

牛乳・乳製品のカルシウム摂取の重要性

上 西 一 弘*

(女子栄養大学栄養生理学研究室 〒350-0288 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21)

Importance of calcium intake in milk and dairy products

Kazuhiro UENISHI*

(Kagawa Nutrition University, Chiyoda 3-9-21, Sakado, Saitama 350-0288, Japan)

要 旨

カルシウムは骨の重要な成分であるだけでなく、生体のさまざまな機能の調節に関わる重要な栄養素である。しかし、日本人のカルシウム摂取水準は欧米に比べると低く、必要量を満たしていないことが長年にわたっての課題とされてきている。牛乳・乳製品はカルシウムを多く含むだけでなく、そのカルシウムの存在形態や、乳糖、カゼインホスホペプチドなど含有する成分によって、カルシウムの吸収率も良いことが知られている。さらに手軽に摂取できるという利点もある。

カルシウム摂取量の少ない我が国において、牛乳・乳製品は単にカルシウムの摂取量を増やすというだけでなく、その吸収率が高いことから骨の健康はもとよりカルシウム栄養状態全般に寄与する可能性が大きいと考えられ、今以上の摂取が望まれる。

はじめに

カルシウムは骨の重要な成分であるだけでなく、生体のさまざまな機能の調節に関わる重要な栄養素である。しかし、日本人のカルシウム摂取水準は欧米に比べると低く、必要量を満たしていないことが長年にわたっての課題とされてきている。牛乳・乳製品はカルシウムを多く含み、その吸収率も良いことが知られている。さらに手軽に摂取できるという利点もある。本稿ではあらためて牛乳・乳製品のカルシウム摂取の重要性について考えてみたい。

1. カルシウムの働きと必要量

カルシウムは成人男性では約1000 g、成人女性では約700 gが体内に存在し、そのほとんどが骨に含

まれている。したがってカルシウムは骨を構成するミネラルと認識している人が多いが、それ以外に生体のさまざまな機能を調節する働きを担っている。例えば筋収縮の調節、神経細胞機能の調節、分泌の調節、細胞増殖の調節、転写調節など、生体の多くの機能の調節にカルシウムはかかわっている。したがってカルシウムが不足、欠乏すると生体はその機能が維持できなくなってしまう、死に至ることもある。そのため血中のカルシウム濃度は非常に狭い範囲(8.5~10.4 mg/dL)で維持されている。血中カルシウム濃度が低下すると、そのことを副甲状腺が感知し、副甲状腺ホルモンの分泌量が増加する。副甲状腺ホルモンは、主に骨からのカルシウムの溶出を促進し、血中カルシウム濃度を基準範囲内に戻す。また血中カルシウム濃度が上昇すると、甲状腺からカルシトニンというホルモンが分泌され、骨へ

* E-mail: uenishi@eiyo.ac.jp

のカルシウムの沈着を促進，尿中へのカルシウム排泄を促進し，血中カルシウム濃度を基準値内に戻す。このように骨はカルシウムの貯蔵庫としての役割をしており，カルシウム摂取量が少なくなると，骨からカルシウムが動員されることになる。

骨は骨吸収と骨形成のバランスにより，その骨塩量，骨密度が調節される事になる。すなわち，成長期には骨形成が骨吸収を上回るために骨塩量，骨密度が増加する。成人期には骨形成と骨吸収のバランスがとれていれば，骨塩量，骨密度は維持される。高齢期には骨吸収が骨形成を上回ってしまうので，骨塩量や骨密度は低下していく。できるだけ骨吸収

を押さえて，骨形成を高める事が重要となる。当然，骨形成のためにはその材料となるカルシウムの供給が不可欠である。

したがって，我々は生涯にわたってカルシウムの栄養状態を良好に保つ必要がある。

カルシウムの必要量は，我が国では「日本人の食事摂取基準」で示されている¹⁾。日本人の食事摂取基準は，我々が生涯にわたって健康を保持・増進するために，さらに生活習慣病を予防するために，何をどれくらい食べればよいかを示したガイドラインであり，厚生労働省から発表され，5年に一度改定されている。現在使用中のものは「2020年版」で，

