

## **Entwicklung eines Testverfahrens zur Beurteilung der anaeroben Kapazität und Leistungsfähigkeit**

H. Heck (Projektleiter), S. Kurtscheidt, S. Vrebac

Ruhr-Universität Bochum  
Lehrstuhl für Sportmedizin

### **1 Problemstellung**

In vielen Sportarten ist die Wettkampfleistung abhängig von der Kapazität und Leistungsfähigkeit der energieliefernden Systeme. Dabei haben im Sprintbereich die anaerobe Kapazität und Leistungsfähigkeit, im Langstreckenbereich die aerobe Stoffwechsellistungsfähigkeit die größte Bedeutung. Für die Optimierung von Wettkampfleistungen müsste eine komplexe Leistungsdiagnostik durchgeführt werden, die die ausschlaggebenden Einzelkomponenten bestimmt. Damit bestünde die Möglichkeit, Defizite in Teilbereichen sichtbar zu machen und darauf aufbauend Veränderungen im Training vorzunehmen, sodass im Wettkampf möglichst die maximalen individuellen Leistungen erreicht werden können.

Während aerobe Testverfahren seit langem eingeführt und empirisch evaluiert worden sind, ist der Forschungsstand in Bezug auf anaerobe Testverfahren eher unbefriedigend. Bei einem Teil der Tests ist die Validität nicht geprüft, fraglich oder nicht gegeben. Grund dafür ist, dass kein einfaches zu messendes Kriterium vorhanden ist, das den Energieumsatz direkt misst.

Durch die komplexen Vorgänge der Bildung, Verteilung und Elimination, beispielsweise von Laktat, ist die Interpretation von Messergebnissen in hohem Maße abhängig von der Untersuchungsmethodik. Der anaerobe Energiestoffwechsel kann daher möglicherweise nur durch eine Kombination aus mehreren Testverfahren, die die Kriterien der verschiedenen Stoffwechselbereiche erfassen, ermittelt werden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Prüfung, ob Änderungen der Leistungsfähigkeit bzw. der Kapazität des anaeroben und aeroben Stoffwechsels sich in den Kriterien unterschiedlicher Tests quantitativ ausprägen und in Abhängigkeit vom Ausprägungsgrad den verschiedenen Energiestoffwechselprozessen zuordnen lassen.

### **2 Methodik**

Zur Untersuchung der Wertigkeit der einzelnen Teilprozesse sind drei Untersuchungen durchgeführt worden.

In einer ersten Teiluntersuchung wurde, um Änderungen in der alaktaziden Kapazität zu erreichen, mit Hilfe einer Kreatinsupplementation der Bestand an Kreatinphosphat in der Muskulatur vergrößert. Die Untersuchung erfolgte placebo-kontrolliert. Vor und nach der Supplementation von Kreatinmonohydrat bzw. Placebo wurde der Kreatinphosphatgehalt im Muskel mittels Magnet-Resonanz-Spektroskopie am Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum in Köln-Porz bestimmt.

In der zweiten Untersuchung wurde der Einfluss einer veränderten Glykolyserate, simuliert durch Glykogenerschöpfung, auf die Testkriterien untersucht und somit die laktazide Kapazität und Leistungsfähigkeit beeinflusst.

In der dritten Untersuchung wurde der Einfluss unterschiedlicher oxidativer Leistungsfähigkeit, simuliert durch unterschiedliche O<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Einatemungsluft, geprüft. Dabei wurden die Tests unter Normoxie- (20,93 % O<sub>2</sub>) und Hypoxie-Bedingungen (16 % O<sub>2</sub>) durchgeführt.

An den drei Teiluntersuchungen nahmen insgesamt 53 Probanden mit unterschiedlicher Ausdauerleistungsfähigkeit teil. Dabei absolvierten die Probanden während jeder Testreihe insgesamt zehn Tests:

- Zwei isokinetische Tests über 10 sec bzw. 60 sec (Voruntersuchung zur Bestimmung der individuellen Belastungen in den nachfolgenden Sekunden-Tests);
- je 2x4 Belastungstests:
  - 10-sec-Test: hauptsächlich alaktazide Kapazität
  - 6x5-sec-Test: hauptsächlich alaktazide Kapazität  
(30 sec aktive Pause zwischen den Intervallen)
  - 60-sec-Test: hauptsächlich anaerobe Kapazität
  - Stufentest (25 Watt/2 min): hauptsächlich aerobe Leistungsfähigkeit jeweils
    - vor und nach Verum/Placebo-Supplementation
    - mit und ohne Glykogendepletion
    - unter Normoxie- und Hypoxiebedingungen.

