

B. Knechtle, G. Müller*

Ernährung bei einem Extremausdauerwettkampf

Nutrition during extreme endurance

Institut für Sportmedizin und *Institut für Klinische Forschung, Schweizer Paraplegiker-Zentrum Nottwil

Zusammenfassung

Wir haben die Nahrungsaufnahme bei einem Athleten während des längsten Triathlons der Welt analysiert. Für 38 km Schwimmen, 1800 km Radfahren und 422 km Laufen benötigte er 240 h 55 min 33 sec, wobei er 14 h 25 min 53 sec für das Schwimmen, 108 h 52 min 9 sec für die Radstrecke und 117 h 38 min 31 sec für die Laufstrecke einsetzte. Primär interessierten wir uns für Energiezufuhr und Flüssigkeitsaufnahme. In zweiter Linie wandten wir uns der Aufnahme an Mineralstoffen und Vitaminen zu. Die tägliche Energiezufuhr lag bei $32,7 \pm 3,5$ MJ in Form von $1065,1 \pm 129,4$ g Kohlenhydraten, $246,5 \pm 32,9$ g Fett und $268,8 \pm 16,9$ g Eiweiss. Die Verteilung von Kohlenhydraten : Fett : Eiweiss lag bei 67,4 % : 15,6 % : 17,0 %. $8,8 \pm 6,6$ l Wasser nahm er pro Tag auf. Die tägliche Einnahme an Vitaminen und Mineralien lag über der täglichen Mindestmenge gemäß der Deutschen Gesellschaft für Ernährung außer für Fluor und Jod. Diese Einzelanalyse zeigt, dass bei der Bewältigung eines Extremausdauerwettkampfes hohe Energiemengen mit der Nahrung eingenommen werden und die zusätzliche Einnahme von Vitaminen und Mineralstoffen wahrscheinlich nicht erforderlich ist.

Schlüsselwörter: Ernährung, Extremausdauer, Energie, Vitamine, Mineralien

Einleitung

Ausdauerwettkämpfe nehmen in den letzten Jahren immer mehr an Popularität zu und die Ironman-Distanz ist für viele Ausdauerathleten machbar. Auf der Suche nach neuen Herausforderungen wurde die Ironman-Distanz verlängert und der Decatriathlon in Mexico über die 10fache Ironman-Distanz ist neben dem Race across America der weltweit längste wettkampfmäßig durchgeführte Extremausdauerwettkampf.

Der Ernährung kommt eine zentrale Bedeutung zur Deckung des Energiebedarfes für Ausdauerbelastungen zu. Die Deckung des Energiebedarfs erfolgt über die Oxidation von Kohlenhydraten und Fett. Neben den Kohlenhydraten (4,9) wurde in den letzten Jahren auch darauf hingewiesen, dass eine erhöhte Einnahme von Fett zu einer Verbesserung der Ausdauerleistung bei Belastungen mittlerer Intensität führt (12,17). Auf die Bedeutung des Eiweißes zur Energie-

Summary

We analyzed intake of food and beverages during the longest triathlon of the world in one athlete. Our athlete competed for 240 hours 55 minutes 33 seconds to cover the total distance of 38 km swimming, 1800 km cycling and 422 km running. He completed the swim within 14 hours 25 minutes 53 seconds, the cycling part within 108 hours 52 minutes 9 seconds and the running part within 117 hours 38 minutes and 31 seconds. First, we were interested in uptake of carbohydrates, fat and proteins. Second, we also analyzed uptake of minerals and vitamins. Average daily energy intake was 32.68 ± 3.5 MJ. He ingested 1065.1 ± 129.4 g carbohydrates, 246.5 ± 32.9 g fat and 268.8 ± 16.9 g of protein every day. The distribution of carbohydrates : fat : protein was 67.4 % : 15.6 % : 17.0 %. Water consumption per day was 8.8 ± 6.6 l. The intake of vitamins and minerals was far above recommended daily intake according to the recommendations of the German association for nutrition. Only fluoride and iodide were ingested in too little quantities. This analysis shows that large amounts of energy rich food are ingested to finish an extreme endurance race. The additional ingestion of vitamins and minerals is probably not necessary.

