

Plausibilitätsprüfungen in der Spiroergometrie

Empfehlungen der Arbeitsgruppe Spiroergometrie. Zwischenergebnisse
(Rühle KH, Westhoff M, Meyer FJ, Kroidl R, Trötschler H)

Die Arbeitsgruppe hat sich zur Aufgabe gemacht, zu einzelnen Aspekten der Spiroergometrie Empfehlungen zusammenzustellen. Das im folgenden vorgestellte, gemeinsam diskutierte Positionspapier präsentiert erste Ergebnisse zum Thema Plausibilitätsprüfungen.

Einleitung

Plausibilitätsprüfungen in der Spiroergometrie sind unerlässlich, da es nicht selten zu fehlerhaften Registrierungen kommen kann. Bei einer solchen Überprüfung kommt es darauf an, mit einfachen Berechnungen nach jeder Messung mögliche Unrichtigkeiten schnellstmöglich zu erkennen.

Der zu kontrollierende Wert (Atemminutenvolumen, Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxid-Abgabe), wird deshalb anhand von einfachen Formeln abgeschätzt und mit dem gemessenen Wert verglichen. Bei größeren Abweichungen vom Schätzwert muss die Richtigkeit /Stimmigkeit der Messung in Zweifel gezogen werden. Generell muss differenziert werden zwischen pathologischer Abweichung, bedingt durch die Funktionsstörung und echtem Messfehler. Im folgenden sei auf die "echten Messfehler" eingegangen.

Physiologische Grundlagen

Die Plausibilitätsprüfung beruht darauf, dass es zwischen den Parametern Last (Watt) und $V'E$ bzw. $V'O_2$ eine hinreichend gute Korrelation besteht, die zumindest bis zum Erreichen der aerob-anaeroben Schwelle (AT) nutzbar ist.

Es gelten folgende zwei Faustformeln:

1. Beziehung $V'E$ (in ml / min) zu Last (in Watt): Für 25 Watt sind 9 Liter $V'E$ erforderlich, dazu kommt die Ruhe Ventilation, die gleichfalls mit 9 L /min angesetzt wird.
Beispiel: Die erreichte Leistung sei 100 Watt. Somit gilt: 9 L (Ruhe Ventilation) plus 4×9 L (Bel.- Ventilation). Es sind also 45 L an Ventilation zu erwarten ($\pm 10\%$).
2. Beziehung $V'O_2$ (in ml / min) zu Last (in Watt): Wir nutzen den Wert, der die aerobe Kapazität beschreibt - 1 Watt "benötigt" 10 ml O_2 .
Für eine Last von 100 Watt sind somit 1000 ml $V'O_2$ erforderlich.
Dies ist der O_2 - Verbrauch unter Belastung, der sich auf den O_2 - Verbrauch in Ruhe addiert.
Für den Ruhe O_2 - Wert hat sich folgende Faustformel bewährt: $V'O_2$ (Ruhe) = $5 \times \text{kg}$ Körpergewicht.
Beispiel: Ein Proband wiegt 100 kg und erreicht eine Endbelastung von 100 Watt.
→ $V'O_2$ errechnet sich wie folgt: 5×100 (Ruhe VO_2) plus 100×10 (Bel.- $V'O_2$) = 1500 ml Gesamt $V'O_2$ ($\pm 10\%$).
3. Plausibilitätsprüfung für $V'CO_2$: Leider steht uns hierfür keine greifbare Korrelation zu Verfügung. Eine Fehlfunktion des CO_2 - Sensors können wir vermuten, wenn der RER (respiratory exchange rate) unplausible Werte zeigt, z.B. in Ruhe unter RER 0,7 oder bei geringer Last RER--Werte $> 1,1$.

Praktisches Vorgehen

Fehler bei der Erfassung der Messgröße Atemminutenvolumen ($V'E$)

Als erstes empfiehlt es sich, das Atemminutenvolumen zu überprüfen. Das Atemminutenvolumen wird für die Berechnung von Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe benötigt und sollte deshalb am Anfang der Plausibilitätskontrolle stehen. $V'E$ kann aus dem Panel 1 bzw. aus Panel 7 der Wasserman- 9- Felder-Grafik leicht abgelesen werden. Eine fehlerhafte Messung infolge eines Defekts des Pneumotachographen sollte durch Eichung mit einer 3- Liter Eichpumpe überprüft werden. Ein erniedrigtes Atemminutenvolumen ist mitunter auf eine nicht dicht sitzende Atem-Maske zurückzuführen.

