

Zelluläre und immunologische Akutreaktionen bei verschiedenen Belastungsarten und der Einfluss einer Kohlenhydrat- bzw. Aminosäuresubstitution bei Leistungssportlern

Th. Hilberg, D. Schammne,
H.-J. Müller, H.H.W. Gabriel

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Lehrstuhl für Sportmedizin

1 Problem

Verschiedene Belastungsarten führen zu unterschiedlich ausgeprägten zellulären wie inflammatorischen Reaktionen. Dabei induzieren metabolische Belastungen mehr systemisch inflammatorische Veränderungen, dagegen gehen reine exzentrische Belastungen mit einer deutlich zellulären Beanspruchung einher (GABRIEL & KINDERMANN 1997; FAULKNER & BROOKS/OPITECK 1993). Diese inflammatorischen bzw. zellulären Reaktionsmuster sollen entsprechend der Literatur durch die Substitution mit Kohlenhydraten bzw. Aminosäuren z.B. BCAA (brached-chain amino acids) moduliert und damit das Regenerationsverhalten positiv beeinflusst werden können (NIEMAN et al. 1998; BASSIT et al. 2000). Ziel der vorliegenden Studie war zunächst in Studienteil A die Untersuchung, in wie weit sich die zellulären bzw. inflammatorischen Akutreaktionen bei unterschiedlichen Belastungen aber gleichem Probandengut in Wirklichkeit unterscheiden. Als Belastungsformen wurden dazu eine konzentrisch-metabolische Belastung in Form einer Fahrradergometerbelastung, eine gemischte Belastung in Form einer Laufbandergometerbelastung und eine exzentrisch-zelluläre Belastung in Form von reinen Niedersprüngen versus einem Kontrollversuch ohne Belastung untersucht. In den Studienteilen B-I und B-II wurde dann der Einfluss einer Kohlenhydrat- bzw. BCAA-Substitution versus Placebo auf die inflammatorische bzw. muskelzelluläre Stressreaktion bei gegensätzlichen Belastungsformen, dabei zunächst bei exzentrischen Niedersprüngen (B-I) und im Weiteren bei einer vermehrt metabolischen Fahrradbelastung untersucht.

2 Methode

Teilstudie A:

In dieser Teilstudie wurden 13 Probanden randomisiert im Abstand von >28 Tagen einer Fahrradergometerbelastung (FS, 90% IAS, minimal 60 min maximal 90 min), einer Laufbandergometerbelastung (LB, 90% IAS, 60-90 min) einer reinen exzentrischen Niedersprungbelastung (ES, 9x28 Niedersprünge über 90 min, Sprunghöhe 55 cm), bzw. einem Kontrolltag unterzogen. Zur Überprüfung der inflammatorischen und muskelzellulären Stressreaktion wurden das Differentialblutbild (AC-T diff, Beckman Coulter - Krefeld), Cortisol (Access, Beckman Coulter), C-reaktives Protein, Interleukin-6, Interleukin-1ra (jeweils Sandwich-ELISA-Technik), Kreatinkinase (Vitros 250, Orthoclinical - Straßburg), Myoglobin (Access), und das skelettale Troponin I (Sandwich-ELISA-Technik) zu den Zeitpunkten vor, nach, 2, 24 und 48 Stunden nach Belastung bestimmt. Zur Kontrolle der Belastungsinterventionen dienten kardiale (Herzfrequenz) und metabolische (Laktat, Glukose, Sauerstoffaufnahme, Ventilation, Energieverbrauch) Parameter.

