

Hydrogencarbonat in Mineralwasser und Mobilität im Alter

Johannes Naumann und Diana Biehler

Die Menschen werden immer älter und die Lebensqualität im Alter hängt stark mit der Bewegungsfähigkeit und der noch vorhandenen Mobilität zusammen. Darum ist es wichtig, Maßnahmen zu kennen, die die Muskelkraft und die Beweglichkeit erhalten bzw. Knochen- und Muskelabbau mindern. Neben Mangel an Bewegung [1], Vitamin D, Kalzium [2] und Kieselsäure [3] tragen auch eine Säurebelastung und ein Mangel an Hydrogencarbonat zum Knochen- und Muskelabbau bei.

Diese Übersichtsarbeit beschreibt den Stellenwert von hydrogencarbonathaltigem Mineralwasser auf Knochen- und Muskelabbau sowie die Auswirkungen auf die Beweglichkeit und Fitness bei Älteren. Dazu werden zunächst der Säure-Basen-Haushalt und die Rolle der Niere bei dessen Aufrechterhaltung beschrieben. Im Folgenden wird anhand mehrerer Studien der Zusammenhang zwischen Hydrogencarbonat, Säurebelastung, Knochenabbau und Abbau der Muskelmasse erläutert. Interventionsstudien, die zum Ziel hatten, mit Gaben von Hydrogencarbonat in Form von Nahrungsergänzungsmitteln oder Mineralwasser den Knochen- und Muskelabbau bei gesunden Menschen zu beeinflussen, werden erläutert.

Säure-Basen-Status

Im Körper fallen bei vielen Stoffwechselprozessen Säuren an, z.B. bei Muskelaktivität im anaeroben Bereich Milchsäure (Laktat). Um den Ablauf der Stoffwechselfvorgänge zu gewährleisten, muss der pH-Wert des Blutes zwischen 7,35 und 7,45 konstant bleiben, d.h. das Säure-Basen-Gleichgewicht muss durch Puffern der anfallenden Säuren aufrechterhalten werden. Liegt der Wert unter



Beweglichkeit ist essenziell für das gesunde Altern. Mineralwasser mit einem hohen Hydrogencarbonatgehalt scheint den Muskel- und Knochenabbau zu verlangsamen.

© Thieme Verlagsgruppe/Friedhelm Volk

7,35 so spricht man von einer **Azidose**, liegt er über 7,45 von einer **Alkalose**.

Üblicherweise wird der pH-Wert im arteriellen oder kapillären Blut im Rahmen einer **Blutgasanalyse** gemessen, bei der auch der Partialdruck von Kohlenstoffdioxid ($p\text{CO}_2$) und Sauerstoff ($p\text{O}_2$) bestimmt wird. Ist der $p\text{CO}_2$ erhöht und der pH-Wert niedrig, so liegt eine **respiratorische Azidose** vor, die durch eine zu geringe Abatmung des Kohlendioxids entsteht.

Der Körper kann insbesondere über die Niere mittels Wiederaufnahme von Hydrogencarbonat und Ausscheidung von Phosphat und Ammonium eine Azidose neutralisieren. Die Niere als wichtiges Organ zur Aufrechterhaltung des Säure-Basen-Gleichgewichts ist sehr empfindlich gegenüber einer Säurebelastung, was sich besonders bei vorgeschädigten Nieren zeigt [4].

Ist das Gleichgewicht gestört, d.h. der pH-Wert niedrig und die Hydrogencar-

bonatkonzentration im Blut liegt unter 21 mmol/l (Norm zwischen 21 und 26 mmol/l), handelt es sich um eine **metabolische Azidose**.

Von einer **vermehrten Säurebelastung** wird gesprochen, wenn der pH-Wert im Blut zwar noch im Normalbereich liegt, jedoch Zeichen einer Säurebelastung vorliegen, wie ein niedriger Urin-pH-Wert oder eine Hydrogencarbonatkonzentration im Blut nahe der unteren Grenze oder darunter (► **Info 1**).

Bei hoher Säurebelastung müssen neben der Ernährung auch aus dem Körper selbst Basen bereitgestellt werden, um einer Übersäuerung entgegenzuwirken. Kalziumphosphat und Kalziumcarbonat repräsentieren ein großes Reservoir an Basen in unserem Körper. Um den pH-Wert des Blutserums zu regulieren, werden diese Kalziumsalze aus den Knochen gelöst und in die Blutbahn gebracht. Das Phosphat und das Carbonat dienen zum Puffern der Säuren. Das

Weitere Parameter zur Beurteilung des Säure-Basen-Status:

- pH-Wert des Urins
- Stickstoffausscheidung (Ammonium NH_4^+) mit dem Urin
- RNAE (renal net acid excretion) = die Nettosäureausscheidung über die Niere
- Citratkonzentration im Urin
- Anionenlücke im Blut = $([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-])$
- Laktatkonzentration im Blut

dabei frei werdende Kalzium jedoch wird über den Urin ausgeschieden. Dieser Verlust an Knochenmineralstoffen kann eine **Osteoporose** begünstigen. Durch die Aufnahme von Hydrogencarbonat kann dem Kalziumverlust entgegengewirkt werden.

Beobachtungsstudien zur Beweglichkeit und Fitness

Abramowitz et al. [5] untersuchten an 2675 gesunden, über 50-jährigen Probanden das Gehvermögen und die Muskelkraft im Oberschenkel. Im Vergleich zu Teilnehmern mit der höchsten Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum, war die Wahrscheinlichkeit, nur langsam gehen zu können oder eine geringere Muskelkraft zu haben, bei den anderen um 42% bzw. 36% erhöht.

