

Optimales Timing von Höhentrainingsmaßnahmen im Schwimmsport

(AZ 070504/09)

Nadine Wachsmuth, Christian Völzke, Jörg Hoffmann
& Walter Schmidt (Projektleiter)

Universität Bayreuth

Problem

Die Effekte des Höhentrainings sind schon häufig untersucht worden, wobei es mittlerweile eine weitgehende Übereinstimmung hinsichtlich genereller positiver Auswirkungen auf die Ausdauerleistung gibt (siehe Übersicht Friedmann-Bette, 2008 und Meta-Analyse von Bonetti und Hopkins, 2009). Es sind jedoch starke individuelle Reaktionen der Leistungsfähigkeit zu beobachten, die zudem im Bereich des Schwimmens nicht unter schwimmspezifischen Konditionen, d. h. zumeist auf dem Fahrradergometer oder Laufband, bestimmt wurden. Bislang liegen in der Literatur auch noch keine Studien (weder aus dem Schwimmsport, noch aus anderen Disziplinen) vor, die sich mit dem optimalen Zeitpunkt der Rückkehr aus dem Höhentrainingslager vor einem wichtigen Wettkampf befassen. Die bisherige Praxis beruht allein auf Erfahrungen, ist aber wissenschaftlich nicht belegt. Es war daher das Ziel dieser Studie, den Leistungsverlauf während und nach einem Höhentrainingslager unter schwimmspezifischen Bedingungen zu dokumentieren, um evtl. genauere Empfehlungen für das optimale Timing von Höhentrainingsmaßnahmen vor wichtigen Wettkämpfen geben zu können. Weiterhin sollte die Veränderung der Hämoglobinemenge (tHb), die als wichtigste leistungsbeeinflussende Größe nach Höhentrainingslagern gilt, bestimmt werden und zu der erwarteten Leistungssteigerung nach einem Höhentrainingslager in Beziehung gesetzt werden.

Methoden

Studiendesign und Versuchspersonen

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Bayreuth genehmigt. Die Versuchspersonen, und im Falle der Nichtvolljährigkeit auch ihre Eltern, wurden über Ziele und Risiken der Studie aufgeklärt und unterschrieben eine Einverständniserklärung. Insgesamt nahmen 21 Testpersonen an der Studie teil, von denen 10 ein Höhentrainingslager in Mexiko City (2300 m) absolvierten. Die gesamte Probandengruppe konnte bis 3 Wochen, 5 Personen bis 5 Wochen nach Rückkehr untersucht werden. An einem Flachlandtrainingslager, das in Potsdam stattfand, nahmen insgesamt 11 Personen teil, von denen 9 in die Auswertung eingingen. Vier Personen des Flachlandtrainingslagers in Potsdam hatten fünf Wochen vorher ebenfalls das Höhentrainingslager absolviert. Die anthropometrischen Daten der Testpersonen, die an einem der beiden Trainingslager teilgenommen haben und bei denen vor und bis mindestens 3 Wochen nach Beendigung des jeweiligen Trainingslagers die tHb-Menge gemessen wurde, sind in Tab.1 dargestellt.

Tab. 1. *Anthropometrische Probandencharakterisierung des Höhen- und Flachlandtrainingslagers*

	Geschlecht	N	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	BMI
HTL	m	7	19.0 ± 2.6	185.7 ± 5.7	81.7 ± 12.5	23.7 ± 3.3
	w	3	22.7 ± 8.0	177.0 ± 8.7	65.7 ± 10.4	20.9 ± 1.6
FTL	m	6	17.8 ± 1.9	185.6 ± 6.9	76.0 ± 7.8	22.0 ± 1.1
	w	3	14.3 ± 1.5	167.3 ± 0.6	56.6 ± 1.3	20.2 ± 0.3

HTL = Höhentrainingslager, FTL = Flachlandtrainingslager

Vor, während und nach den Trainingslagern wurden an 10 Zeitpunkten Hämoglobinmassen- Bestimmungen und an 15 Terminen standardisierte Leistungstests durchgeführt (Abb. 1). Zwei Blutvolumentests und vier der Leistungstests fanden dabei vor dem ersten HTL statt, um einen verlässlichen Basiswert zu erhalten. Die Leistungstests wurden bis 16 Tage nach dem Höhentaining von 5 Testpersonen und nahezu komplett von 4 Personen absolviert.