Keywords: Nutrition, ultraendurance, energy, vitamins, minerals

gewinnung wird nicht eingegangen, da der Anteil zu gering sein soll und erst bei der Proteinbiosynthese der geschädigten Muskelfaser bedeutend wird (13,23).

Grundlegend in der Ernährung bei Ausdauerbelastungen ist die regelmäßige Einnahme von Kohlenhydraten (4,5), wobei aufgrund der limitierten muskulären Kohlenhydratoxidation von 1 g/min der von außen aufgenommenen Kohlenhydrate (24) nicht mehr als 60 g Kohlenhydrate/h eingenommen werden sollten (9). Wegen des Flüssigkeitsverlustes über den Schweiß ist die Gefahr für eine Dehydratation und Hyponatriämie groß (1) und es wird empfohlen, pro Stunde aufgrund der limitierten Magenentleerrate eine Flüssigkeitsmenge von 0,4 - 1,0 l einzunehmen (18,19). Diese Menge an Flüssigkeit kann pro Stunde vom Magen an den Darm zur Resorption weitergegeben werden, denn größere Mengen im Bereich von 2,0 l hemmen die Magenentleerung (19) und können nicht innerhalb 1 h resorbiert werden (16).

Für Belastungen bis zur Ironman-Distanz und Etappen bei Radrundfahrten liegen Studien und Übersichtsartikel zur Deckung des Energie- und Flüssigkeitsbedarfes vor (1,4,5,6,9,10,15,11,18,20). Zur Ernährung bei Extremausdauerwettkämpfen liegen Einzelberichte (8) ohne Zahlen über die Einnahme von Mineralien und Vitaminen vor. Wir stellen uns die Frage, wie sich ein Ausdauerathlet während eines mehrtägigen Ultratriatlons ernährt und ob die Einnahme von Ergänzungspräparaten wie Mineralien und Vitamine erforderlich ist.

Proband und Methode

Vom 5. - 19. November 2000 fand in Monterrey, Mexico, die 6. Ultratriathlon-WM über 38 km Schwimmen, 1800 km Radfahren und 422 km Laufen statt. Das Schwimmen wurde in einem 25 m langen und 33° C warmen Pool durchgeführt. Radfahren und Laufen fanden auf einer 1,88 km langen flachen Rundstrecke statt. Die Temperatur schwankte zwischen 8-30 °C. Konstant wehte von Mittag bis Mitternacht ein kräftiger Wind. Von 9 qualifizierten Männern und 3 Frauen erreichten 7 Männer und 1 Frau das Ziel.

Unser Athlet (36 Jahre, 177 cm, 81 kg) absolvierte das Rennen zum ersten Mal und erreichte den 3. Schlussrang nach 240 h 55 min 33 s. Die Schwimmstrecke legte er in 14 h 25 min 53 sec, die Radstrecke in 108 h 52 min 9 sec und die Laufstrecke in 117 h 38 min 31 sec zurück. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beim Schwimmen lag bei 2,63 km/h, beim Radfahren bei 16,53 km/h und beim Laufen bei 3,58 km/h. Alle Disziplinen wurden ohne Unterbruch fortlaufend absolviert. In den ersten Renntagen legte er Schlafpausen von 10 bis 15 Minuten alle 4 bis 6 Stunden ein, gegen Ende des Rennens lagen die Pausen bei 20 bis 30 Minuten alle 3 bis 6 Stunden. In der drittletzten und zweitletzten Nacht der Laufstrecke musste er wegen Unterkühlung und totaler Erschöpfung eine zweistündige Pause einlegen. Beim Schwimmen übergab er sich nach 3 h 30 min wegen Überhitzung und hatte danach wegen Hyperventilation eine Tetanie. Auf der Radstrecke traten drei platte Reifen sowie am zweiten Tag eine 12-stündige Phase mit Durchfall auf. Auf der Laufstrecke kam es nach 300 Kilometern zu Blasen an den Füßen sowie starken Schmerzen im Bereich des Vorfußes, so dass er die restlichen 120 Kilometer in Sandalen marschierte.

