

*Elizabeth F. Buzinaro  
Renata N. Alves de Almeida  
Gláucia M.F.S. Mazeto*

*Ambulatório de Distúrbios do  
Cálcio, Hospital das Clínicas e  
Disciplina de Endocrinologia,  
Departamento de Clínica Médica,  
Faculdade de Medicina de  
Botucatu, Universidade Estadual  
Paulista "Júlio de Mesquita Filho"  
– UNESP, Botucatu, SP.*

*Recebido em 23/11/04  
Revisado em 17/05/05 e 26/12/05  
Aceito em 17/05/06*

**RESUMO**

O cálcio (Ca) dietético é fundamental para a saúde óssea. Tanto o teor como a biodisponibilidade do elemento nos alimentos devem ser considerados. Este artigo objetiva sumarizar os fatores envolvidos na absorção e destacar os alimentos com melhor disponibilidade do Ca. Este é absorvido principalmente no jejuno e o pH baixo parece favorecer sua absorção, que é maior no crescimento, na gestação/lactação e na carência de Ca ou fósforo (P), e menor no envelhecimento. As maiores fontes, e com melhor absorção, são os laticínios bovinos. Outros alimentos apresentam concentrações elevadas de Ca, mas com biodisponibilidade variável: os ricos em ácidos oxálico e fítico apresentariam uma menor absorção, enquanto que os ricos em carboidratos teriam uma absorção maior. Por apresentarem uma biodisponibilidade do Ca mais próxima da do leite bovino, o leite de outros animais, o de soja enriquecido e alguns vegetais, em quantidades adequadas, poderiam ser usados como alternativas a este. (**Arq Bras Endocrinol Metab 2006;50/5:852-861**)

**Descritores:** Biodisponibilidade do cálcio; Absorção do cálcio; Cálcio dietético; Saúde óssea

**ABSTRACT**

**Bioavailability of Dietary Calcium.**

Dietary calcium (Ca) is fundamental to the bone's health. Both the purport and the element bioavailability in the food need to be considered. The purpose of this work was to summarize the factors involved in Ca absorption and point out the sources with higher bioavailability. Ca is mostly absorbed in the jejunum and low pH seems to favor its absorption, which is higher during growth, gestation/lactation and Ca and phosphorus (P) deficiency, and lower with aging. The richest and best-absorbed Ca source is cow's milk and its derivatives. Other foods show high Ca concentrations but variable bioavailability: foods rich in phytates and oxalates show a smaller absorption and carbohydrate-rich foods show higher absorption. Since Ca bioavailability in other animal's milk, soymilk and some vegetables is closer to that in cow's milk, adequate amounts of these foods could be used as an alternative. (**Arq Bras Endocrinol Metab 2006;50/5:852-861**)

**Keywords:** Calcium bioavailability; Calcium absorption; Dietary calcium; Bone health

**O** CRESCIMENTO E A MANUTENÇÃO do tecido ósseo dependem de uma grande variedade de fatores genéticos e ambientais. A hereditariedade contribui com cerca de 60 a 70% da expressão fenotípica da densidade mineral óssea (DMO), um dos mais importantes marcadores da saúde do osso. Por outro lado, fatores ambientais tais como dieta e estilo de vida

contribuem com 30 a 40% da DMO (1). A possibilidade de alteração destes fatores ambientais, com conseqüente melhora do tecido ósseo, torna importante a caracterização do efeito dos mesmos sobre o esqueleto. Um dos fatores ambientais de maior relevância para a saúde óssea é o teor dietético de cálcio (Ca).

Por outro lado, ao discutir-se o papel do Ca dietético sobre o osso, não se pode ignorar a relevância de fatores que influenciam na sua absorção e utilização. Desta forma, a influência de outros fatores da dieta, como a presença de “moduladores” da absorção e/ou utilização do elemento Ca merecem atenção. Da mesma forma, aspectos próprios de cada indivíduo podem influir sobre a biodisponibilidade do elemento e, conseqüentemente, sobre o metabolismo ósseo (1).

Considerando-se o papel do teor e absorção do Ca dietético na manutenção da saúde geral dos indivíduos, bem como na prevenção e tratamento de doenças tais como a osteoporose, o objetivo do presente artigo é sumarizar os principais fatores relacionados ao aproveitamento do Ca presente na dieta, destacando os alimentos com melhor biodisponibilidade do elemento.

## FATORES FISIOLÓGICOS E BIODISPONIBILIDADE DO CÁLCIO

### Fisiologia da absorção do cálcio

A absorção intestinal de Ca pode ser dividida em duas partes: uma ativa saturável, a qual é mediada pela vitamina D e envolve a proteína ligadora de Ca (Ca-Bp) (2,3), e uma passiva, que pode corresponder a difusão simples ou facilitada (carreador-mediada).

Provavelmente todo o intestino é capaz de absorver Ca. Contudo, sob condições normais, acredita-se que apenas o intestino delgado participe nesta absorção. O local onde a maior parte da absorção do elemento vai ocorrer depende da capacidade absorptiva, do comprimento do segmento intestinal, do tempo de trânsito, da biodisponibilidade e da concentração intraluminal de Ca (3). O duodeno tem a maior capacidade absorptiva por unidade de comprimento, mas a maioria do Ca é absorvida no jejuno devido ao seu maior comprimento total (4,5).

O aumento do Ca dietético será seguido de um aumento proporcional na quantidade do elemento absorvido por difusão, enquanto que a absorção ativa será saturada. Assim, a fração dietética de Ca que será absorvida diminuirá com o aumento da ingestão do mesmo na dieta (2,6).

A absorção intestinal ativa de Ca é primariamente regulada pela 1,25-dihidroxitamina D

[1,25(OH)<sub>2</sub>D]. Outros hormônios também podem influenciar esta absorção, aumentando-a (paratormônio – PTH, hormônio do crescimento – GH) ou diminuindo-a (glicocorticóides, excesso de hormônios tireoidianos e possivelmente calcitonina), via interação com a conversão renal de 25-hidroxitamina D (25-OHD) a 1,25(OH)<sub>2</sub>D ou com o efeito da 1,25(OH)<sub>2</sub>D sobre o intestino (7), ou ainda por uma ação hormonal direta (8).