Teilstudien B-I und B-II:

In diesen Teilstudien wurden zunächst mit 13 Probanden im Abstand von >28 Tagen, drei exzentrischen Niedersprungbelastungen (9x28 in 90 min, Sprunghöhe 55 cm) entweder mit Kohlenhydratsubstitution (10%ige Maltodextrinlösung mit 3g/kg Körpergewicht), mit BCAA-Substitution (0,3g/kg Körpergewicht) oder mit Placebo durchgeführt. Im Studienteil B-II wurden 14 Probanden, im gleichen Studiendesign, drei metabolischen Fahrradbelastungen (FS, 90% IAS, 60-90 min) mit Kohlenhydrat-, BCAA-Substitution oder Placebo unterzogen. Es wurden die oben aufgeführten Parameter aus venös gewonnenen Blutentnahmen zu den Zeitpunkten vor, nach sowie 2, 24 und 48 Stunden nach Belastung bestimmt.

Statistik: Da die Daten keine Normalverteilung aufwiesen, wurde der Wilcoxon-Test zur statistischen Überprüfung angewendet. Das Signifikanzniveau wurde auf $P < 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

Teilstudie A: Die Laufbandbelastung führte zu den höchsten Anstiegen der immunologischen Parameter. Es konnte ein Anstieg beim Interleukin-6 von 2385% nach LB, von 850% nach FS und von 143% nach ES (alle $P < 0,01$, Abb. 1) nachgewiesen werden.

Interleukin-1ra stieg signifikant (jeweils $P < 0,01$) um 4846% nach LB, 696% nach FS und um 77% nach ES an. Der CRP-Anstieg betrug 129% nach LB ($P < 0,01$) und 131% nach FS ($P < 0,05$). Auch ES führte zum einem CRP-Anstieg von 80%, dieser war aber nicht signifikant. Die höchsten muskelzellulären Beanspruchungen wurden durch ES induziert; die CK-Aktivität stieg um 397% nach ES, um 194% nach LB (beides jeweils $P < 0,01$) und um 106% ($P < 0,05$) nach FS. Myoglobin stieg um 713 (ES), 228 (LB), 265% (FS) (jeweils $P < 0,01$) und die sTroponin-I-Konzentration war nach Belastung um 2325 (ES), 583 (LB) bzw. 88% (FS) (alle $P < 0,01$, Abb. 2) erhöht.

