

Laktat: Ein Marker für Gewebhypoxie?

Minisymposium AINS 1999;
34:224–245

R. Zander¹, E. Lachtermann²

¹ Institut für Physiologie und Pathophysiologie

² Abteilung Sportmedizin, Universität Mainz

Bei der Darstellung der Bedeutung der Laktatkonzentration als ein Marker einer möglichen Gewebhypoxie wurde ein wichtiger Aspekt vergessen [6] oder negiert [11], der schon vor vielen Jahren zu erheblichen Diskussionen sowohl in der Sportmedizin [4] als auch der Intensivmedizin [7] geführt hat: Die Frage nämlich, ob die Vollblut- oder die Plasma-Laktat-Konzentration größere diagnostische Aussagekraft besitzt.

Der Hintergrund: Die spätestens seit 1986 bekannte Tatsache, daß sich das Laktat sehr ungleichmäßig zwischen Plasma und Erythrocyten verteilt (vergl. Tab.1) und nicht die „zur Zeit noch unbekannt Dispersion von Laktat zwischen Blut und Plasma“ [11].

Der Mittelwert (ohne [1]) der (möglicherweise unvollständigen) Literaturdaten ergibt, daß die Laktatkonzentration der Erythrocyten unter sehr unterschiedlichen experimentellen Bedingungen nur 43% der des Plasmas beträgt. Dies gilt neuerdings nicht nur für die Verteilung des Laktats der in vivo vom

Muskel gebildeten Milchsäure, sondern auch für in vitro zugesetztes Natrium-Laktat [10].

Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen:

1. Die Normalwerte im Blut müssen nach der benutzten Methodik differenziert werden, wie eine Beispielrechnung in Tab.2 verdeutlicht. Für Plasma kann ein Normalwert von $1,5 \pm 0,5$ mmol/l angenommen werden.
2. Die Prüfung von Biosensoren zur Messung der Plasma-Laktatkonzentration [2] kann nicht mit Blutproben erfolgen, die mit Natrium-Laktat aufgestockt wurden, da sich Natrium-Laktat nur zu 43% im Erythrocyten verteilt (vergl. Tab.2): Ein möglicher Sollwert beträgt dann nicht 11,1 mmol/l (Vollblut) sondern 15,0 mmol/l für die Plasma-Laktat-Elektrode. Eine weitere, mit laktataufgestockten Plasmaproben geprüfte Laktat-Elektrode (Radiometer Kopenhagen) zeigt eine sehr gute Genauigkeit und Reproduzierbarkeit [14], ein „prinzipieller Vorbehalt“ gegenüber Laktat-Biosensoren [11] ist daher nicht gerechtfertigt.
3. In allen Bereichen der Medizin sollte die Plasma-Laktat-Konzentration zur Diagnostik eingesetzt werden, weil nur sie der Laktatkonzentration des Extrazellularraumes und damit der produzierten Milchsäure bzw. des Laktats direkt proportional ist.

Wenn aus methodischen Gründen trotzdem die Vollblut-Messung vorgezogen wird, sollte mit einem Hämatokrit-abhängigen Faktor von Vollblut auf Plasma

Tab. 1 Literaturdaten über die Verteilung von Laktat zwischen Erythrocyten (E) und Plasma (P) als Quotient aus der Erythrocyten- zu Plasma-Laktatkonzentration in mmol/l. In drei Fällen [3,12,13] mußte eine Umrechnung der Quotienten (0,58 – 0,60) von mmol/l H₂O in mmol/l vorgenommen werden, wobei ein Wassergehalt von 68% (E) bzw. 93% (P) angenommen wurde. In weiteren 3 Fällen [5,8,9] mußte der Quotient als mittlere Steigung für den Bereich 5 – 20 mmol/l aus einer linearen Beziehung (Erythrocyten-Konzentration gegen Plasma-Konzentration) ermittelt werden, da die mitgeteilten Beziehungen nicht durch den Nullpunkt gehen. In einem Falle [1] konnte nur der Bereich und sein „Mittelwert“ angegeben werden.

