
Limitierung der sportlichen Leistungsfähigkeit durch Störungen der gastrointestinalen Integrität

Frank-Christoph Mooren¹, Christian Pilat¹, Barbara Stein¹, Karsten Krüger¹
& Jan Hessels²

¹Universität Gießen, Abteilung für Sportmedizin,

²Klinisch Chemisches Laboratorium, Deventer Ziekenhuis

Einleitung

Die Auswirkungen leistungssportlicher Aktivität auf den Gastrointestinaltrakt (GI-Trakt) wurden bislang in der sportmedizinischen Forschung nur stiefmütterlich behandelt. Dabei belegen Umfragen unter Athletinnen und Athleten, dass belastungsinduzierte, gastrointestinale Probleme in einem beachtenswerten Anteil auftreten und dabei sowohl das Training als auch die Wettkampfleistungen beeinträchtigen können (Halvorsen & Ritland, 1992).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss akuter sportlicher Belastungen auf die intestinale Integrität zu untersuchen. Als Untersuchungsmethode diente ein Zuckerabsorptionstest, welcher in einem ersten Studienabschnitt bei untrainierten männlichen Probanden nach 3 unterschiedlichen Belastungsmodalitäten angewendet wurde, um eine Differenzierung hinsichtlich der Belastungsprofile auf die Darmintegrität zu untersuchen. In einem zweiten Studienabschnitt wurde der Zuckerabsorptionstest bei Teilnehmerinnen und Teilnehmern eines Marathonlaufs durchgeführt.

Material und Methoden

Studienteil 1:

10 untrainierte männliche Probanden im Alter von 31 ± 8 Jahre mit einem BMI von $23,7 \pm 3,2$ (VO_2max Ruderergometer $48,7 \pm 4,6$ ml/min/kg, VO_2max , Fahrradergometer $45,0 \pm 9,0$ ml/min/kg und VO_2max Laufbandergometer $52,0 \pm 9,1$ ml/min/kg), bei denen anamnestisch keine Erkrankung des gastrointestinalen Systems vorlag nahmen an der Untersuchung in Studienteil 1 teil.

Studienteil 2:

9 trainierte Langstreckenläufer (Alter: 45 ± 5 ; BMI: $23,8 \pm 1,6$, VO_2max : $58,5 \pm 1,7$), die sich dazu bereit erklärten den SAT im Anschluss an den Staufenbergmarathon (Hessen, 2009) durchzuführen, wurden in Studienteil 2 eingeschlossen.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Justus-Liebig-Universität genehmigt. Nach eingehendem Aufklärungsgespräch unterschrieben die Teilnehmer vor Studienbeginn eine schriftliche Einwilligungserklärung. Als Ausschlusskriterien in beiden Studienteilen wurden die Einnahme von nicht-steroidalen Antiphlogistika, bekannte Abhängigkeiten (Nikotin, Alkohol, Tabletten, Drogen) sowie Begleiterkrankungen, die entweder die Versuchsergebnisse konfundieren oder die Sicherheit der Probandengruppe hätten gefährden können, festgelegt. Alle

Testpersonen wurden einer sportmedizinischen Untersuchung und einer Leistungsdiagnostik unterzogen, die neben der Untersuchung der Sporttauglichkeit auch als Grundlage der Intensitätssteuerung in Studienteil 1 diente. Die sportmedizinischen Voruntersuchungen und Leistungsdiagnostiken als auch die Belastungsinterventionen in Studienteil 1 fanden im Untersuchungszentrum der Abteilung für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen statt.

Belastungsinterventionen

In Studienteil 1 absolvierten die Probanden in einem Abstand von mindestens 2 Wochen die Belastungsinterventionen. Hierbei unterzogen sich die Probanden einer intensiven Ausdauerbelastung bei 85 % $\text{VO}_{2\text{max}}$ bis zur subjektiven Erschöpfung auf einem Ruder- sowie einem Fahrradergometer und einem Dauerlauf auf einer 400-m-Bahn.

