

Möglichkeiten der Qualitätssicherung in der Spiroergometrie im Spitzen- und Hochleistungssport

Rüdrich P, Samson A J, Schleichardt A, Wolfarth B

EINLEITUNG

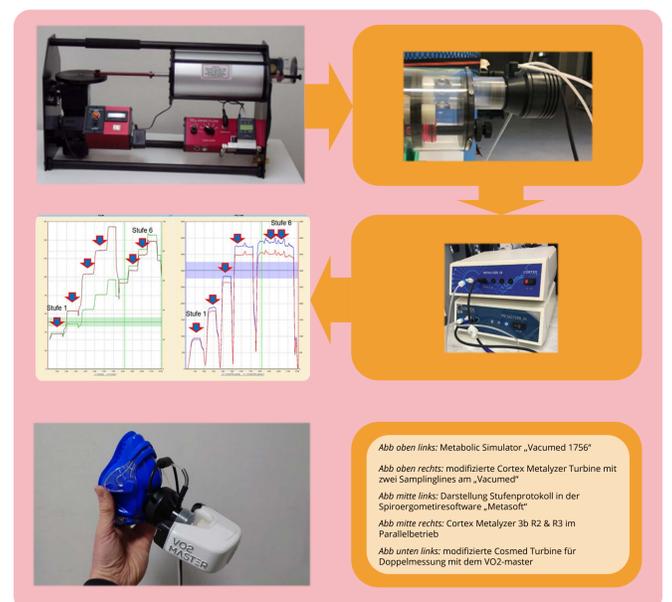
Das IAT verfügt mit der Spiroergometrie seit seinem Bestehen über ein im Spitzen- und Hochleistungssport international allgemein anerkanntes, nichtinvasives Untersuchungsverfahren, mit dem präzise Aussagen über die Beanspruchung verschiedener Stoffwechselwege und damit die einfache Bestimmung physiologischer Parameter möglich sind. Dabei spielt beim Einsatz in der täglichen Routine die begleitende Qualitätssicherung eine nicht unerhebliche Rolle. Trotzdem stellt sich die Interpretation der Untersuchungsergebnisse zum Teil als problematisch dar, wenn es z. B. um Vergleichbarkeit verschiedener Testergebnisse im Längsschnitt geht. Vor allem durch den Einsatz galvanischer Sensoren zur Sauerstoffmessung, deren Lebenszeit begrenzt ist, kann es zu Veränderungen von Messwerten und damit zu einer Fehlinterpretation von Testergebnissen kommen.

METHODEN

Die Überprüfung der Messwertgenauigkeit findet aktuell als Kombination zweier Messverfahren statt. Bei der ersten Methode werden die eingesetzten Messgeräte regelmäßig in einer Testsimulation überprüft. Dieses findet unter Laborbedingungen an einem eigens dafür eingerichteten Messplatz, dessen Basis eine metabolische Simulationspumpe der Fa. Vacumed darstellt, statt. Mit diesem Gerät werden die spiroergometrischen Messsysteme in einem sechs-stufigen Prozess auf Abweichungen bei der Messung von Atemminutenvolumen (VE), Sauerstoff (O2) und Kohlendioxid (CO2) geprüft. Dabei werden in den einzelnen Stufen am Vacumed jeweils typische Ventilationszustände während Leistungstests eingestellt. Hier wird die Ausatemluft mit einem Prüfgas (VicPro Fa. Riesner; 20% CO2, 80% N2) simuliert und in vier verschiedenen Durchflusssmengen (entspricht 1-4l O2 Aufnahme) zugeführt. Neben vier Teststufen, mit Atemfrequenzen (RF) 25 - 50/min; VE 37,5 - 125l/min, die die Situationen während z.B. submax. Stufentests auf dem Laufband oder Rad widerspiegeln, werden zwei weitere, intern als Dynamiktest bezeichnete Stufen mit RF 70/min und RF 80/min, wie sie z.B. in Ausbelastungstests zur Bestimmung der max. Sauerstoffaufnahme auf dem Laufband vorkommen, durchgeführt. Aufgrund der konstanten Umgebungsbedingungen während der Simulationsmessung im Labor können Messfehler durch gravierende Klimaveränderungen vernachlässigt werden und die tatsächliche Messzuverlässigkeit der Sensoren wird ermittelt. Die zweite Methode kann sowohl in der normalen Testroutine (in vivo), als auch am Simulator (ex vivo) angewendet werden. Hier nutzt man während einer spiroergometrischen Messung zwei Messgeräte im Parallelbetrieb. Dazu wurden mit verschiedenen Herstellern Turbinenadapter- bzw. Kabelsplitter entwickelt, die unterschiedliche Konfigurationen ermöglichen.

