

Der Einfluss von Mineralwasser auf die Knochengesundheit

PETER BURCKHARDT



Die Gesundheit des Knochengewebes hängt von vielen Faktoren ab: Allgemeinzustand, Muskelmasse, Medikamente, Ernährung, Lebensgewohnheiten, Erbmasse, wobei Letzteres die grösste Rolle spielt. Der Einfluss der Ernährung ist zwar gering, aber im Gegensatz zu den meisten anderen Faktoren ist er modulierbar. Unter den Ernährungsfaktoren ist die Kalziumzufuhr die am meisten untersuchte und am besten dokumentierte Komponente. Kalzium fördert das Wachstum und den Erhalt der Knochenmasse im Erwachsenenalter und vermindert den Knochenverlust nach der Menopause und im höheren Alter. Die Menge Kalzium, die eingenommen werden muss, wurde kürzlich von einer Expertengruppe des Institute of Medicine (IOM) der Vereinigten Staaten neu definiert (1).

Idealerweise sollte die empfohlene Menge Kalzium mit der Nahrung aufgenommen werden, weil den Kalziumsupplementen gewisse Nebenwirkungen nachgesagt werden und sie manchmal auch mit Unverträglichkeit verbunden sind. Aber die geforderte Menge von Kalzium kann kaum ohne Milchprodukte erreicht werden, diese werden jedoch nicht unbedingt täglich konsumiert und werden auch nicht immer geschätzt. Zudem sind sie kalorienreich. Sie liefern zwar ungefähr 50 Prozent des Kalziums in der Nahrung (2); die individuellen Schwankungen im Konsum von Milchprodukten haben jedoch zur Folge, dass bei vielen Personen die Gesamtaufnahme die geforderte Menge nicht erreicht. Im Bestreben, kalziumreiche Nahrungsmittel in das Tagesmenü einzuschliessen, ohne sich zu sehr auf die Milchprodukte abstützen zu müssen, ist die Nützlichkeit kalziumreicher Mineralwässer untersucht worden. Diese finden sich besonders in den Alpenländern, aber nicht im Norden Europas und schon gar nicht im vorderen Orient oder in den Vereinigten Staaten.

Dabei muss unterschieden werden zwischen in Flaschen abgefülltem Trinkwasser und dem eigentlichen Mineralwasser, das einer identifizierten Quelle entspringen muss und dessen Mineralgehalt bekannt und konstant sein muss.

Der Mineralgehalt von verschiedenen Wässern kann enorm grosse Schwankungen aufweisen. In Nordamerika, wo das Trinkwasser nur +34 mg/l Kalzium enthält, variiert der Kalziumgehalt in den Mineralwässern zwischen 1 und über 300 mg/l (3, 4), und in Deutschland, das Flachland und die Alpenregionen mit eingeschlossen, liegt der Gehalt zwischen 1,4 und 801,6 mg/l.

Auch andere Ionen können Maximalwerte erreichen, wie beispielsweise Kalium mit 12 830 mg/l (Bad Mergentheimer Albertquelle, Deutschland), Chlor mit 1040 mg/l (Roisdorfer Mineralwasser, Deutschland), Natrium mit 1708 und Fluor mit 9 mg/l (St. Yorre, Frankreich) sowie Bicarbonat mit 3486 mg/l (Vichy Célestins, Frankreich). Wenn ein solches Wasser über mehrere Jahre eingenommen wird, kann es natürlich eine Stoffwechsel-

wirkung ausüben. Die Mineralgehalte von Mineralwässern, inklusive diejenigen von 58 verschiedenen Schweizer Wässern, können im Internet unter www.mineralwaters.org eingesehen werden.

Im Folgenden wird der Einfluss auf den Knochen durch die Mineralien, die sich in Mineralwasser befinden können, diskutiert.

