

Irène Frank, Urs Boutellier, Claudia Knöpfli-Lenzin

Institut für Bewegungs- und Sportwissenschaften, ETH Zürich  
Physiologisches Institut, Universität Zürich

# Einfluss kohlenhydratreicher Nahrung auf das maximale Laktat-steady-state

## Zusammenfassung

Es wurde der Einfluss einer kohlenhydratreichen Diät auf die Leistung, die Blutlaktatkonzentration, die Herzfrequenz, den Sauerstoffverbrauch, die Ventilation, den respiratorischen Quotienten und das subjektive Belastungsempfinden beim maximalen Laktat-steady-state (maxLass) untersucht. Zur ungefähren Abschätzung von maxLass wurde zuerst die anaerobe Schwelle mit einem Laktatsenketest bestimmt. Anschliessend wurde maxLass nach «normaler» (Kohlenhydrate: 55%, Fette: 30%, Eiweisse: 15%) bzw. kohlenhydratreicher (Kohlenhydrate: 82%, Fette: 7%, Eiweisse: 11%) Ernährung mit mehreren Schwellentests ganz genau bestimmt. Die Leistung, die Blutlaktatkonzentration, die Herzfrequenz, die Ventilation, der respiratorische Quotient und das subjektive Belastungsempfinden waren nach «normaler» bzw. kohlenhydratreicher Diät identisch. Einzig der Sauerstoffverbrauch war nach kohlenhydratreicher Diät leicht erhöht. Diese Resultate zeigen, dass eine speziell kohlenhydratreiche Diät gegenüber einer normalen Diät in den letzten 24 h vor einem Schwellentest keine Verbesserung der Leistung beim maxLass ergibt.

### Schlüsselwörter:

anaerobe Schwelle, Schwellentest

## Abstract

The influence of a carbohydrate rich diet on power output, blood lactate concentration, heart rate, oxygen consumption, ventilation, respiratory exchange ratio, and rating of perceived exertion at the maximal lactate steady state (maxLass) was determined. For a first determination of the anaerobic threshold, the subjects performed a lactate minimum test. Afterwards, maxLass was precisely determined after a 'normal' (carbohydrate: 55%, fat: 30%, protein: 15%) and a carbohydrate rich diet (carbohydrate: 82%, fat: 7%, protein: 11%) with several constant-load tests. Power output, blood lactate concentration, heart rate, ventilation, respiratory exchange ratio, and rating of perceived exertion were similar after the 'normal' and the carbohydrate rich diet. Oxygen consumption was slightly elevated after the carbohydrate rich diet. These results demonstrate that a carbohydrate rich diet, eaten in the last 24 h before a constant-load test, does not improve power output at maxLass.

### Key words:

anaerobic threshold, constant-load test

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 52 (4), 157–161, 2004

## Einleitung

Die aerobe Leistungsfähigkeit definieren wir als Leistung an der anaeroben Schwelle (AS) und wie lange diese Leistung durchgehalten werden kann (Boutellier und Spengler, 1999). Da es im eigentlichen Sinne keine AS gibt, betrachten wir das maximale Laktat-steady-state (maxLass) als Goldstandard zur Bestimmung der sogenannten AS. Wie wir in der vorangehenden Arbeit gezeigt haben (Batschelet et al., 2004), ist die maxLass Bestimmung gut reproduzierbar.

Inwieweit die Nahrungszusammensetzung die Bestimmung von maxLass beeinflusst, ist noch unklar. Studien, die sich mit der Leistung beim maxLass ungefähr vergleichen lassen, liefern widersprüchliche Resultate. Palmer et al. (1998) fanden, dass eine Kohlenhydrateinnahme in flüssiger Form 15 min vor dem Beginn einer 20 km langen Ausdauerbelastung die Fahrradleistung nicht beeinflusst. Pitsiladis und Maughan (1999) zeigten, dass sich sowohl bei einer 10-min Belastung bei 90%  $\dot{V}O_2\max$  als auch bei einer 30-min Belastung bei 80%  $\dot{V}O_2\max$  die Dauer nach einer 7-tägigen, kohlenhydratreichen Diät gegenüber einer normalen Diät nicht verändert. Die kohlenhydratreiche Diät führte jedoch zu einer erhöhten Blutlaktatkonzentration während und nach der Belastung. Thorland et al. (1994) führten verschiedene Stufentests zur Bestimmung der AS durch. Der Vergleich von normaler

