

Untersuchung des Einflusses standardisierter Kohlenhydratgabe zur Glykogenresynthese auf die Leistungsfähigkeit während simulierter Doppelstarts bzw. zwei Wettkampfbelastungen innerhalb von 24 Stunden

(AZ 070106/12)

Anja Carlsohn, Juliane Heydenreich & Frank Mayer (Projektleiter)

Hochschulambulanz der Universität Potsdam,
Zentrum für Sportmedizin, Freizeit-, Gesundheits- und Leistungssport,
Professur für Sportmedizin und Sportorthopädie

1 Problem und Fragestellung

Während Ausdauerbelastungen und intermittierenden Belastungen stellt die Verfügbarkeit von Kohlenhydraten (KH) in Form muskulärer Glykogenspeicher eine leistungsbeeinflussende Komponente dar (Burke, 2001; Achten, 2004). Gut belegt ist, dass eine Glykogenverarmung der Muskulatur wesentlich zu vorzeitiger Ermüdung und nachlassender Leistungsfähigkeit während sportlicher Belastung beitragen kann (Burke, 2007). In verschiedenen Sportarten finden Doppelbelastungen innerhalb von 24 Stunden bzw. intensive Belastungen innerhalb weniger Tage statt. Das Wiederauffüllen der Glykogenspeicher stellt hierbei die determinierende Komponente hinsichtlich der Erholungszeit dar (Beelen, 2010). Die Zufuhr von Kohlenhydraten nach intensiven Belastungen (Ausdauerbelastungen, intermittierende Belastungen) ist dabei entscheidend für die Regeneration der muskulären Glykogenspeicher (Jentjens & Jeukendrup, 2003; Beelen, 2010). Zu beachten ist, dass die Glykogenresynthese biphasisch verläuft (Price, 1994). Die ersten zwei Nachbelastungsstunden stellen sich als „window of opportunity“ dar (Ivy, 2001; Millard-Stafford, 2008), in denen durch rasche Kohlenhydratgabe die Regeneration des Muskelglykogens effizient gestaltet werden kann. Frühe Arbeiten von Ivy et al. zeigen, dass die Glykogenspeicherung nach vier Stunden Regeneration bei sofortiger Kohlenhydratzufuhr nach Belastungsende signifikant höher ist als bei isokalorischer, aber verzögerter Kohlenhydratgabe zwei Stunden nach Belastungsende (Ivy, 1988). Zu berücksichtigen ist jedoch die beeinträchtigte Glykogenspeicherung 24-48 Stunden nach exzentrischem Training verglichen mit konzentrischer Belastungen (Winnick, 2005). Studien, die den Einfluss von Sportarten mit sowohl konzentrischen als auch exzentrischen Belastungsformen beinhalten (z. B. Ballsportarten mit Sprung-, Lande- und Abbremsbewegungen und häufigem Richtungswechsel) liegen derzeit nicht vor.

Als Ernährungsstrategie zur raschen Glykogenresynthese nach intensiver Belastung mit kurzer Erholungszeit bis zur nächsten intensiven Belastung werden derzeit folgende Handlungsweisen empfohlen (Jentjens & Jeukendrup, 2003; Beelen, 2010):

- › Verzehr von 1,2-1,8 g KH/kg/h in den ersten 4-6 Stunden nach Belastungsende
- › Verteilung der Kohlenhydratzufuhr auf mehrere Portionen (z. B. alle 15 Minuten).

Ziel der Untersuchung war es daher zu überprüfen, (1) ob eine optimierte Kohlenhydratzufuhr direkt nach erschöpfenden Belastungen verglichen mit einer verzögerten Kohlenhydratgabe zu Verbesserungen der Ausdauerleistungsfähigkeit am Folgetag führt und (2) ob sich die für Ausdauersportarten entwickelten Kohlenhydratverzehrempfehlungen auch auf Ballsportarten übertragen lassen.

