

INFOBLATT

Spiroergometrie

Was ist eine Spiroergometrie?

Die Spiroergometrie ist ein leistungsdiagnostisches Verfahren, das

- Informationen über die aktuelle Ausdauerleistungsfähigkeit,
- Rückmeldungen über die Effektivität der eingesetzten Trainingsmaßnahmen
- Hinweise über die Art der Energiebereitstellung,
- sowie objektive Daten für die weitere Trainingssteuerung liefert.

Mittels Atemgasanalyse (nicht-invasiv, d.h. ohne Blut) können qualitativ und quantitativ die Reaktionen und das Zusammenspiel von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel analysiert werden.

Zusätzlich können bei Abweichungen einzelner Werte Verdachtsmomente auf eine bestehende Herz, Lungen oder Stoffwechselerkrankung gestellt werden, woraufhin anschließend mögliche diagnostische Schritte besprochen und eingeleitet werden können.

Folgende Parameter können mittels Atemmaske direkt während der gesamten Belastung gemessen werden:

- Die maximal erreichte Leistung: absolute (Watt max) oder relative Wattleistung (Watt/kg) am Radergometer
- Die Sauerstofffraktion der ausgeatmeten Luft
- Die Kohlendioxidfraktion der ausgeatmeten Luft
- das Volumen der ausgeatmeten Luft

Zusammen mit der Atem- und Herzfrequenz können aus diesen Werte viele weitere Parameter berechnet werden.

Wichtige leistungsdiagnostische Meßgrößen in der Spiroergometrie sind:

- Die Maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max)
- Das Atemminutenvolumen (AMV, VE)
- Die Atemäquivalente für Sauerstoff (ÄÄO₂) und Kohlendioxid (ÄÄCO₂)
- Der Sauerstoffpuls
- Der respiratorische Quotient (RQ oder RER)

Die Spiroergometrie ist der Gold-Standard (d.h. beste verfügbare Untersuchungsmöglichkeit) im Rahmen der Sportmedizinischen Diagnostik

Die wichtigsten Parameter der Spiroergometrie

Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max)

Die VO₂max stellt die Standard - Messgröße zur Beurteilung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit dar und repräsentiert jene Menge an Sauerstoff, die vom Organismus maximal aufgenommen und verwertet werden kann.

Die VO₂max ist die summative Messgröße für die

- O₂ - aufnehmenden (pulmonale),
- O₂ - transportierenden (kardiale und hämatologische) und
- O₂ - verwertenden (Muskulatur)

Funktionssysteme des Organismus.

Die VO₂max wird entweder in Liter / Minute (absolute VO₂max, l/min) oder in Relation zum Körpergewicht in Milliliter / Minute / Kilogramm Körpergewicht (relative VO₂max; ml/min/kg) angegeben.

Das Atemminutenvolumen bzw. die Ventilation

Das Atemminutenvolumen (AMV) bzw. die Ventilation (VE), ist das Volumen an Luft, welches pro Minute ein – und ausgeatmet wird. Das AMV wird aus dem Produkt von Atemfrequenz (AF) und dem Atemzugvolumen bzw. Tidalvolumen (VT) berechnet. Bei gesunden Personen erfolgt die Steigerung der Ventilation auf den ersten Belastungsstufen primär über eine Erhöhung des Atemzugvolumens, bei zunehmender Intensitätserhöhung kommt es zu einer weiteren Steigerung der Ventilation durch eine Erhöhung der Atemfrequenz.

Anhand der Verlaufsform der Ventilation bei kontinuierlich ansteigender Belastung können mit diesem Parameter zwei wichtige leistungsdiagnostische Kenngrößen ermittelt werden.

- Die ventilatorische Schwelle 1 (VT1) bzw. “aerobe Schwelle“
- Die ventilatorische Schwelle 2 (VT2) bzw. Respiratory Compensation Point (RCP) oder “anaerobe Schwelle“

Das Atemäquivalent für Sauerstoff (ÄÄO₂)

Das Atemäquivalent für O₂ ist eine dimensionslose Einheit und wird durch die Division der Ventilation (VE) bzw. des Atemminutenvolumens (AMV) durch die Sauerstoffaufnahme (VO₂) berechnet.

Das ÄÄO₂ gibt an, wieviel Liter Luft ventiliert werden müssen, um einen Liter Sauerstoff aufzunehmen und stellt somit einen wichtigen Index für die Atemökonomie bzw. für die ventilatorische Effizienz dar.