mit glykogenschöpfter Bedingung ergab keinen Unterschied in der Leistung an der AS. Sie fanden aber eine signifikant tiefere Blutlaktatkonzentration unter glykogenschöpften Bedingungen. Balsom et al. (1999) fanden nach einer 2-tägigen, kohlenhydratreichen Diät einen positiven Einfluss auf die Leistung: Die Probanden erreichten eine höhere Muskelglykogenkonzentration vor dem Test und konnten in der Folge die hochintensiven Intervallbelastungen mit einer Dauer von 10 min mit höherer Leistung bzw. den ca. 30-min-Ausdauerstest länger fahren. Die Blutlaktatkonzentration blieb von der Diät unbeeinflusst. Ventura et al. (1994) kamen zu einem ähnlichen Resultat: Nach einer Glukoseinnahme 30 min vor einer Belastung konnten die Probanden bei 82%  $\dot{V}O_2\max$  länger laufen. Die Blutlaktatkonzentration veränderte sich, im Vergleich zur Einnahme von Wasser, wie bei Balsom et al. (1999), nicht. El-Sayed et al. (1997) verglichen die Einnahme einer 8%-Kohlenhydratlösung mit einem Placebogetränk, jeweils 25 min vor einem 1-h-Velorennen eingenommen. Die Probanden legten in dieser Stunde nach der Einnahme der Kohlenhydratlösung eine grössere Distanz zurück. Die Blutlaktatkonzentration blieb aber von der Art der Flüssigkeitsaufnahme unbeeinflusst.

Wir wiesen die Versuchspersonen in früheren Studien vor leistungsdiagnostischen Tests jeweils an, sich bei der letzten Mahlzeit vor dem Test kohlenhydratreich zu ernähren. Ziel dieser Studie war es nun herauszufinden, ob eine vorgeschriebene kohlenhydratrei-

che Ernährung während 24 h vor einem Test im Vergleich zu einer normalen Ernährung mit dem Hinweis, bei der letzten Mahlzeit kohlenhydratreich zu essen, einen Einfluss auf maxLass hat.

## Methoden

**Probanden:** Am Versuch nahmen 14 männliche Nichtraucher teil. 13 Probanden absolvierten die gesamte Testserie. 1 Person beendete aus privaten Gründen die Testserie nicht. Die Probanden mussten ausdauertrainiert sein (regelmässig mindestens 2 h Ausdauertraining pro Woche, u.a. auch Fahrrad fahren) und sich maximal ausbelasten können. Ausschlusskriterien waren Medikamenteneinnahme oder Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems. Ihre Charakteristika waren: Alter:  $33 \pm 4$  Jahre; Grösse:  $180 \pm 8$  cm; Gewicht:  $75 \pm 7$  kg; rel.  $\dot{V}O_2\text{max}$ :  $60 \pm 5$  ml/min/kg; Trainingsumfang:  $8 \pm 1$  h/Woche. Alle Teilnehmer wurden vorgängig über Aufwand und Gefahren der Studie informiert und unterschrieben vor Testbeginn eine Einverständniserklärung. Die Studie wurde von der Ethikkommission der ETH Zürich bewilligt.

**Material:** Die Tests wurden auf einem drehzahlunabhängigen Fahrradergometer (Ergoline 900S, Ergonometriesysteme, Bitz, Deutschland) durchgeführt. Die Anzahl der Pedalumdrehungen konnte von den Versuchspersonen beim ersten Test ( $\geq 70$  Umdrehungen/min) frei gewählt werden, musste dann aber während allen weiteren Tests konstant gehalten werden. Die Sattelhöhe und alle anderen Einstellungen des Velos konnten ebenfalls von den Versuchspersonen beim ersten Test frei gewählt werden und wurden bei den folgenden Tests jeweils im Voraus entsprechend eingestellt. Die Messung der Herzfrequenz erfolgte mit dem Herzfrequenzmessgerät Polar Vantage NV (Polar Electro, Kempele, Finnland). Zur Bestimmung der Blutlaktatkonzentration wurden 20  $\mu$ l Blut mittels Kapillare in ein mit Systemlösung vorgefülltes Probengefäss abgemessen und anschliessend mit dem Laktatanalysator BIOSEN 5040 (EFK Industrie-Elektronik, Barleben, Deutschland) analysiert. Der Sauerstoffverbrauch und die Ventilation wurden im offenen System Atemzug-für-Atemzug mit dem Oxycon gamma (Jäger, Höchberg, Deutschland) gemessen. Am Ende jeder Stufe des Laktatsenketests bzw. alle 3 min bei den Schwellentests wurde die Belastung anhand der modifizierten und ins Deutsche übersetzten Borg-Skala (Wilson and Jones, 1991) vom Probanden geschätzt. Dabei wurde dem Probanden folgende Frage gestellt: «Wie gross ist die Belastung?» Damit der Proband die Skala richtig einteilen konnte, wurde ihm jeweils der Hinweis gegeben, dass «0» keiner und «10» einer maximalen Belastung entspricht.