Cortex: Kabeladapter, der das elektrische Volumenstromsignal an zwei im Messbetrieb befindliche Geräte weitergibt und Modifikation eines Turbinengehäuses zum Einsatz einer zweiten Absaugstrecke.

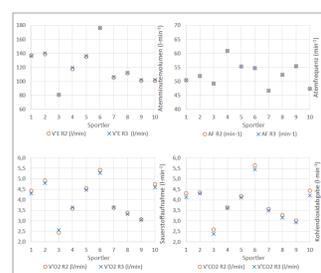
Cosmed: Turbinenadapter, mit dem zwei Turbinen hintereinander verbunden werden können. Dabei muss gegebenenfalls zusätzlich die Position der Absaugstrecke der körpernahen (proximalen) Turbine verändert werden.



ERGEBNISSE

Im Rahmen einer Bachelor-Arbeit wurde die Kombination beider Methoden zur Überprüfung zweier Messsystemgenerationen der FA Cortex (Metalyzer 3 R2; Metalyzer 3 R3) hinsichtlich Validität und Reliabilität überprüft. Während einer in vivo Validierung zur Bestimmung der max. Sauerstoffaufnahme mit männlichen DOSB Wintersport-Nachwuchskadern (n=10) auf dem Laufband wurde ersichtlich, dass die Messwertabweichung bei nahezu allen Messgrößen (Ausnahme CO2), innerhalb der von Hersteller angegebenen Toleranz lag. Atemfrequenz (RF): Herstellertoleranz (HT) 1%, Messtoleranz (MT) 0,06%; Atemminutenvolumen (VE): HT 1%, MT 0,78%; Sauerstoffaufnahme (Vo2) HT 3%, MT 0,89%; Kohlendioxidabgabe (Vco2) HT 3% MT 3,33%

Die nachfolgende ex vivo Validierung zeigte ein ähnliches Bild. Die ventilatorischen Kenngrößen sowie die Sauerstoffmessung lagen innerhalb der Herstellertoleranzen (HT) (RF: HT 1%, Messtoleranz (MT) 0,2%; VE: HT 1%, MT 0,86%; VO2: HT 3% MT 1,45%. Lediglich VCO2 lag mit MT 4,4% über der HT 3%. Diese Ergebnisse trugen dazu bei, dass der Hersteller das Messsystem hinsichtlich einer verbesserten CO2-Messung überarbeitet hat.

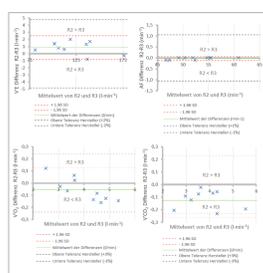


Diag. 1 ventilatorische Messgrößen (VE, RF (AF), VO2, VCO2) aller Sportler bei maximaler Belastung „MetaLyzor“-3B-R2 und R3

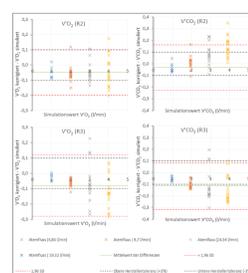
	V'E (l·min ⁻¹)	AF (min ⁻¹)	V'O ₂ (l·min ⁻¹)	V'CO ₂ (l·min ⁻¹)
R2 (MW±SD)	120,4 ± 25,8	52,4 ± 4,1	4,017 ± 0,890	3,900 ± 0,827
R3 (MW±SD)	121,3 ± 25,5	52,4 ± 4,1	3,964 ± 0,813	3,775 ± 0,815
D=R2-R3 (MW±SD)	0,86 ± 0,84	-0,03 ± 0,05	-0,053 ± 0,092	-0,125 ± 0,069
MW(D) R3 zu R2 (%)	0,78	-0,06	-0,89	-3,33
R ²	0,999	1,000	0,998	0,997
K _{l,VO2}	2,51	0,06	0,13	0,01
K _{l,VO2}	-0,79	-0,12	-0,23	-0,26
HT (%)*	2	1	3	3
Äquivalenz	±4,83	±1,05	±0,24	±0,23
	ja	ja	ja	nein