Anhand des Verlaufes des ÄÄO₂ bei kontinuierlicher ansteigender Belastung kann mit diesem Parameter die VT1 bestimmt werden:

- Das ÄÄO₂ beträgt in Ruhe 25 – 40 - d.h. es müssen 25 – 40 Liter Luft ventiliert werden, um einen Liter O₂ aufzunehmen.
- Bei kontinuierlicher Steigerung der Belastung sinkt im niedrigen Intensitätsbereich das ÄÄO₂ bis zur VT1 auf Werte um 22 - 27 um bei Belastungen oberhalb der VT1 wieder anzusteigen.
- D.h. der niedrigste Wert des ÄÄO₂ repräsentiert die VT1 (→ aerobe Schwelle)

Die VT1 beschreibt auch den sogenannten “Punkt des optimalen Wirkungsgrades der Atmung“.

Das Atemäquivalent für Kohlendioxid (AÄCO₂)

Das Atemäquivalent für CO₂ ist eine dimensionslose Einheit und wird durch die Division der Ventilation (VE) bzw. des Atemminutenvolumens (AMV) durch die Kohlendioxidabgabe (VCO₂) berechnet.

Das AÄCO₂ gibt an, wieviel Liter Luft ventiliert werden müssen, um einen Liter Kohlendioxid abzuatmen.

Anhand des Verlaufes des AÄCO₂ bei kontinuierlicher ansteigender Belastung kann mit diesem Parameter die VT₂ bzw. der RCP bestimmt werden: Die Ruhewerte liegen etwas höher als für das AÄO₂ und reduzieren sich ebenfalls bei kontinuierlicher ansteigender Belastung in den niedrigen bis submaximalen Belastungsstufen. Die Minimalwerte für das AÄCO₂ liegen jedoch bei etwas höherer Belastung, nämlich an der VT₂ bzw. am RCP. D.h. der niedrigste Wert des AÄCO₂ (vor dem neuerlichen Ansteigen) repräsentiert somit die VT₂ bzw. den RCP (→ "anaerobe Schwelle")

Der Sauerstoffpuls

Der Sauerstoffpuls gibt die Menge an Sauerstoff an, die pro Herzschlag transportiert bzw. im Organismus aufgenommen werden kann. Berechnet wird der Sauerstoffpuls durch Division der Sauerstoffaufnahme durch die Herzfrequenz. Der Sauerstoffpuls stellt eine wichtige Messgröße zur Abschätzung der myokardialen Funktion unter Belastung dar.

Bei Patienten mit einer eingeschränkten Herzpumpleistung kommt es häufig zu einer frühen Plateaubildung und insgesamt reduzierten Werten. Ein normaler Anstieg des Sauerstoffpulses wäre eine Erhöhung von 4 – 6 ml in Ruhe auf ca. 10 – 20 ml (Untrainiert bzw. wenig trainiert) bis 25 – 30 ml (Ausdauertrainierter) bei maximaler Belastung.

Der respiratorische Quotient (RQ, RER)

Der respiratorische Quotient wird durch Division der Kohlendioxidabgabe durch die Sauerstoffaufnahme berechnet (VCO₂ / VO₂). Unter stabilen Bedingungen (steady – state) hängt der RQ vom metabolischen Substrat der Energiegewinnung ab.

Somit kann der RQ zur Analyse des Fett – und Kohlenhydratanteils an der Energiebereitstellung herangezogen werden:

- Bei (fast) reiner Fettverbrennung liegt der RQ bei einem Wert von 0,7,
- bei reiner Kohlenhydratverbrennung hat der RQ einen Wert von 1.
- Bei instabilen Bedingungen (non steady – State, oberhalb der VT₂) und hohen Belastungsintensitäten übersteigt die CO₂ – Produktion die O₂ - Aufnahme, sodass der RQ auf Werte über 1 ansteigt.

Auf Grundlage der Testergebnisse der Spiroergometrie können

- die aktuelle Leistungsfähigkeit analysiert (VO₂max, Leistung an der VT₁ und VT₂)
- durch Re-Checks die Leistungsentwicklungen bzw. die Effektivität des Trainings kontrolliert
- Hinweise auf Herz- Stoffwechsel oder Lungenerkrankungen gefunden werden
- sowie konkrete Empfehlungen abgegeben werden betreffend:
 - o Trainingsintensitäten (Trainingspulsbereiche)
 - o Trainingsumfänge (WNTZ)
 - o Trainingsschwerpunkte (Aufteilung der unterschiedliche Trainingsintensitätszonen)