Por outro lado, uma série de cátions, ânions, proteínas, carboidratos, gorduras e drogas parecem influenciar na absorção intestinal de Ca. Contudo, com exceção das gorduras e algumas drogas, estes compostos têm pouca importância prática na vida diária (3,4). O Ca e o fósforo (P) absorvidos participam da manutenção da absorção do Ca devido aos efeitos do Ca sérico sobre a secreção do PTH e dos efeitos do P e PTH séricos sobre a produção renal de 1,25(OH)<sub>2</sub>D (9).

O Ca é continuamente perdido no lúmen intestinal devido à secreção do suco digestivo. Uma parte deste é reabsorvido e o resto é excretado nas fezes (Ca fecal endógeno) (7).

### Absorção de cálcio durante a vida

A absorção e os requerimentos de Ca variam conforme a faixa etária e as condições clínicas dos indivíduos (tabela 1) (10). Em geral, quanto maior a necessidade e menor o fornecimento dietético, mais eficiente será a absorção. O aumento das necessidades do elemento encontrado em situações como crescimento, gravidez,

**Tabela 1.** Recomendações de cálcio conforme faixas etárias e situações especiais.

Idade ou grupo	Recomendações (mg/d)
<b>Idade</b>	
0-6 meses	210
6-12 meses	270
1-3 anos	500
4-8 anos	800
9-13 anos	1300
14-18 anos	1300
19-30 anos	1000
31-50 anos	1000
51-70 anos	1200
> 70 anos	1200
<b>Gravidez</b>	
≤ 18 anos	1300
19-50 anos	1000
<b>Lactação</b>	
≤ 18 anos	1300
19-50 anos	1000

Fonte: referência 10.

lactação, deficiência de cálcio, e na atividade física que resulta em alta densidade óssea, intensifica a absorção de Ca (11).

### **Infância**

Na infância, o Ca é necessário para a mineralização e crescimento ósseo adequados. A quantidade real de Ca necessária depende, além da idade da criança (tabela 1), das taxas individuais de absorção e de outros fatores dietéticos. Também a retenção de Ca é variável nos indivíduos. Nas crianças entre 2 e 8 anos de idade, por exemplo, totaliza aproximadamente 100 mg/dia. Como a ingestão de Ca tem pouca influência sobre seu grau de excreção urinária, durante períodos de crescimento rápido as crianças precisam de duas a quatro vezes mais Ca por Kg de peso do que os adultos (12). Como o leite e outros produtos lácteos são as fontes principais do elemento, as crianças que não os consomem, ou os ingerem em quantidades limitadas, estão em risco de deficiência de Ca (13).

### **Gravidez e lactação**

Na gestação ocorrem mudanças no metabolismo de Ca que favorecem a transferência deste elemento para o feto, incluindo alterações nos hormônios reguladores do elemento. A taxa de absorção intestinal é aumentada, principalmente a partir do 2º trimestre, de 27% (em mulheres não gestantes) para 54% no 5º ou 6º mês de gestação, sendo de 42% ao termo (40ª semana gestacional). Também estão aumentados a reabsorção renal e o *turnover* do Ca ósseo, favorecendo o atendimento dos requerimentos de Ca e a mineralização óssea fetais. Na gestação, também é observado um aumento de Ca urinário, provavelmente devido ao aumento da taxa de filtração glomerular (14).

Depois do parto, a absorção do Ca e a excreção urinária do mesmo voltam aos níveis pré-gravídicos. Alguns estudos relatam que, durante a amamentação, ocorre uma diminuição na excreção urinária de Ca e de fosfato (15).

### **Menopausa/envelhecimento**

A absorção de Ca, particularmente a absorção ativa, declina com o passar da idade (6,16). Este declínio pode ser causado por deficiência dietética e diminuição endógena na produção de vitamina D. Esta diminuição da produção é devida, em parte, à menor exposição solar nos grupos etários mais avançados. Além disso, com o processo de envelhecimento, ocorrem piora da função renal e diminuição da produção de vitamina D, com conseqüente hiperparatireoidismo secundário (17).

Nas mulheres, a diminuição estrogênica observada após a menopausa também reduzirá a produção renal de  $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ . Por outro lado, o alto *turnover* ósseo que ocorre nos primeiros anos da menopausa pode inibir a absorção intestinal de Ca devido à mobilização do osso mineral, com diminuição da secreção do PTH e da 1-hidroxilação da 25-OHD (7).

## **TEOR E BIODISPONIBILIDADE DO CÁLCIO DIETÉTICO**

O Ca é encontrado em maiores ou menores concentrações, dependendo do alimento analisado (tabela 2), sendo, geralmente, mais abundante e biodisponível no leite bovino e derivados (18,19). Com a mudança dos costumes e necessidades dietéticas das populações (com pessoas optando por dietas vegetarianas exclusivas, por exemplo), bem como com o avanço da medicina em diagnosticar e tratar pacientes com distúrbios como a intolerância à lactose ou a alergia à proteína do leite de vaca, o estudo de outras fontes biodisponíveis de Ca tornou-se necessário.

Embora alguns alimentos tenham teores razoáveis de Ca, sua absorção pode ser bastante variável. Heaney e cols., em 2000, comparando a biodisponibilidade do Ca do leite de soja enriquecido com a do leite de vaca, demonstraram que a do primeiro correspondia a apenas 75% da do segundo. Aqueles autores sugerem que, para atingir-se uma equivalência entre os dois leites, seria necessário que o de soja fosse enriquecido com 500 mg de Ca/porção e não apenas com as atuais 300 mg/porção referidas pela maioria dos fabricantes (20).

Por outro lado, Martini e Wood, em 2002, estudando a absorção do elemento com a ingestão de um suco de laranja industrializado, enriquecido com citrato-malato de Ca, concluíram que a mesma era semelhante à do leite de vaca (21). O suco de laranja enriquecido com Ca esteve disponível por algum tempo no Brasil mas não tem sido mais encontrado no comércio atualmente.