2 Methoden

In die randomisierte, placebo-kontrollierte Studie wurden 21 Läufer (L) und 15 Sportler mit gewohnheitsmäßiger exzentrischer Belastung (ECC, Ball-, Zweikampf- und Kraftsportler) eingeschlossen. In randomisierter Reihenfolge durchliefen die Testpersonen jeweils zwei Versuchsarme, in denen nach einer definiert glykogenverarmenden Belastung (Baar, 2010) entweder eine sofortige, standardisierte Kohlenhydratgabe (Riegel und Getränke mit hohem glykämischen Index) oder ein Placeboverzehr (Riegel und Getränke mit Süßstoffen) erfolgte (Abb. 1). Die Verum- bzw. Placebo-Einnahme wurde doppelt verblindet.

Zunächst erfolgte für die Läufer eine 60-minütige glykogenverarmende Belastung bei 75 % der maximalen Herzfrequenz (HR_{max}) (Baar 2010). Die Testpersonen aus Ball-, Zweikampf- und Kraftsportarten absolvierten nach einer 30-mütigen Laufbelastung bei 75 % der HR_{max} für weitere 30 Minuten einen Parcours, der neben Sprung, Abbrems- und Landebewegungen auch Richtungs- und Geschwindigkeitswechsel beinhaltete (modifiziert nach Bendiksen 2012, (Bendiksen, 2012). Im Anschluss wurden für 3 Stunden alle 15 Minuten Getränke bzw. Riegel verabreicht, die entweder kohlenhydratreich (1,5 g/kg/h) oder kohlenhydratarm ($< 0,3$ g/kg/h Kohlenhydrate) waren. Genau 24 Stunden nach der glykogenverarmenden Belastung wurde ein 5000 m Timetrial absolviert. Nach einer einwöchigen Wash-out Phase unter Beibehaltung der gewohnten Ernährungs- und Trainingsbedingungen erfolgte eine zweite glykogenverarmende Belastung und im Anschluss die jeweils andere Ernährungsweise (kohlenhydratreich bzw. Placebo). Insgesamt absolvierten die Testpersonen demnach innerhalb von 15 Tagen einen Eingangs-Stufentest mit Bestimmung der HF_{max} zur Belastungsdosierung der glykogenverarmenden Trainingseinheit, einen Baseline-Timetrial, jeweils 2 glykogenverarmende Belastungen mit entweder sofortiger Kohlenhydrat- oder Placebogabe sowie 2 post-intervention-Timetrials.

