

Dr. Katharina Scholz-Ahrens

Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung,
Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel

Nahrungsfaktoren und ihre Bedeutung für Aufbau und Erhalt des Knochens

Seit vielen Jahren wird darüber diskutiert, ob eine vermehrte Calciumzufuhr der Prävention der Osteoporoseentstehung dient. Bei Durchsicht des derzeitigen Standes der Literatur wird offenbar, dass inzwischen eine Vielzahl von Studien vorliegt, die diese Fragestellung problematisiert haben. Werden die vorliegenden Studien jedoch auf Humanstudien oder Placebo kontrollierte Studien beschränkt, sieht die Datenlage viel schlechter aus. Zum Beispiel gibt es deutlich mehr Observationsstudien als kontrollierte Studien. Observationsstudien stellen einen Zusammenhang zwischen der habituellen Calciumaufnahme und dem Knochenmineralgehalt oder der Knochendichte her. Einige Studien haben einen positiven Zusammenhang gefunden, andere nicht. Quantitativ halten sich beide Seiten fast die Waage, obgleich der positive Effekt etwas überwiegt.

Observationsstudien sind wenig aussagekräftig

Observationsstudien haben den Nachteil, dass viele unabhängige Einflussfaktoren greifen, die vielfach nicht kontrolliert werden oder nicht kontrollierbar sind. Selbst dort, wo sie erfasst sind, kann es zu Falschklassifikationen und somit zu erheblichen Fehlerquellen kommen. Ein Beispiel ist eine finnische Osteoporose-Präventionsstudie, in der versucht wurde, bei 12.000 perimenopausalen Frauen die Risikofaktoren für Osteoporose zu erfragen: Es wurde sowohl nach der aktuellen Calciumzufuhr als auch nach Frakturen, die in den letzten zehn Jahren aufgetreten waren, gefragt. Zur Erfassung der Calciumaufnahme wurde nach dem Verzehr von Milchprodukten gefragt. Ein hoher Grad an Missklassifikation erfolgte bei so gravierenden Ereignissen wie Frakturen (zehn Prozent) und dem gynäkologischen Status wie Ovariectomie oder Hysterektomie (25 Prozent). Vor diesem Hintergrund ist es gut vorstellbar, um wie viel schwieriger die Erinnerung daran ist, was und wie viel man gegessen hat – wesentlich

schwieriger, als die Auskunft darüber, welcher gynäkologischen Operation man sich unterziehen musste. Observationsstudien leiden unter diesen nicht oder schlecht kontrollierten Einflussfaktoren. Deshalb ist es nicht erstaunlich, dass keine eindeutigen Ergebnisse erzielt werden. Fazit ist: Nicht nur die Größe einer Studie ist wichtig, sondern auch wie gut sie kontrolliert ist.

Aus Mineralwasser, Milch und Bengali-Fisch ist Calcium gut bioverfügbar

Oft wird gesagt, dass Osteoporose eine Krankheit der westlichen Industrieländer sei, deren Ursache im hohen Konsum von Milch und Milchprodukten liege. Diese Annahme ließe sich von der Tatsache ableiten, dass in asiatischen Ländern nicht so viel Milch und Milchprodukte konsumiert würden, gleichzeitig aber auch eine geringere Osteoporoseprävalenz vorläge. Eine Querschnittsstudie aus China zeigt aber, dass in den Regionen, in denen viel Milch verzehrt wird, die Knochendichte signifikant höher ist als in den Regionen, in denen keine Milch verzehrt wird. Der Korrelationskoeffizient zwischen der gesamten Aufnahme an Calcium und der Knochenmineraldichte war hoch signifikant. Wurde die Korrelation zwischen Knochenmineraldichte und Milch-Calcium ermittelt, so war der Korrelationskoeffizient noch signifikanter. Dagegen war die Korrelation zum Calcium, das nicht aus der Milch stammte, nur sehr niedrig und auch nur knapp signifikant. Man kann bei den chinesischen Ernährungsgewohnheiten davon ausgehen, dass das „Nicht-Milch-Calcium“ aus pflanzlichen Lebensmitteln stammt. An dieser Stelle ist zu betonen, dass nicht nur der Calciumgehalt eines Lebensmittels wichtig ist, sondern auch dessen Bioverfügbarkeit. Anders ausgedrückt: Entscheidend ist, wie gut das Calcium, das wir essen, auch wirklich vom Körper aufgenommen und am Ort des Bedarfs, dem Knochen, eingelagert wird.

