

Erfassung von Prädiktoren der individuellen Variabilität der Belastungsreaktion in Hypoxie bei Radausdauersportlern und Triathleten (AZ 070117/07)

Andreas Michael Nieß (Projektleiter), Felix Schumann, Yvonne Krömker,
Desiree Landrock & Stefanie Thoma

Universitätsklinikum Tübingen, Medizinische Klinik, Abteilung Sportmedizin

Problem

Das Ansprechen auf Höhentraining stellt sich in den Ausdauersportarten individuell teils deutlich variabel dar (Chapman et al., 1998; Friedman et al., 2005). Neben einer individuellen Variabilität bei der Neubildung roter Blutzellen unter Höhenexposition (Chapman et al., 1998; Friedman et al., 2005) dürften auch individuelles Ausmaß und Muster der Belastungsreaktion auf die in der Höhe bzw. in Hypoxie gesetzten Trainingsreize eine Bedeutung besitzen, da diese nachfolgende Adaptationsmechanismen determinieren (Flück, 2003). Unsere früheren Arbeiten konnten zeigen, dass die Akutreaktion auf einen Belastungsreiz unter Höhenbedingungen eine höhere individuelle Variabilität aufweist als im Flachland (Niess et al., 2003). Für die individuelle Planung des Höhentrainings wäre es wünschenswert, Prädiktoren zur Hand zu haben, welche eine Aussage über die individuelle Belastungsreaktion in Hypoxie ermöglichen. Ziel des Projektes war es, den prädiktiven Wert leistungsdiagnostischer und physiologischer Charakteristika für die individuelle Belastungsreaktion in Hypoxie in einer Gruppe hochtrainierter Radsportler und Triathleten zu prüfen.

Methode

In die Studie wurden 16 männliche Radsportler und Triathleten eingeschlossen (Tab. 1). An zwei den Hauptversuchen vorangehenden Untersuchungstagen wurden zunächst die potenziellen Prädiktoren bei den Athleten ermittelt (Abb. 1). Diese umfassten leistungsdiagnostische Variablen wie die Leistung und Herzfrequenz an der individuellen anaeroben Schwelle (IAS), die maximale Leistung, Herzfrequenz, Laktatkonzentration, Ventilation und Sauerstoffaufnahme im Rampentest, das Herzvolumen, die Hämoglobinmasse mittels CO-Rückatmung (Schmidt & Prommer, 2005) und die Vitalkapazität.

Tab. 1. *Anthropometrische und physiologische Charakteristika (Mittelwerte und Standardabweichung) der abschliessend ausgewerteten Probanden (N = 16)*

Alter (Jahre)	24,1 ± 3,4
Gewicht (kg)	74,6 ± 7,1
Größe (cm)	182,8 ± 6,8
Relative Hämoglobinmasse (ml · kg ⁻¹)	13,4 ± 1,0
Leistung an der individuell anaeroben Schwelle (IAS, Watt · kg ⁻¹)	3,41 ± 0,43
Maximale Sauerstoffaufnahme (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	63,9 ± 5,7

Anschließend erfolgten zwei 90-minütige fahrradergometrische Dauerbelastungen in Normoxie und Hypoxie mit Ermittlung der kapillären Laktatkonzentrationen und der Herzfrequenz vor, während (30 und 60 min) und am Ende der Belastung (90 min) unter den jeweiligen Bedingungen. Die Belastungsintensität wurde für beide Bedingungen bei 80 % der zuvor in Normoxie bestimmten Leistung an der IAS festgelegt. Die Belastung in Hypoxie wurde in einer Kammer unter normobarer Hypoxie durchgeführt (F_{iO_2} 15,3 %, entsprechend 2400 m über NN). In den folgenden Korrelationsanalysen wurde der Zusammenhang zwischen den potenziellen Prädiktoren und den im 90-minütigen Dauertest ermittelten Zielvariablen der Belastungsreaktion überprüft.