Auch was die Entwicklung von Bewegungseinschränkungen betrifft, besteht dieser Zusammenhang. Yenchek et al. [6] testeten dies in einer prospektiven Studie über 3 Jahre bei 1544 älteren, ansonsten gesunden Menschen. Alle konnten zu Beginn der Studie noch problemlos 10 Stufen steigen und 0,25 Meilen gehen. Nach 3 Jahren war dies 35% der Teilnehmer nicht mehr möglich. Im Vergleich zu Teilnehmern mit einer hohen Hydrogencarbonatkonzentration im Blut ($\geq 26 \text{ mmol/l}$) hatten die mit einer mittleren Konzentration ($23\text{--}26 \text{ mmol/l}$) ein um 35% und die mit der niedrigsten ($< 23 \text{ mmol/l}$) sogar ein um 58% erhöhtes Risiko, solch eine funktionelle Einschränkung zu entwickeln.

1

Beobachtungsstudien zur Knochendichte

Chen et al. [7] bestimmten bei 9724 gesunden Erwachsenen die Gesamtknochendichte sowie die Knochendichte der Lendenwirbelsäule. Eine höhere Hydrogencarbonatkonzentration im Blut korrelierte signifikant mit einer höheren Knochendichte der Lendenwirbelsäule. Die Gesamtknochendichte stand nur bei Frauen in direktem Zusammenhang mit der Hydrogencarbonatkonzentration: Frauen mit der höchsten Konzentration ($> 27 \text{ mmol/l}$) hatten die geringste Wahrscheinlichkeit für eine geringe Knochendichte. Dieses Ergebnis war bei postmenopausalen Frauen deutlicher.

Auch die Entwicklung der Knochendichte wurde untersucht. Tabatabai und Mitarbeiter [8] testeten bei 2287 gesunden Menschen zwischen 70 und 79 Jahren die Entwicklung der Knochendichte am Oberschenkelknochen über 2 Jahre hinweg. Dabei sank die Knochendichte der Teilnehmer mit der niedrigsten Hydrogencarbonatkonzentration ($18\text{--}24 \text{ mmol/l}$) im Durchschnitt um 0,7% pro Jahr, wohingegen die Knochendichte der Teilnehmer mit der höchsten Hydrogencarbonatkonzentration ($> 26 \text{ mmol/l}$) sogar um 0,15% pro Jahr zunahm. Somit ist hier auch zu sehen, dass die Knochendichte im Alter nicht unbedingt abnehmen muss.

Weitgehend gesichert ist dieser Zusammenhang bei nierenkranken Patienten, bei denen die Niere ihre Funktion im Säure-Basen-Haushalt nicht mehr voll erfüllen kann und verstärkt Probleme des Knochen- und Muskelabbaus auftreten [9].

An den genannten Studien nahmen ausschließlich gesunde Menschen teil. Dies unterstreicht die präventive Bedeutung einer geringeren Säurelast.

Interventionsstudien mit Hydrogencarbonat

Es gibt mehrere Studien, die sich in der verwendeten Dosis und der Dauer der Supplementation, dem Alter und dem Gesundheitszustand der Studienteilnehmer sowie den gemessenen Parametern unterscheiden (► **Info 2**); auch die Form des verwendeten Hydrogencarbonats (Natrium- oder Kaliumhydrogencarbonat) kann differieren. Metaanalysen können diese Problematik z.T. kompensieren.

Eine Metaanalyse von 7 Studien mit insgesamt 145 Teilnehmern analysierte den Einfluss einer Supplementation mit Kaliumhydrogencarbonat (KHCO_3) auf den Kalzium- und Knochenstoffwechsel [10]. Durch die KHCO_3 -Gabe reduzierte sich die Kalziumausscheidung mit dem Urin sowie die Konzentration an Knochenresorptionsmarkern.

2

Bestimmung des Knochenabbaus bzw. der Knochengesundheit

- Knochendichte
- Marker für den Knochen**aufbau**, stammen im Wesentlichen aus dem Stoffwechsel der Osteoblasten:
 - knochenspezifische alkalische Phosphatase
 - Osteocalcin
 - N- und C-terminale Propeptide des Typ-1-Kollagens (P1NP und P1CP)
- Kalziumabsorption im Darm
- Marker für den Knochen**abbau**, stammen im Wesentlichen aus dem Stoffwechsel der Osteoklasten
 - die freien CrossLinks Pyridinolin und Desoxypyridinolin
 - C-Telopeptid (CTX)
 - N-Telopeptid (NTX)
- Kalziumausscheidung und Konzentration des Parathormons

Bestimmung des Muskelabbaus

- Messung der Muskelkraft
- Ammoniumausscheidung mit dem Urin

KHCO_3 wird häufiger untersucht, da man sich eine zusätzliche Wirkung durch das Kalium verspricht. Jedoch zeigten in einer randomisierten, doppelblinden und placebokontrollierten Studie [11] Natrium- und Kaliumhydrogencarbonat den gleichen Effekt; dieser konnte nicht mit KCl erzielt werden, was gegen eine Wirksamkeit von Kalium spricht. In dieser Studie erhielten 171 gesunde, ältere Erwachsene 3 Monate lang entweder KHCO_3 (4118 mg HCO_3^-) oder NaHCO_3 (4139 mg HCO_3^-) oder Kaliumchlorid oder Placebo. Dabei zeigte sich eine positive Wirkung der Hydrogencarbonatgabe auf die Knochengesundheit durch eine signifikant **geringere Ausscheidung von Kalzium und N-Telopeptid** mit dem Urin.