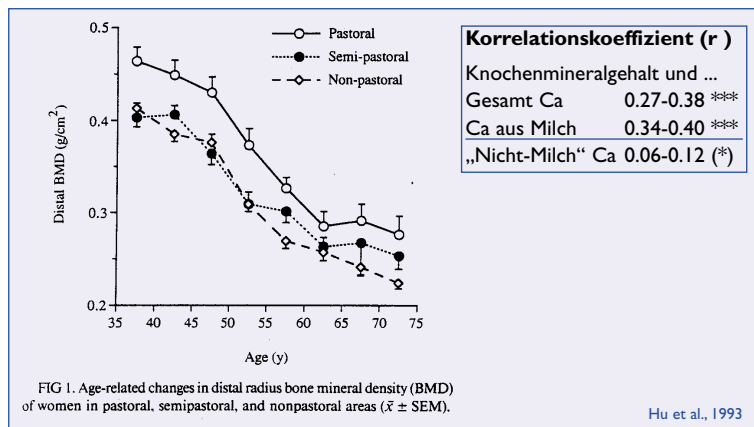


Abbildung 1: Calcium der Nahrung und Knochenmineraldichte bei Frauen in China

Die Bioverfügbarkeit ist aus unterschiedlichen Produkten unterschiedlich gut. Aus leicht löslichen Calciumsalzen und aus Milch und Milchprodukten ist sie in der Regel deutlich besser als aus pflanzlichen Produkten. Auch aus Mineralwasser ist Calcium gut verfügbar. Dies kann noch gesteigert werden, wenn man es zu einer Mahlzeit trinkt. Durch die Anregung der Verdauungssäfte bei einer Mahlzeit kann die Bioverfügbarkeit offensichtlich gesteigert werden. Interessante Daten zeigen, dass Calcium auch aus Bengali-Fisch verwertet wird. Hierbei handelt es sich um kleine Fische, wie sie in vielen Entwicklungsländern traditionell mit den an Calcium reichen Gräten verzehrt werden. Ein nennenswerter Eintrag von Calcium ist allerdings nur zu erwarten, wenn die Gräten tatsächlich mitgegessen werden. Es ist also Vorsicht angebracht bei Studien, die in anderen Kulturkreisen durchgeführt werden, wenn dabei zur Ermittlung der Calciumaufnahme nur nach dem Verzehr von Milch und Milchprodukten gefragt wird. Dies kann zu falschen Informationen und somit Schlussfolgerungen führen, wenn es um die Frage geht, ob diese Menschen wirklich so wenig Calcium zu sich nehmen, oder ob einige wesentliche Calciumlieferanten nicht berücksichtigt wurden. Es muss also genau hinterfragt werden, wie sorgfältig die Studie kontrolliert wurde, woher die Verzehrdaten stammen, wie hoch die Bioverfügbarkeit ist und ob auch wirklich alle Nahrungsmittel erfasst sind.

Bei der in Tabelle 1 angeführten Daten handelt es sich um eine Zusammenstellung aus verschiedenen

Publikationen. Daher sind diese Werte untereinander nicht vergleichbar, da die Methode zur Ermittlung der fraktionellen Resorption einen starken Einfluss auf den resultierenden Wert hat. Dies wird auch an der Untersuchung von Heaney et al (6. Tabelle 1) deutlich. Die Autoren zeigen, dass die verabreichte Menge Calcium beim Testeinsatz wesentlich zur Streuung der verschiedenen

Resorptionsraten beiträgt. Das Beispiel Milch in Tabelle 1 macht deutlich, dass dieser Wert zwischen 22 % und 43 % schwanken kann, obgleich in allen Fällen die Radioisotopenmethode angewandt wurde. Die relativ hohen Resorptionsraten für Kohl und CCM®-Fruchtsaft sind bislang nicht von anderen Arbeitsgruppen bestätigt worden, wobei die von den Autoren verwendeten Korrekturfaktoren zu überprüfen wären (4. Tabelle 1).

Tabelle 1: Calciumgehalte und verfügbares Calcium in ausgesuchten Nahrungsmitteln

	1 Portion (g)	Ca-Gehalt der Portion (mg)	Fraktionelle Resorption (%)	Resorbiertes Ca (mg)
Milchprodukte^a	240	300	32¹	96
Fruchtsaft mit CCM^{2a}	240	300	52¹	156
Kohl¹	85	61	49¹	30
Bohnen (rot)²	172	41	24¹	10
Spinat²	85	115	5¹	6
Süßkartoffeln^a	164	44	22¹	10
Milch^b			43	
Mineralwasser^b			47	
Milch^c			22	
Bengali Fisch^c			24	
Frischkäse^{1d}			42	
Frischkäse^{2d}			38	
Mineralwasser^d			37	
Mineralwasser + Spaghetti^d			46	
Ca-Carbonate^{3e}			34	
Ca-Citrate^{3e}			38	
Ca-Carbonate^{4e}			30	
Ca-Citrate^{4e}			27	

^a nach Weaver et al., 1999; ^b nach Heaney & Dowell 1994; ^c nach Hansen et al., 1998; ^d nach v. Dokkum et al., 1996. ^e nach Heaney et al., 1999.