O leite de outros animais teve também sua absorvabilidade averiguada. Shen e cols., em 1995, comparando os leites de ovelha e cabra com o de vaca, não encontraram diferenças na biodisponibilidade do Ca dos mesmos (22).

Os peixes pequenos, quando ingeridos com os ossos, também poderiam representar uma rica fonte do elemento. Hansen e cols., em 1998, compararam a absorção do Ca em humanos com duas refeições distintas: uma composta de pequenos peixes indígenas

**Tabela 2.** Comparação da absorção de cálcio em várias fontes nutricionais.

Alimento	Teor de cálcio (mg/g de alimento)	Absorção fracional <sup>1</sup> (%)	Tamanho da porção (g) necessária para substituir 240 g de leite
Leite integral*	1,25	32,1	240
logurte*	1,25	32,1	240
Queijo cheddar*	7,21	32,1	41,7
Queijo branco*	10,0	32,1	30,0
Feijão vermelho	0,24	24,4	1605
Feijão branco	1,03	21,8	437,7
Brócolis	0,49	61,3	321
Suco de frutas	1,25	52,0	148,2
c/ citrato malato de Ca*			
Couve	0,72	49,3	275,1
Espinafre	1,35	5,1	1375,7
Batata doce	0,27	22,2	1605,0
Tofú com cálcio*	2,05	31,0	150,5

<sup>1</sup> Corrigida para a carga pelo uso da equação para o leite (absorção fracional= 0,889-0,0964 em carga) então ajustada para a razão de absorção do Ca do alimento-teste, em relação ao leite, testada para a mesma carga, o índice absorutivo. (Fonte: modificada da referência 18).

\* A quantidade de Ca contida nestes produtos pode variar consideravelmente dependendo do processo industrial a que são submetidos. Os teores do elemento devem ser conferidos nas embalagens.

Bengali e outra com leite de vaca. Aqueles autores não encontraram diferenças nas porcentagens de absorção das duas refeições (23).

### Influência de fatores dietéticos

A eficiência da absorção de Ca é afetada pela presença intraluminal de outros componentes dietéticos (24). Cerca de 30% do Ca dietético está biodisponível nos alimentos. Esta biodisponibilidade refere-se à digestibilidade e absorção do elemento. A digestibilidade pode ser comparada com solubilidade ou mais precisamente solubilização. Digestibilidade e solubilidade para todos os nutrientes têm sido discutidas. Aminoácidos e pequenos peptídeos presentes na dieta não costumam alterá-las. Por outro lado, muitas gorduras, carboidratos complexos e alguns minerais podem influenciar tanto na digestibilidade como na biodisponibilidade do Ca (25). Já alguns produtos industrializados e enriquecidos, como, por exemplo, a farinha de trigo, apesar de poderem conter Ca, apresentam uma pior biodisponibilidade quando comparados ao leite (26).

### Vitamina D

Como referido anteriormente, a ação da vitamina D é necessária para que ocorra uma adequada absorção intestinal de Ca. Como este nutriente também está disponível a partir da ação da luz solar nos tecidos sub-

cutâneos, a quantidade necessária a partir de fontes dietéticas depende de fatores não dietéticos, tais como fatores geográficos e tempo passado fora de casa (13).

### Componentes dos vegetais

Nos últimos anos, vem sendo aumentada a indicação de alimentos ricos em fibras na dieta. Embora isso seja interessante do ponto de vista das dislipidemias, constipação e diabetes mellitus, pode prejudicar a absorção de diversos minerais, entre os quais o Ca (27).

Estudo realizado em pacientes submetidos à dieta para perda de peso, com elevados teores diários de Ca (em torno de 1302 mg/dia) e de fibras, mostrou uma redução no balanço corpóreo de Ca, que passaria de +32 para -77 mg/dia (24). Além disso, em pacientes submetidos a uma dieta geral, o simples acréscimo de frutas e vegetais, apesar de causar um aumento da ingestão de Ca de 1070 para 1166 mg/dia, também provocaria uma queda no balanço do elemento, que passaria de +72 para -122 mg/dia (24). Sendo assim, altas fontes dietéticas de fibras e vegetais contribuem consideravelmente para diminuir a absorção de Ca.

Enquanto alguns autores insistem no papel das fibras como fator principal na diminuição da biodisponibilidade do elemento, outros defendem que os efeitos observados diretamente na absorção do Ca parecem ser devidos mais a outros fatores alimentares

do que às fibras propriamente ditas (27). Alimentos ricos em fibras frequentemente contêm também fitatos ou ácido oxálico, substâncias que parecem interagir com o Ca. Contudo, estudos sobre o efeito dos oxalatos e fitatos no metabolismo do Ca em humanos são poucos e os resultados contraditórios. Heaney e cols. (28), em 1988, e Heaney & Weaver (29), em 1990, estudaram a biodisponibilidade de Ca do espinafre e da couve, tendo encontrado uma maior absorção de Ca a partir da couve do que do espinafre. Esta diferença na disponibilidade destes dois vegetais foi atribuída ao alto teor de oxalato contido no espinafre. Realmente, o inibidor mais potente da absorção de Ca parece ser o ácido oxálico que está presente na maioria dos vegetais. Este é encontrado em alta concentração no espinafre e no ruibarbo, e em menor quantidade nas batatas doces e feijões secos (6). A taxa de absorção de Ca do espinafre é de apenas 5%, enquanto que a do leite, ingerido em quantidades semelhantes, é de aproximadamente 30%. Quando esses dois alimentos, com biodisponibilidades diferentes, são ingeridos juntos durante a mesma refeição, a fração de absorção de Ca a partir do leite diminui em 30% (26). Já outros vegetais como brócolis, couve, repolho, mostarda e folhas de nabo, possuem uma melhor biodisponibilidade do Ca (18). O ácido fítico, presente nos alimentos ricos em fibras, é um componente que, em altas concentrações, afeta o balanço de Ca, uma vez que fibras purificadas não prejudicariam a absorção do elemento. Fontes concentradas de fitatos, tais como farelo de trigo, cereais estruturados ou grão secos, reduzem substancialmente a absorção de Ca (27).