Kalzium

Kalzium ist der am besten untersuchte Konstituent von «Mineralwasser». Ein Mineralwasser kann aber durchaus kalziumarm sein; es kann sogar besonders arm an Mineralien sein, wie zum Beispiel

Empfehlungen

Personen, die nicht täglich Milchprodukte einnehmen, ist die Einnahme kalziumreicher Mineralwässer zu empfehlen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit würde eine gleichzeitig hohe Bikarbonatkonzentration einen zusätzlichen Benefit für die Knochengesundheit einbringen, solche Wässer sind jedoch selten.

das französische Volvic, das dem vulkanischen Gestein der Auvergne entspringt. Hier soll von kalziumreichem Wasser die Rede sein, wobei es allerdings keine offizielle Abgrenzung gibt. Jedes Wasser mit einem Gehalt von mindestens 300 mg Kalzium/l könnte «kalziumreich» genannt werden, wobei selbst Wässer mit weniger als 200 mg/l auch auf ihren Kalziumgehalt hinweisen, wie das beispielsweise San Pellegrino mit 179 mg/l getan hat. Im Extremfall kann der Kalziumgehalt demjenigen von Milchprodukten nahekommen. In der Schweiz gibt es mehrere Wässer mit mehr als 500 mg Kalzium/l, wie alle Mineralwässer aus Adelboden (Adelbodner, Adello, Alpenrose, Buffy, Oeybad) und Denner Mineralwasser aus den Berner Alpen. Danach folgen Farmer (487 mg/l) und Valser (436 mg/l), sowie drei Walliser Wässer mit über 300 mg/l (Termen, Aquella, Aproz); San Bernardino enthält sogar 639 mg/l. Solch hohe Werte findet man sonst nur in Deutschland und in entfernteren Ländern. In Deutschland enthalten 12 Prozent der Mineralwässer mehr als 400 mg/l Kalzium, und 20 Prozent mehr als 300 mg/l (5). Das trifft nur für etwa 10 Prozent der bekanntesten französischen Mineralwässer zu.

Bioverfügbarkeit

Kalzium liegt im Mineralwasser in verschiedener Form vor, hauptsächlich als Kalziumsulfat oder als Kalziumbicarbonat. Im sauren Magensaft sind die Kalziumsalze dissoziiert. Daher wird Kalzium aus Mineralwasser sehr gut absorbiert (6, 7), so gut wie Kalzium aus Milch oder Käse, und je nach Menge werden zwischen 25 und 45 Prozent aufgenommen (5, 8). Patienten mit Laktasemangel nehmen das Kalzium sogar besser auf (9), und besonders gut, wenn das Wasser zusammen mit einer Mahlzeit eingenommen wird (10).

Biologische Wirkung

Die Einnahme eines kalziumreichen Wassers hat zur Folge, dass für einige Stunden das Plasmakalzium ansteigt und die PTH-Sekretion gehemmt wird, genau wie nach der Einnahme eines Kalziumsupplements. 200 mg Kalzium aus Mineralwasser senken den PTH-Spiegel um 34

bis 43 Prozent innerhalb einer Stunde sowie auch die Knochenresorption, gemessen mit dem Telozeptid-CTX-Marker. Mineralwässer mit einem tiefen Kalziumgehalt von 5 mg/l sind dagegen wirkungslos (11, 12).

Wenn dieser Effekt täglich wiederholt wird, und dies über Jahre, kann der Knochenumsatz herabgesetzt (13) und die Knochendichte erhöht werden. Dies wurde bei postmenopausalen Frauen nachgewiesen (14, 15).

Natrium

Oft wird auf die potenziell schädliche Wirkung von Natrium hingewiesen, da es bekanntlich die Knochenresorption fördert und zudem eine kardiale Belastung darstellt. Natürlich enthält jedes Mineralwasser auch Natrium, allerdings nur in kleinen Mengen. Selbst wenn mehrere Hundert mg/l vorliegen, macht dies nur einen Bruchteil der mit der Nahrung eingenommenen Menge aus und muss deshalb nicht berücksichtigt werden. Es ist demnach auch übertrieben, auf einer Etikette zu behaupten, dass ein besonders natriumarmes Wasser gesundheitsfördernd sei. Natürlich gibt es Ausnahmen. Das betrifft vor allem das alkalische und fluorreiche Vichy-Wasser, das nicht nur in Vichy, sondern mit der Bezeichnung «Vichy» auch in Kalifornien und Spanien produziert wird. Diese Wässer können 1 g Natrium/l enthalten, was natürlich bei der Bewertung der Einnahme von Kochsalz und Natrium mit der Nahrung mit einbezogen werden muss.

