
Beeinflussung der belastungsinduzierten immunologischen Akutreaktion bei Leistungssportlern durch Kohlenhydratsubstitution

T. Meyer¹ (Projektleiter), H. H. W. Gabriel², W. Kindermann¹

¹ Universität des Saarlandes Saarbrücken
Institut für Sport- und Präventivmedizin;

² Friedrich-Schiller-Universität Jena
Lehrstuhl für Sportmedizin

1 Problem

Auslenkungen verschiedener Immunparameter nach langen Ausdauerbelastungen sind ein bekanntes Phänomen (NIEMAN 1999). Dies betrifft auch jene Parameter, die die sog. Akute-Phase-Reaktion (APR) kennzeichnen: Anstieg von C-reaktivem Protein (CRP) und Interleukin-6 (IL-6), Leukozytose/Neutrophilie. Es existieren Hinweise, dass aus gehäuften langen Ausdauerbelastungen eine erhöhte Infektanfälligkeit resultieren kann. Insofern ist es von Interesse, Maßnahmen zu untersuchen, die die „immunologische Regeneration“ unterstützen bzw. die Akutveränderungen nach einer Belastung minimieren.

Da eine Cortisolausschüttung während langer Ausdauerbelastungen sowohl für die Glukosehomöostase als auch für verschiedene aktivierende Schritte des Immunsystems verantwortlich ist, könnte die Substitution von Kohlenhydraten (KH) eine effektive Intervention darstellen (NEHLSSEN-CANARELLA et al. 1997). Durch externe KH-Zufuhr dürfte der Cortisolspiegel niedrig gehalten und die Auslenkung der Immunparameter verringert werden. In der vorliegenden Studie wurde dies für die Kennwerte der APR überprüft.

2 Methode

Im ersten Studienjahr wurden an zwölf radspezifisch ausdauertrainierten Probanden verschiedene Intensitätsvorgaben unter dem Gesichtspunkt untersucht, ob sie konstant über vier Stunden ohne Kohlenhydratsubstitution durchgehalten werden und eine APR auslösen. Verglichen wurden miteinander die ventilatorische Schwelle (WASSERMAN et al. 1973) und 70% bzw. 80% der individuellen anaeroben Schwelle (IAS; STEGMANN et al. 1981). Es stellte sich heraus, dass eine APR in allen Fällen ausgelöst, jedoch lediglich 70% der IAS von allen Probanden sicher durchgehalten wurde.

Im zweiten Studienjahr absolvierten daraufhin 14 Radfahrer und Triathleten der regionalen Spitzenklasse (VO_2max 66,8 ml•min⁻¹•kg⁻¹; IAS 269 W) drei vierstündige Dauerbelastungen auf einer 400-m-Bahn mit einer Intensität von 70% der IAS im Abstand von jeweils

mindestens drei Tagen. Während der Dauerbelastungen wurden in randomisierter Reihenfolge doppelblind drei verschiedene Kohlenhydratlösungen (in neun Portionen insgesamt $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oral zugeführt: 0%, 6% und 12% Maltodextrin. Die Intensitätsvorgabe in Watt erfolgte mittels SRM-System (Messung der Leistung am Pedal; Fa. Schoberer, Jülich) am probandeneigenen Rad, simultan wurden während der gesamten Belastungsdauer ambulante spiroergometrische Messungen (MetaMax II, Cortex, Leipzig) durchgeführt.

Venöse Blutentnahmen fanden in Ruhe vor dem Start, direkt nach Belastungsende, nach einer weiteren Stunde sowie 19 Stunden nach Belastungsende am Folgetag statt. Kapilläre Blutentnahmen zur Bestimmung der Blutlaktat- und -glukosekonzentration erfolgten stündlich während Belastung. Zielparameter waren vorrangig die Kennwerte der APR: CRP, IL-6, Neutrophilenzahl. Sämtliche Vergleiche wurden mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (Faktoren: KH-Konzentration und Belastungsdauer) durchgeführt. Pearsons Produkt-Moment-Korrelation diente der Prüfung auf statistische Zusammenhänge.

3 Ergebnisse

Alle Probanden waren erwartungsgemäß in der Lage, die vorgegebene Intensität durchzuhalten. Leistung, Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz (bekannter Herzfrequenz-Drift) sowie Blutlaktatkonzentration unterschieden sich nicht zwischen den verschiedenen KH-Mengen. Ein Laktatanstieg war nicht zu verzeichnen. Blutglukose und Cortisolspiegel können der Abbildung 1 entnommen werden.

