

Evaluierung von Methoden zur Bestimmung der ventilatorischen Schwellen in der Spiroergometrie

Julian-Marvin Lütten

Fachhochschule Lübeck

Hamburg, 23. Juli 2018



1 Einleitung

- cardioscan GmbH bietet Kunden Leistungsdiagnostik-Systeme zum Definieren von Trainingsbereichen
- Verfahren: nicht-invasive Spiroergometrie (aus lat. *spirare*: atmen, griech. *ergo*: Arbeit)
- 14,4 % Anstieg von Gesamtanzahl an Fitnessstudio-Mitgliedern zwischen 2014 und 2017 (44 % aller Betreiber im Sektor Gesundheits und Prävention)
- zukünftiges Setup: *cardioscan Checkpoint Software (CCPS)* + *metabolicscan* Spiroergometer + Fahrradergometer
- aktueller Auswertungsalgorithmus: $RQ = 1 \rightarrow$ anfällig für Fehler
- verbesserter Algorithmus für die CCPS notwendig

- Trainingszonendefinition anhand zweier von Prof. Karlman Wasserman geprägter Schwellen
- „Schwellen“ basieren auf physiologischer Reaktion des Körpers auf erhöhte Belastung
- Ausgangspunkt: Atmung bzw. Gastransfer
- $RQ = \frac{\dot{V}CO_2}{\dot{V}O_2}$ als zentraler Parameter der Atemfunktion
- RQ ist abhängig von Energiegewinnung und Stoffwechsellage
Fettstoffwechsel in Ruhe: $RQ = 0,7$
Kohlenhydratstoffwechsel bei Aktivität: $RQ \geq 1$
- RQ ist jedoch auch akut abhängig von Ernährung → problematisch

- Bewegung des Körpers wird durch mechanische Kontraktionen der Skelettmuskulatur bedingt
- aufgeteilt in primäre und sekundäre Energiegewinnung
 - Primär: hydrolytische ATP-Spaltung als Energiequelle
 - ATP-Muskelanteil reicht für ca. 1-2 s körperliche Arbeit
 - ATP-Resynthese durch CrP: CrP-Muskelanteil reicht für ca. 5-6 s
 - CrP-Konzentration für andauernde Belastung zu niedrig
 - Sekundär: aerobe und anaerob-laktazide Glykolyse
 - Glukose wird enzymatisch zu Pyruvat verarbeitet
 - genug O_2 : direkte ATP-Resynthese durch Citratzyklus
 - zunehmende Belastung $\rightarrow O_2$ wird verbraucht: Reduktion des Pyruvats zu Milchsäure (HLA)

- $\text{Glukose} \rightarrow 2\text{HLa} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{La}^-$
- steigende Belastung \rightarrow andauernde La^- - und H^+ -Produktion \rightarrow metabolische Azidose
- Kompensation der Azidose: Bicarbonat-Puffersystem
- Bicarbonat (HCO_3^-) bindet H^+ zu instabiler Kohlensäure, die direkt zu CO_2 und H_2O zerfällt
- anfallendes CO_2 muss über die Lunge eliminiert werden \rightarrow messbarer Anstieg von expiriertem CO_2
- Grundlage für ventilatorisches Schwellenkonzept

- „Schwellen“ = physiologisch bedingte Übergangsbereiche
- Ur-Begriff: Aerobe und anaerobe Schwelle (nach K. Wasserman, 1973)
- Heute: einheitliche Nomenklatur: 1. und 2. Ventilatorische Schwelle
- angegeben entweder in Form der Leistung (W) in W oder Herzfrequenz (HF) in min^{-1}
- Pathophysiologische Indikatoren:

VT1

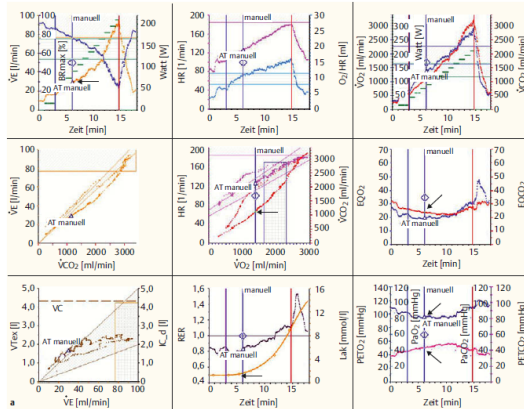
- Steigerung der Ventilation ($\dot{V}E$)
- Zunahme der $\dot{V}CO_2$ gegenüber der $\dot{V}O_2$

VT2

- Laktatexzess
- Metabolische Azidose
- überproportionale Ventilationszunahme

Einleitung

Spiroergometrie: 9-Felder-Grafik



Beispiel einer 9-Felder-Grafik nach einer Spiroergometrie mit einer jungen sportlichen Frau

- grafisches Instrument der Spiroergometrie zum Vergleich vieler unterschiedlicher Messwerte
- Nummerierung von oben links nach unten rechts von eins bis neun
- kann je nach diagnostischem Schwerpunkt sehr komplex werden
- in der Sportmedizin sind nur bestimmte Felder relevant: Fokus auf Feld 4, 5, 6 und 9 (Scharhag-Rosenberger, 2013)
- Grafik muss auf Darstellung der ventilatorischen Schwellen reduziert werden
- mehrere existente Methoden zur Schwellenbestimmung

- wissenschaftlich renommierteste Methoden wurden von AG Spiroergometrie zusammengefasst (Westhoff et al., 2012)
- zwei Methoden für jede Schwelle werden untersucht

VT1

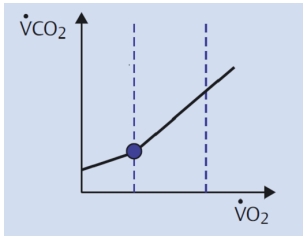
- 1 V-Slope: erster überproportionaler Anstieg der $\dot{V}CO_2$ gegenüber der $\dot{V}O_2$
- 2 alleiniger Anstieg des Sauerstoff-Äquivalents EQO_2

VT2

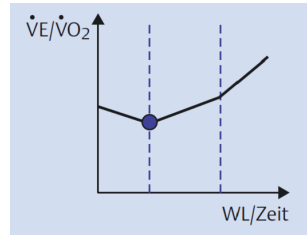
- 1 überproportionaler Anstieg der $\dot{V}E$ gegenüber der $\dot{V}CO_2$
- 2 Anstieg des Kohlenstoffdioxid-Äquivalents $EQCO_2$

Einleitung

Spiroergometrie: Bestimmung der VT1



Schematische Darstellung der V-Slope-Methode



Schematische Darstellung des EQO₂