Fluor

Fluor stimuliert die Knochenbildung. Es wird zwar nicht mehr in der Behandlung der Osteoporose verwendet, was darauf zurückzuführen ist, dass alle Studien mit viel zu hohen Dosen durchgeführt worden sind und der dabei erhöhte Bedarf an Vitamin D vernachlässigt worden ist. Zudem fand sich keine pharmazeutische Firma, die ein finanzielles Interesse an der weiteren Untersuchung dieser nicht patentierbaren Substanz aufbrachte. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, dass der Konsum des fluorreichen französischen Mineralwassers St. Yorre (8,5 mg

Fluor/l) über 5 Jahre mindestens 6,38 mg Fluor täglich einbrachte, was zu einer höheren Knochendichte in der Wirbelsäule führte (16). Die meisten Mineralwässer enthalten weniger als 1 mg Fluor/l. Von 220 deutschen Mineralwässern enthalten nur 6 Prozent mehr als 2 mg/l (3). In der Schweiz finden sich mindestens drei Mineralwässer, die mehr Fluor enthalten (Cristallo, Losterfer und Zurzacher mit 3,4 mg/l). Bei langjähriger Einnahme kann selbst diese geringe Menge einen positiven Effekt auf den Knochen haben; Beweise dafür gibt es allerdings nicht.

Kalium

Kalium vermindert die Kalziumausscheidung im Urin. Bei der Beobachtung, dass Bikarbonat die Knochenresorption vermindert, bleibt die Frage offen, ob dies nicht eher auf das Kalium zurückzuführen ist. In der Tat verbessert KHCO_3 die Kalziumbilanz in Langzeitversuchen, und nicht etwa NaHCO_3 (17, 18), obwohl beide den gleichen Effekt auf die Säureausscheidung haben. So darf angenommen werden, dass Kalium allein schon kalziumsparend wirkt (19). Allerdings ist der Mechanismus unbekannt. Es gibt einige Mineralwässer mit einem relativ hohen Kaliumgehalt; allerdings lässt sich deren Knocheneffekt nicht von der zugleich hohen Bikarbonatwirkung unterscheiden. Im Allgemeinen sind Mineralwässer jedoch kaliumarm.

Sulfat

Sulfat ist sehr häufig in Mineralwasser zu finden; es stellt die häufigste Kalziumverbindung dar. Die Konzentration korreliert mit derjenigen von Kalzium, ausser in den bikarbonatreichen Wässern (20). Alle sehr kalziumreichen (> 500 mg/l) Schweizer Wässer enthalten über 1,1 g Sulfat. Sulfat allein hat jedoch keine Wirkung auf den Kalzium- und Knochenstoffwechsel. Sulfate in Mineralwasser vermindern beim Menschen weder die Kalziumabsorption, noch erhöhen sie die Kalziumausscheidung (21). Es muss auch bedacht werden, dass selbst ein besonders sulfatreiches Wasser, wie beispielsweise Contrexville (Frankreich) mit 550 mg/l, nicht mehr Sulfat liefert als die normale Nahrung.

Kohlensäure

Die Kohlensäure im Mineralwasser ist inert. Die Wirkung der Mineralien im Mineralwasser hängt nicht von der Kohlensäure ab. Die Beobachtung, dass kohlenstoffhaltige Getränke die Frakturhäufigkeit bei Schulkindern erhöhen sollen (22), betrifft vor allem Cola-Getränke und nicht Mineralwässer. Der regelmässige Konsum von Cola-Getränken schliesst den regelmässigen Konsum gesunder Getränke aus, was in Vergleichsuntersuchungen hauptsächlich zu den negativen Resultaten führt (23).

