

Thorsten Michael Hänel

Dr. med.

Vergleich von ventilatorischen Schwellen aus einem Rampenprotokoll mit Laktatschwellen aus einem Stufenprotokoll in der Fahrradergometrie bei Untrainierten.

Promotionsfach: Sportmedizin

Doktorvater: Prof. em. Dr. med. Peter Bärtsch

Einleitung: Spiroergometrie und daraus abgeleitet ventilatorische Schwellenkonzepte (anaerobic Threshold (AT) und Respiratory Compensation Point (RCP)) werden häufig verwendet zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und zur Trainingssteuerung im Gesundheitssport. Das Ziel dieser Untersuchungen bestand darin, die Bestimmung dieser ventilatorischen Schwellen zwischen 2 erfahrenen Untersuchern und 2 unterschiedlichen Belastungsprotokollen (Rampen- und Stufenprotokoll) auf dem Fahrradergometer zu vergleichen, die Maximalwerte zwischen den beiden Belastungsprotokollen zu vergleichen sowie Trainingsanweisungen, die auf der AT beruhen, bei untrainierten Probanden zu validieren.

Methode: Bei 19 gesunden untrainierten Männern und Frauen (Alter 37,5 Jahre (SD \pm 6,75), BMI 23,99 (SD \pm 2,89), $VO_2\text{max}$ 36,7 ml min⁻¹ kg⁻¹ (SD \pm 6,9)) wurden deshalb ein Rampen- und ein Stufentest sowie eine 45 minütige Belastung auf dem Fahrradergometer an der im Rampentest ermittelten AT durchgeführt. Im Rampentest wurde die Belastung kontinuierlich so gesteigert, dass der Anstieg 50 Watt pro 3 Minuten betrug, was dem alle 3 Minuten erfolgenden Anstieg im Stufentest entsprach.

Resultat: Die Tests wurden bis zur Erschöpfung durchgeführt und dauerten 14:39 (SD \pm 2:49) Minuten in den Rampentests und 12:47 (SD \pm 2:39) Minuten in den Stufentests ($p < 0.001$). Die maximale Sauerstoffaufnahme ($VO_2\text{max}$), die maximale Herzfrequenz (HFmax) und Kriterien der Ausbelastung wie der respiratorische Quotient (RQ) waren nicht signifikant verschieden zwischen Rampen- und Stufentest. Das maximale Plasmalaktat lag über der Ausbelastungsgrenze von 8 mmol/L und war im Stufentest im Mittel mit 10,45; SD \pm 2,06 leicht höher als im Rampentest mit einem Mittelwert von 9,6; SD \pm 1,98 ($p = 0,039$). Die Bestimmbarkeit von AT und RCP war unabhängig vom Belastungsprotokoll und den Untersuchern und betrug 93 % im Stufen- und 97% im Rampenprotokoll. Die Interobserverkorrelation für die AT im Rampenprotokoll war 0.96 (Variationskoeffizient der

ermittelten Schwellenwerte 8%), im Stufentest jedoch nur 0.23 (Variationskoeffizient der Schwellenwerte 9%). Für den RCP betrug die Interobserverkorrelation im Rampenprotokoll 0,87 (Variationskoeffizient der ermittelten Schwellenwerte 3%), im Stufenprotokoll zeigte sich eine Korrelation von 0,96 (Variationskoeffizient der Schwellenwerte 3%). Im Rampenprotokoll liegt der RCP $25 \pm 18,7$ Watt und im Stufenprotokoll $9 \pm 16,3$ Watt unter der 4 mmol/l Laktatschwelle. Die entsprechenden Werte für die AT lauten $68 \pm 35,8$ und $81 \pm 26,8$ Watt.

Bei der Dauerbelastung an der AT wird bei allen bis auf einen Probanden bezüglich der kardio-zirkulatorischen, metabolischen und subjektiv empfundenen Belastung ein Steady State erreicht, der jedoch zu sehr großen individuellen Belastungsunterschieden führt. Am Ende der Belastung liegt die Herzfrequenz zwischen 56-94% der maximalen Herzfrequenz, die Sauerstoffaufnahme zwischen 44-91% der VO_2max , das Plasmalaktat zwischen 0,85 und 5,84 mmol/l und die Werte der Borgskala zwischen 12 (leicht bis etwas anstrengend) und 18 (sehr schwer bis sehr, sehr schwer) Einheiten. Die Borgwerte korrelieren mit den Parametern der kardio-zirkulatorischen ($r = 0.59$) und der metabolischen Belastung ($r = 0.60 - 0.63$).

Diskussion und Schlussfolgerungen:

1. VO_2max , HFmax, maximaler RQ und maximale Ventilation sind zwischen Rampen- und Stufentest nicht signifikant verschieden, auch wenn der Rampentest 1:51 Min. länger dauert. Die maximal erreichte Wattzahl ist im Rampentest höher als im Stufentest, was durch die längere Testdauer im Rampentest und den abrupten Lastanstieg beim Stufentest erklärt werden kann. Die etwas höheren Laktatwerte im Stufenprotokoll könnten ebenfalls mit der plötzlichen Erhöhung der Last und damit verbundener vermehrter Arbeit pro Zeit zu einer etwas höheren Laktatproduktion führen.
2. Bezüglich dem RCP kann festgehalten werden, dass die Bestimmbarkeit, Varianz und die Inter-Observer Korrelation keine praktisch relevanten Unterschiede zeigt, so dass zur Bestimmung des RCP sowohl ein Stufen- als auch ein Rampenprotokoll verwendet werden kann.
3. Eine zuverlässige Bestimmung der AT ist nur mit einem Rampenprotokoll möglich, da die Übereinstimmung bei der Bestimmung der AT im Stufentest zwischen 2 erfahrenen Untersuchern erheblich ist.
4. Während die AT in einem deutlich niedrigerem Intensitätsbereich als die 4 mmol/l Laktatschwelle liegt, kann im Einzelfall der RCP mit Letzterer übereinstimmen. Er liegt aber tendenziell bei einer etwas geringeren Belastungsintensität als die 4 mmol/l Laktatschwelle, so

dass wegen ungenügender Übereinstimmung die 4 mmol/l Schwelle nicht mit dem RCP gleichzusetzen ist.

4. Ein Ausdauertraining an der AT führt in der Regel zu einem Training im Steady State, das jedoch große interindividuelle Unterschiede in der kardio-zirkulatorischen, metabolischen und subjektiven Belastung aufweist. Wenn es das Ziel eines Trainings ist, untrainierte Personen mit möglichst gleicher Belastungsintensität im extensiven Bereich trainieren zu lassen, eignet sich eine Trainingssteuerung mittels subjektivem Belastungsempfinden (Borg-Skala) besser als eine Steuerung mittels der spiroergometrisch bestimmten AT.