Die gleiche Gruppe veröffentlichte 2015 eine Studie [12], in der sie die Wirkung zweier unterschiedlicher KHCO_3 -Mengen (4270 mg und 6370 mg HCO_3^-) auf die Kalziumausscheidung und den Knochenumbau untersuchte. Beide Mengen reduzierten signifikant die Kalziumausscheidung, die N-Telopeptid-Konzentration im Urin sowie die PINP-Konzentration im Blutserum. Die Abnahme war jedoch bei der niedrigeren Konzentration stärker, sodass eine Supplementation von 4270 mg HCO_3^- pro Tag als ausreichend erachtet wird, um den Knochenabbau zu bremsen.

Hydrogencarbonat gegen Muskelabbau

Eine erhöhte Säurebelastung steht auch im Zusammenhang mit dem Abbau der Muskelproteine. Diese Erkenntnis stammt v.a. von Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz, die unter Kraftverlust in den Muskeln leiden [13]. Ein erhöhter Proteinabbau schlägt sich u.a. in einer verstärkten Ausscheidung von Stickstoff (Ammonium) im Urin nieder.

Abramowitz et al. [14] testeten in einer verblindeten Studie an 20 **niereninsuffizienten Patienten** mit einer grenzwertig niedrigen Hydrogencarbonatkonzentration von 20–24 mmol/l im Blut den Effekt unterschiedlich hoher NaHCO_3 -Gaben. Dabei nahm mit zunehmender Hydrogencarbonatmenge (1280 – 2562 – 4270 mg bei 70 kg) die Muskel-



Die Zufuhr von etwa 4 g Hydrogencarbonat pro Tag hemmt die Kalziumausscheidung und fördert dadurch die Knochengesundheit. © Fotolia/Hunor Kristo

kraft in den unteren Extremitäten zu und die Stickstoffausscheidung mit dem Urin ab.

Auch bei 162 **älteren gesunden Menschen** zeigte eine Interventionsstudie den positiven Effekt einer Hydrogencarbonatgabe (4139 mg/Tag über 3 Monate) auf die Muskelkraft und den Muskelabbau [15]. Die Wirkung war unabhängig davon, ob Natrium- oder Kaliumhydrogencarbonat gegeben wurde.

Eine weitere Maßnahme, um dem Muskelabbau entgegenzuwirken, ist die Aufnahme von Proteinen. Bei einigen, meist tierischen Proteinen entsteht im Körper aber auch Säure [16], deren negative Auswirkungen auf Knochen und Muskeln schon besprochen wurden. Deswegen kombinierten Ceglia et al. [17] in einer Interventionsstudie mit 19 gesunden älteren Erwachsenen eine proteinreiche (1,5 g/kg) oder eine proteinarme Diät (0,5 g/kg) mit einer KHCO_3 -Supplementation oder Placebo. KHCO_3 reduzierte signifikant die Ammoniumausscheidung, die durch die proteinreiche Diät hervorgerufen wurde. Zudem führte es zu einer höheren Kalziumaufnahme im Darm.

Interventionsstudien mit hydrogencarbonathaltigem Mineralwasser

Auch einige Mineralwässer enthalten größere Mengen Hydrogencarbonat (bis zu 2500 mg/l), sodass die Menge an

HCO_3^- aus den o.g. Studien auch mit dem Trinken eines entsprechenden Mineralwassers erreicht werden kann. Mineralwasser enthält jedoch nie HCO_3^- allein, sondern immer auch weitere, teils basische Mineralstoffe, insbesondere Kalzium- und Magnesium-Salze, sodass bereits geringere Mengen an Hydrogencarbonat ausreichen könnten. Da Kalzium allein zu einem Senken der Konzentrationen des Parathormons sowie einiger Knochenresorptionsmarker führt [18], verwendeten folgende Studien Wässer mit annähernd gleichen Kalziumkonzentrationen.

Gesunde Frauen zwischen 18 und 45 Jahren tranken 4 Wochen lang täglich 1,5 l eines Wassers reich (2172 mg/l HCO_3^-) oder arm (291 mg/l HCO_3^-) an Hydrogencarbonat [19]. Die Parathormon- und die C-Telopeptidkonzentration sanken durch das Trinken des hydrogencarbonatreichen Wassers signifikant, was auf einen geringeren Knochenabbau hinweist. Im anderen Fall blieben die Werte konstant. Da hier beide getesteten Wässer auch viel Kalzium enthielten, gab es in dieser Studie keinen Kalziummangel, trotzdem wurde der Knochenabbau gesenkt.

Roux et al. [20] führten eine ähnliche Studie mit 39 gesunden, postmenopausalen Frauen (\bar{x} = 64 Jahre) durch. Die Frauen tranken täglich über 4 Wochen entweder 1 l eines hydrogencarbonatreichen (2179 mg/l HCO_3^- und 292 mg/l Ca^{2+}) oder eines hydrogencarbonatarmen Wassers (606 mg/l HCO_3^- und 560 mg/l

► **Tab. 1** Übersicht der vorgestellten Studien.