¹ Korrigiert für Ca Menge und resorptiven Index; ² Calcium-Citrat-Malat;

³ bei einer Menge von 300 mg Ca; ⁴ bei einer Menge von 1000 mg Ca.

Im täglichen Leben spielt auch die benötigte Portionsgröße eine Rolle, die verzehrt werden muss, um z.B. 100 mg verfügbares Calcium aufzunehmen.

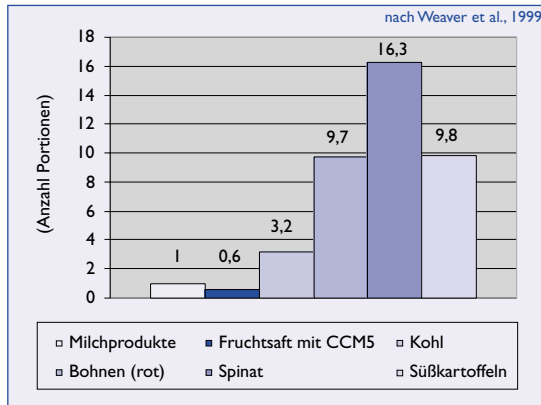


Abbildung 2: Benötigte Anzahl von Portionen verschiedener Nahrungsmittel zur Versorgung mit einer definierten Menge verfügbaren Calciums verglichen mit Milchprodukten (=1)

Gut verfügbares Calcium senkt die Parathormonkonzentration

Verschiedene Nahrungsmittel haben eine unterschiedliche physiologische Wirkung. Ein Beispiel ist die Reaktion des Parathormons. Seine Konzentration steigt bei einem Calciummangel an und bewirkt damit das Herauslösen und Bereitstellen von Calcium aus den Knochen, um die Calciumhomöostase im Blut aufrechtzuerhalten. Je besser die Calciumversorgung des Körpers ist, desto geringer sollte die Reaktion des Parathormons nach Calciumzufuhr sein. Andererseits spricht das Parathormon deutlicher an, wenn das Calcium in besser verfügbarer Form vorliegt. Dies zeigte sich auch in einer Studie, in der die Zufuhr mineralischen Calciums wie auch der Verzehr von Käse, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, zu einer signifikanten Suppression des Parathormon-Maximums führte. Im Gegensatz hierzu war jedoch die Suppression des Parathormon-Maximums durch Sesam oder Spinat kaum vorhanden. Hieraus kann geschlossen werden, dass Calcium aus Sesam oder Spinat nicht so gut verfügbar ist wie aus Milch und Milchprodukten und leicht wasserlöslichen Calciumsalzen. Gleichzeitig war die Calciumausscheidung mit dem Harn nach Verzehr von mineralischem Calcium, Käse und Milch signifikant höher, nicht aber nach Verzehr von Sesam oder Spinat. In diesem Fall ist eine höhere

Harnausscheidung von Calcium ein Indikator für eine vom Körper resorbierte höhere Menge des Mineralstoffes. Wird in Studien nur die Calciumausscheidung mit dem Harn gemessen, ohne die Resorption oder die PTH-Spiegel zu erfassen, so können solche Daten dahingehend fehlinterpretiert werden, dass ein vermehrter Knochenabbau stattfindet. Eine andere Studie bestätigt dies: Wurde im Vergleich zur Kontrollgruppe mit Milch supplementiert, so führte dies zur Suppression des Parathormonspiegels und parallel dazu zur Senkung der Ausscheidung von N-Telopeptiden mit dem Harn. Letztere sind Marker des Knochenstoffwechsels und ein indirekter Indikator für die Aktivität der Osteoklasten. Die Senkung der N-Telopeptid-Ausscheidung ist positiv zu interpretieren, da es auf einen Knochen erhaltenden Effekt hinweist. In derselben Studie stieg unter Milchverzehr die Konzentration eines Wachstumsfaktor, des IGF-1, im Blut signifikant an. Gleichzeitig wurde die Ausschüttung von IGF-BP4, einem Hemmer des IGF-1, supprimiert.