**Testbedingungen:** Die Tests wurden praktisch zur gleichen Tageszeit durchgeführt. Die Tretfrequenz und die Veloeinstellungen wurden konstant gehalten. Zwischen den Tests lagen mindestens 3 und maximal 14 Tage. Der Trainingsumfang wurde 2 Wochen vor und während der Testdauer durch den Probanden konstant gehalten (Überwachung durch das von den Probanden geführte Trainingstagebuch). Weiter durften sie in den 48 h vor einem Test keine intensiven Trainingseinheiten absolvieren und 2 h vor einem Test kein Koffein zu sich nehmen. Die Tests wurden im Fall von Krankheit, Unwohlsein oder mangelndem Schlaf verschoben. Den Probanden wurde vor Testbeginn jeweils 15 min liegend der Ruhepuls gemessen. In den folgenden Tests wich dieser bei keinem der Probanden mehr als 10% ab, was ein Grund zu einer Testverschiebung gewesen wäre.

**Ernährung:** Mit mehreren Schwellentests wurde maxLass nach «normaler» Ernährung (maxLass N) bestimmt. Dabei wurden die Probanden angewiesen, sich bei der letzten Hauptmahlzeit vor jedem Test kohlenhydratreich zu ernähren. Zur erneuten Bestimmung von maxLass, dieses Mal nach kohlenhydratreicher Diät (maxLass KH), erhielten die Probanden für die letzten 24 h (= die letzten drei Hauptmahlzeiten und Zwischenmahlzeiten) vor dem Test genaue Ernährungsvorgaben. Den Probanden wurden für alle 3 Hauptmahlzeiten verschiedene Menüvarianten abgegeben, aus denen sie jeweils eine auswählen konnten. Die Zwischenmahlzeiten wurden den Studienteilnehmern von uns abgegeben. Das Ziel war mindestens 70% Kohlenhydrate, höchstens 15% Fett bzw. 15%

Eiweiss einzunehmen. Deshalb mussten die Probanden pro Tag mindestens 7.4 g Kohlenhydrate/kg Körpergewicht (entspricht bei 75 kg Körpergewicht 555 g/Tag) aufnehmen. Bezüglich der täglichen Energieaufnahme gab es keine Einschränkung. Wir verzichteten darauf, die Diäten isokalorisch durchzuführen. Die Probanden führten jeweils in den letzten 24 h vor einem Schwellentest ein Ernährungsprotokoll. Ausgewertet wurde die Nahrungsaufnahme vor maxLass N bzw. maxLass KH, d.h. je 1 Schwellentest wurde berücksichtigt. Aus verschiedenen Gründen (z.B. Essen im Restaurant) konnten nicht alle Ernährungsprotokolle wunschgemäss ausgefüllt werden. Die Ernährungsauswertung erfolgte aufgrund der angegebenen Menge (wenn möglich gewogen) der aufgenommenen Nahrungsmittel.

**Laktatsenketest:** Die Probanden absolvierten zuerst einen Laktatsenketest zur Bestimmung der Leistung an der AS (Braumann et al., 1991). Der Laktatsenketest bestand aus einem 1. und 2. Belastungsteil und einer dazwischenliegenden Pause (detaillierte Angaben finden sich bei Batschelet et al., 2004). Beide Belastungsteile entsprachen Stufentests und dauerten, bis der Proband aus Erschöpfung selber abbrach oder die selbstgewählte Trittfrequenz nicht mehr halten konnte. Die Leistung an der AS wurde beim tiefsten Punkt der Laktatkurve abgelesen.

**Schwellentest:** Die Schwellentests dienten der Ermittlung von maxLass (detaillierte Angaben finden sich bei Batschelet et al., 2004). Damit die Leistung maxLass entsprach, mussten folgende Bedingungen erfüllt sein: Die Blutlaktatkonzentration war in den letzten 20 min einer 30-min Belastung konstant (Blutlaktatkonzentrationsanstieg  $\leq 1$  mmol/l) und bei einer um 5 W höheren Leistung stieg die Konzentration an ( $> 1$  mmol/l). Der erste Test wurde mit der auf 5 W gerundeten Leistung an der durch den Laktatsenketest ermittelten AS gefahren. Anschliessend wurde der Schwellentest so oft gefahren, bis die Kriterien für maxLass N erfüllt waren. Die maxLass KH-Bestimmung begann mit der Leistung, die maxLass N entsprach. Dann wurde wieder mit der notwendigen Anzahl von Tests – wie oben beschrieben – maxLass KH gesucht.

**Datenauswertung und Statistik:**  $\dot{V}O_2\text{max}$  wurde beim Laktatsenketest bestimmt, indem der während 30 s gemittelte höchste Wert, der entweder beim 1. oder 2. Belastungsteil erreicht wurde, gesucht wurde. Zur Bestimmung der Blutlaktatkonzentration, der Herzfrequenz und des subjektiven Belastungsempfindens wurde bei der maxLass-Bestimmung der Durchschnitt aller 3-min Werte ab der 15. bis zur 32. Minute berechnet. Der Sauerstoffverbrauch und die Ventilation wurden zum gleichen Zeitpunkt, jeweils während 30 s gemittelt, verwendet. Die Mittelwerte aller gemessenen Parameter aus der maxLass N- und maxLass KH-Bestimmung wurden anhand des gepaarten t-Tests auf signifikante Unterschiede (Signifikanzniveau  $p < 0.05$ ) überprüft. Mit dem Variationskoeffizienten wurde die Vergleichbarkeit quantifiziert. Die berechneten und dargestellten Variationskoeffizienten entsprechen dem Mittelwert aller Variationskoeffizienten jedes einzelnen Probanden. Alle statistischen Auswertungen wurden mit dem Computerprogramm Stat View 5.0.1 (Abacus Concepts, Berkeley, CA, USA) gemacht.