表 1 要因加算法によるカルシウム必要量の算出

年齢 (歳)	参照体重	(A) 体内蓄積量 (mg/日)	(B) 尿中排泄量 (mg/日)	(C) 経皮的損失量 (mg/日)	(A)+(B)+(C) (mg/日)	見かけの吸収率 (mg/日)	推定平均必要量 (mg/日)	推奨量 (mg/日)
男性								
1-2	11.5	99	37	6	143	40	357	428
3-5	16.5	114	49	8	171	35	489	587
6-7	22.2	99	61	10	171	35	487	585
8-9	28.0	103	73	12	188	35	538	645
10-11	35.6	134	87	15	236	40	590	708
12-14	49.0	242	111	19	372	45	826	991
15-17	59.7	151	129	21	301	45	670	804
18-29	64.5	38	137	23	197	30	658	789
30-49	68.1	0	142	24	166	27	615	738
50-64	68.0	0	142	24	166	27	614	737
65-74	65.0	0	137	23	160	25	641	769
75 以上	59.6	0	129	21	150	25	600	720
女性								
1-2	11.0	96	36	6	138	40	346	415
3-5	16.1	99	48	8	155	35	444	532
6-7	21.9	86	61	10	157	35	448	538
8-9	27.4	135	72	12	219	35	625	750
10-11	36.3	171	89	15	275	45	610	732
12-14	47.5	178	109	18	305	45	677	812
15-17	51.9	89	116	19	224	40	561	673
18-29	50.3	33	113	19	165	30	551	661
30-49	53.0	0	118	20	138	25	550	660
50-64	53.8	0	119	20	139	25	556	667
65-74	52.1	0	116	19	136	25	543	652
75 以上	48.8	0	111	19	129	25	517	620

尿中排泄量：参照体重 (kg) ^{0.75} × 6 mg/日

経皮的損失量：尿中排泄量の約 1/6

文献1より引用

2025年3月まで使用予定である。カルシウムについては、要因加算法でその必要量が定められている。要因加算法とは、必要量を算出するために必要な要因をあげて、その値を検討するもので、栄養素の場合にはさらに摂取したもののうち、どれくらいが体内に取り込まれるか、すなわち見かけの吸収率を考慮することになる。表1に現在の食事摂取基準で示されているカルシウムの要因加算法の各数値と、それによって求められた値を示した。ここで推定平均必要量とは、対象集団の50%の者が必要量を充たすと考えられる量である。推奨量は推定平均必要量に個人間変動、言い換えれば安全率を考慮して算出される値である。通常、個人を対象に不足や欠乏の予防を考える場合には推奨量の摂取を目指すことになる。

カルシウムの場合には、要因としては体内蓄積量、尿中排泄量、経費的損失量があげられ、これらを加えた量が必要となる。ここで、カルシウムは吸収率が比較的低い栄養素であり、摂取したカルシウムのすべてが体内に取り込まれるわけではない。見かけの吸収率を見ると、男女共に最も高いのは12

～14歳、すなわち中学生の時期およびその前後であり、45%となっている。その後は徐々に低下していく。

カルシウムの必要量は、体内蓄積量、尿中排泄量、経費的損失量を加えた値と、見かけの吸収率から算出される。この値が推定平均必要量である。推定平均必要量に、個人間変動を10%と見積もり、1.2倍した値が推奨量となる。

成長期にはカルシウム蓄積量が多く、見かけの吸収率が高いものの、必要量は他の年齢階級よりも多くなっている。表2にカルシウムの食事摂取基準を示した。例えば、中学生の男子では推奨量は1日1000 mg、女子では800 mgと定められている。この時期のカルシウム摂取は最大骨量の獲得に大きく影響することから、非常に重要となる。成人男性では750 mg、成人女性では650 mgが推奨量として示されている。