Beobachtungsstudien auf funktioneller Ebene			
Studie	Untersuchungsgegenstand	Probanden	Ergebnis
Abramowitz et al., 2011 [5]	Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum/Gehvermögen und Muskelkraft	2675 Gesunde über 50 Jahre NHANES-Studie 1999–2002	besseres Gehvermögen und größere Muskelkraft bei höheren Hydrogencarbonatkonzentrationen
Yenchek et al., 2014 [6]	Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum/Gehvermögen: prospektiv, 3 Jahre	1544 Gesunde, 70–79 Jahre	Risiko zu funktionellen Einschränkungen nimmt mit niedrigerer Hydrogencarbonatkonzentration zu
Beobachtungsstudien zur Knochendichte			
Chen et al., 2015 [7]	Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum/Knochendichte	9724 Gesunde über 20 Jahre NHANES-Studie 1999–2004	direkter Zusammenhang zwischen Hydrogencarbonatkonzentration und Knochendichte, allerdings nur bei Frauen
Tabatabai et al., 2015 [8]	Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum/Knochendichte prospektiv, 2 Jahre	2287 Gesunde, 70–79 Jahre	langsamere Abnahme bzw. Zunahme der Knochendichte bei höheren Hydrogencarbonatkonzentrationen
Interventionsstudien mit Hydrogencarbonat (HC) zum Knochenstoffwechsel			
Studie	Intervention	Probanden	Ergebnis
Dawson-Hughes et al., 2009 [11]	täglich für 3 Monate: KHCO_3 (4118 mg HC) oder NaHCO_3 (4139 mg HC) oder KCl oder Placebo	171 Gesunde über 50 Jahre	signifikant geringere Ausscheidung von Kalzium und N-Telopeptid mit HC (sowohl bei KHCO_3 als auch NaHCO_3)
Dawson-Hughes et al., 2015 [12]	täglich für 3 Monate: 1 mmol KHCO_3 (= 4270 mg HC) oder 1,5 mmol KHCO_3 (= 6370 mg HC) oder Placebo	233 Gesunde über 50 Jahre	geringere Kalziumausscheidung mit HC, geringere NTX- und P1NP-Konzentration im Urin: dies sogar deutlicher bei geringerer Hydrogencarbonatkonzentration
Lambert et al., 2015 [10] (Metaanalyse)	täglich 1830–7320 mg KHCO_3 (je nach Studie)	145 Teilnehmer aus 7 Studien	Reduktion der Kalziumausscheidung mit dem Urin sowie der Konzentration an Knochenresorptionsmarkern
Interventionsstudien zum Muskelabbau			
Studie	Intervention	Probanden	Ergebnis
Abramowitz et al., 2013 [14]	zunehmende Mengen, je 2 Wochen lang, NaHCO_3 (HC: 1280/2562/4270 mg bei 70 kg)	20 mit Niereninsuffizienz	zunehmende Muskelkraft in den unteren Extremitäten und geringere Ammoniumausscheidung mit zunehmender Menge HC
Dawson-Hughes et al., 2010 [15]	täglich für 3 Monate: KHCO_3 (4118 mg HC) oder NaHCO_3 (4139 mg HC) oder KCl oder Placebo	162 Gesunde über 50 Jahre	geringere Netto-Säure- sowie Ammoniumausscheidung mit dem Urin bei HC und Zunahme der Muskelkraft bei Frauen (sowohl bei KHCO_3 als auch NaHCO_3)
Ceglia et al., 2009 [17]	bis zu 5490 mg HC täglich als KHCO_3 oder Placebo für 41 Tage mit oder ohne proteinreicher Diät	19 Gesunde über 54 Jahre	KHCO_3 reduziert erhöhte Ammoniumausscheidung unter proteinreicher Diät; Kalziumaufnahme über den Darm wurde erhöht
Interventionsstudien mit Mineralwasser			
Studie	Intervention	Probanden	Ergebnis
Wynn et al., 2009 [19]	täglich 1,5 l hydrogencarbonatreiches (2172 mg/l HCO_3^-) oder hydrogencarbonatarmes Wasser (291 mg/l HCO_3^-), 4 Wochen	30 gesunde Frauen, 18–45 Jahre	Blutserumkonzentrationen des C-Telopeptids und des Parathormons sanken durch das hydrogencarbonatreiche Wasser

Fortsetzung nächste Seite

► Tab. 1 Fortsetzung

Roux et al., 2004 [20]	täglich 1 l hydrogencarbonatreiches (2179 mg/l HCO ₃ ⁻) oder hydrogencarbonatarmes Wasser (292 mg/l HCO ₃ ⁻), 4 Wochen	39 gesunde postmenopausale Frauen, Ø = 64 Jahre	Blutserumkonzentration des Parathormons sank durch das hydrogencarbonatreiche Wasser sowie die Ausscheidung des C-Telopeptids und des Ammoniums mit dem Urin
Knochenabbau, Hydrogencarbonat und Glucocorticoide			
Studie	Untersuchungsgegenstand	Probanden	Ergebnis
Shi et al., 2015 [23]	Glucocorticoidlevel und Knochenauf- und -umbau	175 gesunde Jungen, 6–18 Jahre	höhere Glucocorticoidlevel gehen mit schlechterem Knochenauf- bzw. -umbau einher
Studie	Intervention	Probanden	Ergebnis
Maurer et al., 2003 [25]	saure Diät (viel Salz) und basische Diät (viel HC) mit Cross-over-Design	9 gesunde Erwachsene, Ø 21 Jahre	niedrigere Konzentration an Knochenabbau-markern und Glucocorticoiden unter der basischen Diät
Buehlmeier et al., 2012 [26]	salzreiche Diät + 90 mmol KHCO ₃ /Tag vs. salzarme Diät ohne KHCO ₃ -Supplementa-tion mit Cross-over-Design	8 gesunde Männer, Ø 26 Jahre	die durch die salzreiche Diät herbeigeführte Erhöhung des N-Telopeptids und der Glucocorticoidkonzentration wurde durch KHCO ₃ -Supplementa-tion abgeschwächt
Muskeln, Hydrogencarbonat und Insulinresistenz			
Studie	Untersuchungsgegenstand	Probanden	Ergebnis
Farwell et al., 2008 [29]	Hydrogencarbonatkonzentration und Insulinresistenz	1496 Gesunde > 12 Jahre	eine höhere Hydrogencarbonatkonzentration geht mit einer höheren Insulinsensitivität einher
Maalouf et al., 2007 [31]	Urin-pH-Wert und Insulinresistenz	148 Gesunde, Ø 44 Jahre	ein niedrigerer Urin-pH ging mit einer höheren Insulinresistenz einher
Mandel et al., 2012 [32]	Fall-Kontroll-Studie Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum und Entwicklung eines Diabetes Typ 2	630 Frauen mit Diabetes-, 730 Frauen ohne Diabetesentwicklung während 10 Jahren Follow-up	je niedriger die Hydrogencarbonatkonzentration, desto größer die Wahrscheinlichkeit, einen Diabetes Typ 2 zu entwickeln
Williams et al., 2015 [30]	Laktatkonzentration und Insulinresistenz	104 Gesunde	je höher die Laktatkonzentration, desto größer ist die Insulinresistenz
Studie	Intervention	Probanden	Ergebnis
Garibotto et al., 2015 [28]	Fall-Kontroll-Studie mit unterschiedlich hohen, intravenösen Insulinkonzentrationen und Muskelabbau	7 nierenkranke Patienten mit metabolischer Azidose und 7 gesunde Kontrollprobanden	die nierenkranken Patienten benötigten eine höhere Insulinkonzentration, um den Muskelabbau zu hemmen
Gutenbrunner, 1993 [33]	randomisiert, für 28 Tage entweder 1,4 l hydrogencarbonatreiches Wasser oder Leitungswasser	24 gesunde Männer (19–31 Jahre)	signifikant niedrigere Blutzuckerkonzentration 30 min nach Glukosebelastungstest sowie signifikant niedrigere Konzentration an Fructosamin („Blutzuckergedächtnis“)
Murakami et al., 2015 [34]	500 ml hydrogencarbonatreiches Wasser oder Leitungswasser täglich; doppeltes Cross-over	19 Gesunde	signifikant niedrigere Glycoalbuminkonzentration im Blutserum + Veränderung der Darmflora