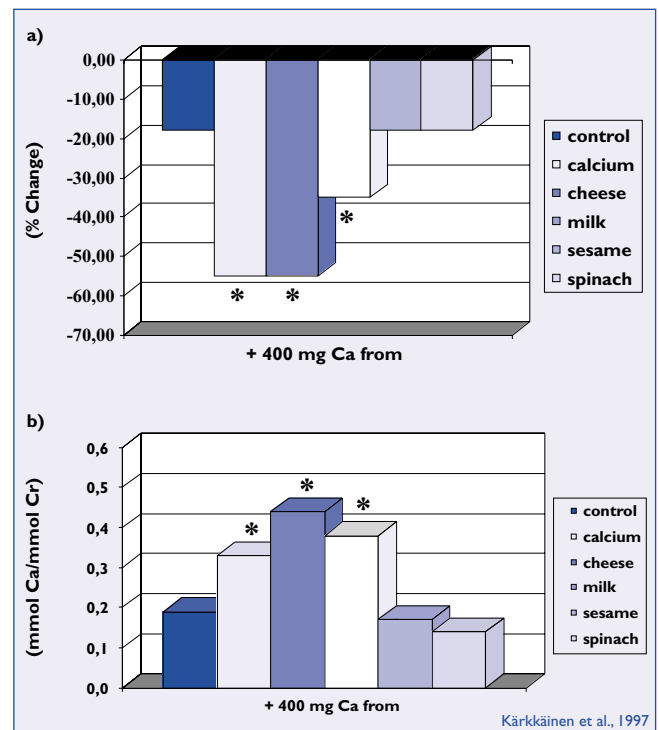


Abbildung 3: Intervention mit verschiedenen Ca-reichen Nahrungsmitteln bei jungen Frauen und der Effekt auf die Veränderung der PTH-Konzentration (a) sowie die Ca-Ausscheidung mit dem Harn

Milch: Mehrere Inhaltsstoffe stärken die Knochen

Im Gegensatz zur Einnahme von Calcium in Tablettenform führt Milchverzehr zu einer Aufnahme vieler Nährstoffe. In einer Studie mit Frauen in den USA wurde empfohlen, täglich drei Tassen entrahmte oder teilentrahmte Milch zu trinken. Hierdurch konnte eine merkliche Steigerung der Aufnahme verschiedener Nährstoffe erreicht werden, die neben dem Calcium ebenfalls für eine gesunde Knochenentwicklung wichtig sind, wie Phosphor, Magnesium, Zink und Vitamin D (in den USA ist die Anreicherung der Milch mit Vitamin D üblich, anders als in Deutschland).

Beim Verzehr (teil)entrahmter Milch geht die Nährstoffanreicherung nicht mit der von einigen gefürchteten Energiezufuhr einher. Darüber hinaus können aus Milch während der Verdauung verschiedene Peptidfraktionen freigesetzt werden, von denen einige auch im Hinblick auf deren Wirkung auf den Calcium- und Knochenstoffwechsel untersucht wurden. Hier sind erste interessante Untersuchungsergebnisse zu nennen, bei denen durch Verzehr von nur 40 mg pro Tag eines „Milk Basic Protein“ die Ausscheidung von quervernetzten N-Telopeptiden des Kollagens mit dem Harn, einem Indikator der Knochen fressenden Zellen, signifikant gehemmt werden konnte.

Nach sechs Monaten zeigten sich diese Effekte nicht nur bei den Knochenmarkern, sondern auch bei der Knochenmineraldichte. Die Gruppe, der das „Milk Basic Protein“ verabreicht wurde, hatte eine signifikant höhere Knochendichte. Milch ist also ein komplexes Nahrungsmittel, das nicht nur Calcium liefert. Auch andere Inhaltsstoffe der Milch können einen positiven Einfluss auf die Mineralstoff- oder Knochenbilanz ausüben.

Viel Calcium bremst den Knochenabbau

Eine kontrollierte Interventionsstudie mit postmenopausalen Frauen bestätigt die positive Wirkung von Calcium auf den Knochen: Im Gegensatz zu einer Kontrollgruppe wurden Frauen der Versuchsgruppe angehalten, ein Jahr lang eine mit 700 mg Calcium und 500 mg Phosphor angereicherte Milch in ihre Kost einzubauen. Trotz der etwa 1.000 mg

Calcium pro Tag, die von den Frauen bereits mit ihren normalen Ernährungsgewohnheiten verzehrt wurden, führte der Einbau der calciumangereicherten Milch in den Kostplan, verglichen mit der Kontrollgruppe, zu einem geringeren Knochenmasseverlust im Lendenwirbelbereich. Nach einem Jahr wurden die Behandlungen getauscht und die Studie ein weiteres Jahr fortgesetzt. Bei der nun mit calciumangereicherter Milch versorgten Gruppe nahm die Knochenmasse jetzt weniger stark ab als im ersten Jahr, wohingegen bei der Gruppe, die jetzt keine calciumangereicherte Milch mehr bekam, ein zusätzlicher Knochenmasseverlust einsetzte. Die Ergebnisse sind umso erstaunlicher, als man davon ausgeht, dass bei Personen, deren habituelle Calciumaufnahme bereits hoch ist, keine großen positiven Effekte einer zusätzlichen Calciumgabe zu erwarten sind.