Säurebelastung

Die durch die Nahrung bedingte Säurebelastung beträgt 50 bis 100 mEq pro Tag. Die kleinste Verringerung des pH-Werts im Körper bremst die Knochenbildung und stimuliert die Knochenresorption (24). Die kleinste Erhöhung des pH-Werts hemmt dagegen die Knochenresorption, was durch die Zufuhr von Bikarbonat nachgewiesen wurde (25, 26). Es ist somit theoretisch möglich, dass auch Mineralwässer eine Säurebelastung darstellen. Der Gehalt an alkalisierenden oder ansäuernden Ionen eines Mineralwassers kann in mEq angegeben werden, gemäss der Formel von Remer und Manz (27). In diese gehen das Molekulargewicht sowie die Absorptionsrate aller wesentlichen Ionen ein. Danach beträgt beispielsweise die Säurebelastung von San Pellegrino (Italien) 6,75 mEq/l, von Contrex (Frankreich) 13,2 mEq/l, von Aproz (Schweiz) 15,3 mEq/l. Im Allgemeinen besteht eine Korrelation zwischen dem Sulfatgehalt und dem Säurewert, der Einfluss ist jedoch gering. Die Säurebelastung durch Mineralwasser ist in jedem Fall klein. Zudem schliesst die Berechnung das Vorliegen von Bikarbonat nicht ein, in der Annahme, dass dieses vollständig metabolisiert wird. Es durchläuft den Körper jedoch teilweise und wird auch im Urin ausgeschieden. Wird nun Bikarbonat mit einberechnet, so verringert sich die Säurebelastung: für San Pellegrino (mit 223 mg/l Bikarbonat) bleiben nur noch 3,3 mEq/l, für Contrex (386 mg/l Bikarbonat) 7,2 mEq/l, und für Aproz (153 mg/l Bikarbonat) 12,9 mEq/l. Verglichen mit der Säurebelastung durch

die Nahrung sind dies kleine Zahlen. Daher kann die Säurebelastung durch gewisse Mineralwässer sowie durch sulfatreiche Wässer vernachlässigt werden.

Alkalibelastung

Die alkalisierende Ionenlast eines Mineralwassers drückt sich vor allem im Bikarbonatgehalt aus. Bikarbonat findet sich in kleinen Mengen von 50 bis 100 mg/l in den meisten Mineralwässern. Es kann jedoch bis zu mehreren Gramm ansteigen. Bikarbonat vermindert die Kalziumausscheidung im Urin (28). Die Einnahme mehrerer Gramm in Form von Kalium-Bikarbonat-Tabletten (3,7–7,4 g/Tag) verbessert die Kalziumbilanz bei postmenopausalen Frauen und vermindert die Knochenresorption (25). Auch eine alkalisierende Diät, mit bikarbonatreichem Mineralwasser (4,4 g/Tag) angereichert, verringert die Kalziumausscheidung und die Knochenresorption bei gleichbleibender Kalzium-, Salz- und Protein-Einnahme (29). Bikarbonatreiches Mineralwasser (1762 mg/l) vermindert die Knochenresorption sogar mehr als kalziumreiches Wasser (30). Und ein Mineralwasser, das sowohl reich an Bikarbonat als auch Kalzium ist (z.B. Kryniczanka, Polen, Bikarbonatgehalt 2053 mg/l und Kalzium 550 mg/l), bremst die Knochenresorption selbst bei kalziumreicher Ernährung (31). Diese positive Wirkung kann jedoch nicht allein dem Bikarbonat zugeschrieben werden, denn ein bikarbonatreiches Wasser, das kein oder wenig Kalzium enthält, ist notgedrungen natriumreich und zeigt keine messbare Wirkung auf die Knochenresorption (32). Es bleibt offen, ob diese durch Bikarbonat und Kalzium verursachte Verminderung der Knochenresorption auf längere Sicht die Knochendichte erhöht; man darf jedoch annehmen, dass dies der Fall ist. Auf jeden Fall kann ein bikarbonatreiches Mineralwasser dazu beitragen, die durch die Nahrung verursachte Säureüberlastung auszugleichen. Das Schweizer Wasser Passugger beispielsweise enthält eine alkalisierende Ionenlast von 4,64 mEq/l; das französische Wasser Vichy sogar von 42,7 mEq/l. Schweizer Wässer mit hohem Bikarbonatgehalt sind Rhäzünser

(1071 mg/l), Swiss Alpina (787 mg/l) und Passugger (770 mg/l); die «Vichy»-Wässer enthalten jedoch mehr als 3 g, was sich allerdings durch einen typischen Geschmack auszeichnet.

