

# **Sportmedizinische Aspekte der Prävention und Rehabilitation**

**- Zur Bedeutung der ergometrischen  
Belastungsuntersuchung -**

E. Jakob, V. Höltke, M. Wiek, A. Verdonck

August 1998

## **Einleitung**

Prävention und Rehabilitation haben aktive Bewegungs- und Trainingsprogramme neben passiven physikalischen und psychotherapeutischen Maßnahmen zum Inhalt. Sport und Bewegung sind im Rahmen der primären und sekundären Gesundheitsprävention anerkannt. Um Überforderungen, Erkrankungen und Verletzungen zu vermeiden sollen die Belastungen nach anerkannten trainingsmethodischen Gesichtspunkten erfolgen. Im Zentrum steht dabei die Diagnostik der Leistungsfähigkeit, aus deren Kenngrößen sich die aktuelle Belastbarkeit ableitet. Im folgenden soll die sportmedizinische Belastungsuntersuchung zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit und einige praktische Anwendungen an Hand von Fallbeispielen dargestellt werden.

## **Die Belastungsuntersuchung**

Mit der ergospirometrischen Belastungsuntersuchung soll über die Bestimmung physiologischer und biochemischer Kenngrößen vor, während und nach Belastung die maximale Leistungsfähigkeit und die Leistungsfähigkeit an der anaeroben Schwelle (AS) erfaßt werden.

Das Belastungsprotokoll ist ein Stufen- oder ein Rampentest. Abhängig vom Können der Probanden wird die laufband- oder fahrradergometrische Belastung bevorzugt, während im Leistungssport jeweils spezifische Belastungsverfahren zur Anwendung kommen: Laufbandergometrie für Läufer, Fahrradergometrie für Radfahrer, Ruderergometrie für Ruderer, Schwimmkanalergometrie für Schwimmer, Rollski- oder Skigangergometrie für Skilangläufer und Biathleten etc.. Für Behindertensportler kann die Rollstuhlergometrie auf dem Laufband eine geeignete Methode sein. Die Protokolle der Leistungssportler sind unterschiedlich zu denen der Breitensportler, da es die höhere bzw. geringere max. Leistungsfähigkeit zu berücksichtigen gilt (Tabelle).

Der Rampentest hat im Vergleich zum Stufentest den Vorteil der relativ kurzen Belastungszeit, er sollte in 8-12 Minuten zur subjektiven Ausbelastung führen. Methodisch ist eine ergospirometrische Untersuchung erforderlich, wobei moderne Systeme mit schnellen

Gasanalysatoren notwendig sind. Die Aussagen im Stufentest, der 20 bis 50 min. dauern kann, basieren schwerpunktmäßig auf der Bestimmung der Laktat-Leistungskurve.

### **1. Maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ max)**

Die maximale  $O_2$  - Aufnahme gilt als Bruttokriterium der aeroben Leistungsfähigkeit. Sie ist zu einem großen Teil genetisch festgelegt und nur zu 30-50% trainierbar. Auch die Trainierbarkeit ist zu einem hohen Maße genetisch bedingt. In Ausdauerdisziplinen, die eine hohe aerobe Kapazität mit körpergewichtsbezogenem  $VO_2$  max- Werten um 80 ml/kg/min verlangen, müssen praktisch noch untrainierte Kinder und Jugendliche schon  $O_2$  - Aufnahmewerte um 60 ml/kg/min haben. Die Bestimmung der  $VO_2$  max für Ausdauerdisziplinen ist daher durchaus im Rahmen der Talentsuche einzusetzen, wobei allerdings mehrmalige Untersuchungen die Grundlage obiger Aussagen sein sollten. Für Spielsportarten gelten für Männer körpergewichtsbezogene  $O_2$  - Aufnahmewerte von 55-60 ml/kg/min, für Ausdauersportarten von mehr als 70-75 ml/kg/min als notwendige Voraussetzung. Teilnehmer an Volksmarathonläufen und Laufzeiten zwischen 3:00 h und 4:30 h liegen im Bezug auf die Altersdekade an der obersten Normgrenze und darüber (Tabelle). Personen mit sehr niedriger  $VO_2$  max sind wenig belastbar und können rasch überfordert werden. Das muß sicherlich auch im Rahmen der Rehabilitation nach Erkrankung und Verletzung bedacht werden.

