

Z. Ernährungswiss. 14, 333-340 (1975)

Veränderung der Serumelektrolytkonzentration und der Elektrolytausscheidung durch Infusion von Glucose oder von Glucoseaustauschstoffen*)

H. Förster, S. Boecker, L. Heller und U. Hellmund
(Frankfurt a. M.)

Mit 7 Abbildungen

(Eingegangen am 25. April 1975)

Bei früheren Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe wurden die Veränderungen der Serumelektrolytkonzentration und der Elektrolytausscheidung nur am Rande verfolgt. Nachdem jedoch vor etwa einem Jahr von unserer Gruppe festgestellt worden war, daß durch gleichzeitige Zufuhr von Kalium das Erbrechen bei Dauerinfusionen von Xylitlösungen verhindert werden konnte (3), wurde zunächst einmal der Versuch unternommen, die vorliegenden eigenen Daten zu ordnen.

Es ist seit langem bekannt, daß die Phosphatkonzentration im Serum sich während sehr hochdosierter Infusion von Glucose und von Glucoseaustauschstoffen rasch ändert (Abb. 1). Dieser Befund wird auf eine Fixierung von anorganischem Phosphat zurückgeführt (2, 4). Mit anderen Wor-

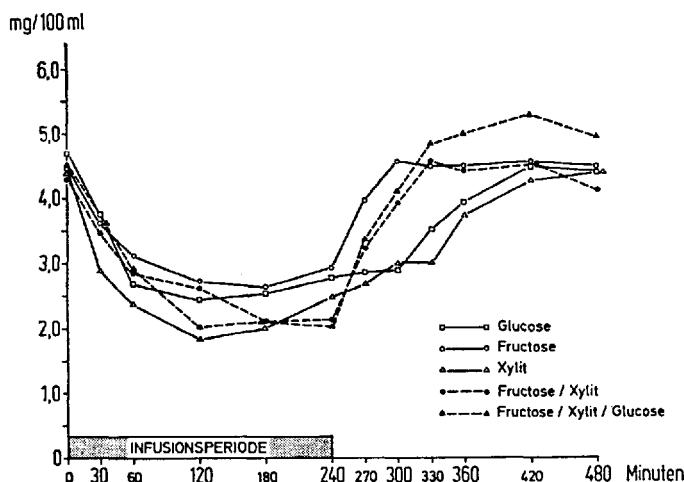


Abb. 1. Konzentration des Phosphates im Serum während und nach vierstündigen Infusionen von Glucose, Fructose und Xylit sowie von Mischlösungen bei jeweils 8 freiwilligen Versuchspersonen. Dosierung: 1 g/kg KG · h.

* Vorgetragen auf dem Symposium „Kohlenhydrate und Elektrolyte in der parenteralen Ernährung“ am 25. 4. 1975 in Erlangen.

ten, es wird vermehrt organisches Phosphat gebildet. Aus dieser Abbildung geht hervor, daß zwischen den einzelnen Kohlenhydraten jedoch auch gewisse Unterschiede bestehen. Applikation von Xylitlösungen hat offensichtlich den am deutlichsten ausgeprägten und gleichzeitig den am längsten anhaltenden Effekt. Die Wirkung von Glucoseinfusionen liegt in der Mitte. Fructose hat den geringsten Einfluß auf die Serumphosphatkonzentration, auch die Normalisierung der Serumkonzentration im Anschluß an die Infusionen erfolgt am schnellsten. Diese in gewisser Weise ähnlichen Wirkungen sind unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Stoffwechselerhaltens etwas überraschend. Die Glucoseaustauschstoffe werden zunächst vorwiegend über die Leber umgesetzt, was für Glucose sicherlich nicht in gleichem Ausmaß gilt. Von Wolf und Mitarb. (5) konnte folgerichtig nachgewiesen werden, daß bei leberkranken Probanden der Abfall der Phosphatkonzentration nach Applikation von Glucoseaustauschstoffen, nicht jedoch nach Glucose eingeschränkt ist. Nun ist in der Infusionstherapie weniger die hochdosierte Infusion mit 1,0 g/kg Körpergewicht von Bedeutung, sondern vielmehr die langdauernde kontinuierliche Dauerinfusion in einer niedrigeren Dosierung von 0,25–0,5 g/kg Körpergewicht (Abb. 2). Die bei Infusionen in einer Dosierung von 0,25 bis 0,5 g/kg Körpergewicht zu beobachtenden Effekte sind zunächst wesentlich geringer, bei Verwendung von Fructose und von Glucose in einer Dosierung von 0,25 g/kg Körpergewicht bleiben sie weitgehend aus, es kommt im Gegenteil im Verlauf der Infusionsperiode eher zu einer kompensatorischen Gegenregulation mit einem Abfall der Phosphatkonzentration nach