2. 日本人のカルシウム摂取の現状

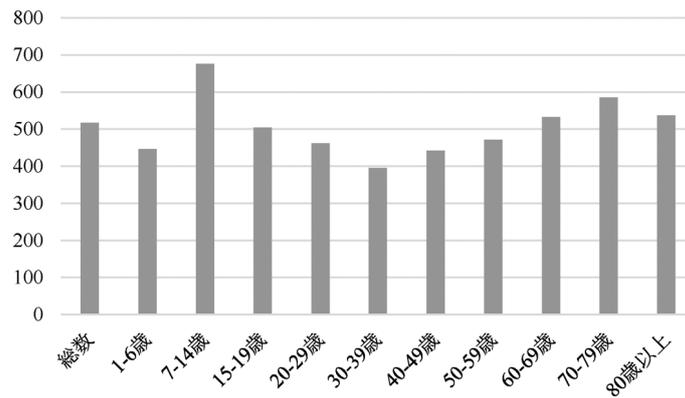
前述したように、現在の食事摂取基準では、成人男性で750 mg、成人女性で650 mgが推奨量として

表2 カルシウムの食事摂取基準

性別 年齢等	男性				女性			
	推定平均 必要量	推奨量	目安量	耐容 上限量	推定平均 必要量	推奨量	目安量	耐容 上限量
0～5 (月)	—	—	200	—	—	—	200	—
6～11 (月)	—	—	250	—	—	—	250	—
1～2 (歳)	350	450	—	—	350	400	—	—
3～5 (歳)	500	600	—	—	450	550	—	—
6～7 (歳)	500	600	—	—	450	550	—	—
8～9 (歳)	550	650	—	—	600	750	—	—
10～11 (歳)	600	700	—	—	600	750	—	—
12～14 (歳)	850	1000	—	—	700	800	—	—
15～17 (歳)	650	800	—	—	550	650	—	—
18～29 (歳)	650	800	—	2,500	550	650	—	2,500
30～49 (歳)	600	750	—	2,500	550	650	—	2,500
50～64 (歳)	600	750	—	2,500	550	650	—	2,500
65～74 (歳)	600	750	—	2,500	550	650	—	2,500
75以上 (歳)	600	700	—	2,500	500	600	—	2,500
妊婦 (付加量)					+0	+0	—	—
授乳婦 (付加量)					+0	+0	—	—

文献1より引用

男性



女性

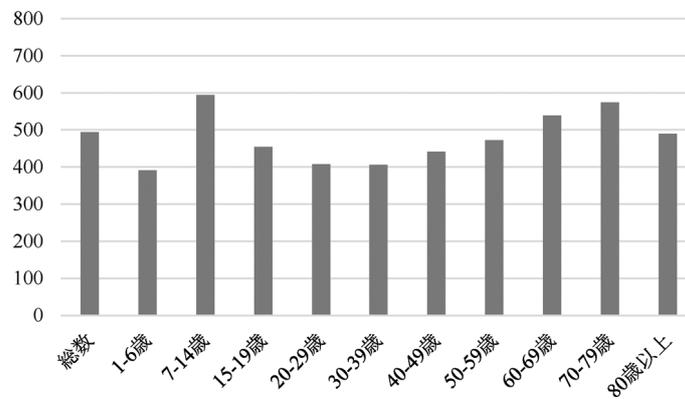
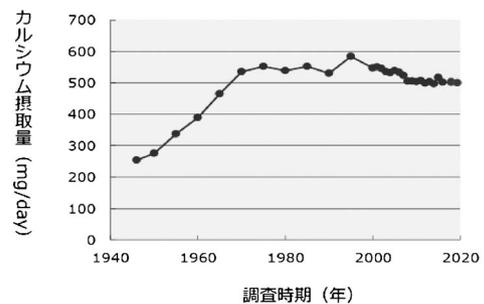