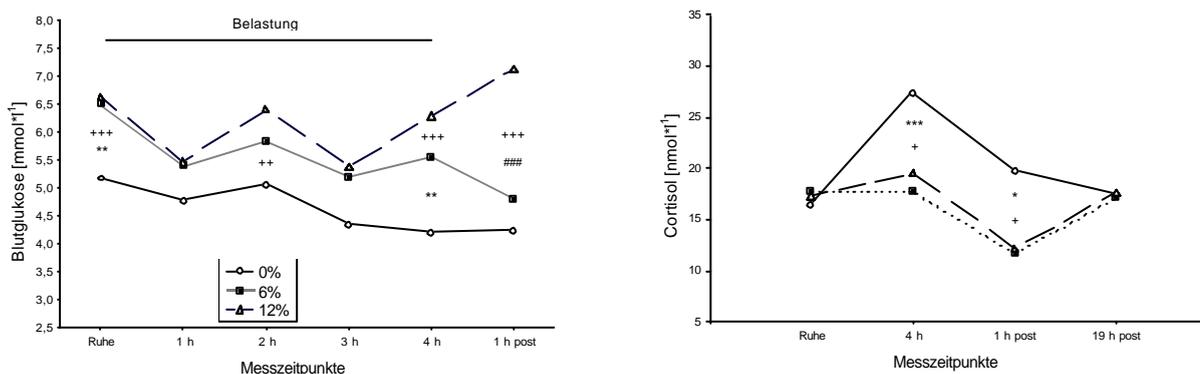


Abb. 1: Blutglukose (links) und Cortisol (rechts) in Abhängigkeit von der substituierten KH-Menge. * für Signifikanzniveau 0% vs. 6%, + für 0% vs. 12%, # für 6% vs. 12%. $p < 0,05$: ein Symbol; $p < 0,01$: zwei Symbole; $p < 0,001$: drei Symbole.

Die KH-Substitution führte dosisabhängig zu einer verminderten Auslenkung von IL-6 sowie einem abgeschwächten Anstieg der Neutrophilen (Abbildung 2). Effekte auf die CRP-Konzentration konnten nicht gesichert werden. Moderate lineare korrelative Beziehungen

bestanden zwischen der Cortisolkonzentration und IL-6 ($r=0,61$) bzw. der Neutrophilenkonzentration ($r=0,71$) eine Stunde nach Belastungsabbruch.

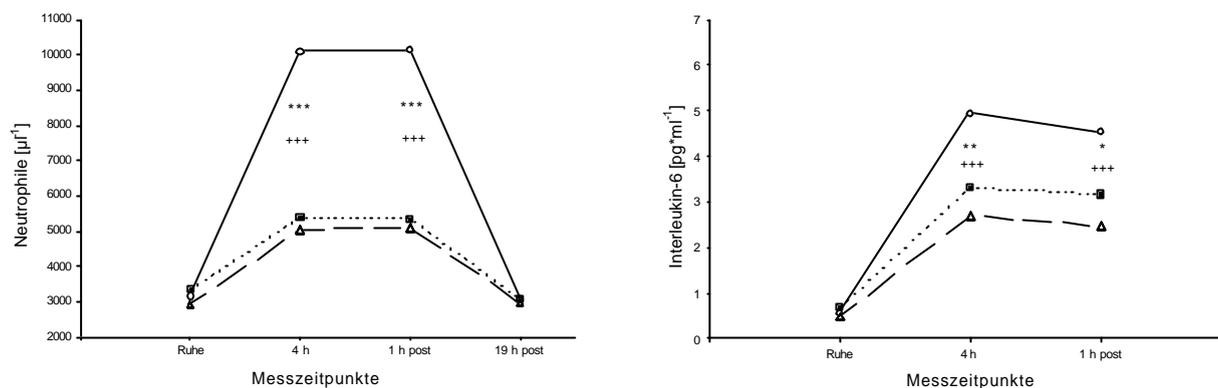


Abb. 2: Neutrophile Granulozyten (links) und Interleukin-6 (rechts) in Abhängigkeit von der substituierten KH-Menge. Zeichenerklärung analog zu Abbildung 1.

4 Diskussion

Eine Kohlenhydratsubstitution während langer Ausdauerbelastungen ist in der Lage, die APR bzw. die belastungsinduzierte Leukozytose/Neutrophilie zu vermindern. Dies geschieht teilweise dosisabhängig (IL-6) und ist vermutlich im Wesentlichen über eine Modifizierung der Cortisolausschüttung vermittelt. Insofern dürfte ein direkter Zusammenhang zwischen dem Aufrechterhalten der Glukose-Homöostase und immunologischen Reaktionen bestehen. Neuere Forschungsergebnisse lassen alternativ eine Verringerung der IL-6-Produktion der Arbeitsmuskulatur als Antwort auf besser erhaltene Glykogenspeicher durch die KH-Substitution vermuten (STEENSBERG et al. 2000).

In der vorliegenden Studie wurde versucht, mit aktueller Technologie ein Radsport-Training angemessen zu dosieren und zu kontrollieren. Es wurden direkte Messungen der erbrachten Leistung am Pedal eingesetzt, daneben eine ambulante Spiroergometrie, so dass momentane Bedingungen im Leistungssport optimal Berücksichtigung fanden.

5 Literatur

NEHLSSEN-CANARELLA, S.L.; FAGOAGA, O.R.; NIEMAN, D.C.; HENSON, D.A.; BUTTERWORTH, D.E.; SCHMITT, R.L.; BAILEY, E.M.; WARREN, B.J.; UTTER, A.; DAVIS, J.M.: Carbohydrate and the cytokine response to 2.5 h of running. *J. of Appl. Physiol.* 82 (1997), 1662-1667

NIEMAN, D.C.: Nutrition, exercise, and immune system function. *Clinics in Sports Medicine* 18 (1999), 537-348

- STEENSBERG, A.; VAN HALL, G.; OSADA, T.; SACCHETTI, M.; SALTIN, B.; PEDERSEN, B.K.: Production of interleukin-6 in contracting human skeletal muscles can account for the exercise-induced increase in plasma interleukin-6. *J. of Physiol.* 529 (2000), 237-242
- STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A.: Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. of Sports Med.* 2 (1981), 160-165
- WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L.: Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. of Appl. Physiol.* 35 (1973), 236-243