Die Verpflegung erfolgte beim Radfahren während der Belastung oder vor den Schlafpausen. Auf der Laufstrecke wurden Verpflegungspausen am Mittag und am Abend von maximal 15 Minuten eingelegt. Der Athlet verpflegte sich über die Verpflegungsstation des Veranstalters und nahm zusätzlich mitgebrachte Fertigprodukte ein (Tab. 1, nur über Internetausgabe einsehbar). Alle Getränke und Nahrungsmittel wurden mit einer Waage (Solar-Briefwaage, MAUL, tronic S) auf 0,5 g genau abgewogen. Die Menge der Nährstoffe, Mineralien sowie Vitamine wurde nach Packungsangaben sowie Lebensmitteltabellen (2) fortlaufend bestimmt. Während des Rennens konnte das Betreuungsteam korrigierend in die Ernährung eingreifen. Die eingenommene Menge an Kohlenhydraten, Fett, Eiweiß, Wasser, Vitaminen und Minerali-

en wurde alle 24 h tageweise erfasst. Für das ganze Rennen wurde ein täglicher Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SW) errechnet.

Ergebnisse

In den 240 Stunden nahm unser Athlet total 326,8 MJ (Tab. 2) zu sich, mit einer mittleren Energieaufnahme von $32,68 \pm 3,5$ MJ/Tag ($23,5 - 40,9$ MJ) (Tab. 3). Er nahm $1065 \pm 129,4$ g Kohlenhydrate/Tag, $246,5 \pm 32,9$ g Fett/Tag und $268 \pm 16,9$

Tabelle 1: Zusammensetzung der Mineralstoff- und Vitaminpräparate. Vollständig abgedruckt unter <http://www.zeitschrift-sportmedizin.de>

Tabelle 2: Flüssigkeits-, Nährstoff- und Energieaufnahme

Tag	Flüssigkeit (l)	Eiweiß (g)	Fett (g)	CHO (g)	Energie (MJ)
1	15,36	183	235	1143	33.084
2	9,78	317	271	1105	36.170
3	6,93	256	179	648	23.462
4	6,30	252	300	1179	35.777
5	7,94	285	259	1104	31.690
6	7,51	332	322	994	36.799
7	11,06	271	291	1452	40.882
8	8,21	306	247	1092	33.185
9	9,39	279	174	974	27.671
10	5,99	207	88	960	28.110
Total	88,46	2688	2465	10651	326.829

Tabelle 3: Durchschnittliche Einnahme von Wasser und Nährstoffen

Zeitspanne	Wasser (l)	Eiweiß (g)	Fett (g)	CHO (g)	Energie (MJ)
Pro Tag	8,8	268,8	246,5	1065,1	32.683
Pro Stunde	0,4	11,2	10,3	44,4	1.362

Tabelle 4: Vergleich effektiver täglicher Aufnahme mit empfohlener Aufnahme/Tag für Wasser und Nährstoffe

Nährstoff	Effektive tägliche Aufnahme		Empfohlene Aufnahme (7)
	MW \pm SD	Min - Max	
Wasser (l)	8,8 \pm 6,6	5,99 - 15,36	3
Eiweiß (g)	268,8 \pm 16,9	183 - 317	59
Fett (g)	246,5 \pm 32,9	174 - 322	
Kohlenhydr. (g)	1065,1 \pm 129,4	648 - 1452	

g Eiweiß/Tag ein (Tab.4). Die prozentuale Verteilung von Kohlenhydrat : Fett : Eiweiß lag bei 67,4 % : 15,6 % : 17,0 %. Die gesamte Flüssigkeitsaufnahme in den 10 Tagen betrug 88,46 l (Tab. 2) mit Aufnahme von 0,4 l/h (Tab. 3). Die tägliche Einnahme an Makromineralien (Tab. 5), Mikromineralien (Tab. 6) und fett- sowie wasserlöslichen Vitaminen (Tab. 7) lag teils deutlich über dem täglichen Mindestbedarf.