図1 カルシウム摂取量の現状
文献2より作成

示されている。それでは、カルシウム摂取量の現状はどのようになっているのだろうか。

日本人のカルシウム摂取量は欧米に比べると少ないことが知られている。令和元年の国民健康・栄養調査の結果を見ると、平均で1日あたり505 mgと報告されている²⁾。性別・年齢階級別の値を図1に示した。食事摂取基準と国民健康・栄養調査では、年齢区分が異なるために、そのまま比較することはできないが、全ての年齢階級で、推奨量を下回っていることが分かる。特に男性では30歳代、女性では、20歳代、30歳代のカルシウム摂取量は少ない。一方、7～14歳でカルシウム摂取量が多いのは、学校給食での牛乳提供の効果である。全体的にみると約200 mg、すなわち牛乳約1本分のカルシウムが推奨量よりも少なくなっている。

図2は国民健康・栄養調査結果による、平均カ

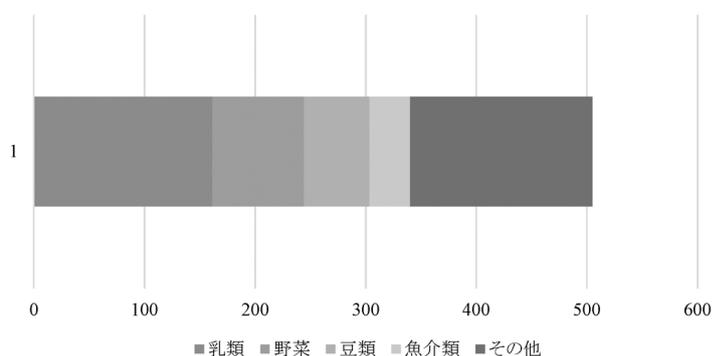


国民健康・栄養調査結果より

図2 カルシウム摂取量の経年変化

ルシウム摂取量の年次推移を示したものである。1945年当時のカルシウム摂取量は平均で1日に約250 mgと非常に少ない水準にあったが、牛乳・乳製品摂取量の増加、食の欧米化などにより徐々に増加してきた。しかし、1970年代からはほぼ横ばいであり、以前の栄養所要量で示されていた1日600 mgの値には到達した年はない。近年はエネルギー

カルシウム供給源



令和元年、国民健康・栄養調査結果より作図

図3 食品群別カルシウム摂取量

摂取量の減少もあり、カルシウム摂取量は少し減少傾向にある。

日本人のカルシウム摂取の内訳を、国民健康・栄養調査の結果からみてみると、最も寄与が大きいのは牛乳・乳製品であり、505 mg のうちの161.5 mg (約32%) を供給している。次いで多いのは野菜類の82.6 mg (約16%)、豆類の59.1 mg (約12%) であり、魚介類からのカルシウム供給は37.1 mg (約7%) と少ない (図3)。

3. 牛乳・乳製品中のカルシウム量

表3に牛乳・乳製品中のカルシウム量を示した。出典は2020年に発表された「日本食品標準成分表2020年版(八訂)」である³⁾。なお、食品成分表は数年ごとに改訂されてきているが、今回の改訂ではエネルギー量の考え方の変更など、大きな改訂が行われているのでぜひ確認しておいていただくことをお勧めする。参考までに、カルシウムの供給源となる代表的な食品(ワカサギ、ししゃも、小松菜、ほうれん草、モロヘイヤ)のカルシウム量も示した。

この表を見ると、牛乳・乳製品には多くのカルシウムが含まれており、1回使用量あたりでも、その寄与は大きいと考えられる。

牛乳・乳製品の摂取に関して「3-A-Day」が提唱されているが、仮に普通牛乳1本、ヨーグルト1

表3 主な食品のカルシウム含量

食品名	Ca量 (mg/100g)	1回使用量	Ca (mg)/1回使用量
普通牛乳	110	200 mL (206.8 g)	227
ヨーグルト (全種無糖)	120	120 g	144
プロセスチーズ	630	20 g	126
脱脂粉乳	1100	20 g	220
アイスクリーム (普通脂肪)	140	200 mL (175 g)	245
ワカサギ	450	2尾(50 g)	225
ししゃも	330	3尾(50 g)	165
小松菜	170	80 g	136
ほうれん草	49	80 g	39
モロヘイヤ	260	60 g	156