Da bikarbonatreiche Kalziumwässer oft auch relativ viel Kalium enthalten, könnte deren knochenprotektive Wirkung mindestens teilweise auch dem Kalium zugeschrieben werden. Allerdings zeigte sich in einem Versuch mit einem kaliumarmen Bikarbonatwasser (2179 mg/l Bikarbonat und 5,5 mg/l Kalium), dass die Knochenresorption auch mit diesem Wasser erfolgreich verringert werden konnte (33).

Schlussfolgerung

Mineralreiche Wässer beeinflussen den Knochenstoffwechsel, vor allem wegen ihres Gehaltes an Kalzium und Fluor. Über Jahre eingenommen können sie die Knochendichte verbessern. Die Säurebelastung und der Natriumgehalt sind belanglos. Zusätzliches Bikarbonat verstärkt die Hemmung der Knochenresorption.

Korrespondenzadresse:

Prof. em. Peter Burckhardt
Clinique Hirslanden Bois Cerf
Av. d'Ouchy 31, 1006 Lausanne
E-Mail: p_burckhardt@bluewin.ch

Literatur:

1. Report on Dietary Reference Intakes (DRIs) for calcium and vitamin D by the Institute of Medicine (IOM) 2011. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington, DC: The National Academies Press.
2. Wynn E, Raetz E, Burckhardt P. The composition of mineral waters sourced from Europe and North America in respect to bone health. *Br J Nutr* 2009; 101: 1195–1199.
3. Azoulay A, Garzon P, Eisenberg M. Comparison of mineral content of tap water and bottled waters. *J Gen Intern Med* 2001; 16: 168–175.
4. Allen HE, Alley-Henderson MA, Hass CN. Chemical composition of bottled mineral water. *Arch Environm Health* 1989; 44 (2): 102–116.
5. Böhmer H, Müller H, Resch K. Calcium supplementation with calcium-rich mineral waters: a systemic review and metaanalysis of its bioavailability. *Osteoporos Int* 2000; 11: 938–943.
6. Heaney RP. Absorbability and utility of calcium in mineral waters. *Am J Clin Nutr* 2006; 84 (2): 371–374.
7. 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*. 1995; 62: 1239–1244.
8. Wynecel A, Hanrotel C, Wuillai A, Chanard J. Intestinal calcium absorption from mineral water. *Min & Electrol Metab* 1997; 23: 88–92.

