
EVALUIERUNG VON METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER VENTILATORISCHEN SCHWELLEN IN DER SPIROERGOMETRIE

Bachelorthesis

Julian-Marvin Lütten

Fachschule Lübeck, B.Sc. Biomedizintechnik

Angefertigt bei der
cardioscan GmbH

Inhalt

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

1. Relevanz des Themas

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

1. Relevanz des Themas

- Die cardioscan GmbH bietet Kunden Spiroergometrie-Systeme zum Definieren von individuellen Trainingsbereichen; bisher mit Dritthersteller-Geräten und eigener *cardioscan Checkpoint Software (CCPS)*
- Spiroergometrie: Respirationsanalyse bei zunehmender körperlicher Leistung
- neues Spiroergometer *metabolicscan* für Spiroergometrie noch nicht getestet
- veralteter Auswertungsalgorithmus: $VT2 = RQ = 1 \rightarrow$ anfällig für Fehler
- verbesserter Algorithmus für die CCPS notwendig
- Ziel: optimale Methode zur Schwellenbestimmung für Trainingszonendefinition finden

Forschungsfragen

1. Eignet sich der metabolicscan zur Durchführung einer Spiroergometrie?
2. Mit welcher Methode können die Schwellen optimal bestimmt werden?
3. Ist eine genauere Bestimmung der VT2 mit den neuen Methoden möglich?

2. Ventilatorisches Schwellenkonzept

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Methoden

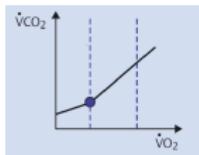
Resultate

Diskussion

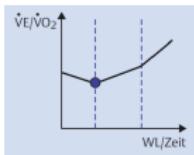
Literatur

2. Ventilatorisches Schwellenkonzept

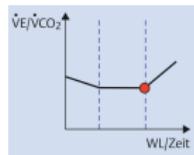
- Ventilatorische Schwellen basieren auf physiologischer/metabolischer Reaktion des Körpers auf erhöhte Belastung
- erhöhte Glykolyse-Rate → Laktatproduktion → metabolische Azidose → anfallendes CO_2 → messbare Zunahme der $\dot{\text{VCO}}_2$ und $\dot{\text{VE}}$
- Messung der Atemgase in festen Abständen → grafische Darstellung der Parameter
- von AG Spiroergometrie werden Methoden empfohlen (Westhoff u. a., 2012)
- Bestimmung der ventilatorischen Schwellen mit jeweils zwei ausgewählten Methoden (VT1: V-Slope, EQO_2 ; VT2: EQCO_2 , $\dot{\text{VE}}/\dot{\text{VCO}}_2$)



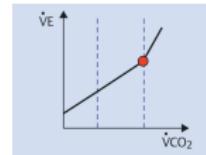
a) V-Slope



b) EQO_2



c) EQCO_2



d) $\dot{\text{VE}}/\dot{\text{VCO}}_2$

3. Methoden

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

3. Methoden

Testprojekt

- spiroergometrische Testmessungen mit 28 internen und externen Probanden unter gleichen Bedingungen
- alle Messungen im selben Raum; Temp. zwischen 18 °C und 22 °C
- Personen zwischen 18 und 60 Jahren, Sportler und Nicht-Sportler, Raucher und Nichtraucher
- Anamnesegegespräch + Bestimmung der ungefähren Soll-Belastung und des individuellen Belastungsprotokolls
- Leerlastphase + Belastungsphase → Beachtung von Abbruchkriterien
- Speichern der Rohdaten in CSV-Dateien
- Weiterverarbeitung + Auswertung der Rohdaten durch MATLAB-Programm
- Schwellenbestimmung: manuell durch zwei Rater + algorithmisch
- Vergleich mit Referenzstudie HUNT 3 (Loe; Steinshamn; Wisloff, 2014)

3. Methoden

Funktionsweise des metabolicscan

- Modularer Aufbau: Atemmodul mit Flowsensor + Analysemodul mit CO₂/O₂-Sensormodul
- Atemmodul: Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Inspirations- und Exspirationsluft
- Berechnung des Strömungsvolumens durch mathematische Integration über die Zeit
- Pumpe saugt Luftanteil durch Probenschlauch zum Analysemodul
- CO₂-Messung durch Infrarotlichtabsorption
- Weiterleitung zum galvanischen O₂-Sensor



metabolicscan: Analysemodul, Atemmodul, Filter und Mundstück

4. Resultate

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Methoden

Resultate

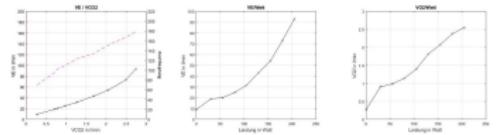
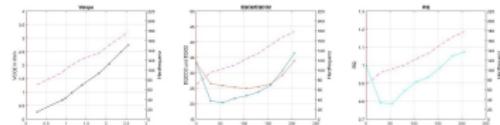
Diskussion