Eine andere ebenfalls mit postmenopausalen Frauen durchgeführte Studie untersuchte die Wirkung verschiedener Calciumsupplemente im Vergleich zu einer Placebogruppe auf die Knochenmineralisation. Am Knöchel führte die alleinige Verabreichung von Calcium-Lactat-Gluconat und von Milchpulver zu einem signifikant besserem Knochendichteerhalt. Am Oberschenkelhals führte der Verzehr von Calcium-Lactat-Gluconat zu ähnlichen Effekten wie Calcium aus Milchpulver. Bei gleichzeitiger Verordnung von Calcium zusammen mit sportlicher Aktivität kam es zu einer signifikanten Verbesserung des Knochenstatus verglichen mit dem alleinigen Calciumverzehr. Das bedeutet: Nicht nur die Calciumzufuhr ist für die Knochengesundheit wichtig, sondern auch die körperliche Aktivität, die in hohem Maße zu einer Steigerung der Nutzung des Calciums beiträgt.

Von Calciumanreicherungen profitieren vor allem Kinder mit Calciumdefiziten

Oft stellt sich die Frage, ob das Problem Osteoporose schon Kindern in die Wiege gelegt oder zumindest in die Schultüte gesteckt wird. In einer kontrollierten Studie über 18 Monate trank eine Gruppe von Kindern so viel Milch, dass ihre habituelle Calciumzufuhr von 740 mg auf 1.125 mg pro Tag stieg. Im Vergleich zur Kontrollgruppe führte

dieses Plus an Milch zu einer signifikanten Erhöhung von Gesamtkörpermineraldichte und -gehalt. In einer anderen Studie sind Nahrungsmittel mit Calcium aus Milch ergänzt worden. Die Kinder wurden zusätzlich in Gruppen eingeteilt, die habituell mehr oder weniger Calcium aufnahmen. Das Ergebnis: Die Calciumsupplementation hat bei Kindern, die gewohnheitsmäßig wenig Calcium aufnehmen, sehr deutliche Effekte, anders als bei Kindern, die bereits viel Calcium verzehren. Das heißt: Von einer Calciumsupplementation profitieren in erster Linie Kinder, die nicht genug Calcium aufnehmen. Nach dreieinhalb Jahren wurde bei diesem Kollektiv eine Nachfolgeuntersuchung durchgeführt, mit interessanten Ergebnissen. Selbst wenn die Supplementation nicht mehr fortgesetzt wurde, hatten die Kinder der Calcium-supplementierten Gruppe an sechs Messorten eine höhere Knochendichte als die Kinder der nicht supplementierten Gruppe.

Langzeitstudien an Ratten zeigen: Calciumsupplemente erhöhen die Knochendichte

Es stellt sich nun die Frage: Führt eine höhere maximale Knochenmasse, sogenannte Peak bone mass, wirklich zu gesünderen, das heißt weniger brüchigen Knochen im Alter? Hierzu gibt es leider keine Daten aus dem Humanbereich. Das ist verständlich, denn dafür müssten Kinder, die etwa vor fünf oder zehn Jahre rekrutiert wurden, in den nächsten 20 oder 30 Jahren beobachtet werden. Weil es sehr schwierig ist, solche Daten zu gewinnen, greift man auf Tiermodelle zurück. Im Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung der Bundesanstalt für Milchforschung sind zu dieser Frage Studien mit Ratten durchgeführt worden. Es wurde wiederholt über einen langen Zeitraum die Calciumretention ermittelt. Der Zeitabschnitt entsprach beim Menschen etwa einem Lebensabschnitt von 20 Jahren, begonnen im Jugendalter. Die Ratten wurden in vier Gruppen mit verschiedenen Calciumgehalten in der Diät eingeteilt:

- a) sehr gering,
- b) gering,
- c) empfohlene Menge und
- d) doppelte Menge des empfohlenen Bedarfs.

Zu verschiedenen Zeitpunkten wurden Bilanzen

durchgeführt. Hierbei wird eine Woche lang individuell die Futteraufnahme einerseits, sowie die Ausscheidung an Calcium mit den Fäzes und dem Urin andererseits, erfasst. Aus dieser Differenz errechnet sich die Calciumretention. Das Ergebnis zeigte, dass es deutliche Abstufungen gibt. Die sehr geringe (a) und geringe (b) Zufuhr haben sich über den gesamten Zeitraum als mangelhaft erwiesen. Wurde die doppelte Menge der empfohlenen Zufuhr verabreicht, so war die Retention besonders in der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraums, d.h. in der Phase des schnellen Wachstums, deutlich und signifikant höher als in allen anderen Gruppen. Im späteren Beobachtungszeitraum reduzierte sich der Vorteil dieser sehr hohen Calciumgabe, bis schließlich kein Unterschied in der Retention mehr bestand – eine Auswirkung sowohl der Langzeitanpassung als auch des Alterseffektes.