### **2. Anaerobe Schwelle**

Die anaerobe Schwelle stellt eine obere Belastungsgrenze dar, bis zu welcher die Stoffwechselsituation des gesamten Organismus im Gleichgewicht ist und im Besonderen eine Übersäuerung (kontinuierlicher Laktatanstieg) nicht auftritt. Die Leistung an der anaeroben Schwelle ist abhängig von der maximalen Leistungsfähigkeit, von der Muskelfasermuskelzusammensetzung (Laktat wird in den weißen Muskelfasern gebildet) und vom Trainingszustand (nur Ausdauertraining erhöht den Schwellenwert). Lange Ausdauertrainingseinheiten werden mit einer niedrigeren Intensität als der Schwellenintensität durchgeführt, die Herzfrequenz liegt bei 80% der Schwellenherzfrequenz (AS-HF).

Gesundheitsorientiertes Ausdauertraining sollte ausschließlich in diesem Intensitätsbereich stattfinden.

Zur Bestimmung der anaeroben Schwelle stehen verschiedene methodische Vorgehensweisen zur Verfügung:

1. Die *ventilatorische anaerobe Schwelle* ist von Wassermann und Beaver physiologisch gut begründet und in den Zusammenhang zum Laktatanstieg in Muskelzelle und Blut gesetzt. Die Bestimmung erfolgt im Rampentest. Der Test sollte bezüglich Anfangsstufe und Steilheit so aufgebaut sein, daß er nach 8-12 min zum Abbruch führt. Die Schwellenbestimmung nach der v-slope Methode wird in unserer Abteilung durchgeführt (Abb.). Nach einem eigenen Computerprogramm (Wiek, M., SportMedizin Hellersen) werden die Meßdaten für  $VO_2$  und  $VCO_2$  aufbereitet, der Schwellenpunkt wird als Schnittpunkt zweier Regressionsgeraden dargestellt, die nach dem Prinzip der kleinsten quadratischen Abweichung festgelegt werden. Korrespondierend zur ermittelten AS- $VO_2$  kann unter Zuhilfenahme der linearen Interpolation die Schwellenherzfrequenz (AS-HF) bzw. die Schwellenintensität (AS-km/h oder AS-Watt) bestimmt werden. Die Schwellenkenngößen können im weiteren als Relativwerte (%) ausgedrückt werden. Sportler aus Schnellkraftdisziplinen liegen bezüglich der AS- $VO_2$  unter 70-75%, aus Ausdauerdisziplinen über 75% der  $VO_2$  max. Die Schwellenherzfrequenz (Angabe +/- 5 / min) wird als Schnittpunkt des intensiven (###AS-HF) zum moderaten (< AS-HF) Ausdauertraining angenommen.

2. Die *Laktatschwelle* setzt zur Bestimmung einen Stufentest mit Belastungsstufen von mindestens 2-3 min voraus, wobei fahrradergometrisch das Protokoll kontinuierlich, laufbandergometrisch diskontinuierlich (40 sec. Belastungspause zwischen den Stufen zur Laktatabnahme) aufgebaut ist.