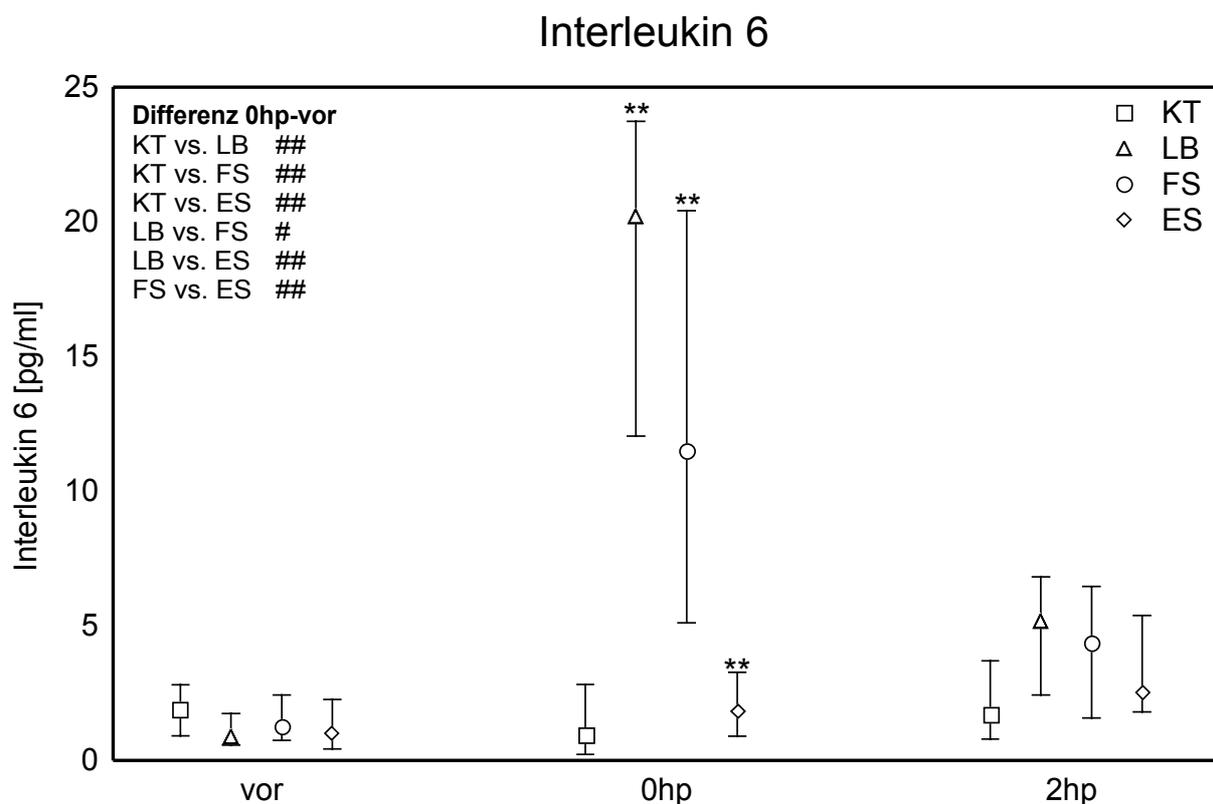


Abb. 1: Verlauf der IL6-Konzentration. **: $p < 0,01$ Anstieg von vor zu 0hp. # / ##: $p < 0,05/0,01$ Vergleich der Differenzen von 0hp-vor zwischen KT (Kontrolle), LB (Laufband), FS (Fahrrad) und ES (exzentrische Sprünge).