9. Halpern GM, Van de Water J, Delabroise AM et al. Comparative uptake of calcium from milk and calcium-rich mineral water in lactose intolerant adults: implications for treatment of osteoporosis. *Am J Prev Med* 1991; 7: 379–383.
10. Van Dokum W, De La Guéronnière V, Schaafsma G et al. Bioavailability of calcium of fresh cheeses, enteral food and mineral water. A study with stable calcium isotopes in young adult women. *Br J Nutr* 1996; 75: 893–903.
11. Guillemant J, Le HT, Guillemant S, Delabroise AM, Aranud MJ. Acute effects induced by a calcium-rich mineral water on calcium metabolism and on parathyroid function. *Osteoporosis Int* 1997; 7: 85–86.
12. Guillemant J, Huyen-Tran L, Accarie C et al. Mineral water as a source of dietary calcium: acute effects on parathyroid function and bone resorption in young men. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 999–1002.
13. Meunier P, Jenvrin C, Munoz Fet al. Consumption of a high calcium mineral water lowers biochemical indices of bone remodelling in postmenopausal women with low calcium intake. *Osteoporosis Int* 2005; 16: 1203–1209.
14. Costi D, Calcaterra P, Iori N, Vourna S et al. Importance of bioavailable calcium drinking water for the maintenance of bone mass in post-menopausal women. *J Endocrinol Invest* 1999; 22: 852–856.
15. Cepollaro C, Orlandi G, Gonnelli S, Ferrucci G et al. Effect of calcium supplementation as a high-calcium mineral water on bone loss in early postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1996; 59: 238–239.
16. Meunier PJ, Femenias M, Duboeuf F, Chapuy MC, Delmas PD. Increased vertebral bone density in heavy drinkers of mineral water rich in fluoride. Letter to the Editor. *The Lancet* 1989; 152.
17. Lemann J, Gray RW, Pleuss JA. Potassium bicarbonate, but not sodium bicarbonate, reduces urinary calcium excretion and improves calcium balance in healthy men. *Kidney Int* 1989; 35: 688–695.
18. Lemann J, Pleuss JA, Gray RW, Hoffmann RG. Potassium administration reduces and potassium deprivation increases urinary calcium excretion in healthy adults. *Kidney Int* 1991; 39: 973–983.
19. Lemann J, Pleuss JA, Gray RW. Potassium causes calcium retention in healthy adults. *J Nutr* 1993; 123: 1623–1626.
20. Wynn E, Raetz E, Burckhardt P. The composition of mineral waters sourced from Europe and North America in respect to bone health: composition of mineral water optimal for bone. *Brit J Nutr* 2008; 101: 1195–1199.
21. Couzy F, Kastenmayer P, Vigo M, Clough J et al. Calcium bioavailability from calcium- and sulfate-rich mineral water, compared with milk, in young adult women. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 1239–1244.
22. Wyshak G. Teenaged girls, carbonated beverage consumption, and bone fractures. *Arch Pediatr & Adolescent Med* 2000; 154 (6): 610–613.
23. Heaney RP, Rafferty K. Carbonated beverages and urinary calcium excretion. *Am J Clin Nutr* 2001; 74 (3): 343–347.
24. Bushinsky DA, Frick KK. The effects of acid on bone. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2000; 9: 369–379.
25. Morris RC, Schmidlin O, Tanaka M, Forman A, Frassetto L, Sebastian A. Differing effects of supplemental KCl and KCH₃O₂: pathophysiological and clinical implications. *Semin Nephrol* 1999; 19: 487–493.
26. Sebastian A, Harris S, Ottaway J, Todd K, Morris C. Improved mineral balance and skeletal metabolism in postmenopausal women treated with potassium bicarbonate. *N Engl J Med* 1994; 330: 1776–1781.
27. Remer Th, Manz F. Potential renal acid load of foods and its influence on urine pH. *J Am Diet Assoc* 1995; 95: 791–797.
28. Kessler T, Hesse A. Crossover study of the influence of bicarbonate-rich mineral water on urinary composition in comparison with sodium potassium citrate in healthy male volunteers. *Brit J Nutr* 2000; 84: 865–871.
29. Buclin T, Cosma M, Appenzeller M, Jacquet A, Decosterd L, Burckhardt P. Diet acids and alkalis influence calcium retention in bone. *Osteoporosis Int* 2001; 12: 493–499.
30. Burckhardt P, Waldvogel S, Aeschlimann J, Arnaud M. Bicarbonate in mineral water inhibits bone resorption. Abstract M360. *J Bone Miner Res* 2002; 17 (Suppl. 1): M360–S476.
31. Wynn E, Krieg MA, Aeschlimann JM, Burckhardt P. Alkaline mineral water lowers bone resorption even in calcium sufficiency (EMINOS-2). *Bone* 2009; 44: 120–124.
32. Burckhardt P. The effect of mineral water on bone metabolism: Alkalinity over calcium? In: *Nutritional Influences on Bone Health*. Ed. Burckhardt P, Dawson-Hughes B, Weaver C. Springer London 2010; pp.181–185.
33. Roux S, Baudoin C, Boute D, Brazier M et al. Biological effects of drinking-water mineral composition on calcium balance and bone remodeling markers. *J Nutr Health Aging* 2004; 8: 380–384.