

Spiroergometrie

Die Atemgasanalyse verrät die Ausdauerleistung und dient der Bestimmung der Trainingsintensitäten

Dr. Mario Weichenberger,
Präventive und Rehabilitative Sportmedizin, TU München

Bewegung, Energiestoffwechsel und Sauerstoffaufnahme

Bewegungen während einer sportlichen Belastung sind nur durch das komplexe Zusammenspiel verschiedener Skelettmuskeln möglich. Die für die Muskelkontraktionen benötigte Energie kann ohne Sauerstoff (anaerob) mit deutlich zunehmender Laktatkonzentration im Blut oder unter Sauerstoffverbrauch durch die sogenannte aerobe Verbrennung von Kohlenhydraten (Glucose) oder Fetten (Fettsäuren) bereitgestellt werden. Mit zunehmender Belastungsintensität, z.B. bei einer Ausdauerbelastung, steigt der Energiebedarf der Muskelzelle, der durch eine ansteigende Sauerstoffaufnahme gedeckt wird. Je mehr Sauerstoff die arbeitenden Muskeln aufnehmen können, desto mehr Energie kann für die Muskelkontraktion bereitgestellt werden und desto höher ist dadurch die maximale Ausdauerleistungsfähigkeit.

Einflussgrößen der Sauerstoffaufnahme

Die Sauerstoffaufnahme des Menschen ist abhängig vom Gasaustausch zwischen Lunge und Blut, dem Sauerstofftransportvermögen des Blutes (Hämoglobin), der Verteilung des Blutes im Körper (Durchblutung) und der Sauerstoffaufnahmekapazität der Muskelzelle (Mitochondriendichte, aerobe Enzymkapazität). Durch Ausdauertraining lassen sich alle genannten Einflussgrößen verbessern, deshalb zeichnen sich ausdauertrainierte Sportler durch eine besonders hohe maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max} bzw. VO_{2peak}) aus.



© M. Weichenberger

Das Team der TU München
(v. r. n. l.): Prof. Dr. med. Martin Halle
(Ärztlicher Direktor), Isabel Schweizer (med.
Fachangestellte), Dr. Mario Weichenberger
(Dipl.-Sportwissenschaftler), Dr. med. Hannes
Fricke (Arzt und Dipl.-Sportwissenschaftler)

Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe

Ein- und Ausatemluft unterscheiden sich vor allem durch den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt: Während die eingeatmete Luft reich an Sauerstoff (O_2) ist und kaum Kohlendioxid (CO_2) enthält verhält es sich bei der ausgeatmeten Luft genau umgekehrt. Diese Differenz ist darauf zurückzuführen, dass der Skelettmuskel bei körperlicher Belastung Sauerstoff verbraucht und CO_2 abgibt. Beim oben beschriebenen Abbau von Glucose und Fettsäuren entstehen in Abhängigkeit von der Belastungsintensität unterschiedliche Mengen an CO_2 . Deshalb kann durch die Bestimmung des Verhältnisses von CO_2 -Abgabe und O_2 -Aufnahme (Respiratorischer Quotient) analysiert werden, welche Form der Energiebereitstellung dominiert und wie hoch der Anteil der verstoffwechselten Substrate ist. Dadurch lässt sich z.B. auf einfache Weise die optimale Trainingsintensität oder der Anteil der Fettverbrennung bei unterschiedlichen Belastungsintensitäten ermitteln.

Die Messung der O_2 -Aufnahme und der CO_2 -Abgabe während einer körperlichen Belastung ermöglicht eine differenzierte Analyse der Funktion und der Leistungsfähigkeit der Lunge, des Herz-Kreislauf-Systems und des Gasaustauschs im Körper und ist deshalb sowohl für Patienten als auch für Sportler zur Leistungsdiagnostik und -optimierung von großer Bedeutung.

Spiroergometrie - Analyse der Sauerstoffaufnahme während einer Belastung

Die Spiroergometrie ist ein diagnostisches Verfahren, bei dem während einer ansteigenden Belastung i.d.R. auf dem Fahrrad- oder auf dem Laufband-Ergometer (Ergometrie, gr., ergon: Arbeit, metron: Maß) eine Atemgasanalyse (Spirometrie, spirare, lat.: atmen) durchgeführt wird. Die Belastung beginnt mit einer sehr geringen Leistung und wird über einen Zeitraum von ca. 8–12 Minuten kontinuierlich bis zur körperlichen Erschöpfung gesteigert. Während der Belastung trägt der Proband eine Atemmaske über Mund und Nase (Foto rechts) und es werden kontinuierlich die Sauerstoff- und die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Ein- und Ausatemluft sowie die Atemfrequenz, das Atemzugvolumen, das Atemminutenvolumen (Atemfrequenz x Atemzugvolumen) und die Herzfrequenz analysiert. Dank moderner Messtechnik können alle Messparameter in Echtzeit dargestellt werden, wodurch eine detaillierte Analyse bereits während der Belastung ermöglicht wird.