Realmente, o efeito que os alimentos vegetais exercem sobre a biodisponibilidade do Ca parece depender de inúmeros fatores. O ácido ascórbico, por exemplo, aumenta a absorção do elemento: a adição de 25 mg desta vitamina (que corresponde a 65 mg de suco de laranja) a uma dieta contendo 336 mg de Ca, melhora a absorção do elemento de 50 para 100 mg/dia (30).

### **Carboidratos**

De forma geral, os carboidratos parecem aumentar a absorção do Ca. Neste aspecto, a lactose seria a mais eficiente dentre eles.

### *Lactose*

Durante o decorrer de 50 anos, muitos estudos têm sido publicados sobre a importância da suplementação de lactose na absorção de Ca em dietas de animais. Também em humanos, inúmeros investigadores têm estudado a eficácia deste açúcar em uma variedade de experimentos.

Alguns, inclusive, têm sugerido que a osteoporose seria mais prevalente na deficiência de lactase (24).

Até o momento, contudo, as afirmações sobre a importância do açúcar do leite na absorção do Ca têm sido controversas (27). Por exemplo, em estudo sobre o balanço de Ca em crianças de 8 meses de idade, utilizando-se três fórmulas infantis (uma padrão, uma livre de lactose e uma fórmula tratada com lactase), observou-se que a absorção do elemento foi de 60% para a fórmula padrão, de 36% para a lactose-livre, e de 72% para lactase tratada (31). Estes resultados, aparentemente contraditórios, sugerem que a glicose e a galactose liberada da hidrólise da lactose são igualmente eficientes na absorção do Ca alimentar (24,27).

Por outro lado, Ziegler e Forman (1983) compararam a absorção de Ca de duas formulações infantis à base de soja: uma cuja a fonte de carboidratos era a lactose, e a outra cuja fonte era uma mistura de 56% de amido hidrolisado e 44% de sacarose. A absorção de Ca foi significativamente mais alta para a fórmula contendo lactose (48% vs. 33%,  $p < 0,01$ ) (32). Estes achados sugerem que a absorção de Ca em crianças é mais alta nas fórmulas infantis à base de soja contendo lactose do que nas fórmulas similares onde a fonte de carboidratos é outra.

### *Outros*

Existem evidências de que vários oligossacarídeos não digeríveis melhoram a absorção de Ca em adolescentes e adultos.

Coudray e cols., em 1997, estudando o efeito do acréscimo de insulina na dieta sobre a absorção de Ca, concluíram que este suplemento provoca um aumento da absorção do elemento de 21,3% para 33,7% (um aumento de 58%;  $p < 0,01$ ) (33).

Outros autores têm mostrado que o acréscimo de oligofrutose aos mais diferentes tipos de alimento também pode aumentar a absorção de Ca. Porém, ainda há dúvidas sobre os reais mecanismos pelos quais isto ocorre e mais estudos são necessários para provar os benefícios destes ingredientes sobre absorção do mineral (34).

### **Gorduras**

Estudos têm mostrado que a adição de gordura pode produzir má absorção, ou esteatorréia, reduzindo a absorção de Ca (24). Outros investigadores deixam claro que a ingestão de gordura tem um impacto negativo sobre o balanço de cálcio somente durante a esteatorréia (35). Geralmente, isso é o resultado da precipitação do Ca com ácidos de gorduras devido à presença de sabões insolúveis no lúmen do intestino. A quantidade de sabões formados, paralelamente, é importante

para ionizar os ácidos de gordura, ao mesmo tempo em que reduz a concentração de Ca (24).

Paradoxalmente, Steggerda e Mitchell, comparando o balanço de Ca de adultos com dietas ricas e pobres em gorduras, não observaram alteração na absorção de Ca (36).

Revisando a literatura, fica claro que os efeitos da gordura dietética sobre a absorção de Ca em humanos são contraditórios (24). Mais estudos são necessários para que se conclua qual o exato papel dos lipídeos na biodisponibilidade do elemento.

### **Proteínas**

Suplementos protéicos ou alimentos enriquecidos com proteína têm um potencial impacto sobre o balanço de Ca (27). Alguns autores defendem uma associação entre aumento da ingestão protéica e piora do metabolismo do Ca, enquanto outros não demonstraram essa relação.

Estudos epidemiológicos indicam que há uma relação inversa entre proteína dietética e saúde óssea. Isso poderia ser evidenciado pela associação positiva entre fratura de quadril e ingestão protéica, e pela estimulação da calciúria pelas proteínas (1). Aliás, um dos aspectos mais pesquisados da interação da ingestão protéica com o metabolismo do Ca, se refere ao aumento na excreção de cálcio na urina (24). Estima-se que haja um aumento da calciúria em 60 mg/d para cada 50 g de proteína ingerida (1). Cada grama de proteína metabolizada aumentaria as concentrações urinárias de Ca em cerca de 1,75 mg. Assim, duplicar a quantidade de proteínas dietéticas purificadas ou aminoácidos na dieta aumentaria o Ca urinário em cerca de 50% (37). O mecanismo que induz a hiper calciúria envolve uma redução na reabsorção renal de Ca. O balanço negativo do elemento induzido pelas proteínas não seria prevenido pelo aumento das fontes de Ca (24).

Por outro lado, em um estudo com homens jovens sob condições dietéticas normais, e mantidos os níveis de P constantes, o aumento de proteínas de 50 para 150 g/dia em uma dieta com 500 mg de Ca por dia não alterou significativamente a absorção de Ca (38). Aparentemente, isto ocorre por um efeito protetor que o P exerceria sobre o metabolismo do Ca, particularmente, diminuindo a calciúria (27).

Provavelmente, o efeito negativo que as proteínas exercem sobre a reabsorção renal do Ca e sobre o metabolismo do elemento no geral só seria significativa se a ingestão de Ca fosse baixa. Além disso, dependeria também de outros elementos tais como sódio, potássio e P, estes dois últimos sendo inibidores da resposta hipercal-

ciúrica. Uma relação de Ca para proteína maior que 20:1 provavelmente protegeria o esqueleto (1).

