

*Medizinische Klinik mit Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. L. D e m l i n g),*

*Forschungsabteilung für Ernährung und Stoffwechselkrankheiten
(Vorsteher: Professor Dr. Dr. h. c. G. Berg)*

*und Institut für experimentelle Ernährung e. V.
(Vorstand: Professor Dr. K. H. B ä ß l e r, Professor Dr. Dr. h. c. G. Berg,
Dr. W. F e k l)*

Wirkungen einer Kohlenhydratkombinationslösung auf den Stoffwechsel bei Langzeitinfusion

G. Berg, F. Matzkies, H. Heid, M. Fekl und M. Connolly

Mit 2 Tabellen

(Eingegangen am 23. Dezember 1974)

Eine Kohlenhydratkombinationslösung, bestehend aus Fruktose, Glukose und Xylit im Verhältnis 2:1:1, wird von gesunden Erwachsenen über einen Zeitraum von 12 Stunden ohne Nebenwirkungen toleriert und verwertet (3-5).

Über deren Verwendung zur parenteralen Ernährung von Intensiv-pflegepatienten wurde kürzlich berichtet (1).

Da bei der Infusion von Kohlenhydratlösungen Elektrolytverluste auftreten können, sollte in der vorliegenden Arbeit die Wirkung einer elektrolytfreien Kombinationslösung auf die Serumelektrolyte und die Elektrolytausscheidung untersucht werden, um eine sinnvolle Substitution solcher Elektrolytverluste durchführen zu können.

Probanden und Methoden

Sechs stoffwechselgesunde Probanden erhielten über einen Zeitraum von 12 Stunden eine 20%ige elektrolytfreie Kohlenhydratkombinationslösung, bestehend aus Fruktose, Glukose und Xylit im Verhältnis 2:1:1, als intravenöse Dauerinfusion. Die Dosierung betrug 0,5 g/kg Gesamtkohlenhydratzufuhr pro Stunde; die Dosierung von Fruktose betrug dabei 0,25 g/kg und Stunde, die von Glukose 0,125 g/kg und Stunde und die von Xylit 0,125 g/kg und Stunde.

Zu Beginn der Untersuchung sowie nach drei, sechs, neun und zwölf Stunden wurden die Substratspiegel von Fruktose, Glukose, Xylit sowie Oxalsäure, Laktat, Pyruvat, Acetacetat, β -Hydroxybutyrat, Neutralfett und Cholesterin gemessen. Außerdem wurden die Serumelektrolytkonzentrationen, die der Harnsäure, des Harnstoff-Stickstoffs, die des Gesamteiweißes und Albumins sowie Hämoglobin ermittelt und die Erythrozytenzahl gemessen. Ferner wurde eine Blutgasanalyse nach der Methode von Astrup durchgeführt und die Enzymaktivitäten der alkalischen Phosphatase und der Laktatdehydrogenase sowie die Konzentration von Bilirubin ermittelt.

Während der Infusion und eine Stunde danach wurde der Urin gesammelt und darin die Ausscheidung von Glukose, Fruktose, Xylit, Oxalsäure, Harnsäure, Kalium, Natrium und Kalzium gemessen.

Die Bestimmung von Fruktose und Glukose erfolgte nach den Angaben von Schmidt, die von Xylit nach dem Verfahren von Gauchel, Wagner und Büßler. Oxalsäure wurde nach Hodgkinson, Laktat, Pyruvat, β -Hydroxybutyrat, Acetacetat, Harnsäure und Neutralfett mit Testpackungen der Firma Boehringer Mannheim bestimmt (6, 7, 8, 13).

Cholesterin, Harnstoff, Kalzium, Phosphat, Protein, Albumin, alkalische Phosphatase, LDH und Bilirubin wurden mittels Technicon-Autoanalyser bestimmt. Die Messung von Kalium und Natrium sowie Kalzium erfolgte flammenphotometrisch, die von Chlorid titrimetrisch. Die Insulinbestimmung wurde nach der Methode von Yalow und Berson vorgenommen. Die statistische Auswertung erfolgte nach folgenden Kriterien: Zunächst wurde mit dem Kolmogoroff-Smirnow-Test überprüft, ob eine Normalverteilung vorliegt. Falls keine Normalverteilung vorlag, wurde in den Tabellen der Median und das obere und untere Dezil angegeben. In solchen Fällen wurde zur Überprüfung, ob sich signifikante Änderungen gegenüber dem Ausgangswert ergaben, der Test nach Friedman herangezogen. Lag eine Normalverteilung vor, wurde bei allen Parametern die doppelte Varianzanalyse zur Überprüfung auf signifikante Unterschiede angewandt.

