踵骨部の超音波伝播速度（speed of sound：SOS）を測定した。

3. 統計処理

統計処理にあたってはSPSS10.0 for Windowsを使用し、観察期間前後における測定値の比較に対して同群間のt検定を行った。骨密度および骨代謝マーカーを従属変数とする重回帰分析については、ステップワイズ法を用いた。各々の検定における有意水準は、5%未満とした。

結 果

1. 男女別にみた全対象の骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の結果（表-1）

男性では、すべての項目が14ヶ月間の観察期間前後で有意な差を示さなかった。

一方、女性では観察期間前に比べ期間後でSOSが有意に上昇し、OC、体重と握力が有意に低下した。

表-1 14ヶ月の観察期間前後における骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の比較（男性14名、女性56名）

	前	後	有意差
男性(n=14)			
骨密度(m/sec)	1,489±6	1,481±6	n.s.
骨代謝マーカー			
BAP(U/l) ^a	25.1±2.6	26.6±3.6	n.s.
OC(ng/ml) ^b	3.7±0.7	3.8±0.8	n.s.
NTx(nM BCE/mM Cr) ^c	54.4±11.2	58.4±12.4	n.s.
DPD(nM/mM Cr) ^d	5.8±0.5	7.5±2.1	n.s.
体重(kg)	54.2±2.8	53.8±2.7	n.s.
牛乳摂取量(ml/日)	180±16	164±24	n.s.
歩行数(歩/日)	6,572±1,313	5,736±1,104	n.s.
握力(kg)	26.2±1.8	24.4±2.2	n.s.
女性(n=56)			
骨密度(m/sec)	1,475±3	1,481±6	p=0.046
骨代謝マーカー			
BAP(U/l) ^a	34.6±2.7	30.0±1.2	n.s.
OC(ng/ml) ^b	6.8±0.4	4.7±0.2	p=0.000
NTx(nM BCE/mM Cr) ^c	89.1±5.5	83.6±5.3	n.s.
DPD(nM/mM Cr) ^d	8.1±0.4	7.8±0.3	n.s.
体重(kg)	46.8±1.1	45.2±1.1	p=0.000
牛乳摂取量(ml/日)	199±14	186±13	n.s.
歩行数(歩/日)	4,437±410	4,253±373	n.s.
握力(kg)	16.9±0.7	15.8±0.7	p=0.005

平均値±標準誤差, n.s.: not significant

^a: bone-specific alkaline phosphatase (BAP), ^b: osteocalcin (OC),

^c: crosslinked N-telopeptides of type I collagen (NTx), ^d: deoxypyridinoline (DPD)

2. 観察期間後半の歩行数別にみた女性における骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の結果 (表-2)

観察期間後半の歩行数上位28名では、観察期間後でOCとともにNTxもまた有意に低下したが、他の項目は有意な変動を示さなかった。

一方、観察期間後半の歩行数下位28名では、観察期間後でOCが有意に低下したがNTxは有意な変動を示さなかった。また、体重と握力が有意に低下した。

表-2 観察期間後半の歩行数別にみた、14ヶ月の観察期間前後における骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の比較 (女性56名)

	前	後	有意差
観察期間後半の歩行数上位群 (n=28)			
骨密度 (m/sec)	1,476±4	1,482±3	n.s.
骨代謝マーカー			
BAP (U/l)	34.7±3.8	29.5±1.6	n.s.
OC (ng/ml)	6.6±0.6	4.2±0.3	p=0.000
NTx (nM BCE/mM Cr)	95.5±8.2	81.7±6.8	p=0.032
DPD (nM/mM Cr)	7.8±0.5	7.5±0.5	n.s.
体重 (kg)	48.3±1.6	47.8±1.6	n.s.
牛乳摂取量 (ml/日)	166±16	172±17	n.s.
歩行数 (歩/日)	6,249±604	6,218±501	n.s.
握力 (kg)	19.0±0.9	18.6±0.8	n.s.
観察期間後半の歩行数下位群 (n=28)			
骨密度 (m/sec)	1,474±4	1,477±4	n.s.
骨代謝マーカー			
BAP (U/l)	34.4±3.8	30.4±1.8	n.s.
OC (ng/ml)	7.0±0.5	5.3±0.3	p=0.000
NTx (nM BCE/mM Cr)	82.8±7.4	85.4±8.3	n.s.
DPD (nM/mM Cr)	8.3±0.5	8.2±0.4	n.s.
体重 (kg)	45.3±1.5	42.7±1.4	p=0.001
牛乳摂取量 (ml/日)	232±21	200±20	n.s.
歩行数 (歩/日)	2,625±277	2,289±171	n.s.
握力 (kg)	14.8±0.9	13.0±0.8	p=0.000
平均値±標準誤差, n.s.: not significant			