### **Álcool**

Vários estudos já foram realizados para confirmar se a alta ingestão de álcool causaria uma interferência na biodisponibilidade do Ca. Esses estudos concluíram que não há influência direta da ingestão de álcool sobre a absorção de Ca. Contudo, o álcool, quando ingerido em grandes quantidades, exerceria outras ações deletérias sobre o organismo com relação ao metabolismo do Ca (11) e ao esqueleto (39).

### **Caféina**

Existem muitas controvérsias sobre a influência da caféina na biodisponibilidade do Ca e no aumento da perda mineral óssea (11). Rapuri e cols. verificaram, em estudo realizado em mulheres menopausadas, que uma ingestão maior que 300 mg de caféina por dia causaria uma perda de Ca a nível ósseo (40).

A maioria dos estudos não é conclusiva sobre a influência da caféina na biodisponibilidade do Ca dietético, mas sugere que a mesma exerceria um efeito semelhante ao álcool, causando uma maior estimulação da excreção do Ca a nível renal e uma maior desmineralização óssea (41).

### **Fósforo**

Os fosfatos estão disponíveis em praticamente todos os alimentos, podendo ser citados como fontes consideráveis o leite, os ovos e as carnes, além das leguminosas e nozes, entre outros alimentos. O simples ato de alimentar-se propicia uma quantidade bastante constante de fosfato (aproximadamente 1000 a 1200 mg/dia para mulheres adultas e 1200 a 1400 mg/dia para homens). Já quantidades proporcionais de Ca não são consumidas se não houver um esforço consciente no sentido de selecionar porções suficientes de alguns alimentos ricos no elemento. Cerca de 70% do P ingerido é absorvido a nível intestinal (jejuno preferencialmente). A absorção depende da vitamina D e do pH intestinal, sendo favorecida pela acidez do meio. O Ca também influi na absorção de fosfato, estimando-se que a absorção de ambos os elementos chega a ser ótima quando a relação Ca/P é igual a 1 (42).

Proporções semelhantes de íons Ca e fosfato são também necessárias para que ocorra uma adequada mineralização dos ossos. Tanto a ingestão excessiva de P como o baixo consumo de Ca podem alterar a proporção Ca/P (43). O excesso de fosfato em relação ao Ca estimula o PTH e, se este padrão de consumo for crônico, segue-se a perda óssea (11).

## CARÊNCIAS NUTRICIONAIS, DOENÇAS E BIODISPONIBILIDADE DO CÁLCIO

### Deficiência de cálcio

A eficiência da absorção de Ca aumenta se o indivíduo é mantido com uma dieta deficiente do elemento provavelmente porque o processo de transporte saturável, vitamina D-dependente, está aumentado (44). Não está claro, contudo, quanto tempo é necessário para que a adaptação à mudança de ingestão ocorra. A maioria dos estudos de adaptação em humanos foi feita com indivíduos adaptados a uma baixa ingestão de Ca por várias semanas, e a pouca informação disponível de estudos agudos é confusa. Por exemplo, Birge e cols. mostraram que a quantidade de Ca (entre 12 e 400 mg) consumida em uma refeição, 2,5 horas antes da administração oral de  $^{47}\text{Ca}$ , tinha um efeito significativo sobre o aparecimento plasmático (absorção) do isótopo (4). Todavia, a infusão intravenosa de hormônio paratireóide não tinha efeito sobre a absorção de cálcio por ao menos 4 a 5 horas, no mesmo experimento. Ireland e Fordtran, estudando indivíduos colocados em uma dieta deficiente de Ca por 8 semanas, investigaram se o jejuno poderia se adaptar rapidamente à concentração intraluminal de Ca. Concluíram que este não reduz sua taxa de absorção imediatamente (em 1:30 horas) em resposta à alta concentração intraluminal de Ca (45).

Poderia parecer, pelos dados acima, que são necessárias muitas horas antes que a taxa de absorção se adapte à mudança no Ca intraluminal. Além da concentração do Ca intraluminal, a ingestão habitual do elemento afeta a eficiência de absorção, mostrando que um mecanismo adaptativo de longo prazo também atua (24).

A absorção de Ca pelo cólon contribui significativamente para a absorção total do elemento em pacientes com pequenas ressecções intestinais. O cólon também pode ser importante na recuperação do Ca liberado de complexos da dieta (tais como fitatos, ácido urônico e pectina) no intestino grosso pelas bactérias colônicas (24).

Já que o intestino pode se adaptar às baixas ingestões de Ca, acredita-se comumente que a deficiência dietética do elemento *per se* não leva à desmineralização óssea. Todavia, evidências consideráveis demonstram que, em algumas situações, a adaptação à baixa ingestão pode não ser suficiente para prevenir o balanço negativo de Ca (24). Spencer e cols., em 1969, demonstraram que há um limite inferior de ingestão de Ca, abaixo do qual a absorção não pode se adaptar suficientemente para manter o balanço do ele-

mento (44). Marshall e cols., em 1976, estudando balanço de Ca em adultos, encontraram alta taxa de balanços negativos quando a ingestão do elemento era de 600 mg/dia, e que 950 mg/dia eram necessários para atingir um equilíbrio em 95% dos pacientes (46).

Até há alguns anos atrás, acreditava-se que várias regiões do mundo consumiam consideravelmente menos Ca do que nos Estados Unidos, sem efeitos prejudiciais sobre o crescimento ou mineralização óssea. Evidências mais recentes contradizem esta crença. Um estudo realizado em crianças sul-africanas mostrou que as que ingeriam uma média de 125 mg/dia de Ca apresentavam hipocalcemia e elevação da fosfatase alcalina, enquanto que as que ingeriam 337 mg/dia não apresentavam (47). Outro estudo, realizado com iugoslavos, estudou a mineralização óssea em dois grupos de indivíduos: um com ingestão de Ca de 400 mg/dia e outro de 900 mg/dia. O grupo com menor teor do elemento na dieta teve menor mineralização óssea, aos 30 anos de idade, e maior taxa de fraturas (12).

Enfim, aparentemente a absorção de Ca se adapta às baixas ingestões do elemento. Contudo, esta adaptação não é suficiente para evitar o balanço negativo quando a ingestão, a longo prazo, é igual ou inferior a 400 mg/dia (24).

