

Aus dem Institut für Sportmedizin
der Charité - Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dieter Böning

**Das Blutlaktat während Muskelarbeit
bei Patienten mit Zystischer Fibrose**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs Humanmedizin
der Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin

vorgelegt von Markus Christian Fezer
aus Herrenberg

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. Dieter Böning

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Karl A. Kirsch

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Humanmedizin der Charité -
Universitätsmedizin Berlin, Campus Benjamin Franklin

Promoviert am: 03. September 2004

Widmung

Ich widme diese Arbeit in Dankbarkeit meinen Eltern und meinen beiden Schwestern,
sowie allen an Zystischer Fibrose erkrankten Menschen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	9
1.1 Krankheitsbild, Therapie und Prognose der Zystischen Fibrose (ZF)	10
1.2 Sport in der Therapie	13
2 Stand der Wissenschaft	16
2.1 Theoretische Grundlagen zum Laktatstoffwechsel	16
2.2 Einflussgrößen auf die Blutlaktatkonzentration	18
2.3 Bedeutung des Laktats und der anaeroben Schwelle (AS) in der Sportmedizin	21
2.3.1 Einsatz beim Belastungstest	21
2.3.2 Einsatz in der Trainingssteuerung	22
2.4 Bedeutung des Laktats und der AS bei Patienten mit ZF	23
2.5 Studienziele	25
3 Methoden	26
3.1 Studiendesign	26
3.2 Probanden	26
3.2.1 Lungenfunktionsuntersuchung	26
3.2.2 Altersgruppen	27
3.2.3 Ernährungszustand	27
3.3 Versuchsaufbau	27
3.3.1 Spiroergometrie	27
3.3.2 Laktatanalyse	29
3.3.3 Theoretische Berechnungen zum Laktatverlauf	29
3.3.4 Blutgasanalyse (BGA)	31
3.4 Statistik	32
4 Ergebnisse	33
4.1 Anthropometrie, Lungenfunktion und BGA	33
4.2 Spiroergometrische Funktionsgrößen	35
4.2.1 Ruhewerte	35
4.2.2 Abbruchwerte	36
4.3 Laktat	39
4.4 Zusammenhänge zu anderen Messgrößen	41
4.4.1 Laktat _{Ruhe}	41

4.4.2 Laktat _{max}	42
4.5 Messgrößen der Spiroergometrie an der 2-, 3- und 4mmol-Schwelle	44
4.5.1 2mmol-Schwelle	45
4.5.2 3mmol-Schwelle	47
4.5.3 4mmol-Schwelle	48
4.5.4 Multiple lineare Regressionsanalyse	49
4.6 Prozentuale Inanspruchnahme der Messgrößen an der 2-, 3- und 4mmol-Schwelle	50
4.6.1 2mmol-Schwelle	50
4.6.2 3mmol-Schwelle	53
4.6.3 4mmol-Schwelle	54
4.6.4 Multiple lineare Regressionsanalyse	55
5. Diskussion	57
5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	57
5.2 Diskussion der Untersuchungsergebnisse	58
5.2.1 Anthropometrie, Lungenfunktion und BGA	59
5.2.2 Abbruchwerte	63
5.3 Laktat	72
5.3.1 Laktat _{Ruhe}	72
5.3.2 Laktat _{max}	77
5.4 2-, 3-, und 4mmol-Schwellenwerte	88
5.4.1 Diskussion der Schwellenwerte	88
5.4.2 Bedeutung der prozentualen Inanspruchnahme für die Trainingssteuerung	90
6 Zusammenfassung	97
7 Abkürzungen und Symbole	100
8 Literaturverzeichnis	102
9 Anhang	110
9.1 Spiroergometrische Funktionsgrößen nach der 5. Erholungsminute	110
9.2 Laktatkorrelationen nach der Stärke des Zusammenhangs	110
9.2.1 Laktat _{Ruhe}	110
9.2.2 Geradengleichungen	111
9.2.3 Laktat _{max}	111
9.2.4 Geradengleichungen	112
9.3 Messgrößen der Spiroergometrie an der 3- und 4mmol-Schwelle	112
9.3.1 3mmol-Schwelle	112