Ergebnisse

1. Kohlenhydratstoffwechsel:

Wie zu erwarten, stellt sich ein steady state für Fruktose ab der dritten Stunde bei 22 bis 26 mg/100 ml ein. Auch die Konzentration für Xylit blieb im Bereich zwischen 13 und 14 mg/100 ml ab der dritten Stunde konstant. Die Konzentration der Serumglukose änderte sich nicht. Sie betrug zu Beginn 93 mg/100 ml und am Ende der Infusion 103 mg/ml.

Die Laktatwerte zeigten einen geringen Anstieg bis zum Infusionsende. Zu Beginn der Infusion fanden wir eine Konzentration von 8 mg/100 ml (0,12 mmol/l), am Ende betrug sie 15,7 mg/100 ml (1,8 mmol/l). Die Werte für Pyruvat änderten sich nicht. Entsprechend dem fehlenden Glukoseanstieg fand sich auch keine Konzentrationsänderung des Seruminsulins. Die Ausscheidung für Glukose betrug 7,2 mg/Std., die für Fruktose 198 mg/Std. und die für Xylit 0,91 g/Std. (Tab. 1 und Tab. 2).

2. Fettstoffwechsel:

Die Konzentration für Neutralfett und Cholesterin sowie Acetacetat änderten sich nicht, während die von β -Hydroxybutyrat bis zum Versuchsende kontinuierlich als Ausdruck der antiketogenen Wirkung signifikant abfiel (Tab. 1).

3. Harnsäure:

Während der Infusion kam es zu einem geringen, aber nicht signifikanten Anstieg der Serumharnsäurekonzentration. Die mittlere Harnsäureausscheidung betrug 40 mg/Stunde (Tab. 1 und 2).

4. Intravasale Volumenzunahme:

Als Parameter der intravasalen Verdünnung wurden Protein, Albumin, Hämoglobin, die Zahl der Erythrozyten und der Hämatokritwert gemessen. Wie bei vorangehenden Untersuchungen zeigte sich auch diesmal, daß der Hämatokrit nicht als Parameter der Serumverdünnung bei Infusion von Kohlenhydraten verwendet werden kann, da er infolge des Anstiegs des mittleren corpuskulären Volumens konstant bleibt.

Tab. 1. Klinisch-chemische Parameter nach Dauerinfusion einer 20%igen Kohlenhydratlösung aus Fruktose, Glukose und Xylit im Mischverhältnis 2 : 1 : 1. Dosierung: $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Infusionszeit: 12 Stunden. n = 6. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichung; falls keine Normalverteilung vorlag, der Median und das obere und untere Dezil. Die unterstrichenen Zahlen sind vom Ausgangswert signifikant verschieden. V = Varianzanalyse, F = Friedman-Test.

		Test	Ausgangswert	3. Stunde	6. Stunde	9. Stunde	12. Stunde
Fruktose	mg/100 ml	-	-	22,9 (1-28,9)	22 (13-109)	26 (21-112)	18 (16-86)
Glukose	mg/100 ml	F	93 ± 22	87 (62-168)	85 (76-129)	98 ± 28	103 ± 23
Insulin	μE/ml	-	4 (2-7)	14 (4-32)	8 (2-12)	13 (3-17)	10 (2-20)
Xylit	mg/100 ml	-	-	12,4 (0-15)	13,7 (10-57)	14,7 (9-78)	14,8 (6-51)
Oxalsäure	mg/100 ml	F	0,47 (0,2-0,86)	0,33 (0-0,96)	0,37 (0,12-1,0)	0,32 (0,18-0,56)	0,32 ± 0,08
Laktat	mg/100 ml	V	8,18 ± 1,56	12,15 ± 1,62	12,26 ± 0,95	13,63 ± 1,28	15,7 ± 1,79
Pyruvat	mg/100 ml	F	0,3 (0,12-0,50)	0,2 (0,08-0,8)	0,25 (0,1-0,3)	0,25 (0,1-0,5)	0,35 (0,1-0,73)
Neutralfett	mg/100 ml	F	83 (33-384)	58 (26-76)	65 (12-105)	86,5 (12-90)	72,5 (12-97)
Cholesterin	mg/100 ml	V	205 ± 14,83	190 ± 8,36	191 ± 10,32	185 (185-200)	194,15 ± 9,17
Acetacetat	mg/100 ml	F	0,35 (0,2-0,74)	0,26 ± 0,08	0,3 (0,3-0,41)	0,3 (0,3-0,35)	0,3 (0,3-0,4)
β-Hydroxybutyrat	mg/100 ml	F	1,1 (0,6-1,89)	0,45 (0,2-0,63)	0,33 ± 0,08	0,32 ± 0,1	0,29 ± 0,07
Harnsäure (enzymatisch)	mg/100 ml	V	5,96 ± 0,76	6,61 ± 0,58	6,58 ± 0,7	6,65 ± 0,93	6,4 (6-8,4)