### Deficiência de fósforo

Devido ao exposto anteriormente, a ocorrência de deficiência dietética de P é improvável. Porém, existem substâncias que limitam sua absorção, como o excesso de ferro e magnésio, pela formação de fosfatos insolúveis (42). A deficiência de P também pode resultar de tratamentos prolongados com antiácidos como o hidróxido de magnésio ou alumínio.

Usando uma deficiência dietética experimental de P, Dominguez e cols. (1976) mostraram que a privação de P em humanos resultaria em aumento na absorção de Ca devido a um aumento na produção de 1,25-diidroxivitamina D<sub>3</sub> (48). Todavia, esses autores demonstraram que ocorreria um balanço de Ca negativo, pois haveria um aumento na calciúria.

No geral, a deficiência de P pode acarretar em síndrome clínica caracterizada por absorção de Ca aumentada, hipofosfatemia, hiper calciúria, dores ósseas, e um aumento da reabsorção mineral óssea (24).

### Acidez gástrica, gastrite atrófica e absorção de cálcio

Ivanovich e cols., em 1967, estudando a absorção do Ca em indivíduos normais com síndrome "leite-álcali" ou com hipocloridria, concluíram que a acidez gástri-

ca precisava estar presente para dissolver o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), possibilitando a absorção do elemento (49). Apesar destas conclusões se basearem, aparentemente, em um único paciente com hipocloridria, serviram como base para anos de crença na importância do pH estomacal baixo para a biodisponibilidade do Ca (50).

Por outro lado, Bo-Linn e cols., em 1984, estudando a absorção do Ca de refeições suplementadas com  $\text{CaCO}_3$ , antes e após a tomada de cimetidina, um potente bloqueador  $\text{H}_2$ , referiram não ter encontrado evidências da influência da secreção ácida e acidez gástrica sobre a absorção do Ca dietético (51). Bo-Linn e cols. especularam sobre como o relativamente insolúvel  $\text{CaCO}_3$  poderia ter sido absorvido na ausência de ácido gástrico: 1) o pH luminal do jejuno é usualmente 6,1, o qual (eles demonstraram *in vitro*) liberaria 37% do cálcio do  $\text{CaCO}_3$  dentro de duas horas; 2) o chamado micro-ambiente ácido da superfície do enterócito pode ser baixo o suficiente para prover outro possível sítio intestinal de dissolução de  $\text{CaCO}_3$ ; 3) a estimulação de secreção biliar e pancreática em resposta à refeição poderia resultar na secreção de fatores que solubilizariam o  $\text{CaCO}_3$ .

Talvez os resultados divergentes destes autores em relação aos primeiros se deva ainda ao conteúdo de carboidratos presentes nas refeições-teste utilizadas. Muitos estudos têm demonstrado que vários açúcares, quando administrados junto a suplementos de Ca, aumentam a absorção do elemento, talvez por baixar o pH dos micro-ambientes intestinais (50). Realmente, uma diferença fundamental entre os dois estudos citados parece ser o fato de, no último, o  $\text{CaCO}_3$  ter sido administrado com alimentos, não tendo sido avaliada a absorção de Ca após um período noturno de jejum.

Recker, em 1985, relatou um estudo comparando a absorção de dois sais de Ca, carbonato e citrato, após uma noite de jejum, em pacientes-controle ou com acloridria (52). Quando o sal usado foi o  $\text{CaCO}_3$ , pouco solúvel, os controles absorveram muito mais Ca que os com acloridria (23% vs. 4%). Por outro lado, quando foi usado o citrato, mais solúvel, os com acloridria inesperadamente absorveram Ca quase duas vezes mais eficientemente do que os controles (45% vs. 24%). Recker especulou que uma mudança na permeabilidade do tecido gástrico ao Ca, na gastrite atrófica, poderia ter aumentado a absorção do citrato de Ca, mais solúvel, diretamente do estômago. Uma outra explicação para os resultados inesperados poderia ser que pacientes com acloridria habitualmente absorvem mal o Ca da alimentação, mudando assim a homeostase do elemento e produzindo máxima estimulação

do transporte de Ca no intestino. Contudo, um dos pontos mais relevantes do estudo de Recker foi a demonstração de que a absorção do pouco solúvel  $\text{CaCO}_3$  poderia ser aumentada a níveis normais, em pacientes com acloridria, caso este fosse administrado junto a uma refeição. Como este teste não foi realizado também em indivíduos-controle, torna-se difícil saber se foram os componentes ou a acidez da refeição (pH= 5,8) os responsáveis pelo aumento da biodisponibilidade do  $\text{CaCO}_3$  (50). Recker concluiu que a absorção de Ca do  $\text{CaCO}_3$  está prejudicada na acloridria, em situação de jejum, e que este suplemento não deveria ser usado em pessoas mais idosas. A mensagem mais importante é que a absorção do cálcio do  $\text{CaCO}_3$  parece diferir bastante no jejum e no estado alimentado. Esta observação pode explicar porque alguns estudos indicam um efeito deletério da baixa produção ácida gástrica sobre a absorção do Ca e outros indicam uma aparente falta de efeito da acloridria. Nos casos de acloridria onde o Ca foi pouco absorvido, os indivíduos foram estudados em jejum (50).

Knox e cols., em 1991, estudaram a relação entre a acloridria, em pacientes idosos, a ingestão de fibras e a absorção de Ca durante as refeições (53). Poderia ser hipotetizado que uma refeição rica em fibras acentuaria as diferenças na absorção do Ca entre indivíduos normais e com hipocloridria. Todavia, nenhuma diferença foi encontrada no percentual de retenção de Ca marcado corpóreo, entre os controles e os com gastrite atrófica. Estes resultados sugerem que, mesmo na presença de uma refeição rica em fibras (a qual reduziu a biodisponibilidade do Ca em 25%), a acidez gástrica não desempenha um papel importante na determinação da eficiência da absorção de Ca durante a refeição. Knox e cols. estudaram também o efeito da adição de ácido clorídrico sobre a retenção de Ca nos controles e nos pacientes com acloridria, consumindo uma refeição rica em fibras. Novamente, nenhum efeito da acidez foi aparente. Estes autores concluíram que a presença de acloridria em idosos, endógena ou iatrogênica, não afeta a absorção do Ca da dieta, mesmo na presença de fibras.