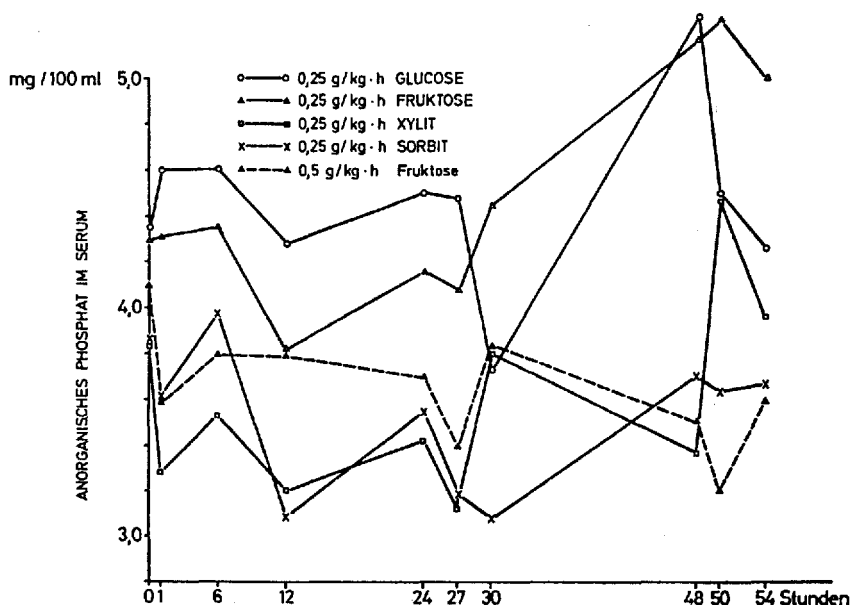


Abb. 2. Konzentration von anorganischem Phosphat während und nach Infusion von Glucose, Fructose, Xylit oder Sorbit (0,25 g/kg · h) oder Fructose 60,5 g/kg · h) bei jeweils 6 Probanden.

Beendigung der Dauerinfusion. Lediglich bei einer Dosierung von 0,5 g/kg Körpergewicht sinkt auch bei Fructoseinfusionen die Phosphatkonzentration zunächst deutlich ab. Völlig anders ist das Verhalten bei Xylitinfusionen. Hier tritt bei einer Dosierung von 0,25 g/kg Körpergewicht gleich zu Beginn ein Abfall um 1 mval/l ein, welcher sich erst gegen Ende der Infusionsperiode normalisiert. Der andere verwendete Polyalkohol Sorbit nimmt hier eine Zwischenstellung ein, welche schwer einzuordnen ist. Man kann zusammenfassen, daß die mehrfach beobachteten raschen Veränderungen der Serumphosphatkonzentration bei rascher und hochdosierter Infusion von Glucose und von Glucoseaustauschstoffen sich bei Dauerinfusionen nicht in gleichem Maß auswirken. Offenbar bestehen Möglichkeiten für einen regulatorischen Ausgleich.

