

*Abteilung für Ernährung und Stoffwechsel (Vorsteher: Professor Dr. Dr. h. c.
G. Berg) der Medizinischen Klinik mit Poliklinik der Universität
Erlangen-Nürnberg*

Elektrolytverhalten bei verschiedenen Therapieformen der Adipositas

R. Kellner, F. Matzkies, D. Sailer und G. Berg

Mit 1 Tabelle

(Eingegangen am 14. Mai 1976)

Ziel der Fettsuchtbehandlung ist es, über eine ausreichend lange Zeit die Bilanz zwischen Kalorienaufnahme und Kalorienverbrauch zu negativieren. Die gewählte Therapieform soll für den Patienten gefahrlos durchführbar sein und innerhalb einer angemessenen Zeit zu einem befriedigenden Erfolg führen. Diesen Forderungen entsprechen derzeit am ehesten kohlenhydratarme, kalorienreduzierte Ernährungsformen (10, 11). Bei unterkalorischer Ernährung kommt es regelmäßig zu Wasser- und Elektrolytverlusten (2, 3, 5, 6, 8, 9, 15, 16).

Ziel der eigenen Untersuchungen war es daher, den Elektrolytbedarf bei verschiedenen Therapieformen der Fettsucht zu überprüfen.

Methodik

3 Gruppen von je 10 Patienten wurden über einen Zeitraum von 14 Tagen folgendermaßen behandelt:

Gruppe 1: Absolutes Fasten mit Mineralwasserzusatz.

Gruppe 2: Absolutes Fasten mit Mineralwasserzusatz und Substitution von 80 mval Kalium pro Tag.

Gruppe 3: 700-Kalorien-Reduktionskost mit Mineralwasserzusatz.

Das Mineralwasser wies folgende Zusammensetzung auf:

Kationen: Natrium 26,2 mval/l, Kalium 0,71 mval/l, Magnesium 4,37 mval/l, Kalzium 6,09 mval/l.

Anionen: Chlor 4,25 mval/l, Sulfat 1,36 mval/l, Bikarbonat 31,9 mval/l. Außerdem sind darin Spuren von Ammoniak, Mangan, Eisen sowie von Nitrat und Sulfat enthalten. Der pH-Wert des Mineralwassers betrug 6,4.

Die 700-Kalorien-Kost bestand aus 40 g Eiweiß, 100 g Kohlenhydraten und 15 g Fett. Darin waren 60 mval Kalium und Natrium, 12 mval Kalium, 60 mval Chlor und 21 mval Phosphat enthalten.

Bei allen Patienten wurden tägliche Elektrolytbestimmungen im Serum und im 24-Stunden-Urin vorgenommen. Die Probanden wurden täglich morgens gewogen. Die Berechnung der Bilanzen erfolgte unter Berücksichtigung von oraler Zufuhr und Urinausscheidung. Bei allen Patienten wurde eine Transpiration von 500 ml Schweiß und eine Stuhlausscheidung von 50 g pro Tag zugrunde gelegt. Bei der Berechnung der Bilanzen wurde die Transpiration und die Stuhlausscheidung berücksichtigt. Die statistische Überprüfung des Zahlenmaterials erfolgte mit dem *Kolmogoroff-Smirnoff-Test*.

Tab. 1. Elektrolytbilanzen von 10 Patienten während Behandlung mit Fasten, Zulage von 80 mval Kalium zum Fasten und 700-Kalorien-Reduktionskost über einen Zeitraum von 14 Tagen. Angegeben sind der Median und das 95%-Vertrauensintervall oder bei Normalverteilung Standardabweichung und Mittelwert.

	absolutes Fasten	Fasten mit Kaliumzulage	Reduktionskost 700 kcal
Na	-9,0	-26,0	-54,0
mval/Tag	(-34,2 bis -7,0)	(-34,5 bis -10,4)	(-96,0 bis -4,0)
K	-34,9	-12,8	+20,0
mval/Tag	(-41,6 bis -26,2)	(-24,8 bis -1,5)	(-1,0 bis +33,0)
Ca	4,4	6,9	16,6 \pm 4,7
mval/Tag	(0,4 bis 8,7)	(1,4 bis 11,2)	
P	-8,8	-6,8	-0,1
g/Tag	(-10,4 bis -6,7)	(-9,8 bis -4,6)	(-0,4 bis 0,3)

Ergebnisse

Das 14tägige Fasten führte bei allen Patienten unabhängig von der Kaliumzufuhr zu einer durchschnittlichen Gewichtabnahme von 593 ± 138 g pro Tag. Bei Behandlung mit einer 700-Kalorien-Reduktionskost nahmen die Probanden im Durchschnitt täglich 378 ± 116 g ab.