Embora os estudos citados possam ser alvo de críticas do ponto de vista de seleção de pacientes e caracterização da acloridria, no geral pode-se inferir que indivíduos com produção ácida reduzida (com gastrite atrófica ou uso de medicações anti-ulcerosas), sob condições normais de alimentação, podem ter absorção normal de Ca. Isso poderia ser devido à ingestão de alimentos ricos em Ca, tais como derivados lácteos, ou à presença de fatores dietéticos que aumentem a absorção do elemento, ou ainda poderia ser devido à secreção ácida gástrica ou intestinal estimuladas pela refeição (50).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se o papel que o Ca representa para a manutenção da saúde óssea e a importância da obtenção desta de forma menos invasiva e intervencionista possível, a relevância da dieta no fornecimento dos requerimentos diários do elemento deve ser ressaltada. Assim, este artigo objetivou sumarizar os principais fatores relacionados ao aproveitamento do Ca presente nos alimentos, destacando aqueles com melhor biodisponibilidade do mineral.

O teor e a biodisponibilidade do Ca variam muito nos diversos alimentos, sendo que um grande número de fatores influencia no aproveitamento do elemento presente nas refeições. O leite de vaca e derivados se constituem nas fontes mais ricas e com maior percentual de absorção do mineral. Porém, alguns outros alimentos, quando ingeridos em quantidades adequadas, podem contribuir consideravelmente para o seu fornecimento, de forma aproveitável, aos indivíduos. Assim, o leite de outros animais (como cabras e ovelhas, por exemplo) e os queijos e iogurtes feitos a partir deste leite, poderiam ser usados em porções equivalentes às dos laticínios de origem bovina, como substitutos. Já o leite de soja enriquecido com Ca se constituiria em uma alternativa interessante, desde que fossem adequados os volumes das porções à biodisponibilidade do elemento. Outros alimentos como o feijão branco, o brócolis, a couve e os peixes pequenos inteiros, poderiam ser utilizados em associação com produtos de maior teor / biodisponibilidade para atingir-se as metas dietéticas adequadas de Ca nos indivíduos que não querem ou não podem ingerir o leite de vaca.

## REFERÊNCIAS

1. Fairweather-Tait SJ, Teucher B. Calcium bioavailability in relation to bone health. *Int J Vitam Nutr Res* 2002;72(1):13-8.
2. Wilkinson R. Absorption of calcium, phosphorus and magnesium. In: Nordin BEC (ed). **Calcium, phosphate and magnesium metabolism**. Edinburgh/London/New York: Churchill Livingstone, 1976. pp. 36-112.
3. Kenny AD. **Intestinal calcium absorption and its regulation**. Boca Raton: CRC Press. Inc., 1982.
4. Birge SJ, Peck WA, Berman M, Whedon GP. Study of calcium absorption in man. A kinetic analysis and physiologic model. *J Clin Invest* 1969;48:1705-13.
5. Wensel RH, Rich C, Brown AC, Volwiler W. Absorption of calcium measured by intubation and perfusion of the intact human small intestine. *J Clin Invest* 1969;48:1768-75.
6. Heaney RP, Weaver CM. Oxalate: effect on calcium absorbability. *Am J Clin Nutr* 1989;50:830-2.
7. Charles P. Calcium absorption and calcium bioavailability. *J Int Med* 1992;231:161-8.
8. Ghyton AC, Hall JE. Hormônio paratireóideo, calcitonina, metabolismo do cálcio e do fosfato, vitamina D, ossos e dentes. In: Ghyton AC, Hall JE (eds). **Tratado de fisiologia médica**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. pp. 841-56.
9. Tanaka Y, DeLuca HF. The control of 25-hydroxyvitamin D metabolism by inorganic phosphorus. *Arch Biochem Biophys* 1973;154:566-74.
10. Institute of Medicine. **Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride**. Washington: National Academy Press, 1997.
11. Anderson JJB. Nutrição para a saúde óssea. In: Mahan LK, Escott-Stump S (eds). **Krause - Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10ª ed. São Paulo: Editora Roca, 2003. pp. 591-611.
12. Matkovic V, Kostial K, Simonovic I, Buzina R, Broadarec A, Nordin BEC. Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia. *Am J Clin Nutr* 1979;92:953-63.
13. Lucas B. Nutrição na infância. In: Mahan LK, Escott-Stump S (eds). **Krause - Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10ª ed. São Paulo: Editora Roca, 2003. pp. 229-46.
14. Saunders C, Neves EQC, Accioly E. Recomendações nutricionais na gestação. In: Accioly E, Saunders C, Lacerda EMA (eds). **Nutrição em obstetrícia e pediatria**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2002. pp. 145-69.
15. Prentice A. Maternal calcium metabolism and bone mineral status. *Am J Clin Nutr* 2000;71:1312-6.
16. Avioli LV, McDonald JE, Lee SW. The influence of age on the intestinal absorption of <sup>47</sup>Ca in women and its relation to <sup>47</sup>Ca absorption in postmenopausal osteoporosis. *J Clin Inv* 1965;44:1960-7.
17. Vieth R, Ladak Y, Walfish PG. Age-related changes in the 25-hydroxyvitamin D versus parathyroid hormone relationship suggest a different reason why older adults require more vitamin D. *J Clin Endoc Metab* 2003;88(1):185-91.
18. Weaver CM, Proulx WR, Heaney R. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 1999;70:543S-8S.
19. Anderson JJB. Minerais. In: Mahan LK, Escott-Stump S (eds). **Krause - Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10ª ed. São Paulo: Editora Roca, 2003. pp. 106-45.
20. Heaney RP, Dowell MS, Rafferty K, Bierman J. Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. *Am J Clin Nutr* 2000;71:1166-9.
21. Martini L, Wood RJ. Relative bioavailability of calcium-rich dietary sources in the elderly. *Am J Clin Nutr* 2002;76:1345-50.
22. Shen L, Robberecht H, Van Dael P, Deelstra H. Estimation of the bioavailability of zinc and calcium from human, cow's, goat, and sheep milk by an in vitro method. *Biol Trace Elem Res* 1995;49(2-3):107-18.
23. Hansen M, Thilsted SH, Sandstrom B, Kongsbak K, Larsen T, Jensen M, et al. Calcium absorption from small soft-boned fish. *J Trace Elem Med Biol* 1998;12(3):148-54.