## Resultate

Zur genauen Bestimmung von maxLass N bzw. maxLass KH mussten  $5.2 \pm 2.0$  resp.  $3.1 \pm 1.1$  Schwellentests durchgeführt werden. *Abbildung 1* zeigt die Leistung beim maxLass N. Zusätzlich ist die Differenz maxLass KH – maxLass N eingezeichnet.

Leistung, Blutlaktatkonzentration, Herzfrequenz, Ventilation, subjektives Belastungsempfinden und respiratorischer Quotient (RQ) waren beim maxLass nach normaler und kohlenhydratreicher Diät identisch (*Tab. 1*). Nur der Sauerstoffverbrauch war nach kohlenhydratreicher Diät leicht erhöht. Zusätzlich finden sich in *Tabelle 1* die Variationskoeffizienten.

Die Blutlaktatkonzentration beim maxLass N ( $5.7 \pm 1.1$  mmol/l) und dem 1. Test mit kohlenhydratreicher Diät ( $5.7 \pm 1.1$  mmol/l), bei gleicher Leistung wie beim maxLass N durchgeführt, war ebenfalls gleich.

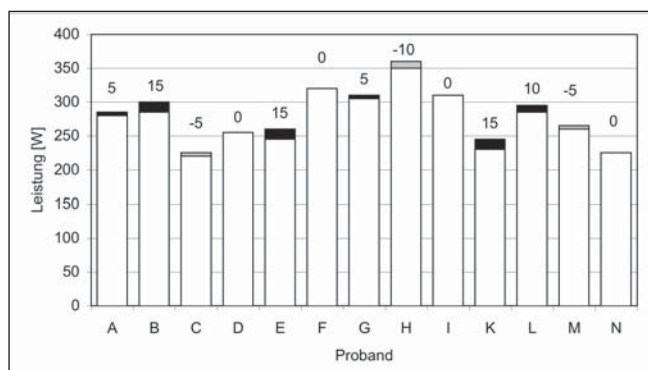


Abbildung 1: Weisse Säulen: Leistung beim maxLass N. Gefüllte Säulen bzw. Zahlen: Differenz von maxLass KH – maxLass N. Vgl. Tabelle 1 für Abkürzungen.

	maxLass N	maxLass KH	Variationskoeffizient (%)
Leistung (W)	275 ± 40	278 ± 38	1.7 ± 1.6
Blutlaktatkonzentration (mmol/l)	5.7 ± 1.1	5.8 ± 1.3	9.5 ± 7.7
Herzfrequenz (min <sup>-1</sup> )	163 ± 13	163 ± 15	1.5 ± 1.3
Sauerstoffverbrauch (ml/min)	4005 ± 520	4124 ± 545 *	2.2 ± 2.5
Ventilation (l/min)	104 ± 15	106 ± 14	5.6 ± 3.0
Subjektives Belastungsempfinden	6.9 ± 1.8	6.9 ± 1.8	7.4 ± 6.9
Respiratorischer Quotient	0.85 ± 0.04	0.85 ± 0.05	2.1 ± 1.4

Tabelle 1: Mittelwerte ± Standardabweichungen beim maxLass (= maximales Laktat-steady-state) N (normalernährt) und KH (kohlenhydratreich) sowie den Variationskoeffizienten. \* = signifikanter Unterschied zu maxLass N (p < 0.05). N = 13.

Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der Energiezufuhr in den letzten 24 h vor maxLass N bzw. maxLass KH. Die «normale» Ernährung bestand zu 55% aus Kohlenhydraten, zu 30% aus Fetten und zu 15% aus Eiweissen. Bei der kohlenhydratreichen Ernährung war der prozentuale Anteil der Kohlenhydrate mit 82% signifikant grösser als bei der normalen Diät (p < 0.001), der Anteil der Fette (7%, p < 0.001) und der Eiweisse (11%, p < 0.05) signifikant kleiner. Bei der normalen Diät nahmen die Probanden tendenziell weniger Energie (11.4 ± 3.3 MJ) zu sich als bei der kohlenhydratreichen (13.5 ± 3.5 MJ). Drei Probanden (A, G und N) erreichten das Ziel, mindestens 7.4 g Kohlenhydrate/kg Körpergewicht pro Tag aufzunehmen, nicht.