Literatur

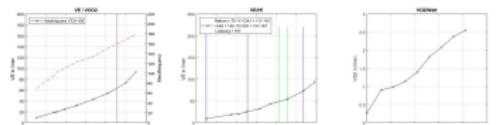
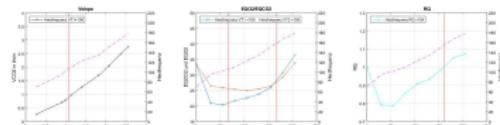
4. Resultate

„6-Felder-Grafiken“

- Keine Störungen oder Fehler während der Messungen
- „6-Felder-Grafiken“ für jeden Probanden generiert: eine für manuelle Bestimmung, eine mit algorithmischen Schwellenbestimmungen
- teilweise nicht-differenzierbare Plots; vorwiegend bei den VT1-Methoden
- Differenzen zwischen den einzelnen Ergebnissen der Rater und Software → statistische Auswertung



Manuell

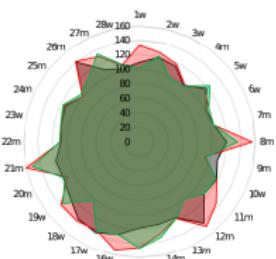


Algorithmisch

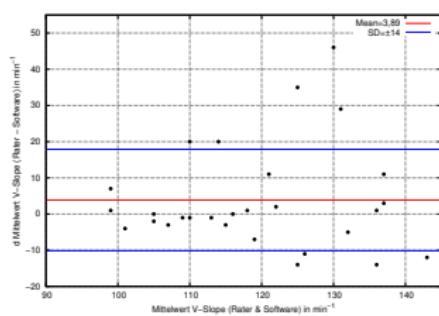
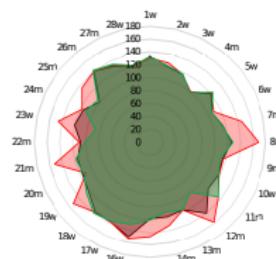
4. Resultate

VT1-Ergebnisse

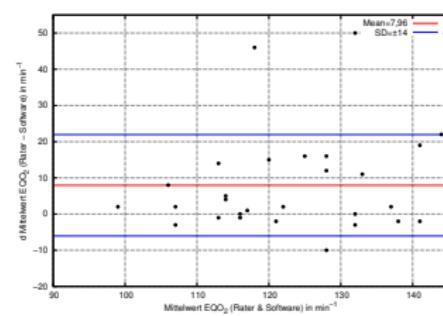
■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



■ Rater 1 ■ Rater 2 ■ Software



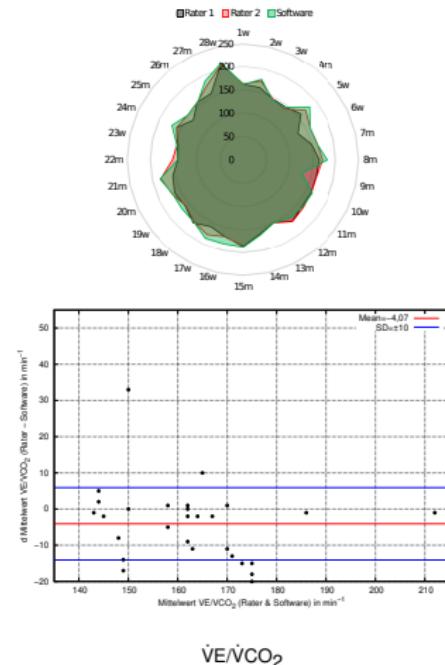
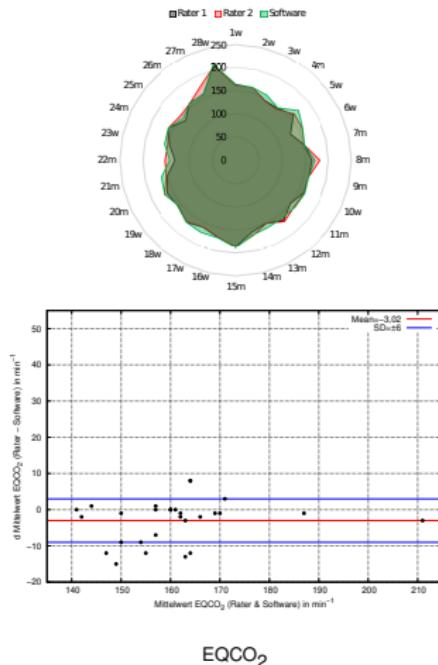
V-Slope