Harnstoff-N	mg/100 ml	V	14,66 ± 2,65	11,83 ± 1,94	10,16 ± 1,72	8,83 ± 1,47	7,66 ± 1,5
Kalium	mmol/l	V	4,08 ± 0,33	4,18 ± 0,21	3,98 ± 0,17	4,06 ± 0,16	4,0 ± 0,16
Natrium	mmol/l	V	150,16 ± 5,49	146,16 ± 3,06	145,83 ± 3,06	145,66 ± 3,01	144,5 ± 3,98
Kalzium	mg/100 ml	V	9,9 ± 0,17	9,61 ± 0,39	9,48 ± 0,44	9,51 ± 0,19	9,76 ± 0,25
Chlorid	mmol/l	V	106,16 ± 1,72	105,5 ± 2,16	104,83 ± 1,83	104,16 ± 1,94	102,33 ± 1,5
Phosphat	mg/100 ml	V	3,81 ± 0,33	2,83 ± 0,36	3,81 ± 0,42	3,61 ± 0,24	3,43 ± 0,77
Protein	g/100 ml	V	7,26 ± 0,39	6,7 ± 0,41	6,66 ± 0,37	6,68 ± 0,38	7,01 ± 0,47
Albumin	g/100 ml	V	4,5 (4,3-5,3)	4,18 ± 0,3	4,23 ± 0,3	4,23 ± 0,29	4,38 ± 0,26
Hämoglobin	g/100 ml	V	15,93 ± 0,47	15,06 ± 0,85	15,1 ± 0,85	14,76 ± 0,77	15,28 ± 0,49
Erythrozyten	Mill./mm³	V	5,21 ± 0,27	4,8 ± 0,26	4,99 ± 0,38	4,8 ± 0,26	4,91 ± 0,28
Hämatokrit	cc/100 cm³	V	41,66 ± 3,26	41 ± 4,04	40,5 ± 3,72	40,16 ± 2,04	40,83 ± 3,65
Alk. Phosphatase	K.A.U.	V	13,16 ± 1,16	10,5 ± 0,83	10,33 ± 0,81	10,16 ± 0,75	10,5 (10-11)
LDH	W.U.	F	88,33 ± 12,51	75 (20-100)	78 ± 19,49	77,5 ± 21,62	82,5 ± 10,36
Bilirubin	mg/100 ml	V	0,98 ± 0,09	0,9 ± 0,25	1,01 ± 0,27	1,16 ± 0,3	1,26 ± 0,31
pH		V	7,42 ± 0,3	7,41 ± 0,3	7,50 ± 0,1	7,52 ± 0,1	7,52 ± 0,1
pCO ₂	mm Hg	V	39 ± 4	41,5 ± 1	29,5 ± 4,6	27,8 ± 4,8	28,7 ± 5,1
Standard-Bikarbonat Serum	V	23 ± 1,54	23 ± 2,28	23 ± 2,6	22,5 ± 2,58	23,16 ± 1,83 (titrimetrisch)	

Volumenverdünnungseffekte werden deutlicher sichtbar an der Änderung der Erythrozytenzahl, der Hämoglobinkonzentration und an der Konzentrationsänderung von Protein und Albumin. Gegenüber dem Ausgangswert sinkt die Proteinkonzentration um 7,7 %, die Albuminkonzentration um 7,1 %, die Hämoglobinkonzentration um 5,5 % und die Zahl der Erythrozyten um 7,8 %. Man kann also annehmen, daß die intravasale Volumenzunahme zwischen 5,5 und 7,7 % liegt.