3. 観察期間終了時の握力別にみた女性における骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の結果（表-3）

観察期間終了時の握力上位28名では、観察期間後でS O Sが有意に上昇し、OCが有意に低下した。

一方、観察期間終了時の握力下位28名では、観察期間後でOCが有意に低下し、体重も有意に低下した。

表-3 観察期間終了時の握力別にみた、14ヶ月の観察期間前後における骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の比較（女性56名）

	前	後	有意差
観察期間後の握力上位群(n=28)			
骨密度(m/sec)	1,477±4	1,484±3	p=0.020
骨代謝マーカー			
BAP(U/l)	31.2±1.6	30.4±1.6	n.s.
OC(ng/ml)	6.6±0.4	4.2±0.3	p=0.000
NTx(nM BCE/mM Cr)	80.5±7.4	76.1±5.8	n.s.
DPD(nM/mM Cr)	7.4±0.5	7.3±0.4	n.s.
体重(kg)	48.6±1.5	48.1±1.6	n.s.
牛乳摂取量(ml/日)	193±22	185±20	n.s.
歩行数(歩/日)	5,449±519	5,439±487	n.s.
握力(kg)	20.4±0.8	19.9±0.5	n.s.
観察期間後の握力下位群(n=28)			
骨密度(m/sec)	1,473±4	1,475±4	n.s.
骨代謝マーカー			
BAP(U/l)	38.0±5.0	29.6±1.8	n.s.
OC(ng/ml)	6.9±0.6	5.2±0.3	p=0.003
NTx(nM BCE/mM Cr)	97.8±8.0	91.0±8.8	n.s.
DPD(nM/mM Cr)	8.7±0.5	8.3±0.5	n.s.
体重(kg)	45.0±1.5	42.3±1.4	p=0.001
牛乳摂取量(ml/日)	205±17	187±17	n.s.
歩行数(歩/日)	3,424±583	3,068±474	n.s.
握力(kg)	13.3±0.7	11.7±0.6	n.s.

平均値±標準誤差, n.s.: not significant

4. 観察期間終了時の牛乳摂取量別にみた女性における骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の結果 (表-4)

観察期間終了時の牛乳摂取量が上位 (240ml/日以上) であった10名では、観察期間後における骨密度、骨代謝マーカーレベルの有意な変動はみられなかった。

これに対し、牛乳摂取量中位 (200ml/日) の26名および下位 (200ml/日未満) の20名では、観察期間後でOCが有意に低下した。

表-4 観察期間終了時の牛乳摂取量別にみた、14ヶ月の観察期間前後における骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の比較 (女性56名)

	前	後	有意差
観察期間終了時の牛乳摂取量が240ml/日以上であった群 (n=10)			
骨密度 (m/sec)	1,474±5	1,481±6	n.s.
骨代謝マーカー			
BAP (U/l)	28.0±4.4	28.9±3.8	n.s.
OC (ng/ml)	5.2±0.8	4.6±0.7	n.s.
NTx (nM BCE/mM Cr)	82.7±14.5	68.0±7.5	n.s.
DPD (nM/mM Cr)	7.3±0.8	7.0±0.7	n.s.
体重 (kg)	52.4±1.7	48.1±1.8	p=0.042
牛乳摂取量 (ml/日)	252±35	339±18	p=0.017
歩行数 (歩/日)	4,521±1,015	3,844±861	n.s.
握力 (kg)	16.8±1.4	15.8±1.3	n.s.
観察期間終了時の牛乳摂取量が200ml/日であった群 (n=26)			
骨密度 (m/sec)	1,471±4	1,476±3	n.s.
骨代謝マーカー			
BAP (U/l)	36.0±4.0	30.7±1.8	n.s.
OC (ng/ml)	7.7±0.5	5.0±0.3	p=0.000
NTx (nM BCE/mM Cr)	95.4±8.5	93.5±9.2	n.s.
DPD (nM/mM Cr)	8.2±0.6	8.2±0.6	n.s.
体重 (kg)	45.7±1.6	45.0±1.7	n.s.
牛乳摂取量 (ml/日)	204±14	200±0	n.s.
歩行数 (歩/日)	4,796±709	4,434±657	n.s.
握力 (kg)	16.2±1.1	15.0±1.1	n.s.
観察期間終了時の牛乳摂取量が200ml/日未満であった群 (n=20)			
骨密度 (m/sec)	1,481±4	1,484±4	n.s.
骨代謝マーカー			
BAP (U/l)	36.0±4.9	29.5±1.7	n.s.
OC (ng/ml)	6.3±0.6	4.4±0.4	p=0.002
NTx (nM BCE/mM Cr)	84.2±8.3	78.5±7.6	n.s.
DPD (nM/mM Cr)	8.3±0.6	7.8±0.4	n.s.
体重 (kg)	45.4±1.9	44.1±2.0	p=0.001
牛乳摂取量 (ml/日)	166±27	91±15	p=0.011
歩行数 (歩/日)	3,928±486	4,223±453	n.s.
握力 (kg)	17.8±1.1	16.8±1.0	p=0.014