個、チーズ1つを摂取した場合には、そのカルシウム摂取量は約500 mg となり、成人男性の推奨量(750 mg)の約67%、成人女性の推奨量(650 mg)の約77%を供給することになる。成長期の子どもたちにとっても大きな供給となる。

4. 牛乳・乳製品のカルシウム吸収率 他の食品との吸収率の違い

牛乳・乳製品のカルシウムは消化管からの吸収率が高いことが知られている。我々は健康な女子大学生を対象に出納試験法による食品および食品別のカ

ルシウム吸収比較試験を行った⁴⁾。被験者にカルシウム約200 mgを含む基本食を3日間摂取させた後、基本食にカルシウム約400 mgを含む添加食を加えた試験食を4日間摂取させた。添加食は牛乳、小魚（ワカサギ、イワシ）、野菜（小松菜、モロヘイヤ、オカヒジキ）の3種類のいずれかであり、1月経周期以上の間隔をおいてランダムに摂取させた。試験期間中は毎日、採尿、採便を行い、尿中、便中および食事時のカルシウム量を測定し、カルシウム出納を算出した。その結果、各食品および食品群別のカルシウム吸収率は牛乳39.8%、小魚32.9%、野菜19.2%となった。

表4にこれまで報告された主な食品別のカルシウム吸収率を示す。

これらの吸収率は、主にカルシウムの同位体を用いて検討されているが、対象者やカルシウム摂取量も異なることから、そのまま比較することはできない。例えば、文献21は同じ条件でカルシウム摂取量を変えて吸収率を検討しているが、カルシウム摂取量が少ないほど、吸収率は高いことがわかる。しかし、牛乳・乳製品のカルシウムの吸収率は相対的に高いことがわかる。ほうれん草はシュウ酸の影響で、豆類はフィチン酸の影響でカルシウム吸収率が低いものもみられる。

カルシウムの吸収は、能動輸送と受動輸送により行われている。摂取量が少ない場合には、能動輸送の割合が多くなるが、ある量を超えると受動輸送の割合が高くなる。能動輸送にはビタミンD、受動輸送には消化管内のカルシウムの存在形態が重要となる。

牛乳・乳製品のカルシウム吸収率が高い理由としては、まずは乳糖の存在があげられる。乳糖は乳児の時にはラクターゼにより分解、利用されるが、加齢と共にラクターゼの分泌能が低下し、小腸において分解されず、大腸に到達する量が多くなっていく。この大腸への到達量が多すぎると鼓脹などの不快症状が発現する、いわゆる乳糖不耐となる。しかし、大腸に到達した乳糖はビフィズス菌などの働きにより酢酸をはじめとした短鎖脂肪酸に分解され、

表4 主な食品別のカルシウム吸収率

食品	カルシウム量 (mg)	吸収率 (%)	文献番号
牛乳	71.6	45.1	5
	63	54.1	6
	120	40.7	
	200	37.9	
	312	32.1	7
	200	27.6	8
	100	43.3	9
	300	36.3	10
	13.3	64.0	11
	200	37.5	
	100	55.2	12
	44	66.0	13
	100	47.8	14
563	32.8	15	
250	26.7	16	
低脂肪乳	98.5	37.7	17
	260	21.7	18
	250	54.8	19
	300	30.6	20
	14.7	62.8	21
	35.9	54.2	
	84.6	46.2	
	203.1	38.3	
	492.4	29.5	
	38	50.1	22
223.2	25.0	23	
223	31.0	24	
268	24.5	25	
脱脂乳	260	21.8	26
	200	39.8	19
	180	45.5	27
ヨーグルト	523	24.2	15
	250	25.4	16
チーズ	498	37.4	15
	506	33.0	
	250	22.9	16
ブロッコリー	82.4	47.8	28
ケール	83	52.7	28
	288	40.9	7
ほうれん草	200	5.1	8
大豆(高フィチン酸)	97.8	31.0	17
大豆(低フィチン酸)	99.2	41.4	
白いんげん豆	71.6	22.5	5
小豆	71.6	19.3	
チンゲン菜	83	51.9	28
	83	52.0	
からし菜	200	39.9	6