Diskussion

In der Literatur liegen wenige Daten zur Ernährung bei Extremausdauerwettkämpfen vor (8). In Radrundfahrten wurden Ernährungsanalysen durchgeführt, wobei die Athleten dort täglich wenige Stunden intensiv körperlich aktiv sind (4,5,10,20). Der Vergleich unserer Ergebnisse mit der Literatur wird dadurch erschwert.

Energieaufnahme: Bei einem Ruheenergiebedarf von 9,6 MJ/24 h (22) und einem zusätzlichen Energiebedarf von 2 - 4 MJ/h je nach Arbeitsintensität (6) resultiert rechnerisch ein

Energiebedarf von 50 - 70 MJ/20 h bei 4 h Pausen. Im Race across America lag der Energiebedarf bei 2,3 MJ/h, wobei der tägliche Energiebedarf bei 20 Stunden Radfahren auf 46,035 MJ anstieg (8). Nach anderer Quelle benötigen Ausdauerathleten 0,18 - 0,40 MJ/kg KG/Tag (11). Die errechneten 14,4 - 32 MJ/Tag decken sich mit unserem Resultat (Tab. 3). Die Aufnahme von 32,68 ± 3,5 MJ/Tag bei unserem Athleten führen wir auf die geringe Belastungsintensität zurück, wie aus den Durchschnittsgeschwindigkeiten ersichtlich ist.

Verteilung der Energieträger: Der Athlet nahm absolut 1065,1 ± 129,4 g Kohlenhydrate, 246,5 ± 32,9 g Fett und 268,8 ± 16,9 g Eiweiß pro Tag auf (Tab. 2). Die Kohlenhydrataufnahme lag mit 13 g/kg KG/Tag deutlich über dem errechneten Wert von 324 - 486 g/Tag gemäß der Empfehlung,

Tabelle 5: Vergleich effektive Aufnahme mit empfohlener Aufnahme für Makromineralien

Makromineralstoff	Effektive tägliche Aufnahme MW ± SW	Min - Max	Empfohlene tägliche Aufnahme (7)
Natrium	9811,1 ± 472,5 mg	(4258 - 13442 mg)	550 mg
Chlorid	7940,3 ± 825,5 mg	(5388 - 12141 mg)	830 mg
Kalium	8902,2 ± 742,2 mg	(6513 - 11627 mg)	2000 mg
Magnesium	988,6 ± 2,12 mg	(703 - 1346 mg)	350 mg
Kalzium	4672,9 ± 914,2 mg	(2472 - 7756 mg)	900 mg
Phosphor	4930,7 ± 726,2 mg	(3671 - 5881 mg)	1400 mg

4 - 6 g Kohlenhydraten/kg KG/Tag bei körperlicher Belastung einzunehmen (25). An Fett nahm er 246,5 ± 32,9 g/Tag ein (Tab. 3), wobei die mittlere Aufnahme von 3,04 g Fett/kg KG/Tag über der empfohlenen Einnahme von 1,3 g/kg KG/Tag (13) lag. Die Eiweißaufnahme lag bei 268,8 ± 16,9 g/Tag (Tab. 3) und mit 3,3 g/kg KG/Tag über den empfohlenen 1,4 - 1,7 g/kg KG/Tag für Athleten (13,15).

Tabelle 6: Vergleich effektive Aufnahme mit empfohlener Aufnahme für Mikromineralien

Mikromineralstoff	Effektive tägliche Aufnahme MW ± SW	Min - Max	Empfohlene tägliche Aufnahme (7)
Eisen	32,8 ± 25,8 mg	(20,4 - 57 mg)	10 mg
Kupfer	3,85 ± 4,59 mg	(1,5 - 10,7 mg)	1,5 - 3 mg
Zink	44,9 ± 90,51 mg	(24,5 - 153 mg)	15 mg
Mangan	6,9 ± 0,56 mg	(4 - 16,7 mg)	2 - 5 mg
Jod	136,9 ± 16,9 µg	(67 - 219 µg)	200 µg
Fluor	1034,7 ± 89,1 µg	(275 - 1643 µg)	1500 - 4000 µg
Selen	174,9 ± 672,4 µg	(5,4 - 988 µg)	20 - 100 µg