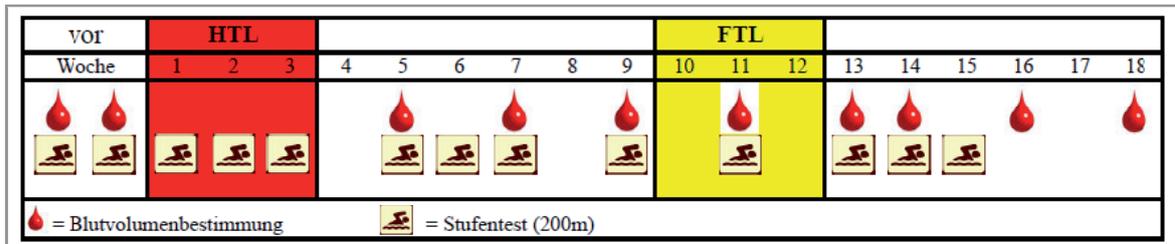


Abb. 1. Überblick über das Untersuchungsdesign. Dargestellt sind das Höhen- (HTL) und Flachlandtrainingslager (FTL) sowie die Blutvolumenmessungen und die Stufentests.

Bestimmung der totalen Hämoglobinmenge und der Leistungsfähigkeit

Die totale Hämoglobinmenge wurde mit der optimierten CO-Rückatmungsmethode nach Schmidt und Prommer (2005) bestimmt.

Der Schwimmspezifische Test bestand aus fünf 200-m-Stufen, die in einem 50-m-Becken in der bevorzugten Disziplin des jeweiligen Schwimmers bzw. der jeweiligen Schwimmerin absolviert wurden. Die Schwimmgeschwindigkeit wurde individuell so berechnet, dass bei jeder Stufensteigerung die Zeit für die jeweiligen 200 m um 6 sec verringert wurde, bis auf der letzten Stufe mit maximaler Geschwindigkeit geschwommen wurde. Unmittelbar nach Ende jeder Belastungsstufe wurden die Herzfrequenz und die Laktatkonzentration bestimmt.

Ergebnisse

tHb-Menge

Die Hämoglobinmenge war eine Woche nach dem HTL um 4.4 ± 4.4 % im Vergleich zum Ausgangswert erhöht, wobei sich eine stark individuelle Reaktion bei den einzelnen Athletinnen und Athleten zeigte, die im Bereich von -2.9 % bis $+11.9$ % lag. Der Zuwachs an Hämoglobin war nach 3 Wochen nicht mehr signifikant ($p = 0.14$) und betrug noch 2.1 ± 3.6 %. Nach 5 Wochen war das Ausgangsniveau wieder vollständig erreicht. Während des Flachlandtrainingslagers blieb die Hämoglobinmenge sehr konstant. Der Mittelwert oszillierte nur um wenige Gramm.

Leistungsfähigkeit

In der Endstufe, in der mit maximaler Geschwindigkeit geschwommen wurde (Abb. 2), nahm die Geschwindigkeit in der ersten Woche im HTL deutlich ab, um dann bis zum Ende des HTL auf einem geringfügig verbesserten Niveau zu liegen. Ein gleiches Verhalten zeigte sich auf submaximaler Ebene. Eine Woche nach Rückkehr ins Flachland entsprach die Leistung derjenigen vor dem HTL und verbesserte sich deutlich bis zum 23. Tag nach Rückkehr. Während des sich anschließenden FTL nahm die Leistung tendenziell wieder etwas ab, war aber dennoch deutlich besser als unmittelbar vor und unmittelbar nach dem HTL.

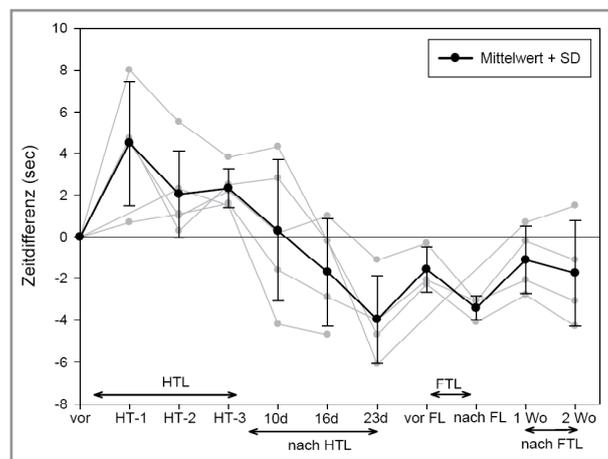


Abb. 2. Veränderung der maximalen Leistung im Schwimm-Stufentest während und nach einem Höhen- und sich anschließenden Flachlandtrainingslager. Dargestellt sind die individuellen Veränderungen der Schwimmzeiten vom Ausgangswert in Sekunden sowie der Mittelwert der Veränderungen mit Standardabweichung.