Ca²⁺). Auch hier besserte sich die Säure-Basen-Balance, die NH₄⁺-Ausscheidung sank und die Konzentrationen der Knochenabbau-marker und des Parathormons nahmen beim Trinken des hydrogencarbonatreichen Wassers signifikant ab.

In diesen Studien bestand der größte Unterschied in der Hydrogencarbonatkonzentration der Mineralwässer, sodass der Großteil des Effekts wohl darauf zurückzuführen ist. Insgesamt wird zur Aufrechterhaltung der Knochengesundheit ein hydrogencarbonat- und kalziumreiches Mineralwasser empfohlen [21].

Signalwege für die Wirkung des Hydrogencarbonats

Eine erhöhte Säurebelastung hat vielfältige Auswirkungen auf den Stoffwechsel. Neben den negativen Auswirkungen auf Niere, Knochen und Muskel führt sie zu einer erhöhten Glucocorticoidausschüt-

tung sowie zu einer höheren Insulinresistenz. Auch über diese beiden Signalwege werden Knochen und Muskeln in Mitleidenschaft gezogen.

Knochenabbau, Hydrogencarbonat und Glucocorticoide

Die Aufnahme von Natriumchlorid mit der Nahrung geht mit einer Säurebelastung einher [22] und kann darüber den Knochenabbau begünstigen. Zusätzlich führt eine Diät mit Säurebelastung auch zu einer erhöhten Glucocorticoidausschüttung, die ihrerseits den Knochen- [23] sowie den Muskelabbau [24] fördert – im Gegensatz zu einer eher basischen Diät.

Eine Interventionsstudie im Cross-over-Design [25] mit 9 gesunden Erwachsenen verglich die Auswirkungen einer Diät mit Säurebelastung mit den Auswirkungen einer eher basischen Diät. Dabei erhielten die Probanden zusätzlich zu einer standardisierten Basisdiät entweder 2250 mg NaCl + 2868 mg KCl pro Tag (dies entspricht jeweils 0,55 mmol/kg Körpergewicht) oder dazu äquimolare Mengen an NaHCO₃ und KHCO₃. Das Chlorid wurde also durch das Hydrogencarbonat ersetzt. Die Konzentrationen mehrerer Knochenabbaumarker waren unter der basischen Diät geringer und die Cortisonkonzentration in Blut und Urin nahm signifikant ab.

Es wurde gezeigt, dass die Auswirkungen einer leichten Azidose, hervorgerufen durch eine salzreiche Ernährung, durch Supplementierung von Hydrogencarbonat abgeschwächt werden können. Buehlmeier et al. [26] führten eine randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie mit Cross-Over-Design und 8 gesunden, männlichen Teilnehmern durch. Über eine sehr hohe NaCl-Aufnahme (32 g/d) wurde eine leichte Azidose herbeigeführt, die mit einer erhöhten Glucocorticoidaktivität, einer Steigerung der Konzentration des N-Telopeptids und einem erhöhten Proteinabbau einherging. Wurde zusammen mit der hohen NaCl-Aufnahme auch Kaliumhydrogencarbonat (90 mmol/Tag) gegeben, so schwächten sich diese negativen Effekte ab.

Muskeln, Hydrogencarbonat und Insulinresistenz

Ob Muskelproteine ab- oder aufgebaut werden, hängt auch von der Insulin-signalleitung ab. Insulin fördert die Aufnahme von Glukose in die Muskelzellen, es fördert den Proteinaufbau und hemmt den Proteinabbau im Muskel. Liegt eine Insulinresistenz vor, so sind höhere Insulinkonzentrationen im Blut [27] oder Insulingaben [28] notwendig, um den Proteinabbau zu hemmen.

Bereits eine leichte Azidose kann zu einer höheren Insulinresistenz führen [16]. Selbst bei Gesunden ist dies der Fall, wie die folgenden Studien zeigen.