Die prozentuale Verteilung von 67,4 % Kohlenhydraten, 15,6 % Fett und 17,0 % Eiweiß entspricht nicht dem Bereich von 60 % : 25 % : 15 % aus Übersichtsartikeln (6,15) oder Wettkampfstudien (5,10,20). Auffallend ist die hohe absolute Kohlenhydrataufnahme. Trotz des hohen prozentualen Anteils an Kohlenhydraten wurde aber die kriti-

Tabelle 7: Vergleich effektive Aufnahme mit empfohlener Aufnahme für Vitamine

Vitamin	Effektive tägliche Aufnahme MW ± SW	Min - Max	Empfohlene tägliche Aufnahme (7)
Vit. A	23,9 ± 4,4 mg	(8,44 - 38,69 mg)	1 mg
Vit. E	14,8 ± 7,7 mg	(1,5 - 10,7 mg)	12 mg
Vit. D	13,6 ± 7,3 µg	(1,6 - 23 µg)	5 µg
Vit. K	319,2 ± 253,8 µg	(0 - 893 µg)	80 µg
Vit. B1	7,3 ± 1,2 mg	(2,2 - 13 mg)	1,3 mg
Vit. B2	12 ± 0,7 mg	(4 - 19 mg)	1,7 mg
Niacin	76,8 ± 18,3 mg	(40 - 178 mg)	1,8 mg
Pantothensäure	35,5 ± 3,5 mg	(10 - 560 mg)	4 - 10 mg
Vit. B6	27,6 ± 1,3 mg	(0,6 - 111 mg)	1,8 mg
Biotin	867,6 ± 28,9 µg	(90 - 4193 µg)	30 - 100 µg
Folsäure	698,7 ± 170,4 µg	(397 - 1288 µg)	300 µg
Vit. B12	24,8 ± 1,9 µg	(9 - 44 µg)	3 µg
Vit. C	404 ± 283,5 mg	(146 - 703 mg)	75 mg

sche Grenze von 60 g Kohlenhydraten/h nicht erreicht. Die mittlere Einnahme von 44,4 g/h (Tab. 3) liegt unter der empfohlenen Einnahme von 60 g/h (4) aufgrund der mittleren Oxidationsrate von 0,5 - 1,1 g Kohlenhydrate/min (24). Der Wert von 44,4 g Kohlenhydrate/h kann umgerechnet auf 20 h Belastungsdauer jedoch noch auf 53,2 g/h erhöht werden.

Es liegt eine Diskrepanz in der prozentual höheren Kohlenhydrat- und Eiweißaufnahme sowie erniedrigten Fettaufnahme trotz der absolut deutlich erhöhten Aufnahme aller drei Energieträger vor. Diese Diskrepanz können wir nicht schlüssig erklären. Der Athlet entwickelte im Laufe des Rennens ein zunehmendes Bedürfnis, Eiweiß vor allem in flüssiger Form aufzunehmen. Das Team verabreichte ihm in den Tagen 5 - 10 des Wettkampfes große Mengen an Milch und Milchprodukten. Zu keiner Zeit wurden jedoch Kohlenhydratkonzentrate oder handelsübliche Sportgetränke eingesetzt. Aufgrund der teilweise großen Hitze am Tag hatte der Athlet nie Appetit auf stark fetthaltige Mahlzeiten. Dies könnte den prozentual tiefen Anteil an Fett erklären.

Flüssigkeit: Die Flüssigkeitszufuhr lag bei 8,8 ± 6,6 l/Tag. Die durchschnittliche stündliche Flüssigkeitsaufnahme kam auf 0,36 l (Tab. 3). Umgerechnet auf 20 h Belastung pro Tag betrug die Wasseraufnahme 0,44 l/h und liegt immer noch deutlich im unteren Bereich der Empfehlungen (8,18). Der Athlet hat vor allem in den kalten Nächten während Stunden keine Flüssigkeit aufgenommen. Zudem dürfte der Wasserbedarf aufgrund der geringen Belastungsintensität nicht sehr groß gewesen sein.