Zuckerabsorptionstest

Als nicht invasive Untersuchungsmethode diente der differenzielle Zuckerabsorptionstest (sugar-absorption-test, SAT). Der SAT wurde bei 109 Patientinnen und Patienten mit diagnostizierten gastrointestinalen Erkrankungen sowie einer gesunden Referenzgruppe ($N = 39$) evaluiert (Hessels et al., 2003). Endpunkte der Untersuchung bilden die Verhältnisse der renal ausgeschiedenen Testzucker (Ratio aus Mono- und Disacchariden). Eine nähere Methodenbeschreibung kann an dieser Stelle nicht erfolgen, hierfür sei auf die oben genannten Autoren verwiesen. Die bei gesunden Probandinnen und Probanden ermittelten Referenzbereiche bezüglich der Ratio wurden mit 0,005-0,015 (Raf/Man), 0,09-0,47 (Suc/Raff) und 0,13-0,63 (Lac/Raff) angegeben. Eine intestinale Mukosaschädigung korreliert hierbei eng mit einem Anstieg der Raf/Man Ratio, wohingegen die zwei übrigen Ratio zusätzlich Rückschlüsse auf die Lokalisation der Schäden ermöglichen.

Vor oraler Einnahme der Trinklösung wurde die Probandengruppe aufgefordert, ihre Harnblase zu entleeren und im Anschluss 5 Stunden lang unter Vorlage eines Konservierungsstoffes (1 ml 2 % Chlorhexidin-Lösung) sämtlichen Urin zu sammeln. Bis auf den Zuckerabsorptionstest direkt nach dem Marathon sowie die entsprechende Kontrollmessung wurden die SAT's unter nüchternen Bedingungen (mind. 12-stündige Nahrungskarenz) durchgeführt. Nach Applikation der Testlösung erfolgte eine 2-stündige Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz gefolgt von einer Re-Hydration (Wasser), um eine ausreichende Diurese zu erzielen. Aus dem Sammelurin wurde ein Aliquot bei -20°C bis zur photometrischen Analyse gelagert.

Studienteil 1

Der SAT in Studienteil 1 erfolgte direkt nach Abbruch der jeweiligen Belastungen (Rudern – SAT_{Rud} , Fahrradfahren – SAT_{Rad} und Laufen – SAT_{L}). Die Referenzmessung (SAT_{kon}) wurde mit einem Abstand von mind. einer Woche zu den Belastungen durchgeführt wobei die Probandengruppe bis 48 Std. zuvor keiner sportlichen Aktivität nachgegangen sein durfte.

Studienteil 2

Die Probandengruppe in Studienteil 2 wurde in 2 Subgruppen unterteilt. 3 Testpersonen absolvierten den SAT direkt im Anschluss an den Marathonlauf (SAT_{post}) während die übrigen 3 Personen den SAT 24 Stunden nach Ihrem Zieleinlauf durchliefen (SAT_{24h}). Letztere Gruppe absolvierte den SAT_{24h} ebenso wie die entsprechende Kontrollgruppe (SAT_{24hK}) wie unter 2.2 beschrieben nüchtern, wohingegen es der SAT_{post} -Gruppe aufgrund der Belastung des Marathons und der damit einhergehenden Gefahr einer Hypoglykämie erlaubt war, Nahrungsmittel zu sich zu nehmen. Hierbei wurde jedoch eine strenge Kontrolle (keine Milchprodukte, Erbsen, Bohnen, Getreidekörner, Hülsenfrüchte und Kaugummi, da diese Produkte Bestandteile der Testzucker beinhalten hätten können) vorgenommen. Die Probandengruppe des SAT_{post} wurde weiterhin angewiesen, ein Ernährungsprotokoll zu führen, in welchem die aufgenommenen Nahrungsmittel und deren Menge sowie die Zeitpunkte dokumentiert wurden. Die Nahrungszufuhr am Tag des Kontroll-SAT's (SAT_{postK}) geschah auf Grundlage dieses Protokolls.