Die Differenz der Leistung zwischen den beiden maxLass korrelierte weder mit der Differenz der eingenommenen Kohlenhydrate maxLass KH – maxLass N (y = 4432.1 + 76.8 x, r = 0.20, p = 0.53),

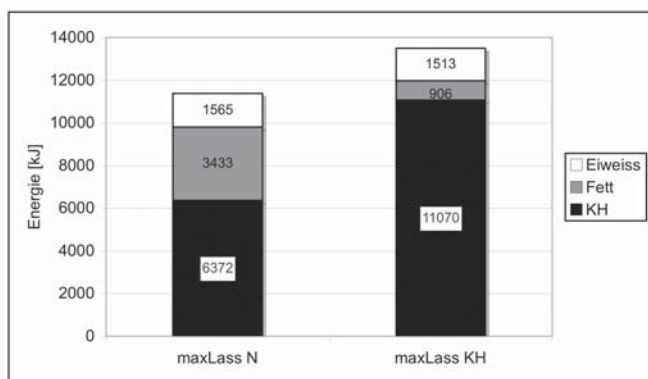


Abbildung 2: Energieanteile beim maxLass N und maxLass KH. Vgl. Tabelle 1 für Abkürzungen.

noch mit der absoluten Kohlenhydrataufnahme beim maxLass N (y = 6731.5 – 103.8 x, r = 0.35, p = 0.25) und auch nicht mit derjenigen beim maxLass KH (y = 11163.7 – 27.0 x, r = 0.07, p = 0.82).

**Diskussion**

Diese Studie zeigt, dass die maxLass Leistung nach einer vorgeschriebenen kohlenhydratreichen Ernährung während den letzten 24 h vor dem Test gegenüber einer normalen Ernährung (mit einer letzten, verbal verlangten kohlenhydratreichen Mahlzeit vor dem Test) unverändert blieb. Nicht Gegenstand dieser Untersuchung war, ob die Probanden allenfalls länger bei dieser Leistung hätten fahren können. Pitsiladis et al. (1996) sind der Ansicht, dass der Füllungsstatus der Muskelglykogenspeicher die Leistung beeinflussen kann, aber nicht muss. Falls die Muskelglykogenspeicher für eine bestimmte Belastung ausreichend gefüllt sind, verbessert eine grössere Füllung der Glykogenspeicher die Leistung oder die Ausdauerkapazität bei trainierten Personen bei einem Lauf, der weniger als 90 min dauert, nicht. Das Muskelglykogen beeinflusst die maximale Laufgeschwindigkeit während einer bestimmten Dauer nur dann negativ, wenn die Speicher zu stark entleert sind. Somit kann angenommen werden, auch wenn der Muskelglykogengehalt in dieser Studie nicht gemessen wurde, dass die Muskelglykogenspeicher der Probanden nach der normalen Diät vor der Belastung ausreichend gefüllt waren und deshalb mit kohlenhydratreicher Diät keine Leistungsverbesserung beim maxLass erzielt wurde.

Hawley et al. (1997) sind der gleichen Meinung. Sie verglichen bei einem 60-min Velorennen eine 3-tägige normale Diät (KH: 426 ± 134 g/Tag) mit einer 3-tägigen kohlenhydratreichen Diät (KH: 661 ± 76 g/Tag). Die Leistung blieb von der Diät unbeeinflusst, obwohl die Muskelglykogenspeicher nach der kohlenhydratreichen Diät signifikant besser gefüllt waren. Die Autoren glauben, dass die Ermüdung bei einer 60-min Belastung bei ca. 80%  $\dot{V}O_2max$  nicht durch entleerte Muskelglykogenspeicher bestimmt wird und eine Kohlenhydrat-Aufladung deshalb für eine Belastungsdauer in diesem Bereich keinen Nutzen bringt.

Reznik Dolins et al. (2003) fanden für die Kohlenhydrat-Aufnahme ein Maximum, das bei Männern bei 500–550 g/Tag liegt. Eine Mehraufnahme von Kohlenhydraten kann die Glykogenspeicherfüllung nicht erhöhen. Sie vermuten, dass die maximale Kohlenhydrat-Aufnahme von der Muskelmasse abhängig ist, da die meisten Kohlenhydrate als Muskelglykogen gespeichert werden (Reznik Dolins et al., 2003).