5. Säure-Basen-Haushalt und Elektrolyte:

Während der intravenösen Dauerinfusion kommt es zur Entwicklung einer respiratorischen Alkalose mit einem signifikanten Anstieg des pH und einem signifikanten Abfall des pCO_2 -Wertes. Am Infusionsende beträgt das pH 7,52, der pCO_2 -Wert 28,7 mmHg. Die Serumkonzentrationen von Kalium und Natrium änderten sich nicht, während Kalzium um 0,4 mg/100 ml initial abfällt, um dann wieder die Ausgangswerte zu erreichen und Phosphat einen raschen initialen Abfall auf 2,83 mg/100 ml zeigt, um dann rasch wieder auf den Ausgangswert anzusteigen. Die Serumchloridwerte zeigten insgesamt nur eine geringe Streuung um den Ausgangswert, so daß eine Konzentrationssenkung von nur 0,4 mval/l bereits signifikant war. Während der gesamten Infusion werden 31 mval Kalium, 132 mval Natrium und 2,99 mg Kalzium ausgeschieden. Das entspricht einer stündlichen Ausscheidung von 2,36 mval Kalium, 10,15 mval Natrium und 0,2 mg Kalzium (Tab. 1 und Tab. 2).

6. Enzymaktivitäten und Bilirubin:

Die Konzentration der alkalischen Phosphatase fällt gering ab, die der Laktatdehydrogenase bleibt konstant, während Bilirubin vom Ausgangswert 0,98 mg/100 ml bis zum Versuchsende signifikant auf 1,26 mg/100 ml innerhalb des Normalbereichs anstieg.

7. Oxalsäure:

Die Konzentration der Oxalsäure im Serum blieb konstant. Die Oxalsäureausscheidung betrug insgesamt 8,31 mg in 12 Stunden, was einer mittleren Ausscheidung von 0,64 mg pro Stunde entspricht.

Diskussion

Bei der intravenösen Dauerinfusion einer Kohlenhydratkombinationslösung in einer Dosierung von 0,5 g/kg und Stunde über einen Zeitraum von 12 Stunden traten keinerlei klinische Nebenwirkungen auf. Wie bereits aus vorangehenden Untersuchungen bekannt, kam es auch nach Gabe einer Kombinationslösung für Fruktose und Xylit zu denselben Substratspiegeln, wie sie bei alleiniger Applikation der Substrate in entsprechender Dosierung erreicht wurden (2-5). Für Fruktose stellte sich ein steady state um 22 mg/100 ml ein; für Xylit fand sich ein solches zwischen 12 und 14 mg/100 ml (2, 10). Die prozentuale Ausscheidung von Fruktose betrug 1,2 % der zugeführten Dosis, die von Xylit 12,1 %. Die mittlere Wasserzufluhr von 165 ml pro Stunde (2,5 ml/kg und Stunde) wird begleitet von einer mittleren Wasserausscheidung von 155 ml pro Stunde.

Tab. 2. Ausscheidung von Flüssigkeit, Elektrolyten, Kohlenhydraten und Oxalsäure nach intravenöser Dauerinfusion von LGX als 20%ige elektrolytfreie Lösung. Dosierung: 0,5 g · kg⁻¹ · h⁻¹. Infusionszeit: 12 Stunden. Angegeben sind Mittelwert und Standardabweichung; falls keine Normalverteilung vorlag, Median und oberes und unteres Dezil.