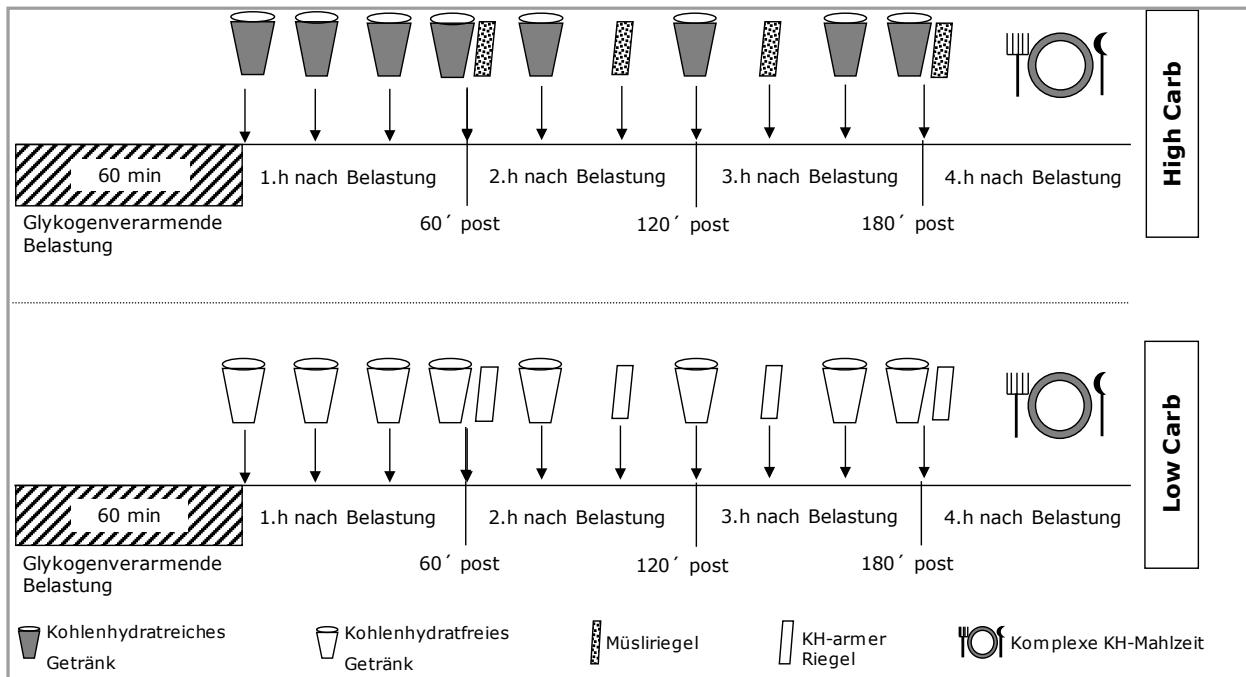


Abb. 1: Ablauf der Kohlenhydrat (Verum) bzw. Placebogabe sofort nach Beendigung der glykogenverarmenden Belastungen

Zielparameter der Untersuchung waren die Laufzeit und das subjektive Belastungsempfinden (RPE, Borg-Skala) bei den 5000 m Timetrials. Zusätzlich wurden die Herzfrequenz (Hf) sowie die Blutlaktatkonzentration (bLa) dokumentiert. Auf Unterschiede in den Veränderungen von Laufzeiten, RPE, Hf und bLa zwischen Baseline und post-intervention Timetrials wurde mittels einfaktorieller ANOVA mit Messwiederholung geprüft ($\alpha = 0,05$).

3 Ergebnisse

Die Drop-Out Quote betrug bei den Läufern (L) 28 %, bei den Testpersonen aus Ball-, Zweikampf- und Kraftsportarten (ECC) 50 %. Insgesamt gingen 23 vollständige Datensätze (15 L/8 ECC) in die Untersuchung ein (Tab. 1).

Tab. 1: Probandencharakteristik beider Interventionsgruppen

Sportart (N)	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	BMI* (kg/m ²)	Körperfett (%)	IAS** (km/h)
L (6m/9w)	28 ± 5	174 ± 10	69 ± 12	23 ± 12	14 ± 5	12,9 ± 1,2
ECC (4m/4w)	25 ± 3	173 ± 8	68 ± 11	23 ± 3	15 ± 4	12,2 ± 0,8

* BMI, Body Mass Index

** IAS, Laufgeschwindigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle

3.1 Laufzeiten in den 5000 m Timetrials im Anschluss an die glykogenverarmten Belastungen

Die Laufzeiten in den 5000 m Timetrials (Baseline, nach Kohlenhydrat- bzw. Placebogabe) unterschieden sich in der Gesamtkohorte (N = 23) nicht (Abb. 1). Weder bei den Läufern ($p = 0,87$), noch bei den Testpersonen aus Ballsport-, Zweikampf- oder Kraftsportarten ($p = 0,97$) wurden Unterschiede in den Timetrial-Laufzeiten zwischen Gewöhnungstest (Baseline), Timetrial nach sofortiger Kohlenhydratgabe und Timetrial nach Placebogabe beobachtet (Tab. 2).