Makro- und Mikromineralstoffe: Zu Makro- wie Mikromineralstoffen (Tab. 5,6) liegen wenig vergleichbare Literaturdaten vor (Tab. 8). Die Aufnahme von Eisen, Kupfer und Zink war entsprechend der erhöhten Kalorienzufuhr gesteigert. So liegen die Empfehlungen für die Eisenaufnahme bei 5,0 - 6,0 mg/1000 kcal/Tag, für Kupfer bei 0,5 mg/1000 kcal/Tag und für Zink bei 4,3 - 5,1 mg/1000 kcal/Tag (14). Zum Teil lagen große Schwankungen in der täglichen Aufnahme von Makro- und Mikromineralien vor (Tab. 5,6). Wir führen dies darauf zurück, dass der Athlet an einigen Tag aufgrund der

Lust auf gewisse Nahrungsmittel wie Milch, Hamburger, Brot, Suppe usw. große Mengen davon einnahm. Die hohe Aufnahme an Kalzium dürfte auf die vermehrte Zufuhr von Milch und Milchprodukten und die hohe Natriumaufnahme auf den hohen Konsum von Suppen in den kalten Nächten zurückzuführen sein.

Vitamine: Die Aufnahme von Vitamin B1, B2, B6 und Niacin war entsprechend der erhöhten Kalorienzufuhr gesteigert

Tabelle 8: Einnahme von Mineralien und Vitaminen bei Ultraläufern (21) und Radfahrern (20)

Substanz	Ultraläufer	Radfahrer
Eisen	29,9 ± 4,2 mg	225 mg
Kupfer	2,5 ± 0,5 mg	
Zink	14,7 ± 2,7 mg	
Vit. A	2,01 ± 0,27 mg	
Vit. E	150,9 ± 48 mg	
Vit. B1	16,5 ± 8,9 mg	2,4 ± 0,7 mg
Vit. B2	8,2 ± 2,6 mg	5,0 ± 1,6 mg
Niacin	62,7 ± 14,8 mg	
Vit. B6	7,0 ± 2,4 mg	2,4 ± 0,7 mg
Folsäure	513 ± 92 µg	
Vit. B12	51,8 ± 33,3 µg	
Vit. C	601 ± 226 mg	158 ± 146 mg

(Tab. 7). Die Einnahme von Zusatzpräparaten mit Mineralien und Vitaminen wurde auf die empfohlene tägliche Menge des entsprechenden Präparates reduziert und dürfte nicht ursächlich an den teilweise sehr hohen maximalen Werten sein. Auch Ultraläufer nehmen hohe Mengen an Vitaminen in der Wettkampfvorbereitung ein (Tab. 8). Bei den fettlöslichen Vitaminen fällt der sehr hohe Wert an Vitamin A auf. Wir führen dies auf die große Aufnahme von Lebensmitteln tierischer Herkunft wie Fleisch, Eier, Käse und Milch in Kombination mit den Ergänzungspräparaten (Tab. 1) zurück.

Schlussfolgerung

Große Mengen an Energieträgern sowie Flüssigkeit müssen eingenommen werden, um eine mehrtägige Ausdauerleistung zu absolvieren. Bei einer ausgewogenen Ernährung mit genügender Deckung des erhöhten Energiebedarfs kann aufgrund unserer Erfahrungen auf die zusätzliche Abgabe von Vitaminen und Mineralien wahrscheinlich verzichtet werden.