9.3.2 4mmol-Schwelle	114
9.3.3 Geradengleichungen	115
9.4 Prozentuale Inanspruchnahme der Messgrößen an der 3- und 4mmol-Schwelle	116
9.4.1 3mmol-Schwelle	116
9.4.2 4mmol-Schwelle	118
9.4.3 Geradengleichungen	119
10 Danksagung	121
11 Lebenslauf	122

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Vereinfachte, schematische Darstellung der Glykolyse nach Weicker 1994.....	17
Abbildung 3-1: Laktat-Leistungskurve am Beispiel eines Probanden.....	30
Abbildung 3-2: Graphische Darstellung der Interpolation und zugehörige Formel am Beispiel der HF.	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Darstellung der anthropometrischen Daten und der Werte der Lungenfunktionsprüfung (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	33
Tabelle 4-2: Messgrößen der BGA (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) in Ruhe der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	34
Tabelle 4-3: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) in Ruhe der gesamten Stichprobe sowie getrennt nach Geschlecht	35
Tabelle 4-4: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) bei Belastungsabbruch der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	36
Tabelle 4-5: Messgrößen der Atmung und Anstrengungsgrößen der Atmung (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) bei Belastungsabbruch der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	37
Tabelle 4-6: Messgrößen der Blutgasanalyse (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) bei Belastungsabbruch der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	38
Tabelle 4-7: Laktat_{Ruhe} , Laktat_{max} und Laktat_{nB} (Mittelwerte \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	39
Tabelle 4-8: Laktat_{Ruhe} , Laktat_{max} und Laktat_{nB} (Mittelwerte \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) nach der Altersgruppe	39
Tabelle 4-9: Laktat_{Ruhe} , Laktat_{max} und Laktat_{nB} (Mittelwerte \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung	40
Tabelle 4-10: Typische Messgrößen (Mittelwerte \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) an der 2mmol-Schwelle der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	45
Tabelle 4-11: Typische Messgrößen (Mittelwerte \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) an der 2mmol-Schwelle nach der Altersgruppe	46
Tabelle 4-12: Typische Messgrößen (Mittelwerte \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) an der 2mmol-Schwelle nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung	47
Tabelle 4-13: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 2mmol-Schwelle der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht	51
Tabelle 4-14: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 2mmol-Schwelle nach der Altersgruppe	52
Tabelle 4-15: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 2mmol-Schwelle nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung	53
Tabelle 9-1: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwert \pm SD, sowie Minimal- und Maximalwert) nach der 5. Erholungsminute der gesamten Stichprobe sowie getrennt nach Geschlecht	110

Tabelle 9-2: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwerte \pm SD, sowie Minimal- und Maximalwert) an der 3mmol -Schwelle der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht .	112
Tabelle 9-3: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwerte \pm SD, sowie Minimal- und Maximalwert) an der 3mmol -Schwelle nach der Altersgruppe .	113
Tabelle 9-4: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwerte \pm SD, sowie Minimal- und Maximalwert) an der 3mmol -Schwelle nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung .	113
Tabelle 9-5: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwerte \pm SD, sowie Minimal- und Maximalwert) an der 4mmol -Schwelle der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht .	114
Tabelle 9-6: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwerte \pm SD, sowie Minimal- und Maximalwert) an der 4mmol -Schwelle nach der Altersgruppe .	114
Tabelle 9-7: Typische Messgrößen der Spiroergometrie (Mittelwerte \pm SD, sowie Minimal- und Maximalwert) an der 4mmol -Schwelle nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung .	115
Tabelle 9-8: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 3mmol -Schwelle der gesamten Stichprobe .	116
Tabelle 9-9: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 3mmol -Schwelle nach der Altersgruppe .	117
Tabelle 9-10: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 3mmol -Schwelle nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung .	117
Tabelle 9-11: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 4mmol -Schwelle der gesamten Stichprobe und getrennt nach Geschlecht .	118
Tabelle 9-12: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 4mmol -Schwelle nach der Altersgruppe .	118
Tabelle 9-13: Darstellung des prozentualen Anteils am Maximalwert (Mittelwert \pm SD sowie Minimal- und Maximalwert) spiroergometrischer Messgrößen an der 4mmol -Schwelle nach dem Schweregrad der Lungenfunktionsstörung .	119