24. Allen LH. Calcium bioavailability and absorption: a review. **Am J Clin Nutr** 1982;35:783-808.
25. Bronner R. Nutrient bioavailability, with special reference to calcium. **J Nutr** 1993;123(5):797-802.
26. Weaver CM, Heaney RP. Isotopic exchange of ingested calcium between labeled sources. Evidence that ingested calcium does not form a common absorptive pool. **Calcif Tissue Int** 1991;49(4):244-7.
27. Miller DD. Calcium in the diet: food sources, recommended intakes, and nutritional bioavailability. **Adv Food Nutr Res** 1989;33:103-56.
28. Heaney RP, Weaver CM, Recker RR. Calcium absorbability from spinach. **Am J Clin Nutr** 1988;47:707-9.
29. Heaney RP, Weaver CM. Calcium absorption from kale. **Am J Clin Nutr** 1990;51:656-7.
30. Leichsenring JM, Norris LM, Halbert ML. Effect of ascorbic acid and of orange juice on calcium and phosphorus metabolism of women. **J Nutr** 1957;63:425-35.
31. Kabayashi A, Kawai S, Ohbe Y, Nagashima Y. Effects of dietary lactose and a lactase preparation on the intestinal absorption of calcium and magnesium in normal infants. **Am J Clin Nutr** 1975;28:681-3.
32. Ziegler EE, Forman SJ. Lactose enhances mineral absorption in infancy. **J Pediatr Gastroenterol Nutr** 1983;2:288-94.
33. Coudray C, Bellanger J, Castiglia-Delavaud C, Vermorel V, Rayssiguier Y. Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. **Eur J Clin Nutr** 1997;51:375-80.
34. Cashman KD. Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. **Br J Nutr** 2002;87(S2):S169-77.
35. Weaver CM, Heaney RP. Cálcio. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC (eds). **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9ª ed. São Paulo: Manole, 2003. pp.153-67.
36. Steggerda FR, Mitchell HH. The calcium balance of adult human subjects on high and low-fat (butter) diets. **J Nutr** 1951;45:201-11.
37. Heaney RP. Protein intake and the calcium economy. **J Am Diet Assoc** 1993;93:1259-60.
38. Hegsted M, Schuette SA, Zemel MB, Linkswiler HM. Urinary calcium and calcium balance in young men as affected by level of protein and phosphorus intake. **J Nutr** 1981;111:553-62.
39. Rapuri PB, Gallagher JC, Balhorn KE, Ryschon KL. Alcohol intake and bone metabolism in elderly women. **Am J Clin Nutr** 2000;72:1206-13.
40. Rapuri PB, Gallagher JC, Kinyamu HK, Ryschon KL. Caffeine intake increases the rate of bone loss in elderly women and interacts with vitamin D receptor genotypes. **Am J Clin Nutr** 2001;74:694-700.
41. Berning JR. Nutrição para treinamento e desempenho atléticos. In: Mahan LK, Escott-Stump S (eds). **Krause – Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10ª ed. São Paulo: Editora Roca, 2003. pp. 517-38.
42. Douglas CR. Necessidades minerais. In: **Tratado de fisiologia aplicada à nutrição**. 1ª ed. São Paulo: Robe Editorial, 2002. pp.135-48.
43. Calvo MS, Park YK. Changing phosphorus content of the US diet: Potential for adverse effects on bone. **Am J Clin Nutr** 1996;126:1168.
44. Spencer H, Lewin I, Fowler J, Samachson J. Influence of dietary calcium intake on Ca<sup>47</sup> absorption in man. **Am J Med** 1969;46:197-205.
45. Ireland P, Fordtran JS. Effect of dietary calcium and age on jejunal calcium absorption in humans studied by intestinal perfusion. **J Clin Invest** 1973;52:2672-81.
46. Marshall DH, Nordin BEC, Speed R. Calcium, phosphorus and magnesium requirement. **Proc Nutr Soc** 1976;35:163-73.
47. Pettifor J, Ross P, Moodley G, Shuenyane E. Calcium deficiency in rural black children in South-Africa: a comparison between rural and urban communities. **Am J Clin Nutr** 1979;32:2477-83.
48. Dominguez JH, Gray RW, Leman Jr J. Dietary phosphate deprivation in women and men: effects of mineral and acid balances, parathyroid hormone and the metabolism of 25-OH vitamin D. **J Clin Endocrinol Metab** 1976; 43:1056-68.
49. Ivanovich P, Fellows H, Rich C. The absorption of calcium carbonate. **Ann Intern Med** 1967;66:917-23.
50. Wood RJ, Serfaty-Lacrosniere C. Gastric acidity, atrophic gastritis, and calcium absorption. **Nutr Rev** 1992; 50(2):33-40.
51. Bo-Linn GW, Davis GR, Buddrus DJ, Morawski SG, Santa Ana C, Fordtran JS. An evaluation of the importance of gastric acid secretion in the absorption of dietary calcium. **J Clin Invest** 1984;73:640-7.
52. Recker RR. Calcium absorption and achlorhydria. **N Engl J Med** 1985;313:70-3.
53. Knox TA, Kassajian Z, Dawson-Hughes B, Golner BB, Dalal GE, Arora S, et al. Calcium absorption in elderly subjects on high and low-fiber diets: effect of gastric acidity. **Am J Clin Nutr** 1991;53:1480-6.

**Endereço para correspondência:**

Gláucia Maria Ferreira da Silva Mazeto  
Departamento de Clínica Médica  
Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP  
18618-000 Botucatu, SP  
E-mail: gmazeto@fmb.unesp.br