Literatur

1. Barr SI, Costill DL, Fink WJ: Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline or no fluid. *Med Sci Sports Exerc.* 23 (1991) 811-817
2. Belitz HD, Grosch W: *Lebensmitteltablette für die Praxis*, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching bei München (1991)
3. Bosch AN, Dennis SC, Noakes TD: Influence of carbohydrate loading on fuel substrate turnover and oxidation during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 76 (1994) 2364-2372
4. Brouns F, Saris WHM, Stroecken J, Beckers JE, Thijssen R, Rehrer NJ, ten Hoor F: Eating, drinking, and cycling. A controlled Tour de France simulation study, Part II. Effect of diet manipulation. *Int J Sports Med* 10 (1989) S41-48
5. Brouns F, Saris WHM, Stroecken J, Beckers JE, Thijssen R, Rehrer NJ, ten Hoor F: Eating, drinking, and cycling. A controlled Tour de France simulation study, Part I. *Int J Sports Med* 10 (1989) S32-40
6. Brouns F: Die Ernährungsbedürfnisse von Sportlern. *Schw Z Sportmed Sporttrauma* 4 (1994) 7-11

7. DGE, Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr, 5. Auflage, 2. Korrigierter Nachdruck, in: Umschau, Frankfurt, 1995
8. Clark N, Tobin J, Ellis C: Feeding the ultraendurance athlete: Practical tips and a case study. *J Am Diet Assoc* 92 (1992) 1258-1262
9. Coyle EF: Substrate utilization during exercise in active people. *Am J Clin Nutr* 61 (1995) S968-S979
10. Garcia-Roves PM, Terrados N, Fernandez SF, Patterson AM: Macronutrients intake of top level cyclists during continuous competition - change in the feeding pattern. *Int J Sports Med* 19 (1998) 61-67
11. Khoo CS, Rawson NE, Robinson MI, Stevenson RJ: Nutrient intake and eating habits of triathletes. *Ann Sports Med* 3 (1987) 144-150
12. Lambert EV, Speechly DP, Dennis SD, Noakes TD: Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet. *Eur J Appl Physiol* (1994) 287-293
13. Lemon P: Do athletes need more dietary protein and amino acids? *Int J Sport Nutr* 5 (1995) S39-S61
14. Lukaski HC, Siders WA, Hoverson BS, Gallagher SK: Iron, copper, magnesium and zinc status as predictors of swimming performance. *Int J Sports Med* 17 (1996) 535-540
15. Mannhart C: Sport und Ernährung. *PRAXIS* 84 (1995) 963-969
16. Mitchell JB, Voss KW: The influence of volume of fluid ingested on gastric emptying and body fluid balance. *Med Sci Sports Exerc* 22 (1990) 314-319
17. Muoio DM, Leddy JJ, Horvath PJ, Awad AB, Pendergast DR: Effect of dietary fat on metabolic adjustments to maximal VO₂ and endurance in runners. *Med Sci Sports Exerc* 26 (1994) 81-88
18. Murray R: Rehydration strategies - Balancing substrate, fluid and electrolyte provision. *Int J Sports Med* 19 (1998) S133-S135
19. Rehrer NJ, Beckers EJ, Brouns F, Saris WHM, ten Hoor F: Effects of electrolytes in carbohydrate beverages on gastric emptying and secretion. *Med Sci Sports Exerc* 25 (1993) 42-51
20. Saris WHM, van Erp-Baart MA, Brouns F, Westerterp KR, ten Hoor F: Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: The Tour de France. *Int J Sports Med* 10 (1989) S26-S31
21. Singh A, Evans P, Gallagher KL, Deuster PA: Dietary intakes and biochemical profiles of nutritional status of ultramarathoners. *Med Sci Sports Exerc* 25 (1993) 328-334
22. Stegemann J: *Leistungsphysiologie. Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1991
23. Tarnopolsky MA: Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J Appl Physiol* 64 (1988) 187-193
24. Wagenmakers AJM, Brouns F, Saris WHM, Halliday D: Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in man. *J Appl Physiol* 75 (1993) 2774-2780
25. Williams C: Macronutrients and performance. *J Sports Sci* 13 (1995) S1-S10

Koresspondenzadresse:
Dr. med. Beat Knechtle
Institut für Sportmedizin
Schweizer Paraplegiker-Zentrum
CH-6207 Nottwil
Fax: 0041 41 939 54 40
e-mail: beat.knechtle@paranet.ch