Fehler bei der Erfassung der Messgröße Kohlendioxid-Abgabe($V'CO_2$)

Eine fehlerhafte Messung der Kohlendioxid-Abgabe resultiert bei richtiger Messung des

Atemminutenvolumens aus einem Defekt des Ultrarot-Absorptions-Spektrometers (URAS). Eine erniedrigte Kohlendioxidabgabe (z.B. RER 0,6) ist pathophysiologisch nicht plausibel.

Fehler bei der Erfassung der Messgröße Sauerstoffaufnahme ($V'O_2$)

Eine fehlerhafte Messung der Sauerstoffaufnahme ($V'O_2$) kann am besten aus Panel 3 der Wasserman- 9- Felder-Grafik abgelesen werden. Die Steigung von $V'O_2$ sollte 9 bis 10 ml pro Watt (aerobe Kapazität) betragen. Eine geringere oder höhere Steigung weist bei normalem Atemminutenvolumen auf einen Defekt des Sauerstoffsensors hin. Allerdings können auch andere Faktoren für eine geringere Sauerstoffaufnahme pro Watt als Folge eines verminderten Wirkungsgrades der Muskulatur oder eines reduzierten Herzminutenvolumens ursächlich verantwortlich sein.

Sind diese Plausibilitätsprüfungen durchgeführt worden, können auch die weiteren zusammengesetzten Messgrößen wie RER „respiratory exchange ratio“ ($V'CO_2/V'O_2$), Atemäquivalente ($V'E/V'CO_2$, $V'E/V'O_2$) oder Sauerstoffpuls ($V'O_2$ /Herzfrequenz) richtig interpretiert werden.

Technische und biologische Eichung

Mithilfe eines Gasaustausch-Simulators kann mit einer Genauigkeit von +/- 2 Prozent die Funktion des Spiroergometers kontrolliert werden [1]. Solche Geräte sind aber noch nicht allorts verfügbar. Eine einfache und praxisnahe Qualitätskontrolle ist durch die sogenannte biologische Eichung möglich [2]. Diese Eichung umfasst sowohl die Qualität des Ergometers, der Sensoren, der Datenerfassung, der Algorithmen und der Ausgabe-Einheit als auch die biologische Variabilität der untersuchten Personen. Es empfiehlt sich, in regelmäßigen Intervallen z.B. einmal pro Woche bei einer definierten konstanten (submaximalen) Belastungsstufe (z. B. 75 Watt) immer die gleiche gesunde Person über fünf Minuten zu belasten und die Messgrößen Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe, Herzfrequenz und Atemminutenvolumen zu registrieren. Von dieser Person sollten auch Ergebnisse einer Basis-Untersuchung vorliegen. Bei regelmäßiger Aufzeichnung der Ergebnisse kann auch eine Trendanalyse durchgeführt werden, Ausreißer oder Sensordrifts können so schnell festgestellt werden. Eine Abweichung der Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe und Herzfrequenz von > 5% und des Atemminutenvolumens > 7% von den Basiswerten sollte zu einer intensiven Suche nach den Ursachen führen [3].

Zusammenfassend führt die Einführung von Plausibilitätskriterien zu einer erheblichen Verbesserung der Qualität und damit der Aussagemöglichkeiten der Spiroergometrie. Ein Vorteil der Plausibilitätskontrolle besteht darin, dass sie mit geringem Aufwand durchgeführt werden kann, weniger offensichtliche Unrichtigkeiten dürften allerdings nicht erkannt werden.

Literatur

[1] Huszczuk A, Whipp BJ, Wasserman K. A respiratory gas exchange simulator for routine calibration in metabolic studies. Eur Respir J. 1990;3(4):465-8.

[2] Reville SM, Morgan MD. Biological quality control for exercise testing. Thorax. 2000;55(1):63-6.

[3] Consensus development conference. Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies. Eur. Respir. J., 1997; 10: 2662 - 2689.