Vor jedem Test, mit Ausnahme des Stufentests, unterzogen sich die Probanden einem standardisierten Aufwärmprogramm über 6 min bei 100 Watt (männlich) bzw. 50 Watt (weiblich). Vor Belastung, nach der Aufwärmphase, direkt nach Testende sowie in der 1., 3., 5. und 7. Nachbelastungsminute erfolgte, zur Bestimmung von Laktat und Ammoniak, eine ohrkapillare Blutabnahme. Außerdem wurden die Herzfrequenz sowie spirographische Größen (max. O<sub>2</sub>-Aufnahme, CO<sub>2</sub>-Abgabe, Ventilation, Atemäquivalent und respiratorischer Quotient) registriert.

### 3 Ergebnisse

Aus Platzgründen soll hier nur exemplarisch das Verhalten des Parameters Laktat dargestellt werden.

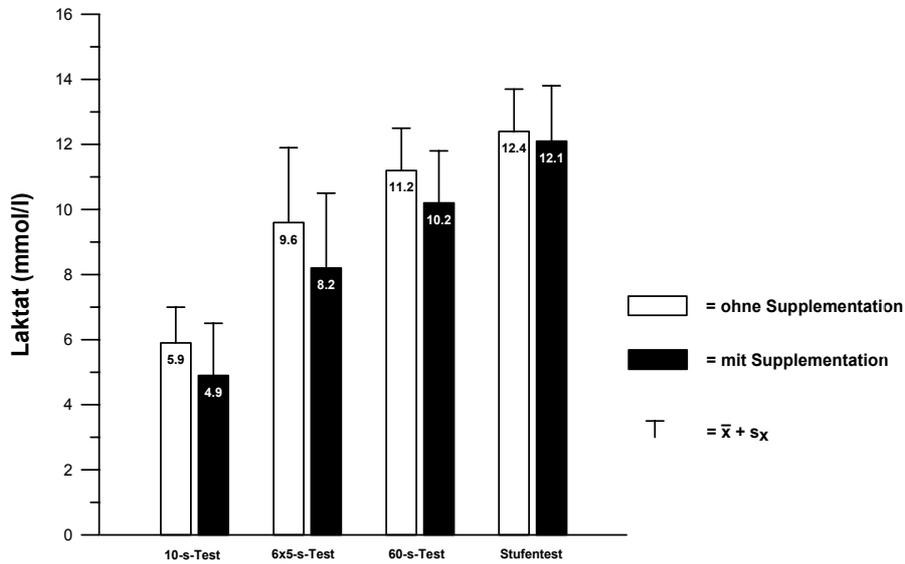


Abb. 1: Mittleres maximales Laktat mit und ohne Supplementation von Kreatinmonohydrat