Bei einer Beurteilung der Serumnatriumkonzentration während der Dauerinfusionen hatten wir eigentlich wenig Veränderungen erwartet (Abb. 3). Tatsächlich bleibt die Natriumkonzentration in den meisten Fällen auch recht konstant über den gesamten Zeitraum von 48 Std., mit einer deutlichen Ausnahme bei den Xylitinfusionen. Hierbei kommt es zu einem kontinuierlichen Abfall der Natriumkonzentration von einem Ausgangswert von 140 mval/l auf 124 mval/l nach 48 Std. Infusion. Dieses Verhalten kann sicherlich nicht allein auf die Diurese zurückgeführt werden, welche bei Sorbitinfusionen in einer ähnlichen Größenordnung lag, denn gerade bei Sorbitinfusionen veränderte sich die Natriumkonzentration recht wenig. Bei Glucoseinfusionen erfolgt der Abfall erst im Anschluß an die Beendigung der Dauerinfusion, ähnliches gilt für Fructose. Selbst in der hohen Dosierung von 0,5 g/kg Körpergewicht ändert sich während Fructoseinfusionen zunächst recht wenig. Es sollte allerdings einschränkend darauf hingewiesen werden, daß den Probanden erlaubt wurde, Mi-

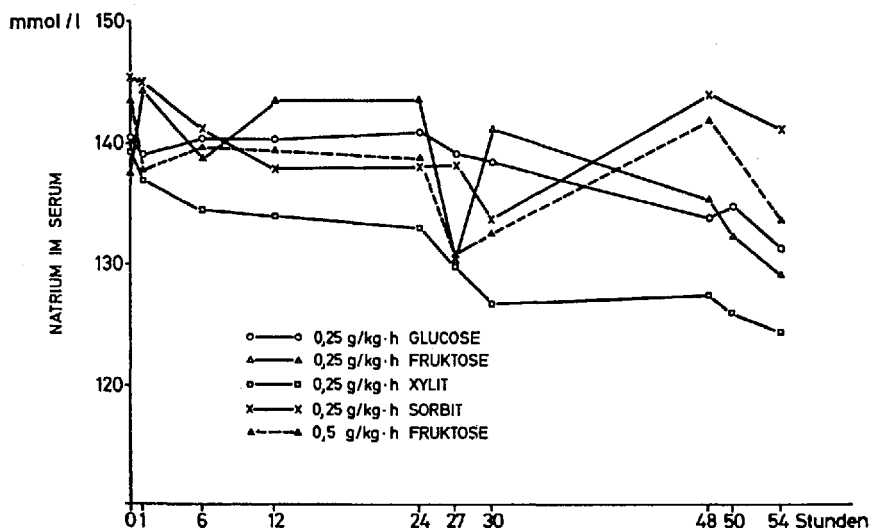


Abb. 3. Konzentration von Natrium im Serum während und nach Infusion von Glucose, Fructose, Xylit oder Sorbit (0,25 g/kg·h) oder Fructose (0,25 g/kg·h) bei jeweils 6 Probanden.