Bei 4 Probanden (Abb. 1) war die Leistung beim maxLass N und maxLass KH gleich, bei weiteren 4 unterschied sich die Leistung beim maxLass KH nur unwesentlich von der Leistung beim maxLass N (Δ Leistung = 5 W). Vermutlich liegen diese Differenzen im Bereich der normalen Schwankungen (Batschelet et al., 2004). Die Probanden B, E und K (+ 15 W) und der Proband L (+ 10 W) erreichten beim maxLass KH eine höhere Leistung als beim maxLass N. Letzterer könnte durch die innerhalb kurzer Zeit absolvierten Schwellentests (8 in 4 Wochen) einen Trainingseffekt erzielt haben. Es fällt auf, dass diese 4 Probanden beim maxLass KH zum Teil deutlich mehr Kohlenhydrate zu sich genommen haben als beim maxLass N (Δ KH: 365 ± 184 g). Ihre Kohlenhydrat-Einnahmen bei der normalen Ernährung, ausser beim Proband L (477 g/Tag), lagen deutlich unter den von Reznik Dolins et al. (2003) beschriebenen 500–550 g/Tag (Proband B: 333 g, E: 321 g, K: 340 g). Dies könnte darauf hinweisen, dass diese Probanden bei der normalen Diät ihre Muskelglykogenspeicher nicht ausreichend gefüllt hatten und deshalb von dieser Mehraufnahme profitierten. Bei den 8 Probanden, deren Leistung sich bei den beiden maxLass nicht oder maximal 5 W unterschied, muss angenommen werden, dass ihre Muskelglykogenspeicher durch die normale Diät ausreichend gefüllt waren und sie von der Kohlenhydrat-Mehraufnahme (Δ KH 252 ± 197 g) nicht profitierten. Bei Proband H war die Leistung beim maxLass nach der kohlenhydratreichen Diät 10 W tiefer als nach der normalen Diät. Dieser Proband ernährte sich bei der normalen Diät schon sehr kohlenhydratreich. Der Unterschied in der Kohlenhydratmenge zwischen der kohlenhydratreichen und

der normalen Diät war nur 114 g. Wahrscheinlich muss diese Leistungsabnahme durch Tagesschwankungen erklärt werden.

Bezüglich Reproduzierbarkeit der maxLass Leistung fanden Batschelet et al. (2004) einen Variationskoeffizienten von 0.77%, der Variationskoeffizient in dieser Arbeit lag trotz Vergleich zweier Ernährungsvarianten mit 1.7% nur unwesentlich höher (Tab. 1). Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Mehrheit dieser Probanden durch die kohlenhydratreiche Diät keinen Leistungsgewinn erzielte. Ebenfalls keinen Einfluss auf die Leistung hatten sowohl die Differenz der eingenommenen Kohlenhydrate zwischen den beiden Diäten wie auch die Menge der absolut eingenommenen Kohlenhydrate bei der normalen resp. kohlenhydratreichen Diät.

Die maxLass Blutlaktatkonzentration wurde durch die kohlenhydratreiche Diät im Vergleich zur normalen Diät nicht beeinflusst (Tab. 1). Gleich war die Blutlaktatkonzentration auch beim 1. Test nach kohlenhydratreicher Diät, der mit der gleichen Leistung wie maxLass N durchgeführt wurde, verglichen mit der Blutlaktatkonzentration beim maxLass N. Auch Pitsiladis et al. (1996) fanden keine Unterschiede in der Blutlaktatkonzentration, als sie kohlenhydratreiche mit -ärmerer Nahrung verglichen. Als mögliche Erklärung vermuten Pitsiladis et al. (1996) die relativ moderate Diätmanipulation (Kohlenhydratanteil bei kohlenhydratärmerer Diät 40%, bei -reicher Diät 70%). Die Diätmanipulation war in unserer Studie mit 27%-Punkte ebenfalls gering, und zudem war der Kohlenhydratanteil mit 55% schon bei der normalen Ernährung hoch. Die unveränderte Blutlaktatkonzentration nach kohlenhydratreicher Diät überrascht deshalb nicht.

In einer anderen Studie erhielten Pitsiladis und Maughan (1999) gegenteilige Resultate. Die Blutlaktatkonzentration war nach Belastung (10 min bei 90%  $\dot{V}O_2\max$  resp. 30 min bei 80%  $\dot{V}O_2\max$ ) mit kohlenhydratreicher Diät (70% KH) höher als mit kohlenhydratärmerer Diät (40% KH). Auch andere Studien fanden höhere Blutlaktatkonzentrationen nach kohlenhydratreicher Ernährung. Dabei wurden aber meist kohlenhydratreiche (> 60%) mit kohlenhydratarmen (< 12%) Diäten verglichen (Greenhaff et al., 1988; Maughan and Poole, 1981).

In dieser Studie war der RQ beim maxLass N gleich hoch wie beim maxLass KH (Tab. 1), was auf einen unveränderten Energiestoffwechsel schliessen lässt. Der RQ war mit 0.85 für eine Belastung beim maxLass relativ tief. Normalerweise beträgt der RQ bei Belastungen im Bereich von maxLass bei einer Dauer zwischen 20 und 60 min nach normaler Diät mindestens 0.90 (Arkinstall et al., 2001; Mc Lellan and Cheung, 1992; Ribeiro et al., 1986). Nach kohlenhydratreicher Diät kann der RQ sogar noch höher sein (0.93–1.05) (Arkinstall et al., 2001; Vogt et al., 2003). Die Ursache des tiefen RQ in dieser Studie könnte technischer Natur sein. Der Sauerstoffverbrauch wurde wahrscheinlich etwas zu hoch gemessen.