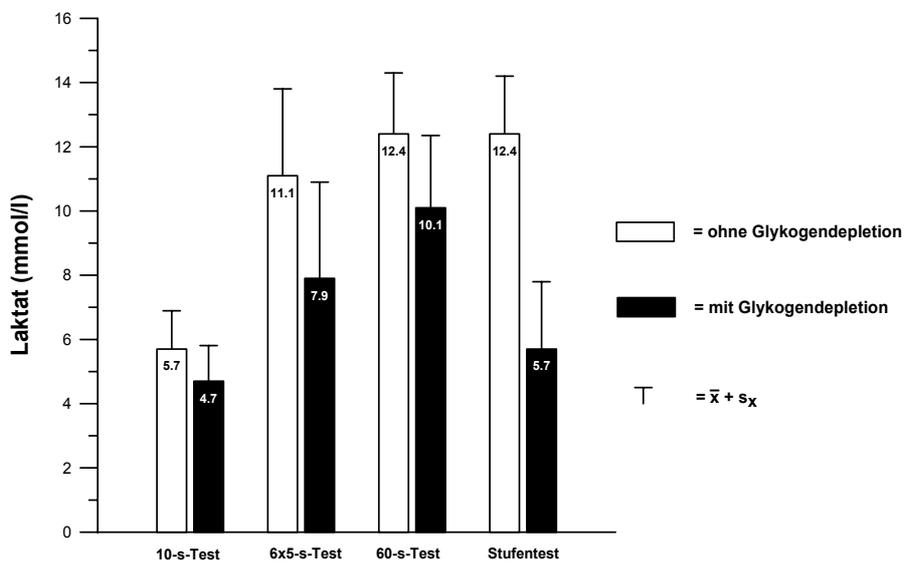


Abb. 2: Mittleres maximales Laktat mit und ohne Glykogen-depletion

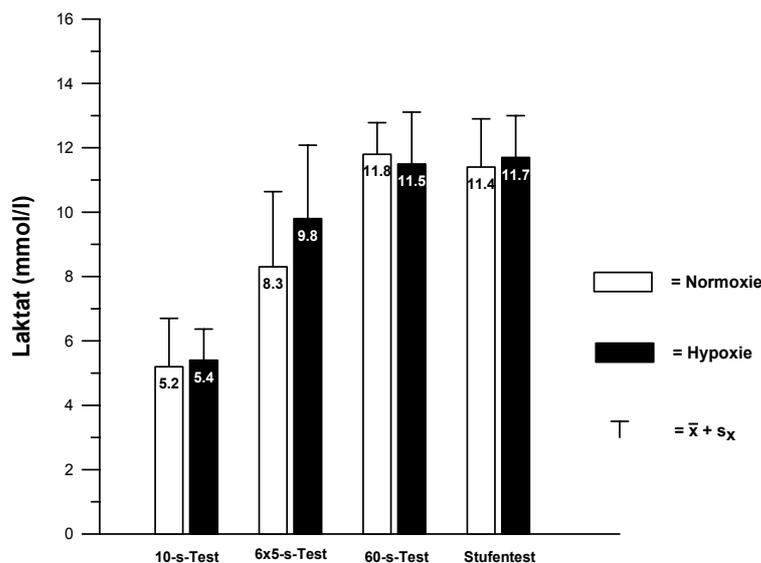


Abb. 3: Mittleres maximales Laktat unter Normoxie- und Hypoxiebedingungen

#### 4 Diskussion

Erwartungsgemäß fiel das Ergebnis bei Änderung der Kreatinkonzentration im Muskel aus (Kreatinsupplementation). Die deutlichsten Effekte zeigten sich beim 10-sec- und 6x5-sec-Test, während im Stufentest der Unterschied nicht mehr signifikant war (Abb. 1).

Bei den Tests mit und ohne Glykogenerschöpfung ergab sich ein umgekehrtes Bild. Die größten Differenzen waren beim Stufentest zu beobachten, die geringsten beim 10-sec-Test (Abb. 2). Ursache hierfür ist die durch die Glykogenerschöpfung deutlich reduzierte maximale Laktatbildungsrate und die Laktatbildungsrate bei vergleichbaren submaximalen Belastungen. Wegen der akkumulierenden Eigenschaft des Blutlaktats ist der Effekt bei längeren Belastungszeiten ausgeprägter.

Die veränderte O<sub>2</sub>-Konzentration der Einatemungsluft zeigte nur geringe Unterschiede im Laktat auf. Deutliche und signifikante Differenzen werden nur im 6x5-sec-Test beobachtet (Abb. 3). Die höheren Laktatwerte beim 6x5-sec-Test unter Hypoxie dürften sich durch eine verschlechterte Elimination in den Pausen zwischen den einzelnen Intervallen, die nur oxidativ stattfinden kann, erklären lassen.

Während im Mittel eine Differenzierung zwischen unterschiedlichen anaeroben und aeroben Stoffwechselbedingungen erkennbar ist, zeigten Analysen von Ergebnissen einzelner Probanden, dass im Einzelfall häufig eine Differenzierung der veränderten Energiestoffwechselbedingungen in den Messwerten nicht erkennbar ist. Somit dürfte die hier vorgestellte Testbatterie nicht in der Lage sein, Veränderungen in den Energiestoffwechselsystemen im Einzelfall präzise zu quantifizieren.

## 5 Literatur

- BALSOM, P.D.; EKBLÖM, B.; SÖDERLUND, K.; SJÖDIN, B.; HULTMAN, E.: Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports* (1993) 3, 143-149
- HELLWIG, T.; LIESEN, H.; MADER, A.; HOLLMANN, W.: Möglichkeiten einer sprintspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung mit Hilfe der Blutlaktatkonzentration. *Dtsch. Z. Sportmed.* (1988) 39, 392-406
- MADER, A.: Die Komponenten der StoffwechsellLeistungen in den leichtathletischen Ausdauerdisziplinen – Bedeutung für die Wettkampfleistung und Möglichkeiten zu ihrer Bestimmung. In: TSCHIENE, P. (Hrsg.): Neue Tendenzen im Ausdauertraining. Informationen zum Leistungssport. DSB Frankfurt 1994, 127-220
- MADER, A.: Energiestoffwechselregulation, Erweiterungen des theoretischen Konzepts und seiner Begründungen – Nachweis der praktischen Nützlichkeit der Simulation des Energiestoffwechsels. In: MADER, A.; ALLMER, H. (Hrsg.): Computersimulation. Möglichkeiten zur Theoriebildung und Ergebnisinterpretation. *Brennpunkte der Sportwissenschaft* 8 (1994) 2, 124-162
- MADER, A.; HECK, H.: Möglichkeiten und Aufgaben in der Forschung und Praxis der Humanleistungsphysiologie. *Spectrum der Wissenschaften* (1991) 3, 5-54
- SCHNABEL, A.; KINDERMANN, W.: Assessment of anaerobic capacity in runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* (1983) 52, 42-46
- SZÖGY, A. ; BÖHMER, D.; AMBRUS, P.; BRUNE, S.: Zur Bestimmung der anaeroben Kapazität bei Radrennfahrern. *Dtsch. Z. Sportmed.* (1984) 35, 153-160