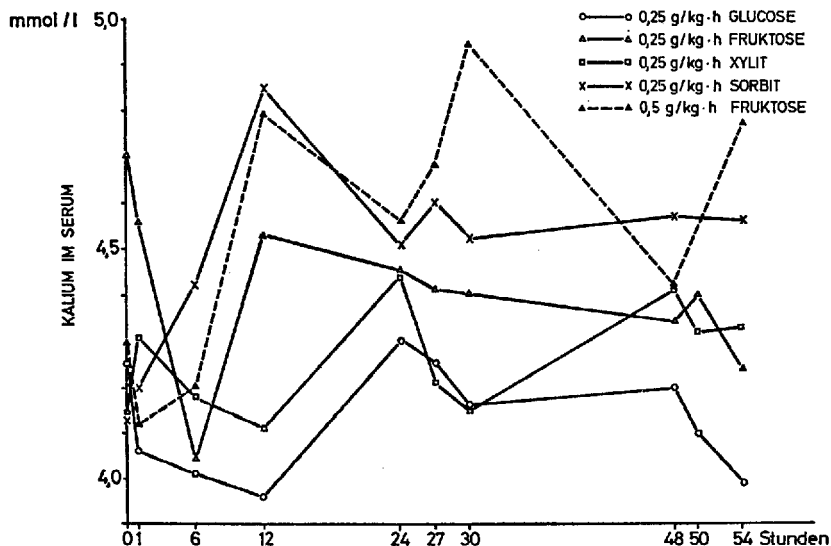


Abb. 4. Konzentration von Kalium im Serum während und nach Infusion von Glucose, Fructose, Xylit oder Sorbit ($0,25 \text{ g/kg} \cdot \text{h}$) oder Fructose ($0,5 \text{ g/kg} \cdot \text{h}$) bei jeweils 6 Probanden.

neralwasser zu trinken, welches einen relativ hohen Natriumgehalt von etwa 30 mval/l hat. Lediglich während der hochdosierten Fructoseinfusion wurde wegen der großen Flüssigkeitszufuhr von $4\text{--}5 \text{ l}$ pro Tag kaum Mineralwasser getrunken.

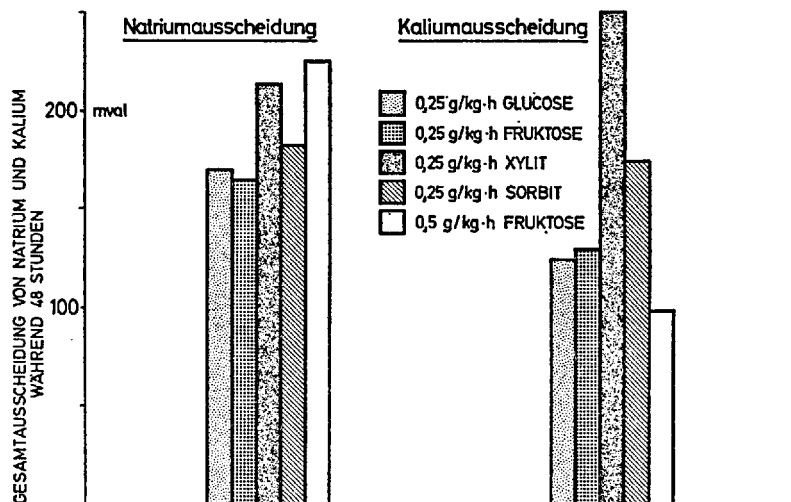


Abb. 5. Gesamtausscheidung von Natrium und Kalium während 48-Std.-Infusion von Glucose, Fructose, Xylit oder Sorbit ($0,25 \text{ g/kg} \cdot \text{h}$) oder Fructose ($0,5 \text{ g/kg} \cdot \text{h}$) bei jeweils 6 Probanden.

Am schwierigsten ist die Beurteilung der Kaliumkonzentration im Serum (Abb. 4), da Kalium in recht unterschiedlicher Menge substituiert wurde. Aus der Abbildung geht hervor, daß durch dieses Verfahren die Kaliumkonzentration im Serum weitgehend im Normalbereich gehalten wurde und sich durch die Infusion von Kohlenhydraten nur wenig veränderte.