大腸内の pH を低下させる。そのことにより、不溶化の状態で大腸内に存在するカルシウムを可溶化させ、大腸から吸収させることになる。

乳たんぱく質の1つであるカゼインが、消化の際に生成されるペプチド（カゼインホスホペプチド：CPP）にはカルシウム吸収促進作用があることが知られている。そのメカニズムは、カルシウムとリンの結合による不溶化を、CPP が防いでいることが考えられている²⁹⁾。すなわち、カゼインたんぱく質の CPP の部分は消化されにくく、ペプチドの形で腸内に存在し、カルシウムの不溶化を抑えている。近年 CPP は素材としても販売されており、サプリメントなどに利用されている³⁰⁾。しかし、カゼインから供給される成分であることから、牛乳・乳製品は、カルシウムと同時に摂取することができるので利用しやすい。

ビタミン D が腸管からのカルシウム吸収を促進することは良く知られている。牛乳中にも 0.3 µg/100 g のビタミン D が含まれており、1 本 200 ml を飲用したとすると、これは食事摂取基準で示されているビタミン D の目安量の約 7% の供給となり、カルシウムの吸収を促進している可能性がある。

5. 牛乳・乳製品のカルシウムの存在形態

牛乳・乳製品のカルシウムの吸収率が高い理由は乳糖、CPP、ビタミン D などが含まれていることによるが、カルシウムの存在形態によるところも大きい。牛乳中のカルシウムは約 1/3 が可溶性の形で、残りがミセル性リン酸カルシウムなどの形で存在している。ミセル性リン酸カルシウムの構造は完全には決定されていないが、カゼインに結合してカゼインミセルの構成成分になっている。このことが消化管内でのカルシウムが他の成分と不溶性の化合物となることを防いでおり、吸収率を高めることに貢献していると考えられる^{31,32)}。鳥羽らは、ミセル性リン酸カルシウムと CPP の複合体と、乳清タンパク質をラットに投与して、小腸内のカルシウムの可溶性を検討している。その結果では可溶性のカルシウム量は、ミセル性リン酸カルシウムと CPP の

複合体では約 3 倍の可溶性カルシウムが存在していた³³⁾。すなわち、牛乳中のカルシウムはミセル性リン酸カルシウムという形態で消化管内を移動し、小腸の吸収部位でカルシウムを遊離させることで、効率よくカルシウムを輸送、供給していると考えられる。

6. 豆乳や代替ミルク（オルタナティブミルク）との違い

近年、牛乳に代わり豆乳やココナツミルクなどの植物性の代替ミルクが販売されている。ここではこれらの代替ミルクのカルシウムについて紹介する。

代替ミルクとして近年流通しているものとしては、豆乳やアーモンドミルクやのほか、ココナツミルク、オーツミルク、カシューミルク、麻（ヘンプ）ミルク、ライスマルク、大麦ミルクなどがある。この中で現在の食品成分表に数値が掲載されているのは、豆乳とココナツミルクのみであり、それらのカルシウム量は 100 g あたり、豆乳で 15 mg、調整豆乳で 31 mg、ココナツミルクで 5 mg である。その他の代替ミルクでは、その原料となる食品のカルシウム含量から考えても、カルシウムの供給源としての寄与は低いと考えられる。しかし、市販の製品の多くには、おそらく牛乳を意識しての事と考えられるが、カルシウムを添加してある製品が多い。今後はこれらのカルシウムが添加されている代替ミルクのカルシウム吸収率に関する検討も必要であろう。