Statistik

Die Datenauswertung erfolgte mit der Software Microsoft Excel. Dargestellt sind die arithmetischen Mittel der jeweiligen Behandlungsgruppen sowie die Standardabweichung der anthropometrischen und leistungsbezogenen Daten sowie der Standardfehler der Resultate der Zuckerabsorptionstests. Zur Festlegung statistisch signifikanter Gruppenunterschiede wurde ein zweiseitiger studentischer T-Test für abhängige Variablen herangezogen und ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ festgelegt. Die Darstellung der signifikanten Dezimalstellen der Zuckerratio geschah gemäß den Angaben von Hessels et al. (2003).

Ergebnisse

Studienteil 1

Von insgesamt 10 Probanden konnten hinsichtlich der verschiedenen Belastungsformen von $N = 8$ SAT_{Rad} , $N = 10$ SAT_L sowie $N = 4$ SAT_{Rud} durchgeführt werden. Ein Proband, welcher bereits im SAT_{kon} auffällige Werte aufwies, wurde von der statistischen Auswertung und Ergebnisdarstellung ausgeschlossen.

Die mittlere Belastungsdauer betrug 67 ± 27 min (Rudern), 100 ± 17 min (Radfahren) und 71 ± 27 min (Laufen) wobei Nachbelastungslaktatwerte von $1,6 \pm 0,3$ mmol/L, $1,7 \pm 0,9$ mmol/L und $3,1 \pm 1,8$ mmol/L respektive ermittelt wurden. Die Probanden zeigten vor sowie nach den Belastungen keine gastrointestinalen Symptome. Die Raff/Man Ratio stieg sowohl nach dem SAT_{Rud} ($0,009 \pm 0,002$ auf $0,012 \pm 0,003$) und dem SAT_L ($0,009 \pm 0,001$ auf $0,01 \pm 0,001$) an, wohingegen nach dem SAT_{Rad} keine Veränderung ($0,010 \pm 0,001$ auf $0,010 \pm 0,002$) verzeichnet wurde. Alle drei Ratio lagen nach Belastung innerhalb des Normbereichs (s. Abb. 1a). Bezüglich der übrigen Absorptionsverhältnisse wurde nach dem SAT_{Rud} ein Abfall von $0,18 \pm 0,07$ auf $0,12 \pm 0,04$ (Suc/Raff) und von $0,36 \pm 0,1$ auf $0,23 \pm 0,05$ (Lac/Raff) ermittelt. Nach dem SAT_{Rad} wurde ein Abfall von $0,22 \pm 0,05$ auf $0,21 \pm 0,05$ (Suc/Raff) und

ein Anstieg von $0,41 \pm 0,05$ auf $0,42 \pm 0,07$ (Lac/Raff) detektiert. Der SAT_L resultierte in einem Abfall von $0,42 \pm 0,04$ auf $0,37 \pm 0,08$ (Lac/Raff) und die Sucr/Raff Ratio fiel von $0,23 \pm 0,04$ auf $0,18 \pm 0,04$ ab (s. Abb. 1b und 1c). In keinem der SAT's konnten statistisch signifikante Unterschiede zum SAT_{kon} ermittelt werden.