Es stellt sich die Frage, ob man den Vorsprung an Knochendichte aus einer Lebensphase, in der viel Calcium retiniert wurde, ins Alter retten kann. Anhand der Ergebnisse, die an der Ratte beobachtet wurden, schienen die geringe (b) und die empfohlene Menge Calcium (c) aufgrund der Retentionswerte über einen langen Zeitraum ausreichend zu sein. Jedoch zeigten die Bruchstabilitätsmessungen, wenn sie über einen langen Zeitraum verfolgt werden, dass erst der höchste Calciumgehalt der Diät zu den stabilsten Knochen führte. Hieraus folgt: Erst wenn die Studiendauer lange genug ausgedehnt wird, ist es erlaubt, entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen. Dieser Maßstab sollte auch für Humanstudien gelten. Kurzzeitstudien, wie einmalige Bilanzstudien oder Studien mit Einzelmahlzeiten (Single-Meal-Studien), können sehr gut sein, um die Bioverfügbarkeit von Calcium aus bestimmten Lebensmitteln zu charakterisieren. Sie sagen aber nichts über die Langzeitwirkung und über die Konsequenzen für den Knochen aus. Ich würde sogar sagen, dass gut kontrollierte Tierstudien besser sind als schlecht kontrollierte Humanstudien, da sie zu falschen Grundlagen und Annahmen führen, die in der Folge mehr schaden als nutzen können. Fazit der gut kontrollierten Studie ist: Die Erhöhung der Calciumzufuhr hat im Tiermodell zu einer Erhöhung der Knochendichte, des Knochenmineralgehaltes und zu einer Verbesserung der Bruchstabilität

geführt. Daraus können wir schlussfolgern, dass dem Körper bei Bedarf mehr Calcium zugeführt werden muss und dieses Mehr auch effektiv genutzt wird.

Wie lässt sich die Bioverfügbarkeit von Calcium aus Lebensmitteln steigern?

Calcium ist selbst in unserer Überflussgesellschaft ein Nährstoff, der zu wenig verzehrt wird – vor allem bei Risikogruppen, etwa älteren Frauen, Kindern und Jugendlichen, Schwangeren und Stillenden. Welche Möglichkeit haben wir, dem Körper mehr Calcium zuzuführen? Wir können den Verzehr calciumreicher Lebensmittel steigern, die Calciumanreicherung von Lebensmitteln betreiben oder die Bioverfügbarkeit von Calcium in Lebensmitteln steigern. Bei den letzten beiden Möglichkeiten haben wir es mit funktionellen Nahrungsmitteln zu tun.

Eine Untersuchung mit Göttinger Miniaturschweinen wurde durchgeführt, in denen diese wahlweise Milch oder Orangensaft saufen durften, wobei der Orangensaft mit dem speziellen Calcium-Citrat-Malat-Komplex (CCM®) angereichert wurde. Die Calciumretention wurde nach sechs Wochen und nach zwölf Wochen gemessen. In beiden Gruppen wurde pro Tag ein Gramm Calcium zusätzlich verzehrt. Dies führte sowohl nach Verzehr von Milch oder von mit calciumangereichertem Orangensaft zu einer Erhöhung der Retention, die bei Milchverzehr sogar geringfügig größer war. Diese Ergebnisse lassen US-Amerikanische Aussagen in Zweifel ziehen, wonach CCM-Calcium besser verfügbar sein sollte als Calcium aus Milch (vergleiche Tabelle 1; Weaver et al., 1999).

Präbiotikagaben steigern die Trabekelfläche

Interessant ist eine weitere Studie, die an der Bundesanstalt für Milchforschung zur Untersuchung des Einflusses von Präbiotika auf den Knochenstoffwechsel sowie der Interaktion von Oligofructose mit dem Calciumgehalt der Diät durchgeführt wurde. Oligofructose wurde in verschiedenen Dosierungen und bei mittlerem und hohem Calciumgehalt an ovariectomierte Ratten verabreicht, d.h. an Tiere,

bei denen die Postmenopause der Frau simuliert wurde. Unter diesen Umständen verliert die Kontrollgruppe Knochenmasse und Struktur, was bei der Analyse der Trabekelfläche und Form quantifiziert werden kann. Wurde den Ratten bei empfohlener Calciummenge Oligofructose zugelegt, so konnte der Knochenmasseverlust weitestgehend ausgeglichen werden. Wurde die Calciumzufuhr verdoppelt, so kam es ebenfalls zu einem Erhalt der Knochenmasse, jedoch bei veränderter Struktur. Die gleichzeitige Zulage von Calcium und Oligofructose hatte die höchste Knochenmineralisierung bei höchster Knochenstruktur zur Folge.