EQO_2

4. Resultate

VT2-Ergebnisse



5. Diskussion

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

5. Diskussion

Kategorisierung der Plots

Tabelle: Kategorisierung der Plots nach Qualität

		Gut	Kritisch
VT1	V-Slope	7	21
	EQO ₂	13	15
	<i>Summe</i>	20 (36 %)	36 (64 %)
VT2	EQCO ₂	21	7
	VE/VCO ₂	15	13
	<i>Summe</i>	36 (64 %)	20 (36 %)

5. Diskussion

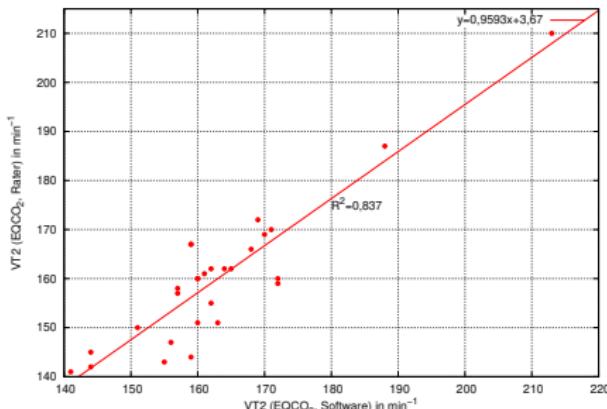
Evaluation der Tests

- für alle Testmessungen konnten charakteristische Graphen generiert werden
- kritische Graphen sind nach Analyse auf Fehler im Algorithmus zurückzuführen
- neue Messungen bzw. eine erneute Auswertung könnte veränderte Ergebnisse liefern
- alle erhobenen Messwerte lagen innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Sensoren

→ Der metabolicscan kann für die Spiroergometrie genutzt werden.

5. Diskussion

Evaluation der Methoden



Regressionsanalyse der EQCO₂-Ergebnisse

EQCO₂ ist die Methode mit den geringsten Abweichungen → optimale Methode

Korrelationskoeffizient $r = 0,912$

VE/VCO₂ als geeignete Referenzmethode mit $r = 0,816$

5. Diskussion

Evaluation der Methoden

- V-Slope-Plots häufig nicht differenzierbar → fehlerhafter Algorithmus zur Bestimmung der Atemfrequenz (AF) → einige Differenzen: $r = 0,526$
- Schwankungen der EQO_2 -Kurve bzw. kein eindeutiger Tiefpunkt → häufiger große Differenzen zwischen den Ergebnissen: $r = 0,464$
- Mittelung der Messwerte über die Gesamtanzahl der Atemzüge pro Stufe wegen des Algorithmusfehlers problematisch → evtl. Alternative: gleitende Mittelung
- mit einem Modell nach W. Kindermann ist die Trainingszonendefinition nur von VT2 abhängig (Kindermann, 2004) → VT1 zum Erreichen des Ziels nicht zwingend erforderlich
- neuer Algorithmus hat RQ=1-Methode verbessert → dennoch 9 von 28 Tests mit dieser Methode nicht auswertbar; häufig hohe Differenzen zu anderen Methoden
- Vergleich mit HUNT 3: 15 von 28 Ergebnissen sind vergleichbar (trotz unterschiedlicher Belastungsprotokolle)

5. Diskussion

Fazit

- mit EQCO₂ wurde eine genauere Methode zur VT2-Bestimmung erarbeitet
- mit dieser Methode können realistische Trainingszonen nach dem Modell von Kindermann definiert werden
- der Software-Algorithmus zur grafischen Verarbeitung sollte noch weiter optimiert werden
- Alternativen zum Mundstück könnten Atmung des Probanden optimieren/erleichtern
→ evtl. Reduktion von Messfehlern
- einige Einflussfaktoren sind bei der Durchführung zu beachten: probandenbedingt, anwenderbedingt, umweltbedingt
→ Produkt- und Konzept-Schulungen durch cardioscan Academy sind wichtig
- EQCO₂-Algorithmus wird in die CCPS implementiert

6. Literatur

Relevanz des Themas

Ventilatorisches Schwellenkonzept

Methoden

Resultate

Diskussion

Literatur

7. Literatur

-  KINDERMANN, W., 2004. Anaerobe Schwelle. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. Jg. 55, Nr. 6, S. 161–162.
-  LOE, H.; STEINSHAMN, S.; WISLØFF, U., 2014. Cardio-Respiratory Reference Data in 4631 Healthy Men and Women 20-90 Years: The HUNT 3 Fitness Study. *PLoS One*. Jg. 9, Nr. 11.
-  WESTHOFF, M. u. a., 2012. *Positionspapier der AG-Spiroergometrie zu ventilatorischen und Laktatschwellen*. Auch verfügbar unter: https://www.mesics.de/fileadmin/user/literature/Spiroergometrie/AG-Spiroergometrie_Positionspapier-Schwellen.pdf. zuletzt abgerufen am 25.04.2018.