平均値±標準誤差, n.s.: not significant

5. 骨密度、骨代謝マーカーレベルに対する牛乳摂取量、歩行数、握力の重回帰分析

女性における観察期間中の骨密度、骨代謝マーカーレベルと牛乳摂取量、歩行数、握力の相互関係を検討するために、まず、観察期間後におけるこれら各項目の変化量 (Δ) を算出した。次いで、 Δ 骨密度または Δ 骨代謝マーカーレベルを従属変数とし、 Δ 牛乳摂取量、 Δ 歩行数、 Δ 握力を独立変数とする重回帰分析をステップワイズ法を用いて実施した。その結果、 Δ NTxを従属変数とした場合に、 Δ 歩行数が有意な独立変数となった ($p=0.010$ 、標準偏回帰係数： -0.343)。また、 Δ DPDを従属変数とした場合には、 Δ 牛乳摂取量が有意な独立変数となった ($p=0.019$ 、標準偏回帰係数： -0.314)。

考 察

骨塩量測定法の主流は2重X線吸収測定法 (Dual energy X-ray absorptiometry: DXA) であるが、その一方でDXAとの相関が高い簡便なスクリーニング法としての超音波法がしばしば用いられており、超音波骨密度測定装置が数社によって開発されている¹⁰⁻¹²。しかしながら、骨密度を動的指標として用いるためには少なくとも半年を必要とすることから、比較的短期間の骨代謝動態を把握するために骨代謝マーカーが広く用いられている^{3, 13}。本研究対象者の基礎的資料を得ることを目的として、95名 (男性27名、女性68名) を対象に骨代謝指標の性差について先に検討した⁸⁾ ところ、右踵骨部の超音波伝播速度が男性に比べ女性で有意に低値を示した。1,207名を対象としたDXAと古野電気社製CM-100との比較検討では、CM-100で測定された1,487m/秒が腰椎DXAによるカットオフ値の72%に相当することが認められている¹⁴。そこで、1,487m/秒に満たない者の比率を算出したところ、男性での48%に対し女性では78%に上った。また、骨形成マーカーのOC、骨吸収マーカーのNTxとDPDが男性に比べ女性で有意に高値を示したことから、女性における高い骨代謝回転がうかがわれる結果となった。

今回、上記の95名のうち引き続き協力が得られた70名 (男性14名、女性56名) について、14ヶ月間の経過観察を行った。まず、全対象について検討を行ったところ、男性ではすべての項目が14ヶ月間の観察期間前後で有意な差を示さなかった。一方、女性では観察期間前に比べ期間後でSOSが有意に上昇し、OC、体重と握力が有意に低下した。SOSの伸び率は平均0.4%であり、測定部位が右踵骨部だけであることや測定の日差変動を考慮すると、この結果から全身の骨密度について論じることは難しい。OCの低下は骨形成の低下を推察させる結果であるが、体重や握力の有意な低下がこれに関係しているのかもしれない。次いで、56の例数を得られた女性を対象として骨密度、骨代謝マーカーレベルと体重、牛乳摂取量、歩行数、握力の結果を、歩行数別、握力別、牛乳摂取量別に、そして重回帰分析の手法を用いてさらに検討した。

その結果、観察期間後半の歩行数上位群ではNTxが有意に低下して体重と握力は維持されていた。また、重回帰分析では観察期間後の Δ NTxを従属変数とした場合に Δ 歩行数が有意な独立変数とな