		Ausscheidung während der Infusion			Ausscheidung Gesamtsumme nach Infusionsende		
		Beginn bis 3. Stunde	3.-6. Stunde	6.-9. Stunde	9.-12. Stunde	summe nach Infusionsende	Ausscheidung h ⁻¹
Gesamt-Urin	ml	235 (130–540)	315 (100–500)	650 (280–1300)	515 (170–900)	85 (30–280)	2010 (990–2580)
Urinausscheidung h ⁻¹		78,5 (43–180)	105 (33–167)	216,5 (93–433)	171,5 (57–300)	85 (30–280)	— (76–196)
Kalium	mval	6,09 (3,6–11,2)	6,64 (4,76–15)	7,33 (3,38–12,3)	6,44 (2,51–9,9)	2,45 (0,28–3,9)	30,77 ± 7,06
Natrium	mval	23 (9–43,5)	24,74 (5,6–38,5)	25,57 (3,9–68,9)	22,6 (5,61–38,7)	7,57 (3,7–17)	132 (29–156)
Kalzium	mg	1,65 (0,97–2,4)	0,61 (0,3–1,84)	0,26 (0,03–1,43)	0,42 (0,05–0,99)	0,08 (0,06–0,2)	2,99 (1,61–6,71)
Glukose	mg	19,83 (10–671,5)	20,19 (6,8–48,54)	22,15 (17,28–61,10)	26,53 (10,7–59,49)	4,45 ± 1,46	94,29 (60,7–809)
Fruktose	mg	713,56 (284–1010)	684,13 (368–1220)	602,43 (152–1573)	650,24 (270–1077)	46,05 (2,54–120)	7,25 (4,7–62,3)
Xylit	g	2,31 ± 0,66	2,59 ± 0,7	3,26 ± 1,03	3,03 (2,04–5,85)	0,32 (0,09–0,51)	2416,02 ± 718
Oxalsäure	mg	2,41 (1,6–4,48)	2,26 (1,2–3,56)	1,15 (0,00–2,6)	1,51 (0,0–2,4)	0,59 (0,0–1,19)	8,31 ± 2,56
Harnsäure	mg	126,33 ± 40,2	130 ± 21,91	120 (71–238)	119,16 (20,05–21,04)	— ± 76,4	39,9 ± 5,87

Bei dem initialen Phosphatabfall handelt es sich wahrscheinlich um einen Verbrauch von Phosphat zum Aufbau von energiereichen Phosphorverbindungen. Auch ohne Substitution von Phosphat sind nach der sechsten Stunde wieder die Ausgangswerte erreicht.

Auffallend ist die Abnahme der Serumharnstoffwerte von 14 auf 7 mg/100 ml, was einer Senkung von 48 % entspricht. Es ist noch offen, ob dies auf einen Wiedereinbau des Stickstoffs in die Aminosäuren oder auf eine Hemmung des Abbaus von Eiweiß unter dem Einfluß der infundierten Kohlenhydrate zurückzuführen ist.

Die mittlere Ausscheidung von Kalium lag mit 2,36 mval, die von Natrium mit 10,15 mval und die von Kalzium mit 0,2 mg/Std. innerhalb des Normalbereichs (12). Zum Ausgleich der Elektrolytverluste sollten bei dieser Dosierung der Infusionslösung mindestens 2,36 mval Kalium und 10,15 mval Natrium in 165 ml zugesetzt werden. Das entspricht einer Konzentration von 14,3 mval/l Kalium und 61,5 mval/Natrium in einer Infusionslösung.

Nach Gabe der Kombinationslösung in derselben Dosierung fanden wir bereits nach sechs Stunden in vorangehenden Untersuchungen eine leichte respiratorische Alkalose (3-5). Auch bei der jetzigen Untersuchung zeigte sich ab der sechsten Stunde eine respiratorische Alkalose, welche sich jedoch nicht weiter verstärkte. Als Ursache kann eine vorübergehende Azidisierung infolge des Freiwerdens von sauren Metaboliten und der leichten Serumverdünnung angenommen werden. Die gefundene respiratorische Alkalose entspräche dann einer überschießenden Gegenregulation.

Zu keinem Zeitpunkt stieg die Serumkonzentration der Oxalsäure an. Auch die Oxalsäureausscheidung lag mit 8,31 mg/12 Stunden innerhalb des Normalbereichs. Diese Befunde verdienen besondere Beachtung. Sie zeigen nämlich, daß bei Dosierung im therapeutischen Bereich keine Änderungen des Oxalsäurestoffwechsels auftreten.