Tab. 2: Messgrößen in den 5000 m Timetrials beider Interventionsgruppen

	Messzeitpunkt	Laufzeit (min)	Herzfrequenz (bpm)	Laktatkonzentration (mmol/L)	Belastungsempfinden
L	BASELINE	21:27 ± 2:21	188 ± 9	8,5 ± 2,5	18,3 ± 1,0
	PLACEBO	21:08 ± 2:07	188 ± 10	8,7 ± 2,7	18,4 ± 1,2
	CARB	21:03 ± 2:04	189 ± 9	9,2 ± 2,4	18,6 ± 1,0
ECC	BASELINE	22:42 ± 1:52	192 ± 8	8,8 ± 1,8	17,3 ± 1,3
	PLACEBO	22:30 ± 1:47	192 ± 8	8,2 ± 2,0	18,0 ± 1,3
	CARB	22:39 ± 2:02	194 ± 11	8,1 ± 1,6	17,6 ± 0,5

3.2 Herzfrequenz, Laktatkonzentration und Belastungsempfinden in den 5000 m Timetrials

Auch die mittlere Herzfrequenz (L: $p = 0,99$; ECC: $p = 0,95$), die Blutlaktatkonzentration (L: $p = 0,75$; ECC: $p = 0,77$) und das subjektive Belastungsempfinden (L: $p = 0,78$; ECC: $p = 0,41$) unmittelbar nach Beendigung der 5000 m Timetrials unterschieden sich in keiner der beiden Gruppen zwischen Baseline, sofortiger Kohlenhydratgabe bzw. Placebogabe nach der glykogenverarmenden Belastung (Tab. 2).

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Die Leistungsfähigkeit im 5000 m Timetrial nach einer glykogenverarmenden Belastung am Vortag wurde nicht durch eine sofortige Kohlenhydratgabe beeinflusst. Obwohl ein Kohlenhydratverzehr sofort nach Belastungsende die Glykogenresynthese schneller und effektiver gestaltet als eine verzögerte Kohlenhydrateinnahme (Millard-Stafford, 2008), resultierte dies nicht in Veränderungen der Laufzeiten, des Belastungsempfindens, der Herzfrequenz oder der Laktatakkumulation im 5000 m Timetrial. Möglicherweise genügt bei einer Pausenzeit von 24 Stunden zwischen den Belastungen auch eine verzögerte Kohlenhydrateinnahme, um die Glykogenspeicher adäquat zu regenerieren. Unterschiede zwischen Läufern und Testpersonen aus Ballsport-, Zweikampf- und Kraftsportarten hinsichtlich eines möglichen Effektes sofortiger Kohlenhydratgabe nach einer Lauf- bzw. exzentrischen Belastung konnten nicht beobachtet werden.

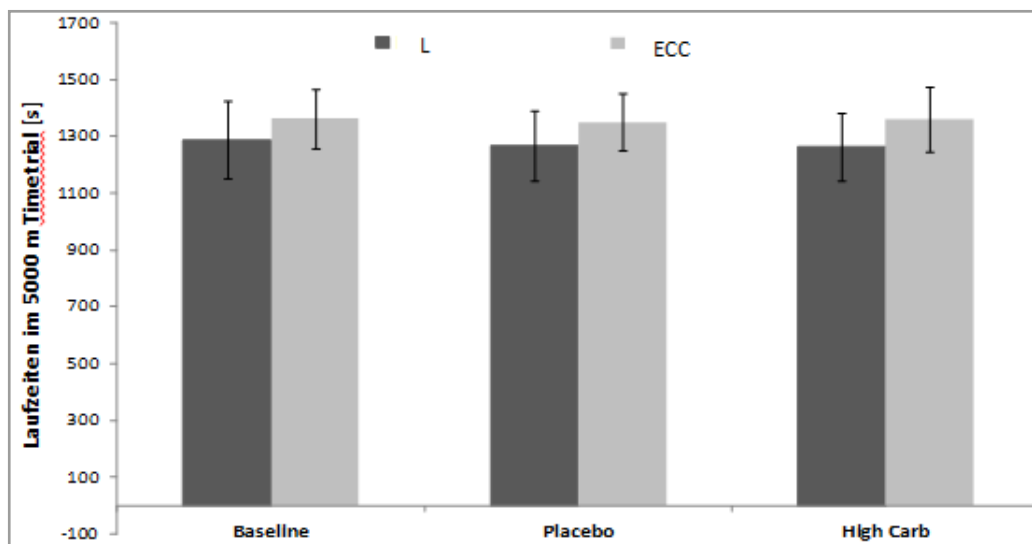


Abb. 2: Laufzeiten in den Timetrials ($M \pm SD$)