Farwell et al. [29] untersuchten den Zusammenhang zwischen der Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum und der Insulinresistenz an 1496 gesunden Menschen. Probanden mit niedrigem Hydrogencarbonatgehalt hatten eine signifikant höhere Insulinresistenz sowie eine signifikant höhere Insulinkonzentration im Blutserum. Dieser Effekt war deutlicher bei Menschen mit größerem BMI. Auch eine aktuelle Studie von Williams et al. [30] fand bei 104 nicht trainierten Erwachsenen einen Zusammenhang zwischen erhöhter Laktatkonzentration und erhöhter Insulinresistenz. Und bei 142 gesunden Menschen ging auch ein niedrigerer pH-Wert des 24 h-Urins mit einer höheren Insulinresistenz einher [31].

Welche möglicherweise präventive Bedeutung die Hydrogencarbonatkonzentration im Blutserum hat, zeigte eine prospektive Studie mit 630 Frauen (Ø = 56 Jahre) und einem Follow-up von 10 Jahren [32]. Frauen mit niedrigerer Hydrogencarbonatkonzentration hatten ein signifikant höheres Risiko, an **Typ-2-Diabetes** zu erkranken als Frauen mit höherer Hydrogencarbonatkonzentration.

Trinkkur verbessert Glukosestoffwechsel

Neben diesen Beobachtungsstudien existieren eine ältere und eine aktuelle Interventionsstudie zum Einfluss des Trinkens eines hydrogencarbonatreichen Wassers auf den Glukosestoffwechsel.

1993 führte Gutenbrunner [33] mit 24 gesunden, männlichen Probanden eine 4-wöchige Trinkkur durch. Randomisiert und verblindet tranken die Teilnehmer täglich 1,4 l eines hydrogencarbonatreichen Wasser (2946 mg/l) oder Leitungswasser (150 mg/l). Im Gegensatz zur Leitungswassergruppe gingen die Blutzuckerkonzentrationen bei einem Glukosebelastungstest in der Hydrogencarbonatwassergruppe signifikant zurück, dies auch noch 2 Tage nach der Trinkkur. Auch die Fructosaminkonzentration im Blutserum (Marker für mittelfristige Zuckerbelastung) nahm nur beim Trinken des hydrogencarbonatreichen Wassers signifikant ab.

Die aktuelle Studie von Murakami et al. [34] führte die Intervention nur eine Woche lang durch, jedoch zweimal im Wechsel mit einem niedrig mineralisierten Wasser. Dabei tranken die 19 gesunden Probanden täglich insgesamt 500 ml eines Wassers mit 2485 mg/l oder 28 mg/l HCO₃⁻. Die Glycoalbuminkonzentration (ein Marker für die Blutzuckerkontrolle, empfindlicher als HbA_{1c}) nahm während der Woche des Trinkens des hydrogencarbonatreichen Wassers signifikant ab. So zeigt sich ein Effekt auf den Glukosestoffwechsel auch schon in einem kurzen Zeitraum und geringer Trinkmenge.

Fazit

Aus unserer Sicht zeigt eine bedeutsame Anzahl an Beobachtungs- und Interventionsstudien einen klaren Zusammenhang zwischen Säurebelastung und dem Knochen- und Muskelstoffwechsel und der Mobilität beim Menschen. Es wurden verschiedene pathophysiologische Wege nachgewiesen, die erklären, auf welche Weise Hydrogencarbonat aus Mineralwasser oder anderen Quellen seine positive Wirkung entfaltet. Die Säurebelastung und damit die Mobilität im Alter kann über Ernährung, Supplemente, aber auch über hydrogencarbonathaltiges Mineralwasser positiv beeinflusst werden.