Der Sauerstoffverbrauch war beim maxLass KH signifikant grösser als beim maxLass N (Tab. 1). Das kalorische Äquivalent (Energieumsatz/l Sauerstoff) ist bei der Oxidation von Kohlenhydraten grösser als bei der Oxidation von Fetten. Dies bedeutet, dass bei der Oxidation von Kohlenhydraten pro l Sauerstoff mehr Energie (21.3 kJ/l  $O_2$ ) entsteht als bei der Oxidation von Fetten (19 kJ/l  $O_2$ ) (Stegemann, 1991). Demzufolge wäre eigentlich der Sauerstoffverbrauch beim maxLass N höher zu erwarten gewesen bzw. gleich hoch wie beim maxLass KH, da beim RQ kein Hinweis auf eine Veränderung des Energiestoffwechsels gefunden wurde. Etwa 40 ml des durchschnittlichen Sauerstoffmeherverbrauchs aller Probanden kann durch die tendenziell leicht höhere Durchschnittsleistung beim maxLass KH erklärt werden.

Die Herzfrequenz, die Ventilation und das subjektive Belastungsempfinden waren beim maxLass N gleich hoch wie beim maxLass KH (Tab. 1). Aufgrund der praktisch gleichen Leistung sowie Blutlaktatkonzentration beim maxLass N bzw. maxLass KH ist bei diesen Parametern auch kein Unterschied zu erwarten.

Die Probanden nahmen in unserer Studie im Vergleich zu anderen Studien bei der kohlenhydratreichen Diät mit durchschnittlich  $7 \pm 3\%$  eher wenig Fett zu sich. Bei der Einnahme einer mehrtägigen fettarmen respektive einer kohlenhydratreichen Diät liegt der Fettanteil meist zwischen 20 und 25% (Hawley et al., 1997,

Lynch et al., 2000, Pitsiladis et al., 1996). Dauert die fettarme Diät höchstens 24 h, so kann der Fettanteil oft auch darunter liegen. Bei Okano et al. (1996) nahmen die Probanden eine kohlenhydratreiche Mahlzeit ein, deren Fettanteil 10% betrug; bei Whitley et al. (1998) nahmen die Probanden bei der kohlenhydratreichen Mahlzeit weniger als 3.5 Energieprozent in Form von Fett auf.

## Schlussfolgerung

Eine speziell kohlenhydratreiche Diät in den letzten 24 h vor einem Schwellentest hat keinen Einfluss auf maxLass. Somit reicht unsere bisherige Nahrungsvorgabe vor Leistungstests, im Speziellen vor einer maxLass Bestimmung, bei der letzten Mahlzeit kohlenhydratreich zu essen, aus.

Korrespondenzadresse:

Claudia Knöpfli-Lenzin, Sportphysiologie, Winterthurerstr. 190, 8057 Zürich. Tel. 01 635 50 06.  
E-Mail: knoepfli@physiol.unizh.ch.

## Literaturverzeichnis

- Arkinstall M.J., Bruce C.R., Nikolopoulos V., Granham A.P., Hawley J.A. (2001): Effect of carbohydrate ingestion on metabolism during running and cycling. *J. Appl. Physiol.* 91: 2125–2134.
- Balsom, P.D., Gaitanos G.C., Söderlund K., Ekblom B. (1999): High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiol. Scand.* 165: 337–345.
- Batschelet, A., Zimmermann C., Schmid K., Boutellier U., Knöpfli-Lenzin C. (2004): Reproduzierbarkeit des maximalen Laktat-steady-states. *Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraum.* 52: 154–156.
- Boutellier U., Spengler C.M. (1999):  $\dot{V}O_2\max$  als Mass für die Ausdauerleistungsfähigkeit? *Schweiz. Ztschr. Sportmed. Sporttraum.* 47: 118–122.
- Braumann K.M., Tegtbur U., Busse M.W., Maassen N. (1991): Die «Laktat-senke» – eine Methode zur Ermittlung der individuellen Dauerleistungsgrenze. *Dtsch. Ztschr. Sportmed.* 42: 240–246.
- El-Sayed M.S., Balmer J., Rattu A.J.M. (1997): Carbohydrate ingestion improves endurance performance during a 1 h simulated cycling time trial. *J. Sports Sci.* 15: 223–230.
- Greenhaff P.L., Gleeson M., Maughan R.J. (1988): The effects of a glycogen loading regimen on acid-base status and blood lactate concentration before and after a fixed period of high intensity exercise in man. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57: 254–259.
- Hawley J.A., Palmer G.S., Noakes T.D. (1997): Effect of 3 days of carbohydrate supplementation on muscle glycogen content and utilisation during a 1-h cycling performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75: 407–412.
- Lynch N.J., Galloway S.D.R., Nimmo M.A. (2000): Effects of moderate dietary manipulation on intermittent exercise performance and metabolism in women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81: 197–202.
- Maughan R.J., Poole D.C. (1981): The effects of glycogen-loading regimen on the capacity to perform anaerobic exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 46: 211–219.
- Mc Lellan T.M., Cheung K.S.Y. (1992): A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24: 543–550.
- Okano G., Sato Y., Takumi Y., Sugawara M. (1996): Effect of 4 h preexercise high carbohydrate and high fat meal ingestion on endurance performance and metabolism. *Int. J. Sports Med.* 17: 530–534.
- Palmer G.S., Clancy M.C., Hawley J.A., Rodger I.M., Burke L.M., Noakes T.D. (1998): Carbohydrate ingestion immediately before exercise does not improve 20 km time trial performance in well trained cyclists. *Int. J. Sports Med.* 19: 415–418.
- Pitsiladis Y.P., Duignan C., Maughan R.J. (1996): Effects of alterations in dietary carbohydrate intake on running performance during a 10 km treadmill time trial. *Br. J. Sports Med.* 30: 226–231.
- Pitsiladis Y.P., Maughan R.J. (1999): The effects of alterations in dietary carbohydrate intake on the performance of high-intensity exercise in trained individuals. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79: 433–442.
- Reznick Dolins K., Boozer C.N., Stoler F., Bartels M., DeMeersman R., Contento I. (2003): Effect of variable carbohydrate intake on exercise