Urinmenge

Während des absoluten Fastens kam es zu einer durchschnittlichen Urinausscheidung von $1,41 \pm 0,16$ l pro Tag; unter Zufuhr von 80 mval Kalium zum Fasten stieg die Urinausscheidung gering auf $1,63 \pm 0,13$ l pro Tag an. Sie lag mit $1,76 \pm 0,18$ l pro Tag nach Gabe einer 700-Kalorien-Diät noch etwas höher.

Natrium und Kalium

Serumkonzentrationen von Natrium und Kalium

Während des 14tägigen Fastens und der 700-Kalorien-Diät kam es zu keiner Veränderung der Konzentrationen von Natrium und Kalium. Ein Wert außerhalb des Normalbereichs wurde niemals festgestellt.

Ausscheidung von Natrium und Kalium

Die Natriumausscheidung lag während der gesamten Fastenperiode an der unteren Normbereichsgrenze. Der Median der täglichen Natriumausscheidung betrug $29,1 \pm 15,6$ mval pro Tag. Bei einem täglichen Zusatz von 80 mval Kalium stieg die Natriumausscheidung auf $47,5 \pm 21,9$ mval pro Tag an. Die höchsten Natriumausscheidungen fanden sich erwartungsgemäß unter der Gabe einer 700-Kalorien-Reduktionskost. Sie betrug hier 120 mval pro Tag.

Während des absoluten Fastens betrug der Mittelwert der täglichen Kaliumausscheidung $36 \pm 8,56$ mval pro Tag. Unter täglicher Zufuhr von 80 mval Kalium pro Tag stieg die Kaliumausscheidung auf $88,2 \pm 17$ mval pro Tag an. Sie blieb damit knapp unter dem unteren Normwert für die Kaliumausscheidung bei normaler Ernährung.

Während einer 700-Kalorien-Reduktionskost betrug die mittlere Kaliumausscheidung $42 \pm 3,0$ mval pro Tag.

Natrium- und Kaliumbilanzen

Während des absoluten Fastens errechnete sich eine negative Natriumbilanz von 9 mval pro Tag. Die Natriumbilanz unter Zulage von 80 mval Kalium lag mit -26 mval signifikant höher. Während einer 700-Kalorien-Reduktionskost erhöhte sich der Natriumverlust auf -54 mval pro Tag.

Während des absoluten Fastens betrug die Kaliumbilanz $-34,9$ mval pro Tag, bei Substitution von 80 mval Kalium erniedrigte sich der tägliche Kaliumverlust auf $-12,8$ mval pro Tag. Während der 700-Kalorien-Reduktionskost kam es zu einer leicht positiven Kaliumbilanz von $+20$ mval pro Tag.

Kalzium und Phosphat

Serumkonzentrationen von Kalzium und Phosphat

Die Konzentrationen für Kalzium und Phosphat im Serum blieben bei allen Probanden und in allen 3 Behandlungsgruppen unabhängig von der gewählten Therapie im Normalbereich.

Urinausscheidung von Kalzium und Phosphat

Während des absoluten Fastens betrug die Kalziumausscheidung $7,98 \pm 0,9$ mval pro Tag. Unter Kaliumsubstitution betrug sie $7,60 \pm 7,4$ mval pro Tag und bei einer 700-Kalorien-Reduktionskost $9,54 \pm 1,06$ mval pro Tag. Die Phosphatausscheidung beim Fasten im Urin betrug im Mittel $0,56 \pm 0,19$ g pro Tag. Während des absoluten Fastens unter Gabe von 80 mval Kalium betrug der Mittelwert $0,51 \pm 12$ g pro Tag. Bei Behandlung mit einer 700-Kalorien-Reduktionskost lag die mittlere Phosphatausscheidung während der 14tägigen Behandlungsperiode bei $0,7 \pm 0,14$ g pro Tag.

Bilanzen für Kalzium und Phosphat

Die Kalziumbilanz beim absoluten Fasten betrug $+4,4$ mval pro Tag. Unter Gabe von 80 mval Kalium stieg die Kalziumbilanz auf $6,9$ mval pro Tag an. Während einer 700-Kalorien-Diät kam es zu einer hoch positiven Bilanz für Kalzium von $16,6 \pm 4,7$ mval pro Tag.

