

6 Zusammenfassung

Die Behandlung und Prognose von an Zystischer Fibrose (ZF) Erkrankten haben sich in den letzten Jahrzehnten dramatisch verbessert. Sportliche Aktivitäten sind heute ein essentieller Baustein im therapeutischen Gesamtkonzept. Es wurde nachgewiesen, dass regelmäßiges körperliches Training die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit, die Lungenfunktion, das Gewicht und das subjektive Wohlbefinden günstig beeinflussen. Es wird sogar eine Verbesserung des Krankheitsverlaufes und damit der Gesamtprognose vermutet. Bisher werden zur Trainingssteuerung bei ZF-Patienten die gleichen Trainingsprinzipien wie bei Gesunden angewandt, es wird jedoch eine Individualisierung empfohlen. Eine Möglichkeit zur Durchführung von effizientem Ausdauertraining stellt die Trainingssteuerung mittels Laktatschwellen im aerob-anaeroben Übergangsbereich dar. Hinsichtlich der gemessenen Blutlaktatwerte bei maximaler Belastung zeigten sich jedoch in vorangegangenen ZF-Studien große Unterschiede. Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Frage, ob neben den bekannten Einflussfaktoren auf die Laktatkonzentration bei Gesunden während eines spiroergometrischen Maximaltests mögliche weitere, krankheitsspezifische Einflussfaktoren bzw. Zusammenhänge bei Patienten mit ZF gefunden werden können.

Das untersuchte Patientenkollektiv mit auswertbarem Maximalbelastungstest umfasste 82 Personen (42 männlich, 40 weiblich). Das Alter lag durchschnittlich bei 22 Jahren (8–39 Jahre). Der Erwartungswert der FEV₁ als Maß der Lungenfunktion betrug im Mittel $47,6 \pm 23,6\%$, was einem mittelschweren Erkrankungsgrad mit einer Spanne von Schwerstbetroffenen bis praktisch Lungengesunden entspricht. Die BGA zeigte eine Hypoxämie kombiniert mit Normalwerten für $p\text{CO}_{2\text{Ruhe}}$ und pH_{Ruhe} , wobei auch hier die Spanne erheblich war. Der BMI als Maß für den Ernährungszustand mit im Mittel $17,96 \pm 2,30 \text{ kg/m}^2$ entsprach leichtem Untergewicht. Kardiorespiratorische Vorbelastungswerte zeigten eine erhöhte HF_{Ruhe} ($101 \pm 13/\text{min}$) und absolute $\text{VO}_{2\text{Ruhe}}$ ($291 \pm 76 \text{ ml}$). Das AZV_{Ruhe} ($575 \pm 171 \text{ ml}$) betrug bereits 50% des Maximalwertes, das

AMV_{Ruhe} lag mit durchschnittlich $13,8 \pm 3,5$ l/min deutlich über den Normalwerten gesunder Vergleichspersonen.

Anhand der erreichten Maximalwerte darf im Hinblick auf krankheitsspezifische Ausbelastungskriterien und im Vergleich zu anderen Studien von einer „echten“ Ausbelastung unseres Patientenkollektivs ausgegangen werden. Unser Patientenkollektiv zeigte im Vergleich zu Gesunden eine um 20–25% verminderte Leistungsfähigkeit (relative P_{max} $76,4 \pm 24,4\%$, relative VO_{2max} $79,3 \pm 23,8\%$) mit einer HF_{max} (178 ± 17 /min), die unter der erwarteten Abbruchfrequenz lag, jedoch einem AMV_{max}/MVV -Quotienten von $1,04 \pm 0,18$. Insgesamt entspricht diese Konstellation einer pulmonalen, nicht jedoch einer kardialen Ausbelastung. Die übrigen leistungsphysiologischen Größen unterstrichen dies. Es zeigte sich eine verstärkte, arbeitsbedingte Entsättigung, ein pO_2 -Abfall und ein pCO_2 -Anstieg.