performance in female endurance cyclists. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 13: 422–435.

Ribeiro J.P., Hughes V., Fielding R.A., Holden W., Evans W., Knuttgen H.G. (1986): Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate thresholds. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55: 215–221.

Stegemann J. (1991): *Leistungsphysiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Thorland W., Podolin D.A., Mazzeo R.S. (1994): Coincidence of lactate threshold and hr-power output threshold under varied nutritional states. *Int. J. Sports Med.* 15: 301–304.

Ventura J.L., Estruch A., Rodas G., Segura R. (1994): Effect of prior ingestion of glucose or fructose on the performance of exercise of intermediate duration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 68: 345–349.

Vogt M., Puntschart A., Howald H., Müller B., Mannhart C., Gfeller L., Mullis P., Hoppeler H. (2003): Effects of dietary fat on muscle substrates, metabolism, and performance in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35: 952–960.

Wilson R.C., Jones P.W. (1991): Long-term reproducibility of Borg scale estimates of breathlessness during exercises. *Clin. Sci.* 80: 309–312.

Whitley H.A., Humphreys S.M., Campbell I.T., Keegan M.A., Jayanetti T.D., Sperry D.A., MacLaren D.P., Reilly T., Frayn K.N. (1998): Metabolic and performance responses during endurance exercise after high-fat and high-carbohydrate meals. *J. Appl. Physiol.* 85: 418–424.

## International Meeting on

# Minor Traumatic Brain Injuries (mTBI) in Sports

Samedan / St Moritz, Switzerland

28 February – 4 March 2005

The diagnosis and treatment of Traumatic Brain Injury (TBI) is important for physicians and para-medical personal working with athletes. In boxing, soccer, American football and ice hockey hundred thousands of people incur traumatic brain injuries every season. By the increasing number of athletes, there are also an increasing number of TBI in sports worldwide. The diagnosis of brain injuries is complex because of the diversity of the symptoms and several diagnostic issues will be discussed. Also there is a major focus on prevention programs to prevent the athlete for cumulative brain injuries.

This meeting will consider the latest research on TBI with the emphasis first on mechanism, pathology and its clinical correlation as well as on diagnosis, classification, reports, therapy, and secondly on rehabilitation, recovery, return to play, and prevention strategies of TBI in sport (ie. amateur / professional boxing, ice hockey, soccer, American football, kick boxing, k1, skiing, snowboarding, biking, climbing, etc.). There will be also report on the latest Second International Symposium on Concussion in November 2004 in Prague, Czech Republic.



### Chairmen:

Mr. Nicola Biasca, Spital Oberengadin, Samedan, Switzerland  
Mr. Erik Matser, St Anna Hospital Geldrop, The Netherlands

### Faculty:

Mr. Réto Agosti, Kopfwehzentrum Hirslanden Zurich, Switzerland  
Mr. Marc Lovell, University of Pittsburgh, Medical Center, USA  
Mr. Yelverton Tegner, The Ermine Clinic, Lulea, Sweden  
Mr. Michael Collins, University of Pittsburgh, Medical Center, USA  
Mr. John Weber, Erasmus Medical Center Rotterdam, The Netherlands  
Mr. Paul Piccinini, Member of the IOC / IIHF Medical Committees, Toronto, Canada

Details on the meeting and Registration Form are available at:

<http://www.orthopaedie-samedan.ch/mtbi.html>

SPITAL OBERENGADIN • OSPIDEL ENGIADIN 'OTA  
ZENTRUM für  
Orthopädie Traumatologie Sportmedizin