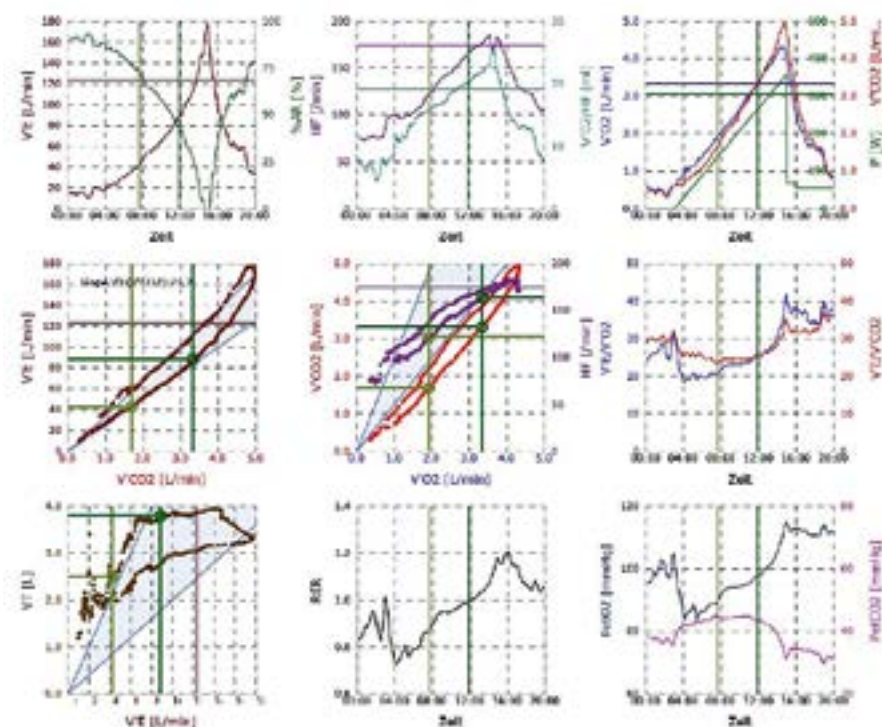


© M. Weichenberger

Ergebnisse der Spiroergometrie

Die am Ende des Belastungstests erreichte maximale Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_{2max}$) ist ein wichtiger Indikator zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit. Die besten Ausdauersportler erreichen $\dot{V}O_{2max}$ -Werte von bis zu 80 ml/min/kg, wohingegen Untrainierte nur ca. 45 ml/min/kg Sauerstoff aufnehmen können.

Außerdem können anhand von Veränderungen z.B. im Verhältnis zwischen Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2$) und Kohlendioxidabgabe ($\dot{V}CO_2$) oder im Verhältnis zwischen Atemminutenvolumen ($\dot{V}E$) und Kohlendioxidabgabe ($\dot{V}CO_2$) so genannte ventilatorische Schwellen bestimmt werden. Mit Hilfe der sogenannten 9-Felder-Grafik nach K. Wasserman können die Schwellen bestimmt und weitere Veränderungen während der Belastung analysiert werden (s. Grafik).



Die ventilatorischen Schwellen können zur Bestimmung der optimalen Trainingsintensitäten genutzt werden und sind deshalb für die Steuerung des Ausdauertrainings von Patienten und Sportlern von großer Bedeutung. Die Spiroergometrie ist damit sowohl für die differenzierte Analyse der Leistungsfähigkeit als auch für die Trainingssteuerung hervorragend geeignet und kommt deshalb in der sportmedizinischen Praxis häufig zur Anwendung.

Das Team der Technischen Universität München

Der Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München (Leitender Ärztlicher Direktor Univ.-Prof. Dr. Martin Halle) bietet mit seinen beiden Standorten - am Olympiapark und am Klinikum rechts der Isar - topmoderne Diagnostik einer Universitätsklinik verbunden mit hochqualifizierter ärztlicher und sportwissenschaftlicher Kompetenz. Jeder, vom Patienten bis hin zum Hochleistungssportler, erhält eine optimale medizinische Versorgung und Beratung inklusive einer persönlichen Empfehlung zu Bewegung, Training und Ernährung.

www.sport.med.tum.de