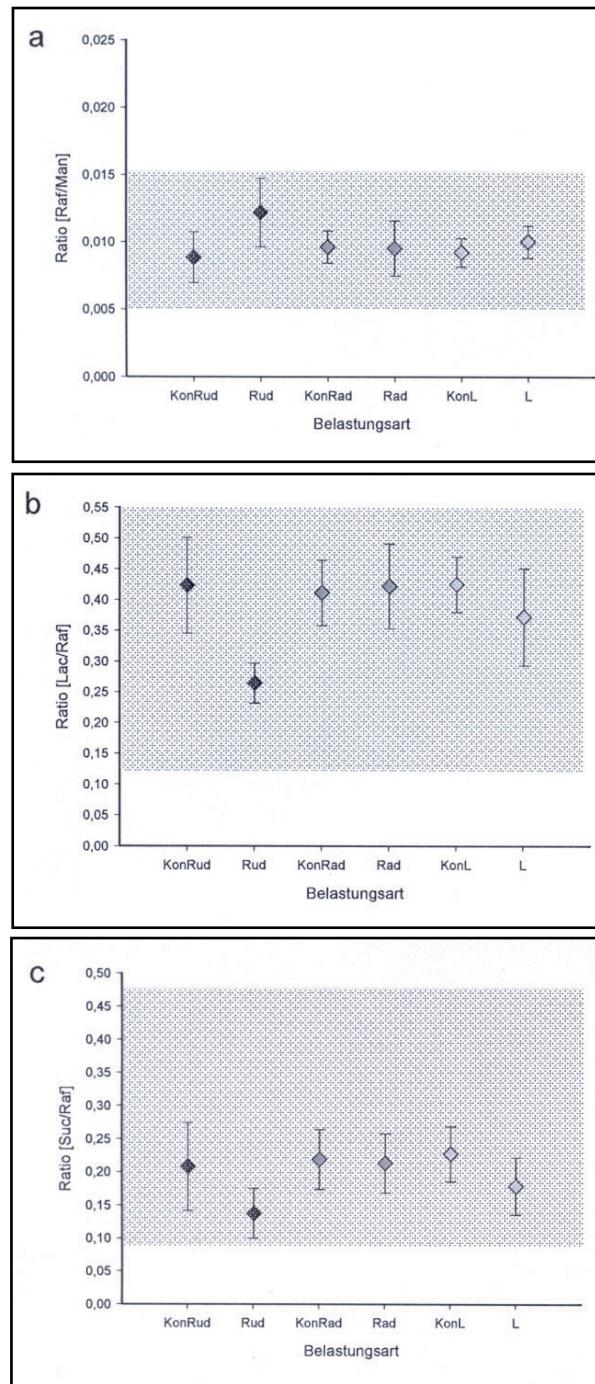
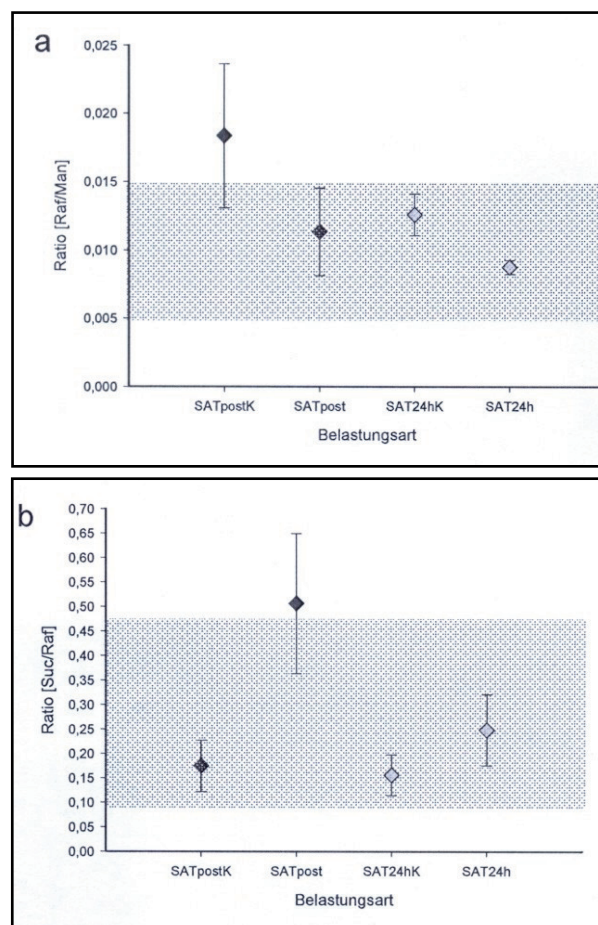


Abb. 1. Zuckerabsorptionsverhältnisse (Ratio) nach den 3 Belastungen sowie der entsprechenden Kontrolle (KonRud – Kontrolle Rudern, Rud – Rudern, je N = 4, KonRad – Kontrolle Radfahren, Rad – Radfahren, je N = 9, KonL – Kontrolle Laufen, L – Laufen, je N = 10)