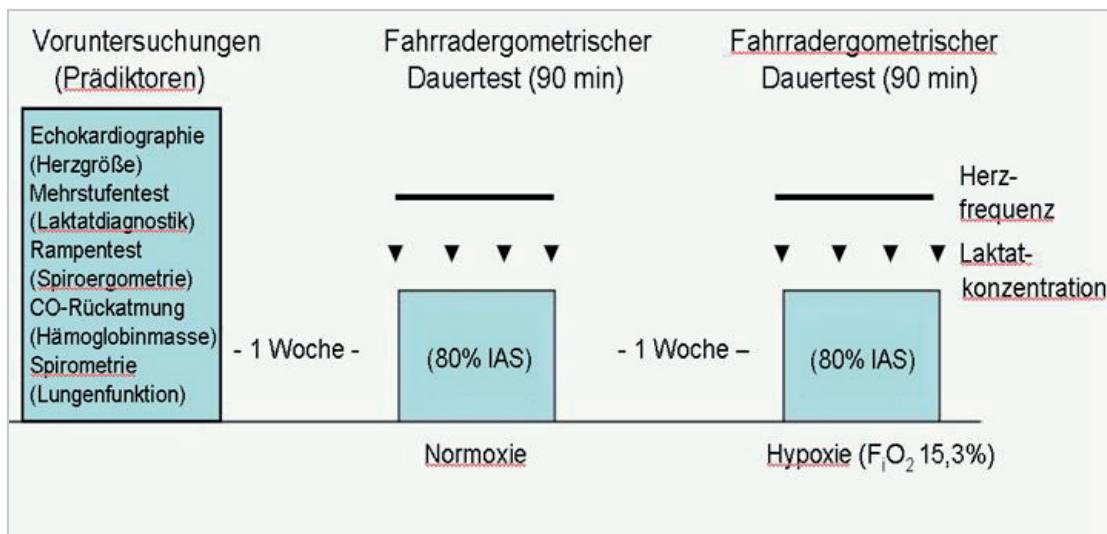


Abb. 1. Studiendesign mit Erfassung möglicher Prädiktoren in Voruntersuchungen und den beiden fahrradergometrischen Dauerbelastungen in Normoxie und Hypoxie.

Ergebnisse

Wir fanden einen Zusammenhang zwischen der in den Voruntersuchungen bestimmten relativen Hämoglobinmasse und dem Laktatverhalten im 90-minütigen Dauertest unter Hypoxie (Abb. 2a-c und Tab. 2). Dieser Zusammenhang war bei der identischen Belastung unter Normoxie nicht nachweisbar. Der durch Hypoxie bedingte zusätzliche Laktatanstieg (Δ Laktat H-N) war bei den Athleten mit einer höheren Hämoglobinmasse geringer ausgeprägt. Dieser individuelle Zusammenhang zwischen der Hämoglobinmasse und dem Laktatverhalten war auch bei einer im Rahmen der Eingangsuntersuchung durchgeführten 15-minütigen ergometrischen Dauerbelastung (75 % IAS) in Hypoxie reproduzierbar (Daten nicht gezeigt). Am Ende der 90-minütigen Dauerbelastung war dieser Zusammenhang weniger deutlich und nicht mehr signifikant. Kein Zusammenhang fand sich zwischen der relativen Hämoglobinmasse und dem Herzfrequenzverhalten im Dauertest (Tab. 2), welches in Prozent der Herzfrequenz an der IAS (relative Herzfrequenz) angegeben wurde.