った ($p=0.010$ 、標準偏回帰係数： -0.343)。先の検討⁸⁾では、握力下位群に比べ握力上位群ではNTxが有意に低値を、歩行数が有意に高値を示した。運動トレーニングによる骨代謝の変動パターンについては、骨吸収高進後に骨形成が高進するという報告^{15, 16)}がある一方でそれとは異なる変動も観察されている¹⁷⁻²¹⁾。また、NTxは、比較的短期間で薬物療法の効果を反映する^{2, 3)}が、8,000歩/日以上かつ週4日以上以上の運動療法によって開始1ヵ月後に有意に低下したことが報告されている²²⁾。NTxを指標とする前報⁸⁾の横断的な検討結果と今回の前向きな手法を用いた検討結果は、“筋力と日常の歩行数を維持することが、後期高齢以降の女性の骨吸収増大を抑制する”ことを示唆するものと考えられる。

一方、観察期間終了時の牛乳摂取量が240ml/日以上であった10名では、OCが低下せずに維持された。そして、重回帰分析では観察期間後の Δ DPDを従属変数とした場合に Δ 牛乳摂取量が有意な独立変数となった ($p=0.019$ 、標準偏回帰係数： -0.314)。これらの結果は、“牛乳の積極的な摂取が、後期高齢以降の女性の骨代謝に対して好影響を与える”可能性を示すものである。

今後の検討計画

本研究で得られた知見は、「牛乳乳製品の摂取と運動が、高齢者における骨代謝の保持・改善に対して複合効果をもたらす」ことを示唆している。次なる検討課題は、「牛乳乳製品の摂取と運動が、単独効果または相乗効果をもたらすか否か」を検討することである。

本研究グループは、平成16年度にはこれまでの普通牛乳をカルシウム強化牛乳に切り換える介入的手法を用い、牛乳乳製品の摂取に着目した検討を行うことを計画している。また、筋たんぱく代謝のより詳細な検討のために3-メチルヒスチジンの測定を、カルシウム代謝のより詳細な検討のためにPTHや活性型ビタミンDの検討を合わせて実施する予定である。

まとめ

高齢者の骨代謝に対する牛乳乳製品の摂取と運動の有効性に関するエビデンスを得ることを目的として、前向きな手法を用いることによってケアハウス入居高齢者の骨密度、骨代謝マーカーレベルの変動と牛乳乳製品摂取状況、歩行数および筋力との関連を検討した。

ケアハウス入居者男性14名、女性56名の合計70名を対象とし、食物摂取状況および身体活動状況(歩行数)の調査を1週間行った後、早朝・空腹時の血液および第2尿を採取し、体重、握力、右踵骨部の超音波伝播速度(speed of sound: SOS)を測定した。そして14ヶ月の観察期間後に、同様の手順で調査、試料の採取および各々の測定を実施した。骨形成マーカーとしては血清骨型アルカリ性ホスファターゼ(BAP)、オステオカルシン(OC)を、骨吸収マーカーとしては尿中I型コラーゲン架橋N末端テロペプチド(NTx)、デオキシピリジノリン(DPD)を測定し、これらの指標をもと

に骨代謝について検討した。主な結果は、以下のとおりであった。

- 1) 男性14名、女性56名の各々全対象についての検討では、男性ではすべての項目が14ヶ月間の観察期間前後で有意な差を示さなかった。女性では、観察期間前に比べて期間後でOCと体重、握力が有意に低下した。次いで、女性を対象にさらに検討を加えた。
- 2) 観察期間後半の歩行数上位群では、NTxが有意に低下し、体重と握力は維持されていた。重回帰分析では、観察期間後の Δ NTxを従属変数とした場合に Δ 歩行数が有意な独立変数となった($p=0.010$ 、標準偏回帰係数： -0.343)。
- 3) 観察期間終了時の牛乳摂取量が $240\text{ml}/\text{日}$ 以上であった10名では、OCが低下せずに維持された。重回帰分析では、観察期間後の Δ DPDを従属変数とした場合に Δ 牛乳摂取量が有意な独立変数となった($p=0.019$ 、標準偏回帰係数： -0.314)。

本研究で得られた知見は、「牛乳乳製品の摂取と運動が、後期高齢以降の女性における骨吸収抑制に対して複合効果をもたらす」ことを示唆しており、次なる検討課題は、「牛乳乳製品の摂取と運動が、単独効果または相乗効果をもたらすか否か」を検討することである。