Limitierend ist die hohe Drop-out Rate und somit die relativ geringe Probandenzahl von $N = 15$ (Läufer) bzw. $N = 8$ (Ballsport-, Zweikampf- und Kraftsportarten) zu betrachten. Zudem ist möglicherweise der Umfang der gewählten Timetrial-Belastung (5000 m) zu gering, um eventuelle Effekte einer sofortigen Kohlenhydratgabe erfassen zu können. Zusammenfassend kann geschlussfolgert werden, dass sich eine sofortige Kohlenhydrat-Zufuhr von $1,5 \text{ g/kg/h}$ in den ersten 3 Nachbelastungsstunden nach einer glykogenverarmenden Dauerbelastung nicht auf die 5000 m Laufzeit am Folgetag auswirkt. Demnach ist zumindest bei kürzeren Ausdauerbelastungen die Rationale der Empfehlung für eine sofortige Kohlenhydrateinnahme zu hinterfragen.

5 Literatur

- Achten, J., Halson, S.L., Moseley, L., Rayson, M.P., Casey, A. & Jeukendrup, A.E. (2004). Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. *Journal of applied physiology*, 96, 1331-1340.
- Baar, K. (2010). Train low – compete high. In A. Jeukendrup (Ed.), *Sports Nutrition – from lab to kitchen*. Meyer & Meyer Sport.
- Beelen, M., Burke, L.M., Gibala, M.J. & van Loon, L.J. (2010). Nutritional strategies to promote postexercise recovery. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20, 515-532.
- Bendiksen, M., Bischoff, R., Randers, M.B., Mohr, M., Rollo, I., Suetta, C., Bangsbo, J. & Krstrup, P. (2012) The Copenhagen Soccer Test: physiological response and fatigue development. *Medicine and science in sports and exercise*, 44, 1595-1603.
- Burke, L.M. (2007). Nutrition strategies for the marathon : fuel for training and racing. *Sports medicine*, 37, 344-347.
- Burke, L.M., Cox, G.R., Cummings, N.K. & Desbrow, B. (2001) .Guidelines for daily carbohydrate intake: do athletes achieve them? *Sports medicine*, 31, 267-299.
- Ivy, J.L. (2001). Dietary strategies to promote glycogen synthesis after exercise. *Canadian journal of applied physiology*, 26, Suppl. 236-245.
- Ivy, J.L., Katz, A.L., Cutler, C.L., Sherman, W.M. & Coyle, E.F. (1988). Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *Journal of applied physiology*, 64, 1480-1485.
- Jentjens, R. & Jeukendrup, A. (2003). Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports medicine*, 33, 117-144.
- Millard-Stafford, M., Childers, W.L., Conger, S.A., Kampfer, A.J. & Rahnert, J.A. (2008). Recovery nutrition: timing and composition after endurance exercise. *Current sports medicine reports*, 7, (4), 193-201.
- Price, T.B., Rothman, D.L., Taylor, R., Avison, M.J., Shulman, G.I. & Shulman, R.G. (1994). Human muscle glycogen resynthesis after exercise: insulin-dependent and -independent phases. *Journal of applied physiology*, 76, 104-111.
- Winnick, J.J., Davis, J.M., Welsh, R.S., Carmichael, M.D., Murphy, E.A. & Blackmon, J.A. (2005). Carbohydrate feedings during team sport exercise preserve physical and CNS function. *Medicine and science in sports and exercise*, 37, 306-315.