Als nächstes sollen die Unterschiede in der Elektrolytausscheidung im Harn dargestellt werden (Abb. 5). Auch bei der Beurteilung dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß eine gewisse Elektrolytsubstitution auf dem oralen und auf dem parenteralen Weg erfolgte (s. oben). In einer Übersicht der Ausscheidung während der gesamten Infusionsperiode von 48 Std. lassen sich keine sehr ausgeprägten Unterschiede zwischen den einzelnen verwendeten Substanzen erkennen. Die Natriumausscheidung liegt lediglich bei Verwendung von Xylitlösungen und von hochdosierten Fructoselösungen deutlich höher. Es ist nochmals darauf hinzuweisen, daß die Infusionslösungen mit Ausnahme der Kaliumsubstitution elektrolytfrei waren und daß die mit der höheren Dosis von Fructose infundierten Probanden kaum Elektrolyte auf oralem Weg zuführten. Die Gesamt-Kaliumausscheidung ist bei Xylitinfusionen gegenüber den anderen Gruppen deutlich erhöht und auch bei Sorbitinfusionen noch gesteigert. Eigenartigerweise ist die renale Kaliumausscheidung während der hochdosierten Fructoseinfusion insgesamt eher vermindert. Man kann hierbei davon ausgehen, daß eine gewisse Kaliumretention eintritt, denn es wurden insgesamt etwa 140 mval Kalium allein auf dem parenteralen Weg zugeführt und nur knapp 100 mval im Harn ausgeschieden. Demgegenüber erfolgte

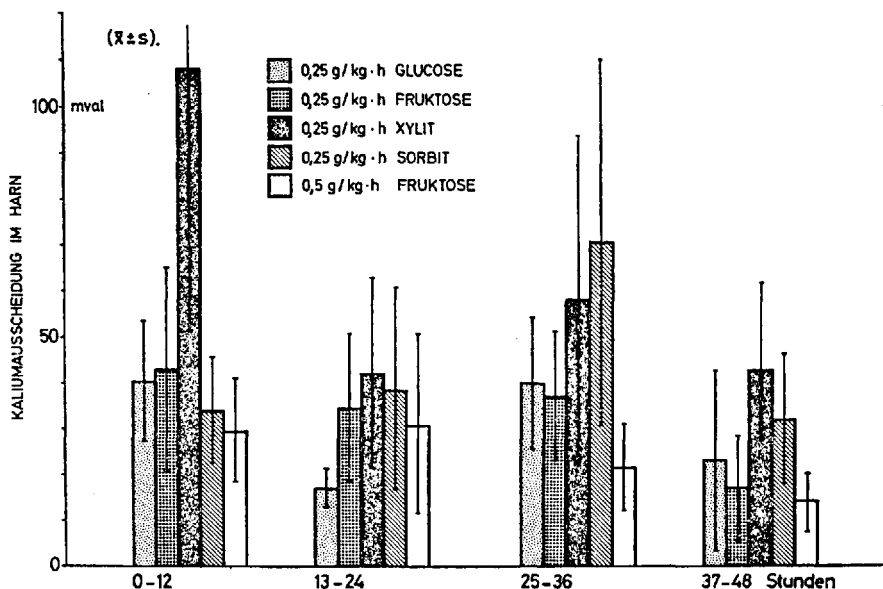


Abb. 6. Ausscheidung von Natrium während Infusion von Glucose, Fructose, Xylit oder Sorbit (0,25 g/kg·h) oder von Fructose (0,5 g/kg·h) bei jeweils 6 Probanden.

bei den Probanden mit Glucoseinfusionen die Kaliumsubstitution nur auf dem oralen Weg.

Bei einer Aufschlüsselung der Elektrolytausscheidung auf die jeweiligen Sammelperioden ergibt sich für Natrium (Abb. 6) eine deutliche Einschränkung der renalen Verluste mit der Dauer der Infusionsperiode. Auffällig ist die zu Beginn außerordentlich höhere Natriumausscheidung von Probanden mit Xylitinfusionen. Auch bei Sorbitinfusionen und bei hochdosierten Fructoseinfusionen ist bei Infusionsbeginn die Natriumausscheidung gegenüber der halben Dosierung von Fructose deutlich gesteigert. Besonders auffällig erscheint das Absinken der Natriumausscheidung während Xylitinfusionen in der letzten Versuchsperiode. Die anfänglich hohen renalen Verluste führen mit der Zeit offensichtlich zu einer Einschränkung der Ausscheidung. Während der Glucoseinfusion und auch während der hochdosierten Fructoseinfusionen bleibt die Ausscheidung von Natrium relativ gleichmäßig.