In einer weiteren Studie mit ovariectomierten Ratten wurde der Effekt von Präbiotika, Probiotika und Symbiotika, mögliche Zutaten für funktionelle Lebensmittel, auf den Knochenstoffwechsel untersucht. Die durch Ovariectomie erzeugte Knochen-dichteabnahme konnte durch Probiotika nicht verhindert werden, anders als durch Präbiotika, wobei der Effekt jedoch nicht signifikant war. Dies war erst der Fall, wenn Probiotika und Präbiotika zusammen, also Symbiotika, verabreicht wurden.

Fazit

Calcium ist ein positiver Nährstoff im Rahmen der Prävention der Osteoporoseentstehung durch Ernährung. Wichtig ist jedoch nicht nur der Calciumgehalt im Lebensmittel, sondern auch die Bioverfügbarkeit. Calcium aus pflanzlicher Kost ist in der Regel aufgrund der enthaltenen Resorptionsinhibitoren weniger gut verfügbar. Normalerweise lässt sich der Bedarf durch eine ausgewogene Ernährung decken, insbesondere, wenn durch ausreichende körperliche Aktivität die Ausnutzung des Calciums gesteigert wird. Wo das nicht der Fall ist, können gegebenenfalls auch funktionelle Lebensmittel mit hinzugezogen werden. Bei Risikopatienten sollte zusätzlich an eine Calciumsupplementierung in Tablettenform gedacht werden.