Diskussion

Die vorliegende Studie sollte erstmalig Daten über die Entwicklung der Leistungsfähigkeit von Schwimmerinnen und Schwimmern nach einem herkömmlichen Höhentrainingslager erheben. Das wichtigste Ergebnis war, dass die beste Schwimmzeit in einem standardisierten Stufentest nicht unmittelbar nach einem HTL, sondern ab drei Wochen nach Rückkehr erzielt wurde. Die generelle Verbesserung der Leistung nach einem HTL stimmt bedingt mit Ergebnissen einer Meta-Analyse von Bonetti und Hopkins (2009) überein, die nach Auswertung von 51 Studien eine Verbesserung bei Spitzenathletinnen und -athleten nach LHTL Protokollen, aber nur bei Subeliteathletinnen und -athleten nach klassischen Höhentrainingslagern fanden. Eine Erklärung für die unterschiedlichen Literaturdaten dürfte der Zeitpunkt der Tests nach einem HTL sein, der in der Regel unmittelbar bis eine Woche nach Rückkehr erfolgte. Ein Testprotokoll, wie es hier praktiziert wurde, existierte bislang nicht. Ein zweiter Kritikpunkt bisheriger Studien besteht darin, dass gerade bei Schwimmerinnen und Schwimmern bislang kaum sportartspezifische Tests durchgeführt wurden. Eine Ausnahme stellt hier die Studie von Friedmann et al. (2005) dar, die 10 Tage nach Rückkehr von einem dreiwöchigen HTL auf 2300 m bei 16 Schwimmerinnen und Schwimmern im Nachwuchsbereich trotz großer individueller Streuung eine mittlere Verbesserung von 2-3 % im maximalen und submaximalen Bereich fanden.

In der vorliegenden Studie verbesserten sich die Testpersonen nach 16 Tagen um 1.3 ± 2.0 % (nicht signifikant) und nach 23 Tagen um 2.8 ± 1.6 %, d. h. in der gleichen Größenordnung wie in der Studie von Friedmann, wobei jedoch der Zeitverlauf verzögert war. Die vorliegenden Ergebnisse stimmen sehr gut mit denjenigen überein, die wir kürzlich in einer Längsschnittstudie über 2 Jahre mit 34 Leistungsschwimmern bzw. -schwimmerinnen des DSV, die in dieser Zeit z. T. an mehreren Höhentrainingslagern teilnahmen, ermitteln konnten (noch nicht publizierte Daten; Schmidt, Bericht an das BISp vom 20.08.2010). In dieser Studie wurden insgesamt 726 Wettkampfergebnisse der 34 Schwimmerinnen und Schwimmer einer Kovarianzanalyse unterzogen, wobei sich keine Höheneinflüsse bis 25 Tage nach Rückkehr aus einem HTL zeigten, wohl aber eine Verbesserung um 2.7 % zwischen 25 und 35 Tagen danach.

Die Größenordnung und der Zeitverlauf der Veränderung der tHb-Menge nach dem Höhentrainingslager stimmen mit Literaturdaten überein, die unmittelbar nach einem Höhentrainingslager einen mittleren Anstieg von 4-7 % beschreiben und nach 3 Wochen noch ca. 50 % des Höheneffektes. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Veränderung der tHb-Menge und der Leistung konnte ebenso wie bei Friedmann et al. (2005) und unserer o. g. Studie (Schmidt, 2010) nicht aufgezeigt werden. Demnach führt die erhöhte O₂-Transportkapazität unmittelbar nach dem Höhentrainingslager nicht direkt zu einer besseren Schwimmleistung, könnte aber über eine positive Beeinflussung der Trainingsleistung mittelfristig positive Effekte haben. Ebenso deuten die Ergebnisse darauf hin, dass in der Höhe Anpassungsmechanismen ablaufen, die unabhängig von der Hämoglobinveränderung die Leistungsfähigkeit im Flachland beeinflussen.

Zusammenfassend kann daher festgestellt werden, dass drei Wochen nach einem dreiwöchigen traditionellen Höhentrainingslager auf 2300 m im Mittel die besten Leistungen erzielt werden. Wenngleich die Datenlage noch verbessert werden muss und auch ein sehr individuelles Ansprechverhalten vorliegen dürfte, das bei jeder Athletin und jedem Athleten berücksichtigt werden muss, kann für das generelle Timing von Höhentrainingsmaßnahmen dieser Zeitverlauf zugrunde gelegt werden.

Literatur

- Bonetti, D. & Hopkins, W. G. (2009). Sea level exercise performance following adaptation to hypoxia. *Sports medicine*, 39, 107-127.
- Friedmann, B., Frese, F., Menold, E., Kauper, F., Jost, J. & Bärtsch, P. (2005). Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers. *British journal of sports medicine*, 39, 148-153.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimised CO-rebreathing method: a new tool to de-terminine total haemoglobin mass routinely. *European journal of applied physiology*, 95, 486-495.
- Schmidt, W. (2010). Bericht zum Forschungsprojekt: *tHb-Menge bei Schwimmern* (Kurztitel) BISP-AZ:IIA1-070309/08.
- Wachsmuth, N. B., Völzke, C., Hoffmann, J. & Schmidt, W. (2011). *Optimal timing of altitude training*. 16th annual Congress of the European College of Sport Science (Book of Abstracts).