Autoren	Jahr	Laktat E/P
Buono et al. [3]	1986	0,43
Foxdal et al. [5]	1990	0,45 (0,43 – 0,47)
McKelvie et al. [8]	1991	0,41 (0,34 – 0,46)
McKelvie et al. [9]	1992	0,42 (0,40 – 0,45)
Bangsbo et al. [1]	1997	0,38 (0,21 – 0,55)
Smith et al. [12]	1997	0,44
Smith et al. [13]	1998	0,42
Lachtermann et al. [10]	1999	0,43

Tab. 2 Beispiele für die physiologische Verteilung von Laktat zwischen Erythrocyten und Plasma (Erythrocyten nur 43% des Plasmalaktats) und die Konsequenzen für die Laktatkonzentrationen (cLakt) im Blut bzw. Plasma (Hct 45% unterstellt). Eine Aufstockung von Blut mit 10 mmol/l Natriumlaktat führt zu einer Zunahme der Vollblut-Konzentration von 1,1 auf 11,1 mmol/l * und einer Erhöhung der Plasmalaktat-Konzentration von 1,5 auf 15 mmol/l.

cLakt. (mmol/l)	
Plasma	Vollblut
1,5	1,1
10,0	7,4
15,0	11,1*

umgerechnet werden, z. B. Vollblut 11,1 mmol/l \times 1,35 = 15 mmol/l im Plasma bei einem Hct von 45% (vergl. Tab. 2). Darüberhinaus konnte gezeigt werden, daß nur die Plasma-Laktat-Konzentration dem Base-Excess des Blutes direkt proportional ist [14], da die Erythrocyten an der Pufferung der Milchsäure maßgeblich beteiligt sind (BE = 0 mmol/l bei Plasma-pH = 7,40), als Verteilungsraum für Laktat aber, gemessen an der Größe des Extrazellulärraumes, zu vernachlässigen sind (Plasma-Laktat).

Literatur

- ¹ Bangsbo J, Juel C, Hellstern Y, Saltin B: Dissociation between lactate and proton exchange in muscle during intense exercise in man. *J. Physiol.* 1997; 504: 489 – 499
- ² Biedler A, Risch A, Mertzlufft F: Bestimmung der Laktatkonzentration in Blut und Plasma mit Biosensoren. Ein Methodenvergleich. *Anaesthesist* 1998; 47: 968 – 974
- ³ Buono MJ, Yeager JE: Intraerythrocyte and plasma lactate concentrations during exercise in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1986; 55: 326 – 329
- ⁴ Forrest ARW, Morton S, Lambardarios C: Blood or plasma lactate? (letter to the editor). *Br. J. Sports Med.* 1990; 24: 132
- ⁵ Foxdal P, Sjödin B, Rudstam H, Östman C, Östman B, Hedenstierna GC: Lactate concentration differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1990; 61: 218 – 222
- ⁶ Jeschke D, Lorenz R: Laktat zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit, Belastbarkeit und Trainingssteuerung. *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 1999; 34: 234 – 236
- ⁷ Kruse JA, Carlson RW: Lactate measurement: plasma or blood? (editorial). *Intensive Care Med* 1990; 16: 1 – 2
- ⁸ McKelvie RS, Lindinger LI, Heigenhauser GJF, Jones NL: Contribution of erythrocytes to the control of the electrolyte changes of exercise. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 1991; 69: 984 – 993
- ⁹ McKelvie RS, Lindinger LI, Jones NL, Heigenhauser GJF: Erythrocyte ion regulation across inactive muscle during leg exercise. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 1992; 70: 1625 – 1633
- ¹⁰ Lachtermann E, Zander R: Die Diagnostik der Laktatkonzentration im Plasma ist der im Vollblut deutlich überlegen. *Anästhesiol. Intensivmed.* 1999; 40: S204
- ¹¹ Mertzlufft F, Biedler A, Bauer C: Klinische Einordnung und methodische Spezifika der Laktatkonzentration. *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 1999; 34: 226 – 233
- ¹² Smith EW, Skelton MS, Kremer DE, Pascoe DD, Glassen LB: Lactate distribution in the blood during progressive exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1997; 29: 654 – 660
- ¹³ Smith EW, Skelton MS, Kremer DE, Pascoe DD, Glassen LB: Lactate distribution in the blood during steady-state exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998; 30: 1424 – 1429
- ¹⁴ Zander R, Lachtermann E: Optimale Proportionalität zwischen Base Excess des Blutes und Laktatkonzentration des Plasmas. *Anästhesiol. Intensivmed.* 1999; 40: S204

Prof. Dr. med. R. Zander

Institut für Physiologie
und Pathophysiologie
Universität Mainz
Saarstraße 21
D-55099 Mainz