Literaturhinweise

- J. P. Bonjour; T. Chevalley; P. Ammann; D. Slosman; R. Rizzoli: Gain in bone mineral mass in prepubertal girls 3.5 years after discontinuation of calcium supplementation: a follow-up study. *Lancet* 358 (2001) 1208-1212
- J. P. Bonjour; A. L. Carrie; S. Ferrari; H. Clavien; D. Slosman; G. Theintz; R. Rizzoli: Calcium-enriched foods and bone mass growth in prepubertal girls: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Clin Invest* 99 (1997) 1287-1294
- J. Cadogan; R. Eastell; N. Jones; M. E. Barker: Milk intake and bone mineral acquisition in adolescent girls: randomised, controlled intervention trial. *BMJ* 315 (1997) 1255-1260; Comment in: *BMJ* 316 (1998):1747; discussion 1747-1748
- D. B. Cleghorn; P. D. O'Loughlin; B. J. Schroeder; B. E. Nordin: An open, crossover trial of calcium-fortified milk in prevention of early postmenopausal bone loss. *Med J Aust* 175 (2001) 242-245
- M. De Vrese; K. E. Scholz-Ahrens; C. A. Barth: Bioavailability of Calcium. In: Monograph on calcium and health. Bulletin of the Intern. Dairy Feder, Brussels (1991) 33-42
- M. Hansen; S. H. Thilsted; B. Sandstrom; K. Kongsbak; T. Larsen; M. Jensen; S. S. Sorensen: Calcium absorption from small soft-boned fish. *J Trace Elem Med Biol* 12 (1998) 148-154
- R. P. Heaney: Calcium, dairy products and osteoporosis. *J Am Coll Nutr* 19 (2000) 83S-99S
- T. Hirota; M. Nara; M. Ohguri; E. Manago; K. Hirota: Effect of diet and lifestyle on bone mass in Asian young women. *Am J Clin Nutr* 55 (1992) 1168-1173
- J. F. Hu; X. H. Zhao; J. B. XH; J. B. Jia; B. Parpia; T. C. Campbell: Dietary calcium and bone density among middle-aged and elderly women in China. *Am J Clin Nutr* 58 (1993) 219-227
- N. Kopra; K. E. Scholz-Ahrens; C. A. Barth: Effect of casein phosphopeptides on utilization of calcium in vitamin-D-replete and vitamin-D-deficient rats. *Milchwissenschaft* 47 (1992) 488-493.
- R. Prince; A. Devine; I. Dick; A. Criddle; D. Kerr; N. Kent; R. Price; A. Randell: The effects of calcium supplementation (milk powder or tablets) and exercise on bone density in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 10 (1995) 1068-1075
- R. R. Recker; S. Hinders; K. M. Davies; R. P. Heaney; M. R. Stegman; J. M. Lappe; D. B. Kimmel: Correcting calcium nutritional deficiency prevents spine fractures in elderly women. *J Bone Miner Res* 11 (1996) 1961-1966
- R. Reid; R. W. Ames; M. C. Evans; G. D. Gamble; S. J. Sharpe: Long-term effects of calcium supplementation on bone loss and fractures in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Am J Med* 98 (1995) 329-330
- K. E. Scholz-Ahrens; N. Kopra; C. A. Barth: Effect of casein phosphopeptides on utilization of calcium in minipigs and vitamin-D-deficient rats. *Z. Ernährungswiss.* 29 (1990) 295-298
- K. E. Scholz-Ahrens; J. Ackermann; M. De Vrese; C. A. Barth: Effect of casein on the antagonistic action of dietary phytate on calcium absorption in rats. In: Bioavailability '93 - Nutritional, Chemical and Food Processing Implications of Nutrient Availability, Proceedings Part 2, (ed. by U. Schlemmer), Bundesforschungsanstalt für Ernährung (1993) 215-219
- K. E. Scholz-Ahrens; P. Böhme; K. Drescher: Die Höhe der Calciumzufuhr in der Aufzucht als auch die aktuelle Zufuhr beeinflussen die Calciumbilanz bei der ovariectomierten Ratte. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft f. Ernährung, Potsdam. *Z Ernährungswiss.* 35 (1996) 92
- K. E. Scholz-Ahrens; A. Hein; K. Bößmann: Histomorphometrische Parameter der Tibia nach unterschiedlicher Calciumzufuhr vor oder nach Ovariectomie bei der Ratte. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft f. Ernährung, Potsdam. *Z Ernährungswiss.* 35 (1996) 91
- K. E. Scholz-Ahrens; P. Böhme; J. Schrezenmeir: Vitamin K-Mangel senkt die Calciumretention bei der ovariectomierten Ratte. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft f. Ernährung, Potsdam. *Z Ernährungswiss.* 35 (1996) 88
- K. E. Scholz-Ahrens; J. Hess; C. A. Barth: Knochenmineralisation und Bruchstabilität in Abhängigkeit von Calciumzufuhr, Alter und Skelettbereich bei der Ratte. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft f. Ernährung, Potsdam. *Z Ernährungswiss.* 35 (1996) 91-92
- K. E. Scholz-Ahrens; R. Goralczyk; W. A. Rambeck; M. Wirner; J. Schrezenmeir: Effekt der Supplementation mit Milch oder Calcium-Citrat-Malat-Komplex (CCM) angereichertem Orangensaft auf den Knochenstoffwechsel ist abhängig von der Basaldiät. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6 (1997) 129
- K. E. Scholz-Ahrens: Kalziumangereicherte Lebensmittel als „Functional Foods“. *Ernährungs-Umschau* 45 (1998) 74-79
- K. E. Scholz-Ahrens; J. Schrezenmeir: Effects of bioactive substances in milk on mineral and trace element metabolism with special reference to casein phosphopeptides. *Br. J. Nutr.* 84 (2000) 147-153
- K. E. Scholz-Ahrens; G. Schaafsma; E.G. H. M. van den Heuvel; J. Schrezenmeir: Effects of prebiotics on mineral metabolism. *Am J Clin Nutr* 73 (2001) 459-464
- K. E. Scholz-Ahrens; J. Schrezenmeir: Inulin, oligofructose and mineral metabolism - experimental data and mechanism. *Br J Nutr* 87 Suppl 2 (2002) 179-186
- K. E. Scholz-Ahrens; Y. Açil; J. Schrezenmeir: Effect of oligofructose or dietary calcium on repeated calcium and phosphorus balances, bone mineralization and trabecular structure in ovariectomized rats. *Br J Nutr* 8 (2002) 365-378C. K. Shaw: An epidemiologic study of osteoporosis in Taiwan. *Ann Epidemiol* 3 (1993) 264-271
- M. Tuppurainen; R. Honkanen; H. Kroger; S. Saarikoski; E. Alhava: Osteoporosis risk factors, gynaecological history and fractures in perimenopausal women--the results of the baseline postal enquiry of the Kuopio Osteoporosis Risk Factor and Prevention Study. *Maturitas* 17 (1993) 89-100
- W. Van Dokkum; V. De La Gueronniere; G. Schaafsma; C. Bouley; J. Luten; C. Latge: Bioavailability of calcium of fresh cheeses, enteral food and mineral water. A study with stable calcium isotopes in young adult women. *Br J Nutr* 75 (1996) 893-903
- C. M. Weaver; W. R. Proulx; R. Heaney: Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. *Am J Clin Nutr* 70, 3 Suppl (1999) 543S-548S
- C. M. Weaver; R. P. Heaney: Letter to the Editor Dairy consumption and bone health. *Am J Clin Nutr* 73 (2001) 660
- R. L. Weinsier; C. L. Krumdieck: Dairy foods and bone health: examination of the evidence. *Am J Clin Nutr* 72 (2000) 681-689
- J. Yamamura; S. Aoe; Y. Toba; M. Motouri; H. Kawakami; M. Kumegawa; A. Itabashi; Y. Takada: Milk basic protein (MBP) increases radial bone mineral density in healthy adult women. *Biosci Biotechnol Biochem* 66 (2002) 702-704
- S. A. Zamora; D. C. Belli; R. Rizzoli; D. O. Slosman; J. P. Bonjour: Lower femoral neck bone mineral density in prepubertal former preterm girls. *Bone* 29 (2001) 424-427