*gilt pro Sensor

Tab. 1 Zusammenfassung der Ergebnisse des maximalen Belastungstests (n=10)



Diag. 2 Differenzen von „MetaLyzor“-3B-R2 und R3 Differenzen für VE, RF (AF), VO2 und VCO2 bei maximaler Belastung



Diag. 3 Differenzen der „MetaLyzor“-3B-R2 und R3 zu den eingestellten Simulationswerten am „Vacumed“ für die O2-Aufnahme und die CO2-Abgabe

	„MetaLyzor“-3B-R2		„MetaLyzor“-3B-R3	
	V'O ₂ (l·min ⁻¹)	V'CO ₂ (l·min ⁻¹)	V'O ₂ (l·min ⁻¹)	V'CO ₂ (l·min ⁻¹)
D=V-R2/V-R3 (MW±SD)	-0,05 ± 0,08	0,07 ± 0,10	-0,08 ± 0,10	-0,11 ± 0,10
MW(D)	-2,0	1,8	-0,55	-4,4
V-R2/R3 (%)				
K _{l,VO2}	0,10	0,16	0,12	0,08
K _{l,VO2}	-0,20	-0,23	-0,28	-0,31
HT (%)*	±3	±3	±3	±3
Äquivalenz	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
	ja	ja	ja	nein

Tab. 2 Zusammenfassung der Ergebnisse von Simulations- gegen Sensormesswert des „MetaLyzor“-3B-R2 und R3 für die O2-Aufnahme bzw. CO2-Abgabe

DISKUSSION

Die Kombination aus in vivo Doppelmessung und laufender ex vivo Kontrolle der Messgeräte mittels der metabolische Simulationspumpe „Vacumed“ erweisen sich in der Praxis als probate Mittel zur Qualitätssicherung hinsichtlich der Geringhaltung von Messfehlern während spiroergometrischer Untersuchungen. Dabei lassen sich Messwertunterschiede ausreichend genau benennen und auf die jeweils betroffenen Subsysteme beziehen. Das Messverfahren mit Volumenstromsignalauflösung und zwei Geräten im Parallelbetrieb eignet sich auch für die tägliche Routine. Das Messprinzip mit hintereinander verbundenen Turbinen ist lediglich für den Einsatz am Simulator oder den experimentellen Einzelfall geeignet, da Gewicht und Länge der miteinander verbundenen Turbinen die Probanden behindern können und die Anordnungen der Samplingline nicht unkritisch ist. Durch die Verwendung von weit verbreitetem Schankgas als Prüfgas, das zum Zapfen von Bier in Gaststätten verwendet wird (VicPro Fa. Riesner; 20% CO2 80%N2), halten sich die Kosten der ex vivo Prüfung im Rahmen.

- Huszcuk, B.; Whipp, J.; Wassermann, K.: A respiratory gas exchange simulator for routine calibration in metabolic studies. Eur Respiration J., 1990.
- Lepretre, P.; Weissland, T., Patron, C.: Comparison of 2 Portable Respiratory Gas Analysers. Int J Sports Med, 2012.
- Cortex: Unterschiede der Metalyzer Gerätegenerationen. Leipzig, 2018.
- Baldari C, Meucci M, Bolletta F, Gallotta MC, Emerenziani GP, Guidetti L. Accuracy and reliability of COSMED K5 portable metabolic device versus simulating system. Sport Sci Health. 2015; 11(1): 58
- COSMED Srl; K5 User manual, I Edition. : COSMED Srl. Rom (Italy) 2014.
- Cortex: Operator's Manual MetaLyzor 3B. Operation, Calibration Maintenance. Leipzig, 1999.