Bei der Kaliumausscheidung (Abb. 7) sind die Veränderungen während der Infusionsperiode relativ geringer ausgeprägt als bei Natrium. Sehr auffällig ist die hohe Kaliumausscheidung gleich zu Beginn der Xylitinfusionen, sie beträgt das Doppelte bis Dreifache der bei den übrigen Infusionen gemessenen Werte. Bei Sorbitinfusionen sind diese krassen Unterschiede nicht festzustellen, hier fällt eine besonders hohe Ausscheidung in der dritten Teilperiode auf.

Bemerkenswert ist ferner die schon angesprochene niedrige Kaliumausscheidung bei hochdosierten Fructoseinfusionen, welche über den gan-

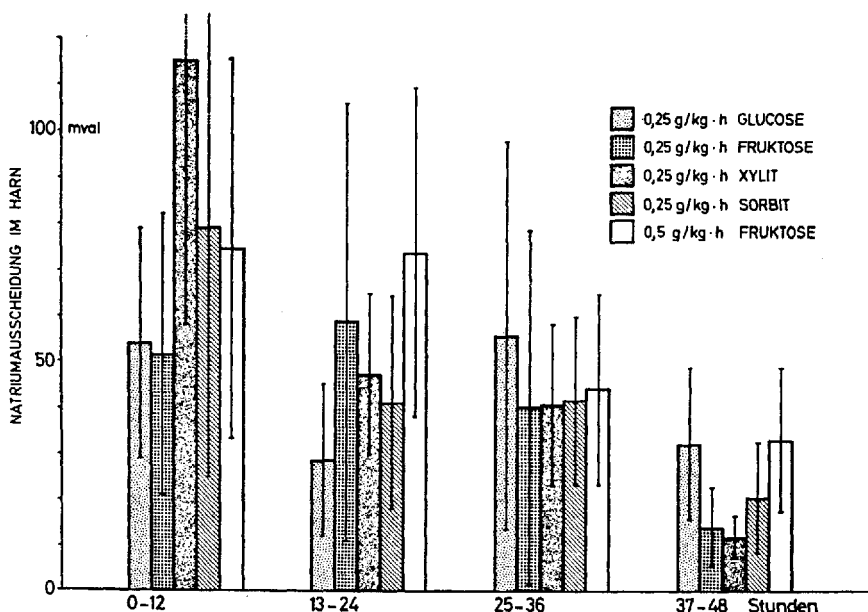


Abb. 7. Ausscheidung von Kalium während Infusionen von Glucose, Fructose, Xylit oder Sorbit ($0,25 \text{ g/kg} \cdot \text{h}$) oder von Fructose ($0,5 \text{ g/kg} \cdot \text{h}$) bei jeweils 6 Probanden.

zen Zeitraum festzustellen ist. Im Prinzip scheint hier ferner eine Tagesrhythmik zumindest angedeutet vorhanden zu sein, die Ausscheidung in der ersten und in der dritten Sammelperiode ist verhältnismäßig größer als diejenige in der zweiten und vierten Sammelperiode. Diese Tag-Nacht-Rhythmik ist bei Natrium nicht vorhanden.