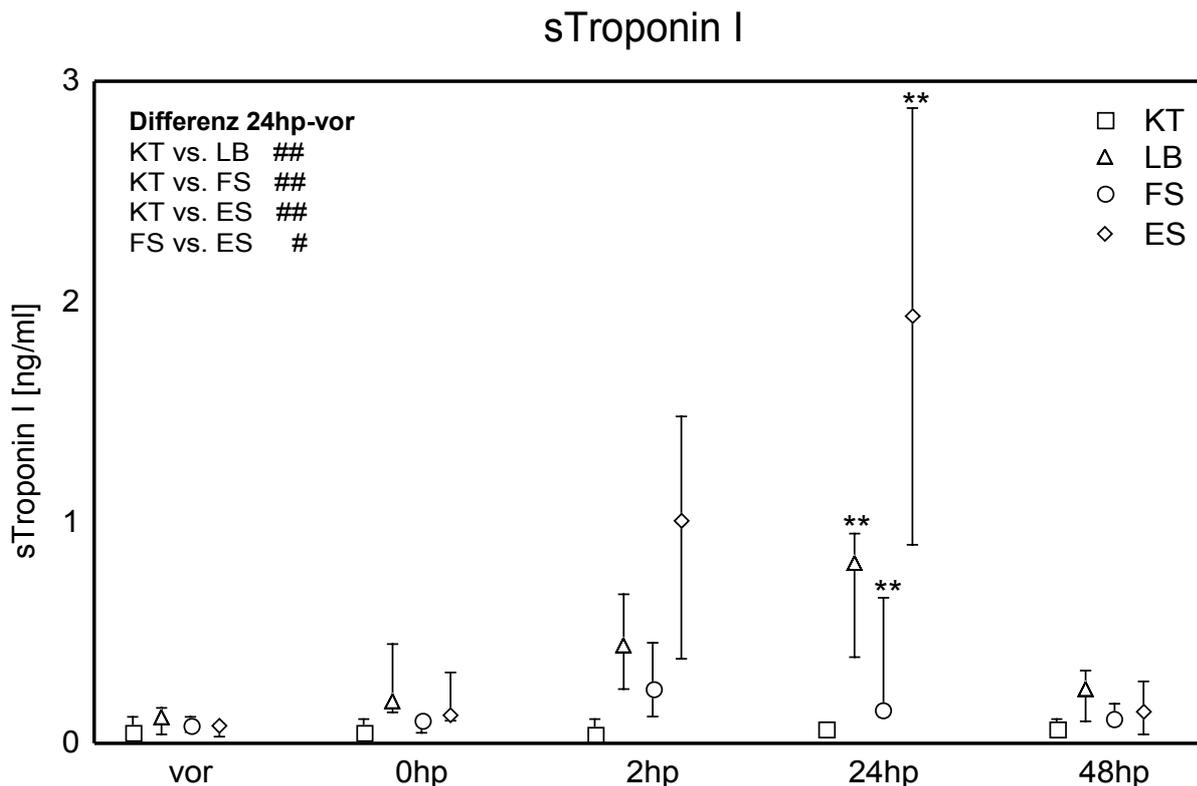


Abb. 2: Verlauf der sTroponin-I-Konzentration. **: $p < 0,01$ Anstieg von vor zu 24hp. # / ##: $p < 0,05/0,01$ Vergleich der Differenzen von 24hp-vor zwischen KT (Kontrolle), LB (Laufband), FS (Fahrrad) und ES (exzentrische Sprünge).

Teilstudien B-I und B-II: Nach den exzentrischen Belastungen (B-I) zeigten sich die erwarteten Anstiege bei den muskellulären Parametern (CK 77-178%, Myoglobin 30-127%, sTroponin I 94-563%) und bei den Leukozyten (12-37%), aber keine statistische relevanten Anstiege bei den humoral-immunologischen Parametern. Der Leukozytenanstieg fiel unter Kohlenhydratsubstitution signifikant niedriger ($P < 0,05$) aus, ursächlich hierfür war der geringere Granulozytenanstieg nach Belastung. Veränderungen der muskellulären oder humoral immunologischen Parameter unter Kohlenhydrat- wie auch BCAA-Substitution waren nicht nachweisbar.

Nach den metabolischen Belastungen (B-II, Fahrradergometer) stiegen vor allem die humoral-immunologischen Parameter an (Cortisol 25-50%, CRP 45-100 %, Interleukin-6 898-1529%, Interleukin-1ra 789-828%). Dagegen waren nur geringere Anstiege der CK (16-52%) und des Myoglobins (41-89%) nachweisbar. Unter Kohlenhydratsubstitution war die belastungsinduzierte Leukozytose deutlich geringer ($P < 0,01$) im Vergleich zu den Belastungen mit BCCA-Substitution bzw. Placebo. Ursache hierfür war wieder der geringere Granulozytenanstieg. Zusätzlich wurde die Interleukin-1ra-Ausschüttung durch die Kohlenhydratgabe deutlich reduziert ($P < 0,01$). Andere Parameter blieben unbeeinflusst.