Die Phosphatbilanz während des absoluten Fastens betrug $-8,8$ mval pro Tag. Unter Gabe von 80 mval Kalium zum absoluten Fasten betrug sie $-6,8$ mval pro Tag. Nach Gabe einer 700-Kalorien-Reduktionskost war sie mit $-1,7$ nur noch leicht negativ.

Bikarbonat

Unter Behandlung mit Fasten und Fasten mit Kaliumzulage kam es zu einer Konzentrationssenkung des Bikarbonates unter 20 mval/l. Während der Behandlungsperiode mit einer 700-Kalorien-Reduktionskost betrug dagegen das arithmetische Mittel der Bikarbonatkonzentration $21,9 \pm 0,45$ mval/l.

Serumchloridkonzentrationen

Die Konzentrationen für das Serumchlorid lagen beim Fasten und beim Fasten mit Kaliumzulage im untersten Normalbereich. Bei 10 Patienten kam es zu einer Hypochlorhydrie. Mittelwerte wurden daher nicht errechnet. Unter einer 700-Kalorien-Diät lagen alle Serumchloridwerte im Normalbereich. Das arithmetische Mittel betrug 103 ± 12 mval/l.

Diskussion

Gewichtsabnahme

Die durchschnittliche Gewichtsreduktion von 593 ± 138 g pro Tag während des absoluten Fastens und die Gewichtsreduktion von 378 ± 116 g pro Tag unter Behandlung mit einer 700-Kalorien-Diät entsprechen den in der Literatur mitgeteilten (7, 8, 11). Obwohl unter Gabe von 80 mval Kalium zum Fasten mehr Natrium ausgeschieden wird, kommt es zu keiner stärkeren Gewichtsreduktion.

Natrium und Kalium

Während des Fastens kommt es zu einer überschießenden Natriurese (2–4, 9, 15). *Consolazio* und Mitarbeiter fanden bei ihren Probanden eine signifikante Senkung der Serumnatrium- und -kalziumkonzentration im Blut (5). Diese Befunde konnten wir nicht bestätigen. Da die Niere in der Lage ist, die Natriurese fast vollständig zu drosseln, ist diätetisch ein Natriummangel auch schwer zu erzeugen. Theoretisch müßte beim absoluten Fasten mit negativer Kaliumbilanz eine Verringerung des Gesamtkörperkaliumbestandes auftreten. Dadurch müßte es zu einem vermehrten Einstrom von Natrium und H-Ionen in die Zellen und somit zu einer Hypo-natriämie kommen. Diese Effekte wurden jedoch während einer 14tägigen Fastenperiode nicht beobachtet.

Unter Zulage von 80 mval Kalium pro Tag stieg die Natriumausscheidung auf 47 mval pro Tag. Eine Erhöhung der Natriurese unter oraler Kaliumsubstitution wurde von *Berliner* erstmals beschrieben. Der Mechanismus ist unbekannt.

Während des absoluten Fastens kommt es zu einer Kaliumausscheidung von 36 mval pro Tag. Unterstellt man, daß beim Fasten durchschnittlich 500 g Körpergewebe pro Tag abgebaut werden, so könnte ein Kaliumverlust von rund 25 mval pro Tag toleriert werden. *Bloom* und Mitarbeiter waren tatsächlich der Auffassung, daß der Kaliumverlust allein als kataboler Effekt erklärt werden kann (2). Unter Zugabe von 80 mval Kalium pro Tag werden nur noch schwach negative Kaliumbilanzen gefunden. Die Kaliumkonservierung ist von einer erhöhten Ausscheidung von Natrium begleitet. Betrachtet man die Bilanzen für Natrium, so findet man einen Anstieg von -9 mval ohne Kaliumzufuhr und aus -26 mval unter 80 mval Kalium pro Tag. Unter den Bedingungen einer 700-Kalorien-Diät erhöhte sich überraschenderweise der Natriumverlust auf -54 mval pro Tag, während die Kaliumbilanz mit 20 mval pro Tag leicht positiv blieb. Während der Gabe einer 700-Kalorien-Diät kommt es also vorwiegend zu einer Ausschwemmung von Wasser und Kochsalz. Die positive Bilanz von Kalium zeigt an, daß eine effektive Einschmelzung von Gewebe und damit eine eigentliche Gewichtsreduktion während der ersten 14 Tage weitgehend ausbleibt.