 **Online**

<http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-108677>

Literatur

- 1 Xu J, Lombardi G, Jiao W, Banfi G. Effects of exercise on bone status in female subjects, from young girls to postmenopausal women: an overview of systematic reviews and meta-analyses. *Sports Med* 2016; [Epub ahead of print]
- 2 Weaver CM, Gordon CM, Janz KF et al. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporos Int* 2016; 27: 1281–1386
- 3 Naumann J. Prävention mit Silizium aus Nahrung, Wasser und Supplementen: ein kritischer Review der Literatur. *Aktuell Ernährungsmed* 2015; 40: 330–334
- 4 de-Brito Ashurst I, O'Lone E, Kaushik T et al. Acidosis: progression of chronic kidney disease and quality of life. *Pediatr Nephrol* 2015; 30: 873–879
- 5 Abramowitz MK, Hostetter TH, Melamed ML. Association of serum bicarbonate levels with gait speed and quadriceps strength in older adults. *Am J Kidney Dis* 2011; 58: 29–38
- 6 Yenchev R, Ix JH, Rifkin DE et al. Association of serum bicarbonate with incident functional limitation in older adults. *Clin J Am Soc Nephrol* 2014; 9: 2111–2116
- 7 Chen W, Melamed ML, Abramowitz MK. Serum bicarbonate and bone mineral density in US adults. *Am J Kidney Dis* 2015; 65: 240–248
- 8 Tabatabai L, Cummings S, Tylavsky F et al. Arterialized venous bicarbonate is associated with lower bone mineral density and an increased rate of bone loss in older men and women. *J Clin Endocrinol Metab* 2015; 100: 1343–1349
- 9 Kraut JA, Madias NE. Metabolic acidosis of CKD: an update. *Am J Kidney Dis* 2016; 67: 307–317
- 10 Lambert H, Frassetto L, Moore JB et al. The effect of supplementation with alkaline potassium salts on bone metabolism: a meta-analysis. *Osteoporos Int* 2015; 26: 1311–1318
- 11 Dawson-Hughes B, Harris SS, Palermo NJ et al. Treatment with potassium bicarbonate lowers calcium excretion and bone resorption in older men and women. *J Clin Endocrinol Metab* 2009; 94: 96–102
- 12 Dawson-Hughes B, Harris SS, Palermo NJ et al. Potassium bicarbonate supplementation lowers bone turnover and calcium excretion in older men and women: a randomized dose-finding trial. *J Bone Miner Res* 2015; 30: 2103–2111
- 13 Wang XH, Mitch WE. Mechanisms of muscle wasting in chronic kidney disease. *Nat Rev Nephrol* 2014; 10: 504–516
- 14 Abramowitz MK, Melamed ML, Bauer C et al. Effects of oral sodium bicarbonate in patients with CKD. *Clin J Am Soc Nephrol* 2013; 8: 714–720
- 15 Dawson-Hughes B, Castaneda-Sceppa C, Harris SS et al. Impact of supplementation with bicarbonate on lower-extremity muscle performance in older men and women. *Osteoporos Int* 2010; 21: 1171–1179
- 16 Adeva MM, Souto G. Diet-induced metabolic acidosis. *Clin Nutr* 2011; 30: 416–421
- 17 Ceglia L, Harris SS, Abrams SA et al. Potassium bicarbonate attenuates the urinary nitrogen excretion that accompanies an increase in dietary protein and may promote calcium absorption. *J Clin Endocrinol Metab* 2009; 94: 645–653
- 18 Meunier PJ, Jenvrin C, Munoz F et al. Consumption of a high calcium mineral water lowers biochemical indices of bone remodeling in postmenopausal women with low calcium intake. *Osteoporos Int* 2005; 16: 1203–1209
- 19 Wynn E, Krieg MA, Aeschlimann JM, Burckhardt P. Alkaline mineral water lowers bone resorption even in calcium sufficiency: alkaline mineral water and bone metabolism. *Bone* 2009; 44: 120–124
- 20 Roux S, Baudoin C, Boute D et al. Biological effects of drinking-water mineral composition on calcium balance and bone remodeling markers. *J Nutr Health Aging* 2004; 8: 380–384
- 21 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. *Br J Nutr* 2009; 101: 1195–1199
- 22 Frassetto LA, Morris RC, Sebastian A. Dietary sodium chloride intake independently predicts the degree of hyperchloremic metabolic acidosis in healthy humans consuming a net acid-producing diet. *Am J Physiol Renal Physiol* 2007; 293: F521–F525
- 23 Shi L, Sánchez-Guijo A, Hartmann MF et al. Higher glucocorticoid secretion in the physiological range is associated with lower bone strength at the proximal radius in healthy children: importance of protein intake adjustment. *J Bone Miner Res* 2015; 30: 240–248
- 24 Schakman O, Kalista S, Barbé C et al. Glucocorticoid-induced skeletal muscle atrophy. *Int J Biochem Cell Biol* 2013; 45: 2163–2172
- 25 Maurer M, Riesen W, Muser J et al. Neutralization of Western diet inhibits bone resorption independently of K intake and reduces cortisol secretion in humans. *Am J Physiol Renal Physiol* 2003; 284: F32–F40
- 26 Buehlmeier J, Frings-Meuthen P, Remer T et al. Alkaline salts to counteract bone resorption and protein wasting induced by high salt intake: results of a randomized controlled trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2012; 97: 4789–4797
- 27 Tessari P, Cecchet D, Cosma A et al. Insulin resistance of amino acid and protein metabolism in type 2 diabetes. *Clin Nutr* 2011; 30: 267–272
- 28 Garibotto G, Sofia A, Russo R et al. Insulin sensitivity of muscle protein metabolism is altered in patients with chronic kidney disease and metabolic acidosis. *Kidney Int* 2015; 88: 1419–1426
- 29 Farwell WR, Taylor EN. Serum bicarbonate, anion gap and insulin resistance in the National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabet Med* 2008; 25: 798–804
- 30 Williams RS, Kozan P, Samocho-Bonet D. The role of dietary acid load and mild metabolic acidosis in insulin resistance in humans. *Biochimie* 2016; 124: 171–177
- 31 Maalouf NM, Cameron MA, Moe OW et al. Low urine pH: a novel feature of the metabolic syndrome. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007; 2: 883–888
- 32 Mandel EI, Curhan GC, Hu FB, Taylor EN. Plasma bicarbonate and risk of type 2 diabetes mellitus. *CMAJ Can Med Assoc J* 2012; 184: E719–725
- 33 Gutenbrunner C. Kontrollierte Studie über die Wirkung einer Haustrinkkur mit einem Natrium-Hydrogencarbonat-Säuerling auf die Blutzuckerregulation bei gesunden Versuchspersonen. *Phys Med Rehab Kuror* 1993; 3: 108–110
- 34 Murakami S, Goto Y, Ito K et al. The consumption of bicarbonate-rich mineral water improves glycemic control. *Evid Based Complement Alternat Med* 2015; 2015: 824395



Dr. med. Johannes Naumann

Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene, Interdisziplinäres Behandlungs- und Forschungszentrum (IBF) Balneologie, Forschungsgruppe

Mineral- und Heilwasser
Herbert-Hellmann-Allee 12
79189 Bad Krozingen

Dr. Naumann ist Facharzt für Innere Medizin und für Hygiene und Umweltmedizin mit der Zusatzbezeichnung Physikalische Therapie und Balneologie. Er leitet seit 2011 das IBF Balneologie mit der Forschungsgruppe Mineral- und Heilwasser (FGMH), die sich mit den gesundheitlichen Wirkungen von Mineral- und Heilwasser befasst. Die FGMH wird vom Verband Deutscher Mineralbrunnen unterstützt.