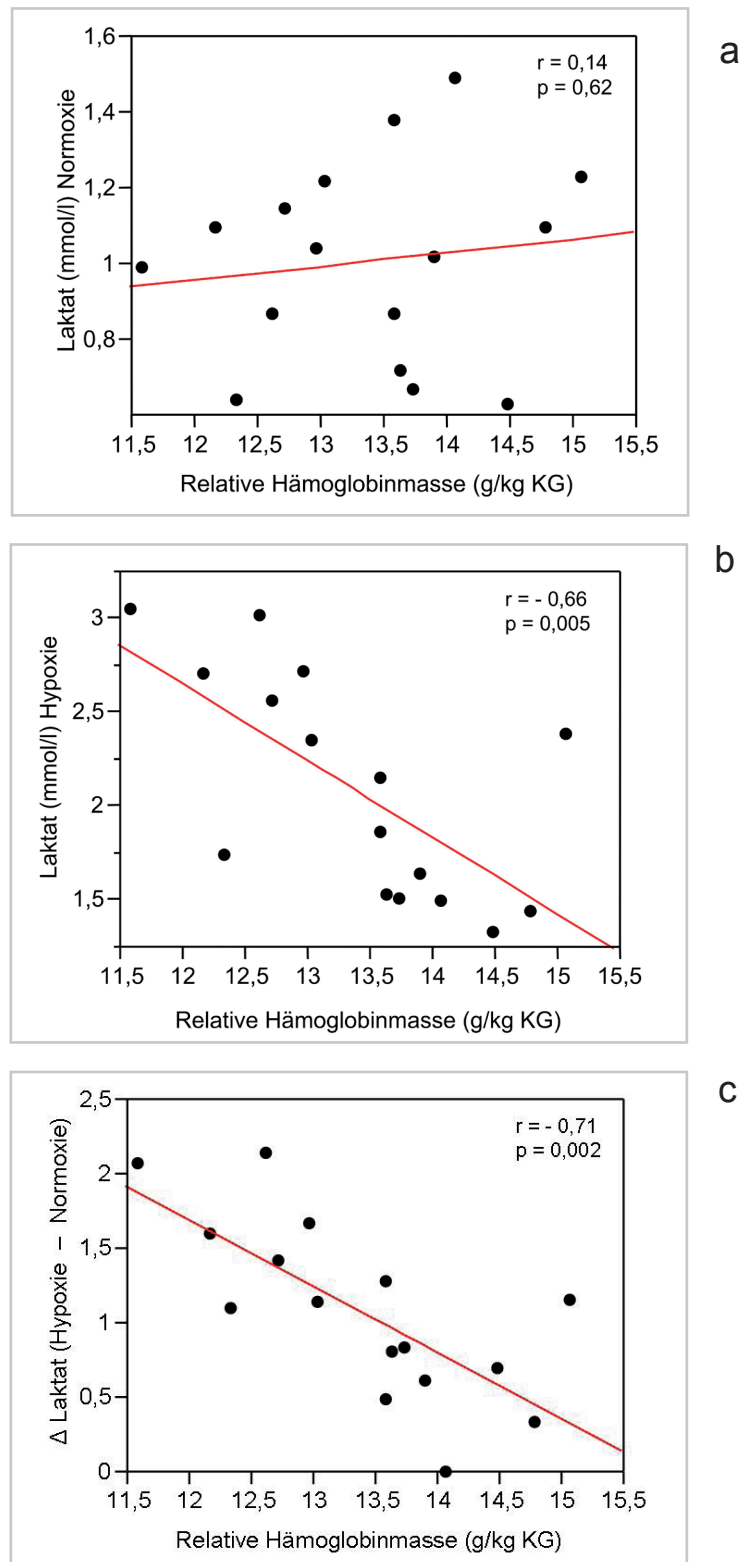


Abb. 2a-c. Zusammenhang zwischen der relativen Hämoglobinmasse und den Laktatwerten während der Dauerbelastung (Werte nach 30 min) in Normoxie und Hypoxie sowie der individuellen Differenz dieser Werte zwischen Normoxie und Hypoxie (Δ Laktat).

Tab. 2. *Ergebnisse Korrelationsanalyse (Relative Hämoglobinmasse und Laktat-/Herzfrequenz-verhalten bei Dauerbelastung in Normoxie und Hypoxie)*

		R	P
Relative Hämoglobinmasse (g · kg KG ⁻¹)	Laktat (Normoxie) 90 min	- 0,03	0,92
	Laktat (Hypoxie) 90 min	- 0,45	0,08
	Δ Laktat (H – N) 90 min	- 0,48	0,06
	Relative HF (Normoxie) 30 min	0,36	0,18
	Relative HF (Hypoxie) 30 min	- 0,17	0,52
	Δ Relative HF (H-N) 30 min	- 0,47	0,07
	Relative HF (Normoxie) 90 min	- 0,30	0,25
	Relative HF (Hypoxie) 90 min	- 0,40	0,12
	Δ Relative HF (H-N) 90 min	- 0,26	0,33

Weiterhin konnte keine Beziehung zwischen den weiteren Eingangsvariablen (relatives Herzvolumen in ml · kg⁻¹, relative Vitalkapazität in ml · kg⁻¹, relative Leistung in Watt · kg⁻¹ und Herzfrequenz an der IAS, und den Maximalwerten für Leistung, Herzfrequenz, Laktatkonzentration, Ventilation in l · kg⁻¹ und Sauerstoffaufnahme in ml · kg · min⁻¹) einerseits und der individuellen Belastungsreaktion (Laktat, Herzfrequenz) andererseits gefunden werden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Wir konnten als einen Prädiktor der individuellen metabolischen Belastungsreaktion in Hypoxie bei nicht höhenangepassten Ausdauersportlern die individuelle Hämoglobinmasse herausarbeiten. So prädisponierte eine geringere Hämoglobinmasse während einer Dauerbelastung in Hypoxie mit einer höheren Laktatkonzentration im Kapillarblut. Wir folgern aus unseren Ergebnissen, dass eine geringere Hämoglobinmasse bei Belastungen in Hypoxie infolge einer damit verbundenen niedrigeren Sauerstofftransportkapazität zu einer stärkeren Beanpruchung des glykolytischen Stoffwechsels führt. Inwieweit unterschiedliche Voraussetzungen im Hinblick auf die Hämoglobinmasse dadurch Art und Ausmaß der Trainingsanpassung während eines Höhentrainings beeinflussen, kann mit der vorliegenden Untersuchung nicht beantwortet werden. Darüber hinaus bleibt es unklar, ob die beschriebenen Zusammenhänge auch nach Anpassung an Hypoxie weiter bestehen bleiben. Gegenüber der Hämoglobinmasse zeigten die üblichen leistungsdiagnostischen und physiologischen Variablen keinen Zusammenhang zum Laktatverhalten bei Belastung in Hypoxie und scheinen keinen prädiktiven Wert hinsichtlich der individuellen Belastungsreaktion in Hypoxie zu besitzen.

Literatur

- Chapman, R. F., Stray-Gundersen, J. & Levine, B. D. (1998). Individual variation in response to altitude training. *Journal of applied physiology*, 85 (4), 1448-1456.
- Flück, M. (2003). Molekulare Mechanismen der muskulären Anpassung. *Therapeutische Umschau*, 60 (7), 371-381.
- Friedmann, B., Frese, F., Menold, E., Kauper, F., Jost, J. & Bärtsch, P. (2005). Individual variation in the erythropoetic response to altitude training in elite junior swimmers. *British journal of sports medicine*, 39 (3), 148-153.
- Niess, A. M., Fehrenbach, E., Strobel, G., Roecker, K., Schneider, E. M., Buergler, J., Fuss, S., Lehmann, R., Northoff, H. & Dickhuth, H.-H. (2003). Evaluation of stress responses to interval training at low and moderate altitudes. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (2), 263-269.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimized CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *European journal of applied physiology*, 95, 486-495.