Studienteil 2

Von anfangs insgesamt 9 eingeschlossenen Testpersonen wurden 6 Personen, die sowohl den Marathonlauf beendeten und ordnungsgemäß den SAT_{post} bzw. SAT_{24h} sowie den SAT unter den jeweiligen Kontrollbedingungen durchliefen, in die Auswertung einbezogen. Bezüglich der Subgruppen konnten bei jeweils 3 Personen Testergebnisse im SAT_{post} sowie SAT_{24h} gewonnen werden. Auf die übrigen musste wegen vorzeitigem Marathonabbruch verzichtet werden. Bei 2 Personen traten im Anschluss an den Marathon gatsröintestinale Beschwerdesymptome auf, welche sich in Form von Diarrhoe und Regurgitation äußerten. Sowohl der SAT_{post} als auch SAT_{24h} erzielte eine geringere Raff/Man Ratio als die jeweiligen Kontrolltests. Dieser Rückgang fiel beim SAT_{24h} mit einem Abfall von $0,013 \pm 0,002$ auf $0,009 \pm 0,001$ gegenüber $0,018 \pm 0,005$ auf $0,011 \pm 0,003$ beim SAT_{post} geringer aus, wobei der Kontrollwert der Raff/Man Ratio im SAT_{postK} mit $0,018 \pm 0,005$ bereits oberhalb der Normwertgrenze lag (s. Abb.2a). Die übrigen Ratio stiegen beim SAT_{post} von $0,17 \pm 0,05$ auf $0,51 \pm 0,14$ (Suc/Raff) sowie von $0,16 \pm 0,03$ auf $0,36 \pm 0,08$ (Lac/Raff) und beim SAT_{24h} von $0,16 \pm 0,04$ auf $0,25 \pm 0,07$ (Suc/Raff) und von $0,2 \pm 0,03$ auf $0,26 \pm 0,05$ (Lac/Raff) an (s. Abb. 2b und 2c). Bis auf die Suc/Raff im SAT_{post} blieben alle übrigen Testergebnisse im Normbereich. Der Vergleich der Lac/Raff Ratio des SAT_{post} gegenüber des SAT_{postK} verfehlte nur knapp einen p-Wert $< 0,05$.



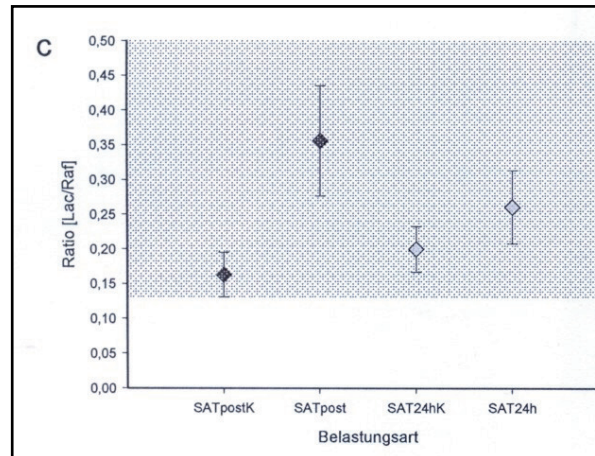


Abb. 2. Zuckerabsorptionsverhältnisse (ratio) direkt im Anschluss an den Marathon (SATpost) und 24 Stunden nach dem Marathon (SAT24h) sowie unter jeweiligen Kontrollbedingungen (SATpostK, SAT24hK)

Diskussion

Da der Einsatz des SAT im Rahmen der vorliegenden Studie nach unserer Kenntnis zum ersten Mal nach sportlicher Aktivität zum Einsatz kam, können lediglich Vergleiche mit Normwerten angestellt werden, die bei verschiedenen Patientengruppen mit bestehenden Darmerkrankungen sowie einer gesunden Referenzgruppe unter Ruhebedingungen ermittelt und evaluiert wurden. In Studienteil 1 konnte keine Störung der gastrointestinalen Integrität nach intensiver körperlicher Belastung aufgedeckt werden. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den SAT's nach den spezifischen Belastungen im Vergleich zu den Kontrollmessungen festgestellt. Obwohl die Prävalenz von gastrointestinalen Beschwerdesymptomen im Laufsport dominiert, konnte die Annahme der Untersucher, dass erschöpfendes Laufen die Darmpermeabilität gegenüber Rudern und Radfahren erhöht, nicht durch den SAT aufgedeckt werden.