Eine Änderung der Kalzium- und Phosphatkonzentrationen im Serum wurde nicht gefunden. Dies entspricht den bisher mitgeteilten Befunden (5, 7). Negative Bilanzen für Kalzium und Phosphat wurden von *Spencer* beschrieben (16). Die eigenen Ergebnisse wichen von den in der Literatur mitgeteilten Ergebnissen sehr stark ab. Wir fanden nämlich eine positive Bilanz für Kalzium sowohl während des Fastens mit und ohne Kaliumzulage als auch während einer 700-Kalorien-Diät. Die Bilanz für Phosphat

dagegen war in allen 3 Versuchsgruppen negativ, am schwächsten negativ jedoch in der Gruppe unter einer Gabe von 700 Kalorien.

Zusammenfassung

Bei 30 übergewichtigen Patienten wurden drei verschiedene Methoden der Gewichtsabnahme über 14 Tage durchgeführt. Bei der ersten Gruppe ($n = 10$) wurde eine Null-Kalorien-Diät mit Mineralwassergabe verordnet, die zweite Gruppe erhielt zusätzlich 80 mval Kalium pro Tag, die dritte Gruppe wurde mit einer definierten 700-Kalorien-Diät behandelt.

Bei der Nulldiät betrugen die Bilanzen für Natrium, Kalium und Phosphat -9 mval/d, $-34,9$ mval/d und $-8,8$ mval/d. Kalzium zeigte eine positive Bilanz mit 4,4 mval/d.

Während der Zugabe von 80 mval Kalium pro Tag stieg die Natriumauscheidung auf 26 mval/d an, während die Kaliumausscheidung absank. Bei der 700-Kalorien-Diät zeigte sich die größte negative Natriumbilanz und eine hochpositive Kaliumbilanz.

Summary

In 30 obese subjects three different methods for weight reduction were applicated over a period of 14 days. One group ($n = 10$) was treated with total starvation, the other group ($n = 10$) with total starvation and 80 mval potassium in addition and the third group ($n = 10$) with a 700 cal. diet.

In total starvation the balance of sodium, potassium and phosphate amounted to -9 mval/d, $-34,9$ d and $-8,8$ mval/d respectively. Whereas calcium showed a positive balance of 4,4 mval/d.

During addition of 80 mval potassium sodium excretion increased whereas potassium excretion was diminished resulting in a potassium balance less negative.

During treatment with the 700 calorie diet the highest negative sodium and a high positive potassium balance were observed.

Literatur

1. Berliner, R. W., T. J. Kennedy, J. Orloff, Amer. J. Physiol. **146**, 330 (1946). -
2. Bloom, W. L., G. Azar, J. E. Clark, Metabolism **15**, 401 (1966). - 3. Bortz, M. W., P. Howat, W. L. Holmes, The Amer. J. of Clin. Nutr. **21**, 1291 (1968). -
4. Consolazio, C. F., L. O. Matoush, H. L. Johnson, J. H. Krzywicki, G. J. Isaac, N. F. Witt, Amer. J. of Clin. Nutr. **21**, 793 (1968). - 5. Consolazio, C. F., L. O. Matoush, H. L. Johnson, J. H. Krzywicki, G. J. Isaac, N. F. Witt, Amer. J. of Clin. Nutr. **21**, 803 (1968). - 6. Ditschuneit, H., Med. und Ernähr. **12**, 169 (1971). - 7. Ditschuneit, H., J. D. Faulhaber, I. Beil, E. F. Pfeiffer, Internist **176** (1970). - 8. Hartmann, G., R. Schmid, Dtsch. Med. Wschr. **92**, 1663 (1967). -
9. Hoffman, R. S., J. A. Martino, G. Wahl, R. A. Arky, Metabolism **20**, 1065 (1971). - 10. Liebermeister, H., Klin. Wschr. **49**, 125 (1971). - 11. Matzkies, F., E. Baumbauer, W. Pemsel, C. Kori-Lindner, G. Berg, D. Sailer, W. Grabner, D. Bergner, Med. u. Ernähr. **5**, 97 (1972). - 12. Reubi, F., Nierenkrankheiten (Bern-Stuttgart-Wien 1970). - 13. Richtlinien für die Deckung des Nährstoffbedarfs. Food and Nutrition Board, Washington D.C., U.S.A. (Frankfurt/M. 1967). -
14. Siegenthaler, W., Klinische Pathophysiologie (Stuttgart 1973). - 15. Sigler, M. H., J. of Clin. Investigation Vol. **55**, 377 (1975). - 16. Spencer, H., I. Lewin, J. Samachson, J. Laszlo, Amer. J. of Med. **40**, 27 (1966).

Anschrift der Verfasser:

R. Kellner, F. Matzkies, D. Sailer, G. Berg, Abteilung für Ernährung und Stoffwechsel der Medizinischen Klinik mit Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg, Krankenhausstraße 12, 8520 Erlangen