Aus den vorgetragenen Ergebnissen geht allgemein hervor, daß mit der Dauer der Infusion eine gewisse renale Adaptation erfolgt. Dies macht den Aussagewert der Ergebnisse von kurzfristigen Infusionen zumindest zweifelhaft. Vor allen Dingen können nicht anhand derartiger Versuchsergebnisse Dosierungsrichtlinien für die langfristige parenterale Ernährung entworfen werden. Hinzu kommt, daß man natürlich auch noch die Unterschiede zwischen den von uns verwandten stoffwechselgesunden Probanden und zwischen den Streßpatienten der Intensivstation beachten sollte. Die Ergebnisse weisen ferner darauf hin, daß möglicherweise bei Xylit gewisse Abweichungen vom Normalverhalten auftreten können. Diese Abweichungen sollten in den therapeutischen Maßnahmen berücksichtigt werden. Leider liegen uns nur für Phosphat die Ergebnisse für die kurzfristige Infusion von Mischinfusionen vor. Hier zeigt sich eigentlich, wie auch bei anderen Parametern, eher ein Summationseffekt. Wir möchten daran erinnern, daß wir diese Summationswirkung im Falle der Harnsäurekonzentration im Serum und, besonders ausgeprägt, bei der Lactatkonzentration im Serum festgestellt haben.

Zusammenfassung

Bei freiwilligen Versuchspersonen wurden intravenöse Infusionen von Glucose bzw. von Fructose, Sorbit oder Xylit in unterschiedlicher Dosierung durchgeführt. Die Infusionsdauer betrug 4 Stunden oder 48 Stunden.

Unabhängig von der Art der intravenösen Infusion wurde ein rasches Absinken der Phosphatkonzentration im Serum festgestellt. Die Konzentrationen von Natrium und Kalium im Serum veränderten sich auch bei lang dauernden Infusionen nur wenig. Bei der renalen Ausscheidung waren hingegen deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Substanzen nachzuweisen. Insbesondere war die renale Kaliumausscheidung nach Applikation von Xylit, weniger nach Sorbit, deutlich gesteigert gegenüber Infusionen von Glucose oder von Fructose. Besonders stark ausgeprägt war die Xylitwirkung in den ersten 12 Stunden der Dauerinfusion. Bei Infusionen von Glucose oder von Fructose war eine orale Elektrolytsubstitution vollständig ausreichend. Insbesondere bei Xylitinfusionen war es jedoch erforderlich, Kaliumsalze intravenös zu substituieren, obwohl an den Serumwerten keine wesentlichen Veränderungen festgestellt werden konnten.

Es wird empfohlen, während lang dauernder Infusionen von Kohlenhydraten sowohl die Serumelektrolytkonzentration regelmäßig zu bestimmen wie auch die renale Elektrolytausscheidung zu messen.

Summary

The metabolic effects of intravenous infusion of glucose, fructose, sorbitol or xylitol were investigated using human volunteers. The infusion period was 4 hours or 48 hours.

Serum phosphate concentration decreased quickly and independent on the kind of the carbohydrate used. On the other hand, the serum concentration of potassium or sodium did not show any greater deviations from normal.

Considering the renal excretion, greater differences between the single substances were seen. Renal potassium excretion was increased especially during xylitol infusions, and not as much during sorbitol infusions, as compared to infusions with glucose or with fructose. These differences were demonstrated especially for the first 12 hours of the infusions period. During the infusions of glucose or of fructose an oral substitution of the electrolytes was sufficient. However, during xylitol infusions an intravenous substitution of potassium salts was necessary, despite the fact that the changes in serum concentration were only small.

It is emphasized to carefully monitor serum electrolyte concentration and renal electrolyte excretion during long lasting intravenous infusions therapy.

Literatur

1. Berg, G., F. Matzkies, H. Heid, W. Fekl, M. Conolly, Z. Ernährungswiss. **14**, 64–71 (1975). – 2. Förster, H., D. Zagel, Dtsch. med. Wschr. **99**, 1300–1304 (1974). – 3. Förster, H., L. Heller, U. Hellmund, Dtsch. med. Wschr. **99**, 1723–1729 (1974). – 4. Matzkies, F., H. Heid, W. Fekl, G. Berg, Z. Ernährungswiss. **14**, 53–63 (1975). – 5. Wolf, H. P., H. Queisser, K. Beck, Klin. Wschr. **47**, 1084 (1969).

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. H. Förster, Zentrum d. Biologischen Chemie der Universität,
6000 Frankfurt, Theodor-Stern-Kai 7