7. 牛乳・乳製品と環境問題

近年さまざまな分野で環境問題について検討されることが多くなってきている。最後にカルシウム摂取と温室効果ガスの関係について紹介する。Shkemi B らはカルシウム摂取と温室効果ガスの関係について、総説の中で以下のように報告している³⁴⁾。すなわち、主なカルシウム供給食品について、オランダのカルシウムの必要量 1000 mg の 20% を満たすために消費する必要のある食品の量と、CO₂-eq で表される温室効果ガス（GHG）排出量

を計算した。その結果、牛乳・乳製品は、野菜など他のカルシウム供給源となる食品に比べて、カルシウム供給量あたりの二酸化炭素の排出量は少ないとされている。

今後は、各食品について、栄養素の供給源や健康効果という視点だけではなく、環境との関わりについても評価、検討されるようになることが予想される。

ま と め

カルシウム摂取量の少ない我が国において、牛乳・乳製品は単にカルシウムの摂取量を増やすというだけではなく、その吸収率が高いことから骨の健康はもとよりカルシウム栄養状態全般に寄与する可能性が大きいと考えられる。今以上の摂取が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 厚生労働省 「日本人の食事摂取基準（2020年版）」策定検討会報告書 <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586553.pdf>
- 2) 厚生労働省 令和元年国民健康・栄養調査結果の概要 <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf>
- 3) 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会 日本食品標準成分表2020年版（八訂） https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_01110.html
- 4) 上西一弘, 江澤郁子, 梶本雅俊他. 日本人若年成人女性における牛乳, 小魚（ワカサギ, イワシ）, 野菜（コマツナ, モロヘイヤ, オカヒジキ）のカルシウム吸収率. 日本栄養・食糧学会誌 Vol. 51, No. 5, 259-266, 1998
- 5) Weaver, C. M. Heaney, R. P. Proulx, W. R. et al. Absorbability of calcium from common beans. *J. Food Sci.*, 58, 1401-1403. (1993)
- 6) Weaver, C. M. Heaney, R. P. Nickel, K. P. et al. Calcium bioavailability from high oxalate vegetables: Chinese vegetables, sweet potatoes and rhubarb. *J. Food Sci.* 62, 524-525. (1997)
- 7) Heaney, R. P. Weaver, C. M. Calcium absorption from kale. *Am. J. Clin. Nutr.*, 51, 656-657. (1990)
- 8) Heaney, R. P. Weaver, C. M. Recker, R. R. Calcium absorbability from spinach. *Am. J. Clin. Nutr.* 47, 707-709. (1988)
- 9) Heaney, R. P. Dowell, M. S. Absorbability of the calcium in a high-calcium mineral water. *Osteoporos. Int.* 4, 323-324. (1994)
- 10) Martin, B. R. Weaver, C. M.; Heaney, R. P. et al. Calcium absorption from three salts and CaSO₄-fortified bread in premenopausal women. *J. Agric. Food Chem.* 50, 3874-3876. (2002)
- 11) Weaver, C. M. Heaney, R. P. Martin, B. R et al. Human calcium absorption from whole-wheat products. *J. Nutr.* 121, 1769-1775. (1991)
- 12) Charoenkiatkul, S. Kriengsinyos, W. Tuntipipat, S. et al. Calcium absorption from commonly consumed vegetables in healthy Thai women. *J. Food Sci.* 73, H218-H221. (2008)
- 13) Tang, A. L. Walker, K. Z. Wilcox, G. et al. Calcium absorption in Australian osteopenic postmenopausal women: An acute comparative study of fortified soymilk to cows' milk. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 19, 243-249. (2010)
- 14) Sirichakwal, P. P. Kamchansuppasin, A. Akoh, C. C. et al. Vitamin D status is positively associated with calcium absorption among postmenopausal Thai women with low calcium intakes. *J. Nutr.* 145, 990-995. (2015)
- 15) Nickel, K. P. Martin, B. R. Smith, D. L. et al. Calcium bioavailability from bovine milk and