謝 辞

本研究の実施にあたり、調査・測定にご協力いただいた社会福祉法人明石恵泉福祉会の入居者ならびにスタッフの方々、統計処理方法についてご教示いただいた鶴見大学歯学部数学研究室内の石村貞夫先生に対し、深く感謝いたします。

文 献

- 1) 健康・栄養情報研究会編：第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—，pp.44-45，(1999) 第一出版，東京
- 2) 西沢良記，五來逸雄，中村利孝：骨代謝マーカーで何ができるか，Osteoporosis Japan，8，155-170 (2000)
- 3) 向井直樹，宮永豊：骨代謝マーカー，臨床スポーツ医学，17，1167-1171 (2000)
- 4) 稲葉雅章：副甲状腺疾患・カルシウム代謝異常II，病態および治療 3. その他 2) 骨粗鬆症，日内会誌，88，1258-1264 (1999)
- 5) 馬場正博：骨吸収マーカーNTxの基礎と骨粗鬆症における臨床的有用性，生体試料分析，22，121-128 (1999)
- 6) 萩野浩：骨におけるメカニカルストレスの作用機構と運動療法の意義，現代医療，30，3029-3034 (1998)
- 7) 田畑泉：中高年女性の骨塩量維持のための運動処方について，臨床スポーツ医学，15，747-750

(1998)

- 8) 山田 哲雄, 江田 節子, 松崎 政三, 藤本 真美子, 藤本 修二: ケアハウス入居高齢者における骨代謝と1日歩行数・握力との関連, 栄養学雑誌, 62, 145-151(2004)
- 9) 食品成分研究調査会 編: 五訂日本食品成分表 (2001) 医歯薬出版, 東京
- 10) 楊鴻生, 岸本英彰: 新しい超音波骨密度測定装置 (CM-100) の臨床的有用性の検討, Osteoporosis Japan, 5, 813-822 (1997)
- 11) 森井浩世 編: 骨・カルシウム検査ハンドブック, pp117-140 (1996), 中山書店, 東京
- 12) 山崎薫: 超音波骨量測定機器の互換性に関する検討, Osteoporosis Japan, 9, 509-511 (2001)
- 13) 西沢良記 編: 骨代謝マーカー, pp.16-27, (2001) 医薬ジャーナル社, 東京
- 14) Yoh K., Ohta H., Kishimoto H., Gorai I., Hashimoto J., Nakatsuka Y., Yoshimoto S. and Makita K.: Cut-off value determined for osteoporosis in Japanese women by using quantitative ultrasound, J. Bone Miner Res., 17(Suppl 1), SU26 (2002)
- 15) Yeh J. K., Liu C. C. and Aloia J. F.: Effects of exercise and immobilization on bone formation and resorption in young rats, Am. J. Physiol., 264, E182-E189 (1993)
- 16) 今井弘子: 荷重・運動と骨代謝マーカー, Clin. Calcium, 6, 435-437 (1996)
- 17) Brooke-Wavell K., Jones P. R. M., Hardman A. E., Tsuritani I. And Yamada Y.: Commencing, continuing and stopping brisk walking: effects on bone mineral density, quantitative ultrasound of bone and markers of bone metabolism in postmenopausal women, Osteoporosis Int., 12, 581-587 (2001)
- 18) Woitge H. W., Friedmann B., Suttner S., Farahmand I., Muller M., Schmidt-Gayk H., Baertsch P., Ziegler R. and Seibel M. J.: Changes in bone turnover induced by aerobic and anaerobic exercise in young males, J. Bone Miner. Res., 13, 1797-1804 (1998)
- 19) Dalsky G. P.: Effect of exercise on bone: permissive influence of estrogen and calcium, Med. Sci. Sports Exerc., 22, 281-285 (1990)
- 20) Fujimura R., Ashizawa N., Watanabe M. Mukai N., Amagai H., Fukubayashi T., Hayashi K., Tokuyama K. and Suzuki M.: Effect of resistance exercise training on bone formation and resorption in young male subjects assessed by biomarkers of bone metabolism, J. Bone Miner. Res., 12, 656-662 (1997)
- 21) Eliakim A., Raisz L. G., Brasel J. A. and Cooper D. M.: Evidence for increased bone formation following a brief endurance-type training intervention in adolescent males, J. Bone Miner. Res., 12, 1708-1713 (1997)
- 22) 山崎智, 市村正一, 竹田毅, 岩本潤, 戸山芳昭: 閉経後女性に対する運動が骨代謝動態に及ぼす影響についての研究, Osteoporosis Japan, 7, 567-570 (1999)