4 Diskussion

Während im Studienteil A die immunologische und muskelzelluläre Stressreaktion nach – hinsichtlich des Belastungsprofils – sehr unterschiedlichen körperlichen Belastungen untersucht wurde, sollte im Studienteil B auf der Basis der gewonnenen Daten der Einfluss einer Kohlenhydrat- bzw. Aminosäuresubstitution auf die belastungsinduzierte immunologische und muskelzelluläre Stressreaktion nach Belastungen mit gegensätzlichen Belastungsprofilen verifiziert werden. Die Belastungen wurden dabei so ausgewählt, dass auf der einen Seite eine vermehrte muskelzelluläre Beanspruchung mit Hilfe einer exzentrischen Niedersprungbelastung, auf der anderen Seite eine vermehrte metabolische Beanspruchung durch eine lange Fahrradbelastung erreicht wurde. Die zusätzlich durchgeführte Laufbandbelastung beinhaltete sowohl eine metabolische als auch eine lokal muskulär beanspruchende Komponente (NORTHOFF & WEINSTOCK/BERG 1994; NIEMAN & PEDERSEN 1999; ARMSTRONG 1984; CLARKSON & SAYERS 1999). Die Ergebnisse aus Studienteil A unterstreichen eindeutig die unterschiedlichen Reaktionsmuster bei den exzentrischen bzw. vermehrt metabolischen Belastungen. Dabei führte die metabolische Fahrradbelastung mit im Durchschnitt 74 ± 13 Minuten wie auch die gemischte Laufbandbelastung (76 ± 16 min) zu einer entsprechenden inflammatorischen Antwort mit einem eindeutigen Anstieg inflammatorischer Zytokine. Die exzentrische Belastung zeigte dagegen nur eine sehr geringe systemische inflammatorische Reaktion mit deutlich geringeren, aber noch signifikanten Anstiegen der Zytokine Interleukin-6 und Interleukin-1ra. Die muskelzelluläre Beanspruchung verhielt sich dabei gegensätzlich, denn nach der exzentrischen Belastung konnten die höchsten Auslenkungen bei den muskelrelevanten Parametern wie der CK, des Myoglobins wie auch des sTroponin I nachgewiesen werden. Insgesamt konnten damit zwei konträre Belastungen identifiziert und im Studienteil B der Einfluss einer Kohlenhydrat- bzw. BCAA-Substitution auf die belastungsinduzierte Stressreaktion bei gegensätzlichen Belastungen untersucht werden. Eine modulierende Wirkung auf die belastungsinduzierte Stressreaktion konnte aber nur unter der Kohlenhydratsubstitution nachgewiesen werden. Sowohl bei der exzentrischen als auch bei der metabolischen Belastung wurde die Leukozytose durch die Kohlenhydratsubstitution reduziert. Zusätzlich wurde durch die Kohlenhydratgabe auch die immunologisch humorale Interleukin-1ra-Antwort nach der metabolischen Belastung auf dem Fahrrad nivelliert. Die BCAA-Substitution zeigte keinen Einfluss auf die belastungsinduzierten Reaktionen.

Zusammenfassend konnte der Einfluss einer Kohlenhydratsubstitution auf die zelluläre Immunreaktion sowohl nach exzentrischen wie auch nach vermehrt metabolischen Belastungen nachgewiesen werden. Nur nach vermehrt metabolischen Belastungen wie Fahrrad- aber auch Laufbandbelastungen kam es zu humoralen inflammatorischen Stressantworten,

die aber, z.B. nach der Fahrradbelastung, mit Hilfe einer Kohlenhydratsubstitution moduliert werden konnte. Eine Substitution mit BCAA führte demgegenüber zu keiner nachgewiesenen Beeinflussung der muskellzellulären und inflammatorischen Reaktion.

5 Literatur

- ARMSTRONG, R.B.: Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16 (1984), 529-538.
- BASSIT, R.A.; SAWADA, L.A.; BACURAU, R.F.; NAVARRO, F.; COSTA ROSA, L.F.: The effect of BCAA supplementation upon the immune response of triathletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (2000), 1214-1219.
- CLARKSON, P.M.; SAYERS S.P.: Etiology of exercise-induced muscle damage. *Can. J. Appl. Physiol.* 24 (1999), 234-248.
- FAULKNER, J.A.; BROOKS, S.V.; OPITECK, J.A.: Injury to skeletal muscle fibres during contractions: conditions of occurrence and prevention. *Phys. Ther.* 73 (1993), 911-921.
- GABRIEL, H.; KINDERMANN, W.: The acute immune response to exercise: What does it mean? *Int. J. Sports Med.* 18 (1997), 28-45.
- NIEMAN, D.C.; NEHLSSEN-CANNARELLA, S.L.; FAGOAGA, O.R.; HENSON, D.A.; UTTER, A.; DAVIS, J.M.; WILLIAMS, F.; BUTTERWORTH, D.E.: Influence of mode and carbohydrate on the cytokine response to heavy exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30 (1998), 671-678.
- NIEMAN, D.C.; PEDERSEN, B.K.: Exercise and immune function. Recent developments. *Sports Med.* 27 (1999), 73-80.
- NORTHOFF, H.; WEINSTOCK, C.; BERG, A.: The cytokine response to strenuous exercise. *Int. J. Sports Med.* 15 (1994) Suppl 3, 167-171.