- dairy products in premenopausal women using intrinsic and extrinsic labeling techniques. *J. Nutr.* 126, 1406–1411. (1996)
- 16) Recker, R. R. Bammi, A. Barger-Lux, M. J. et al. Calcium absorbability from milk products, an imitation milk, and calcium carbonate. *Am. J. Clin. Nutr.* 47, 93–95. (1988)
 - 17) Heaney, R. P. Weaver, C. M. Fitzsimmons, M. L. et al. Soybean phytate content: Effect on calcium absorption. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 745–747. (1991)
 - 18) Zhao, Y. Martin, B. R.; Weaver, C. M. Calcium bioavailability of calcium carbonate fortified soymilk is equivalent to cow's milk in young women. *J. Nutr.* 135, 2379–2382. (2005)
 - 19) Weaver, C. M. Heaney, R. P. Connor, L. et al. Bioavailability of calcium from tofu as compared with milk in premenopausal women. *J. Food Sci.* 67, 3144–3147. (2002)
 - 20) Heaney, R. P. Dowell, M. S. Rafferty, K. et al. Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. *Am. J. Clin. Nutr.* 71, 1166–1169. (2000)
 - 21) Heaney, R. P. Weaver, C. M. Lee Fitzsimmons, M. Influence of calcium load on absorption fraction. *J. Bone Miner. Res.* 5, 1135–1138. (1990)
 - 22) Hawthorne, K. M. Morris, J. Hotze, T. et al. Biotechnologically-modified carrots: Calcium absorption relative to milk. *J. Bioequivalence Bioavailab.* 1, 34–38. (2009)
 - 23) Couzy, F. Kastenmayer, P.; Vigo, M. et al. Calcium bioavailability from a calcium-and sulfate-rich mineral water, compared with milk, in young adult women. *Am. J. Clin. Nutr.* 62, 1239–1244. (1995)
 - 24) van der Hee, R. M. Miret, S. Slettenaar, M. et al. Calcium absorption from fortified ice cream formulations compared with calcium absorption from milk. *J. Am. Diet. Assoc.* 109, 830–835. (2009)
 - 25) López-Huertas, E. Teucher, B. Boza, J. J. et al. Absorption of calcium from milks enriched with fructooligosaccharides, caseinophosphopeptides, tricalcium phosphate, and milk solids. *Am. J. Clin. Nutr.* 83, 310–316. (2006)
 - 26) Hansen, M. Thilsted, S. H. Sandström, B. et al. Calcium absorption from small soft-boned fish. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 12, 148–154. (1998)
 - 27) Fairweather-Tait, S. J. Johnson, A. Eagles, J. et al. Studies on calcium absorption from milk using a double-label stable isotope technique. *Br. J. Nutr.* 62, 379–388. (1989)
 - 28) Heaney, R. P. Weaver, C. M. Hinders, S. M. et al. Absorbability of calcium from brassica vegetables: Broccoli, bok choy, and kale. *J. Food Sci.* 58, 1378–1380. (1993)
 - 29) 内藤博. カゼインの消化時生成するホスホペプチドのカルシウム吸収促進機構. *日本栄養・食糧学会誌* 39, 433–9. 1986
 - 30) 小野伴忠. 乳タンパク質におけるカルシウム動態とその応用. *Milk Science* 54(2); 53–62, 2005
 - 31) 青木孝良. 牛乳ミセル性リン酸カルシウムの構造と機能. *日暖畜報* 53(1); 9–16, 2010
 - 32) 青江誠一郎. 牛乳カルシウムの特徴 *CLINICAL CALCIUM* Vol. 28, No. 4, 2018
 - 33) Toba Y, Kato K, Takada Y, et al: Bioavailability of milk micellar calcium phosphate-phosphopeptide complex in rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 45(3): 311–323, (1999)
 - 34) Shkemi B, Huppertz T. Calcium Absorption from Food Products: Food Matrix Effects. *Nutrients.* 14, 180. <https://doi.org/10.3390/nu14010180> (2022)