Die Protokolle (Anfangsstufe, Stufenzuwachs, Stufendauer) sind vom Leistungsvermögen des Probanden abhängig zu machen. Es sollten 5-6 Stufen beendet werden können, da nur dann die Laktatleistungskurve ausreichend genau gefittet werden kann. Im Stufentest wird die max. Sauerstoffaufnahme etwas niedriger als im Rampentest gemessen. Die max. Laktatkonzentration liegt meist > 8 mmol/l, die max Herzfrequenz > 180/min. Die anaerobe Schwelle wird durch Addition einer Konstanten (= 1,5 für die Laufbandergometrie und 1,0 für

die Fahrradergometrie ) zum Minimum der gefitterten Laktatleistungskurve erhalten und als individuelle anaerobe Schwelle (IAS) bezeichnet. Bei bekannter Schwellenlaktat-konzentration kann die korrespondierende Intensität (km/h, Watt,  $VO_2$  , HF) durch lineare Interpolation ermittelt werden.

3. Von Conconi wurde in einem rampenartigen Test der obere Breakpoint der Herzfrequenzleistungskurve als anaerobe Schwelle genannt (Abb.). Der Test hat in der Sportpraxis Anwender gefunden, da er als Feldtest mit geringem apparativen Aufwand (Ableitung der Herzfrequenz mit dem Polarsystem) durchgeführt werden kann. Das Verfahren wird unsererseits abgelehnt, da es in ca. 20% der Fälle die Ermittlung der anaeroben Schwelle nicht zulässt, denn der Herzfrequenzanstieg bleibt bis zum Belastungs-abbruch linear.

4. Auf ein weiteres Verfahren (EMG) soll nicht eingegangen werden.

Für die Praxis ist die Konzentration auf ein bis zwei Verfahren erforderlich, da sie ja auch ein jeweils unterschiedliches Equipment voraussetzen.

## **Klinische Fallbeispiele**

### **1. Sport im Rahmen der Sekundärprävention nach Myokardinfarkt**

Die sportliche Betätigung nach Myokardinfarkt ist von Löllgen und Dickhuth zuletzt ausführlich beschrieben. Für den Sport in Koronargruppen ist eine ergometrische Untersuchung Voraussetzung, um die Belastbarkeit festzulegen. Ist die Grenze von 1,0 Watt/kg Körpergewicht nicht zu erreichen, kann Sport nur in einer Übungsgruppe erfolgen. In der Praxis müssen viele Fragen von vor dem Infarkt sportlich sehr aktiven Patienten dahingehend beantwortet werden, ob die frühere sportliche Aktivität wieder aufgenommen werden kann, z.B. Bergwandern in Höhen von 2000 - 4000 m. Hierzu bedarf es der umfassenden Belastungsuntersuchung mit Ergospirometrie, Herzfrequenz- und Laktatbestimmung als Fahrrad-, Laufband- oder Gehbandergometrie. Die Untersuchung sollte durch eine aktuelle Echokardiographie mit Herzvolumenbestimmung, evtl. Belastungsechokardiographie sowie der Bestimmung wesentlicher Laborparameter (Blutbild, Leber- und Nierenwerte, Ck, Elektrolyte, Gesamteiweiß, Urinstatus auf Blut, Eiweiß, Zucker) ergänzt werden.

Erfahrungsgemäß sollten derartigen Belastungen nur zugestimmt werden, wenn die Leistungsfähigkeit weiterhin im oberen Normbereich der Altersgruppe liegt, das Herzvolumen der Norm entspricht ( $< 12 \text{ ml/kg Körpergewicht}$ ) und schwerwiegende Herzrhythmusstörungen nicht vorliegen.

## **2. Sport und chronisches Schmerzsyndrom bei Fibromyalgie, bei Rheuma- und Krebserkrankung**

Patienten mit Fibromyalgie sind nur wenig leistungsfähig. Dies drückt sich in einer relativ niedrigen Sauerstoffaufnahme aus (Tab.). Entsprechend müssen in einem Rehabilitationsprogramm die Anforderungen an diese Patienten niedrig ausgerichtet sein, da sie sonst sehr rasch überfordert sind und das Reha-Programm sogar abbrechen.