Die Resultate der Raff/Man Ratio nach einem Marathonlauf sanken gegenüber den Kontrollmessungen ab. Dies erzielte zwar keine statistische Signifikanz, wäre aber vor dem Hintergrund einer möglicherweise gestörten Darmintegrität nicht zu erwarten gewesen. Da Mannitol über einen transzellulären Transportweg aufgenommen wird, hätte es in Folge einer verringerten Absorptionsfläche (Villi-Atrophie) zu einer verringerten Absorptionsrate von Mannitol und damit zu einem Anstieg der Raff/Man Ratio kommen müssen. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit besteht in einer beschleunigten Transitzeit, was zusätzlich durch die erhöhten Ratio von Sucr/Raff und Lac/Raff gestützt wird, da in diesem Fall die Zeit für die hydrolytische Spaltung der Zuckermoleküle in proximalen Darmabschnitten nicht ausgereicht hat. Es sollte berücksichtigt werden, dass die hohe Raf/Man des SAT_{postK} aufgrund der geringen N-Zahl auf einen außerordentlich hohen Wert eines Läufers zurückzuführen ist, welcher bereits unter Ruhebedingungen eine Raf/Man von 0,028 aufwies und damit deutlich außerhalb des Normbereiches rangierte. Die im SAT_{post} detektierte Suc/Raf wies einen lag oberhalb der Grenze von 0,47. Wenn auch dieser Grenz-

wert nur knapp überstiegen wurde, könnte dies ein Indikator dafür sein, dass Integritätsstörungen in proximalen Dünndarmabschnitten vorlagen. Sucrose wird als valider Marker für duodenale Schädigungen wie es z. B. bei Zöliakie-Patienten der Fall ist, angesehen (Meddings et al., 1993). Da dieser Befund hingegen nicht beim SAT_{24h} vorlag, ließe dies darauf schließen, dass es insbesondere unmittelbar nach dem Marathon zu einer veränderten Permeabilität proximaler Dünndarmabschnitte gekommen ist.

Es bleibt kritisch zu hinterfragen, ob die Sensitivität des SAT's die durch sportliche Aktivität induzierten Veränderungen der intestinalen Schleimhautintegrität aufzudecken vermag. Möglicherweise könnten die vorliegenden Befunde aber auch auf eine niederschwellige Belastungsdauer in Studienteil 1 zurückzuführen sein. Daher sollten weitere Daten mit größeren Probandenkollektiven nach ähnlichen Bedingungen wie einem Marathonlauf gesammelt werden. Eine besondere Herausforderung stellt der Einsatz des SAT nach einem Marathonlauf dar, denn hier können keine Nüchternbedingungen gewährleistet werden.

Literatur

- Halvorsen, F.A. & Ritland, S. (1992). Gastrointestinal problems related to endurance event training. *Sports medicine*, 14 (3), 157-163.
- Hessels, J., Eidhoff, H.H.M., Steggink, J., Roeloffzen, W.W.H., Wu, K., Tan, G., van de Stadt, J. & van Bergeijk, L. (2003). Assessment of Hypolactasia and Site-Specific Intestinal Permeability by Differential Sugar Absorption of Raffinose, Lactose, Sucrose and Mannitol. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 41 (8), 1056-1063.
- Meddings, J.B., Sutherland, N.I., Byles, N.I. & Wallace, J.L. (1993). Sucrose: a novel permeability marker for gastroduodenal disease. *Gastroenterology*, 104, 1619-1626.