Im Vergleich zu anderen ZF- bzw. COPD-Studien wurde ersichtlich, dass in einigen dieser Studien, die ebenfalls Maximalwerte für sich beanspruchen, ein großer Teil der Patienten eine „echte“ Ausbelastung nicht erreichen konnte. Dies muss bei der Interpretation dieser Maximalwerte beachtet werden, was besonders hinsichtlich der bestimmten Laktatwerte für uns von Bedeutung war.

Zur genaueren Untersuchung des Laktatverhaltens wurden die Patienten in Gruppen nach Geschlecht, Alter und Erkrankungsgrad eingeteilt. Das $Laktat_{Ruhe}$ der Gesamtstichprobe lag mit im Mittel $0,83 \pm 0,30$ mmol/l im unteren Normbereich Gesunder. Das $Laktat_{max}$ der Gesamtstichprobe betrug im Mittel $7,39 \pm 2,24$ mmol/l mit einer breiten Spanne speziell des Abbruchwertes und lag damit knapp **unterhalb** des Referenzbereichs Gesunder (8,0–12,0 mmol/l).

Das $Laktat_{Ruhe}$ zeigte keine Korrelation zu den Werten der Anthropometrie, der BGA oder der Lungenfunktionsprüfung, allerdings zu einigen kardiorespiratorischen Funktionsgrößen vor Belastung (absolutes AMV_{Ruhe} , HF_{Ruhe}). Dies wurde durch multiple Regressionsanalysen im Wesentlichen bestätigt.

Das Laktat_{max} war in Einzelanalysen deutlich abhängig von der Lungenfunktion, dem BMI bzw. KG und den Werten der BGA. Auch war eine hohe Leistungsfähigkeit (gemessen an der absoluten und relativen P_{max} und VO_{2max}) mit hohen Laktatwerten korreliert. In der multiplen Regressionsanalyse ergaben sich die Lungenfunktion als Hauptfaktor (etwa 30%), der BMI bzw. das KG (etwa 12%) als zweiter Faktor.

Die absolute und relative P und die kardiorespiratorischen Messgrößen an der 2-, 3- und 4mmol-Schwelle zeigten Abhängigkeiten vom Geschlecht (P, VO₂, AZV und AMV), Alter (HF, VO₂, AF, AZV) und Erkrankungsgrad (P, VO₂, AZV, AMV). Dies ließ sich in der Regressionsanalyse zu 50-85% durch die Vorbelastungswerte erklären.

Die prozentuale Inanspruchnahme an den Schwellen war abhängig von der Lungenfunktion und praktisch unabhängig von Alter und Geschlecht, jedoch lag die Erklärungsgüte nur zwischen 15 und 50%. Erwartungsgemäß zeigte sich eine erhöhte Ausnutzung der Atmungsgrößen, insbesondere des AZV. Die Werte an der 2mmol/l-Schwelle lagen bei 50% der P, 80% der HF, 65% der VO₂, 70% der AF, 87% des AZV, 60% des AMV und 55% der Borg-Werte.

Eine Trainingssteuerung mittels Intensitätsangaben an den Schwellen ist nach regelmäßiger Durchführung von Maximaltests und entsprechender Einteilung der ZF-Patienten nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung und dem Alter sinnvoll. Auch eine Trainingssteuerung mittels Absolutangaben scheint möglich, da durch Kenntnis einiger Vorbelastungsgrößen ein hoher Prozentsatz (50-85%) an den Schwellen erklärt werden kann.

Schwer Betroffene (FEV1<40%) und Erwachsene (>18 Jahre) sollten **an** der 2mmol-Schwelle, die übrigen Patienten **im Bereich** der 2-3mmol-Schwelle trainieren. Die empfohlenen Reizintensitäten gesunder Untrainierter (60-90% der HF_{max} und 50-85% der VO_{2max}) werden dabei erreicht. Von Pauschalempfehlungen, die für alle ZF-Patienten gelten, sollte abgesehen werden.