Diese Problematik stellt sich natürlich auch bei einer großen Zahl weiterer Erkrankungen (z.B. Rheumaerkrankung, Krebserkrankung) weswegen vor Aufnahme eines Sport-programmes eine adäquate Belastungsuntersuchung zu fordern ist, aufgrund derer Hinweise für das Bewegungsprogramm gegeben werden können.

## **3. Sport und Glykogenose Typ V**

Die Mc Ardle´sche Erkrankung fällt meist im Kindesalter auf. Im zu berichtenden Fallbeispiel konnte der 12 jähr. Fußballspieler aufgrund schwerer Muskelkrämpfe das Spiel nicht mehr fortsetzen. Er galt als technisch guter Spieler, der gut zuspielden konnte. Vom Trainer war er aufgefordert worden, sich aktiver am Spiel zu beteiligen, mehr Laufarbeit zu leisten, in der er sich bislang immer zurückhielt. Nach dem einmaligen Vorfall erfolgte beim Hausarzt die Ck-Bestimmung, die Werte von  $10 \text{ 000 U/l}$  erbrachte. In der später nachfolgenden Belastungsuntersuchung lag die  $\text{VO}_2 \text{ max}$  um  $20 \text{ ml/kg/min}$ , wobei bei Abbruch der Belastung kein Laktatanstieg erfolgt war, aber ventilatorisch Ausbelastungskriterien bestanden. Die muskelbiopsische Untersuchung bestätigte die Verdachtsdiagnose der Mc Ardle`schen Erkrankung.

Grundsätzlich sollte bei Kindern und Jugendlichen vor Aufnahme vereinsportlicher Betätigung eine ergometrische Belastungsuntersuchung erfolgen. Manchmal sind im Grunde stark einschränkende Erkrankungen im Vorfeld nicht erkennbar, da sie durch entsprechende Verhaltensweisen zu überspielen sind.

#### **4. Rehabilitation nach Verletzung**

Die isolierte vordere Kreuzbandruptur wird bei Fußballspielern im Profibereich meist sofort operiert. Anschließend wird ein 4-6 monatiges Rehaprogramm durchgeführt, wobei zuletzt die Belastungsumfänge bei 5-6 Stunden pro Tag liegen. Dennoch fällt bei Wiederaufnahme des Mannschaftstrainings noch ein erheblicher sportartspezifischer Trainingsrückstand auf, so daß vor Aufnahme des Trainings mit der Mannschaft über ein Einzeltraining die Rückstände aufzuholen sind. Die standardisierte ergometrische Belastungsuntersuchung läßt noch bestehende Defizite eindeutig erkennen, zeigt aber auch auf, wie lange es dauern kann, ehe nach einer derartigen Verletzung das alte Leistungsniveau wiederhergestellt ist (Abb.).

Die ergometrische Belastungsuntersuchung sollte Grundlage von Trainingsprogrammen im Rahmen der Rehabilitation und Prävention sein. Die Belastungsintensität kann über die kontinuierliche Bestimmung der Herzfrequenz überwacht werden. Rehabilitations- und Präventionsprogramme sind so gezielt zu überprüfen und effektiv zu gestalten. In erster Linie wird dadurch eine Überforderung zu vermeiden sein, welche letztlich zum vorzeitigen Abbruch der Bewegungsprogramme führen wird.

#### **Zusammenfassung**

Sportmedizinische Belastungsuntersuchungen zeigen die Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit von Gesunden, Erkrankten und Verletzten auf. Aufgrund der ergometrischen, physiologischen und biochemischen Kenngrößen sind Hinweise zur Aufarbeitung der konditionellen Defizite zu geben oder im Falle von Erkrankungen die Grenzen der Belastbarkeit festzulegen. Die ergometrische Belastungsuntersuchung bei Sportanfängern, vor und während Reha-Maßnahmen oder im Rahmen von Sport und Prävention ist daher unerlässlich.