Zusammenfassung

Bei intravenöser Dauerapplikation einer 20%igen Kohlenhydrat-Kombinationslösung in einer Dosierung von 0,5 g/kg und Stunde über einen Zeitraum von 12 Stunden treten bei gesunden Erwachsenen keine klinischen Nebenwirkungen auf. Einzelne klinisch-chemische Parameter ändern sich als Ausdruck des gesteigerten Kohlenhydratumsatzes. Diese Änderungen bleiben jedoch innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite. Unter Zufuhr dieser elektrolytfreien Kombinationslösung kommt es zu einer Volumenverdünnung zwischen 5 und 7% bei einer mittleren Flüssigkeitszufuhr von 165 ml pro Stunde. Die prozentuale Verwertung von Glukose beträgt praktisch 100%, die von Fruktose 98,8% und die von Xylitol 87,9%. Aufgrund der gefundenen Elektrolytausscheidungen von 2,36 mval Kalium pro Stunde und 10,15 mval Natrium pro Stunde wird ein Bedarf von 14,3 mval Kalium pro Liter und 61,5 mval Natrium pro Liter als Zusatz zu einer 20%igen Kohlenhydratkombinationslösung errechnet, wenn eine Dosierung von 0,5 g/kg und Stunde gewählt wird.

Summary

A carbohydrate solution containing fructose, glucose and xylitol (2:1:1) was infused for 12 hours in 6 healthy adults. The total carbohydrate dose was 0.5 g/kg/h BW. No clinical side effects were observed. Some metabolites of carbo-

hydrate metabolism showed a significant rise as signe of augmented turnover. These changes remain, however, in physiological limits. Infusion of 165 ml solution per hour caused a volume dilution of 5-7%.

The utilization of glucose was 100%, that of fructose 98.8%, and that of xylitol 87.9%.

Electrolyte loss amounted to 2.36 mval potassium per hour and 10.15 sodium per hour. When 0.5 g/kg/h BW carbohydrate mixture are infused a concentration of 14.3 mval/l potassium and 61.5 mval/l sodium is required.

Literatur

1. Bartels, O., F. Matzkies, G. Berg: Parenterale Ernährung mit einem hochkalorischen Kohlenhydratgemisch. 5. Gemeinsame Tagung der Deutschen und der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Internistische Intensivmedizin. Wien (27.-29. September 1973). – 2. Bäßler, K. H., H. Bickel, The use of carbohydrates alone and in combination in parenteral nutrition. In: A. W. Wilkinson: Parenteral Nutrition. Edinburgh and London (1972). – 3. Berg, G., F. Matzkies, H. Bickel, R. Zeilhofer, Säurebasenhaushalt bei Dauerinfusion von Xylit, Fructose, Glukose und Kohlenhydratmischungen. Z. Ernährungswiss., Suppl. 15, 47 (1973). – 4. Berg, G., H. Bickel, F. Matzkies: Bilanz- und Stoffwechselverhalten von Fructose, Xylit und Glukose sowie deren Mischungen bei Gesunden während sechsstündiger parenteraler Ernährung. Dtsch. med. Wschr. 98, 602 (1973). – 5. Berg, G., F. Matzkies, H. Bickel, Dosierungsgrenzen bei der Infusion von Glukose, Sorbit, Fructose, Xylit und deren Mischungen. Dtsch. med. Wschr. 99, 633 (1974). – 6. Eggstein, M., F. H. Kreutz, Enzymatische Bestimmung der Neutralfette. Klin. Wschr. 44, 262 (1966). – 7. Gauchel, F. D., G. Wagner, K. H. Bäßler, Die Bestimmung von Xylit und Sorbit im Blut. Z. klin. Chem. u. klin. Biochem. 9, 25 (1971). – 8. Hodgkinson, A., A. Williams, An improved colorimetric procedure for urin oxalate. Clin. chim. Acta 36, 127 (1972). – 9. Matzkies, F., Utilisation von Kohlenhydraten nach parenteraler Zufuhr. In: V. Becker: Gastroenterologie und Stoffwechsel. Baden-Baden (1974). – 10. Matzkies, F.: Harnsäurestoffwechsel nach Kohlenhydratzufuhr. In: V. Becker: Gastroenterologie und Stoffwechsel. Baden-Baden (1974). – 11. Matzkies, F., Charakteristische Stoffwechselwirkungen von Glukose, Fructose, Sorbit, Xylit und deren Mischungen bei intravenöser Dauerinfusion. Z. Ernährungswiss. 13, 113 (1974). – 12. Meyer, F. L., K. Cooper, M. Bolick, Nitrogen and mineral excretion after carbohydrate test meals. Amer. J. clin. Nutrition 25, 677 (1972). – 13. Schmidt, F. H., Die enzymatische Bestimmung von Glukose und Fructose nebeneinander. Klin. Wschr. 39, 1244 (1961).

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Dr. h. c. G. Berg, Erlangen, Krankenhausstraße 12