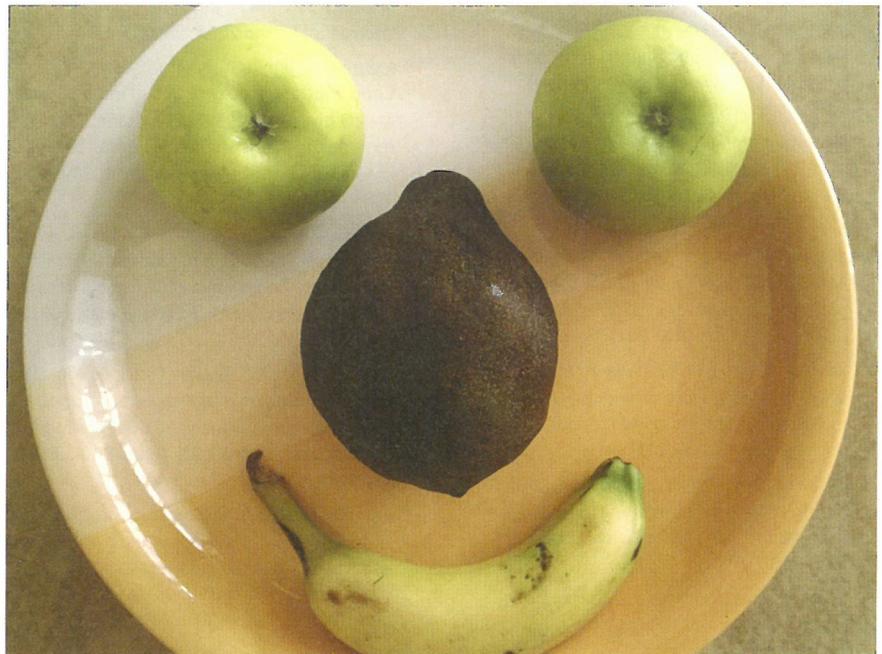
johannes.naumann@uniklinik-freiburg.de

Seniorengerechte Ernährung

Johanna Zielinski

Das „Altern“ an sich ist ein natürlicher Prozess, der einem steten Wandel unterworfen ist. Vergleicht man den Lebensstil der Senioren heutzutage mit dem älterer Herrschaften um 1900, wird man immense Unterschiede feststellen. Unsere Wohlstandsgesellschaft macht es möglich, dass die Senioren von heute mit Mitte 60 mehr wertvolle und aktiv nutzbare Lebenszeit zur Verfügung haben als die Generationen zuvor.

Ein Großteil ist bis Mitte 70 im Vollbesitz ihrer körperlichen und geistigen Kräfte. Altersforscher unterteilen die Zeitspanne des Alters bereits in ein drittes und viertes Stadium. Ersteres zeichnet sich durch einen guten bis sehr guten Gesundheitsstatus und eine selbstbestimmte und aktive Lebensführung aus. Ab Mitte 70 beginnt der Übergang in die vierte Phase, die Zeit der „Hochbetagten“. Hier ist das Risiko für gesundheitliche Komplikationen erhöht (► Info 1) und die Zahl der Senioren, die in ein Alten- oder Pflegeheim umsiedeln (müssen), steigt rapide an. Die alten Menschen von morgen werden wiederum andere Lebensbedingungen vorfinden. Ein wichtiger Punkt ist – damals wie heute – ob



► Abb. 1 Obst und Gemüse kommen bei Senioren zu selten auf den Tisch. © Johanna Zielinski

und inwieweit dieser Lebensabschnitt akzeptiert wird. Denn individuell gesehen, verlaufen Alterungsprozesse sehr unterschiedlich – nicht zuletzt auch durch den Einfluss der täglichen Ernährung.

Überfluss und Mangel

Ergebnisse der zweiten Nationalen Verzehrsstudie zeigen, dass deutsche Senioren im Durchschnitt zu viel gesättigte Fettsäuren und Protein zu sich nehmen. Mangelhaft ist hingegen die Aufnahme von Vitaminen und Mineralstoffen (► Abb. 1). Ernährungsauffälligkeiten wie Übergewicht oder Mangel- bzw. Unternahrung treten gehäuft auf. Ersteres betrifft vorwiegend die jüngere Seniorengruppe. Die Studie zeigt, dass über die Hälfte der Männer im Alter zwischen 60

und 69 Jahren und ca. 40% der gleichaltrigen Frauen übergewichtig sind. Dieser Anteil sinkt beim männlichen Geschlecht ab dem 70. Lebensjahr, bei den Frauen steigt das Übergewicht hingegen bis zum 80. Lebensjahr an. Als Ursache für die Überernährung wird vorwiegend eine unausgeglichene Energiebilanz gesehen. Körperliche Betätigungen in beruflichen und sportlichen Bereichen (Leistungsumsatz) reduzieren sich, die Energieaufnahme bleibt trotz des abnehmenden Energiebedarfs gleich. Ein Grund für den niedrigeren Grundumsatz ist bei Frauen auch die Hormonumstellung nach der Menopause. Gleichzeitig ist der Nährstoffbedarf durch die niedrigere Aufnahmefähigkeit der Nahrung erhöht.

Funktionale Einschränkungen von Organen sowie weitere altersbedingte

Typische Altersbeschwerden

- Fehlernährung
- nachlassende Sinnesempfindungen
- Verdauungsstörungen
- geschwächtes Immunsystem
- eingeschränkte Organfunktionen
- Muskelabbau
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- kognitive Einschränkungen
- sinkende Mobilität