

Praxis der Laktatmessung

K. Röcker, H.-H. Dickhuth

Abteilung Sportmedizin, Medizinische Klinik und Poliklinik Universität Tübingen

Einführung

Bei der Interpretation von Laktatwerten in der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik müssen gute Kenntnisse der methodischen Besonderheiten der Laktatmessung vorausgesetzt werden. Der hier vorliegende Artikel soll diesbezüglich einige grundlegende Informationen anbieten.

Analysemethoden für die Laktatkonzentration im Blut

Derzeit sind noch zwei Analysemethoden für Laktat auf dem Markt vertreten: die photometrische und die polarographische Methode. Vorteil der photometrischen Bestimmungsmethode ist, dass keine Verschleißmaterialien ausgewechselt werden müssen, der Stromverbrauch geringer ist und der Betrieb der Geräte gegenüber Umgebungsbedingungen eher unempfindlich ist. Diese Messmethode wird daher vor allem in portablen Analysegeräten eingesetzt (Tab. 1).

Eine weitere Verbreitung hat die polarographische Bestimmungsmethode erlangt. Das Grundprinzip - welches je nach Fabrikat leicht variiert wird - ist hierbei die Bestimmung der Laktatkonzentration nach einer Reaktion zu Pyruvat und H_2O_2 , die durch das Enzym Laktatoxidase katalysiert wird. Das H_2O_2 wird an einer so genannten polarographischen Elektrode oxidiert, wobei die Stromstärke hierbei der ursprünglichen Laktatmenge entspricht. Dieses Messprinzip erfordert eine regelmäßige Erneuerung des Enzyms Laktatoxidase. Darüberhinaus ist die Messmethode temperaturabhängig, was in manchen Geräten durch eine geregelte Beheizung der Elektrode ausgeglichen wird. Diese Elektrodenheizung und das Elektrodenprinzip selbst erfordern einen höheren Strombedarf gegenüber den photometrischen Methoden. Auch der notwendige Gebrauch von Spül- und Verdünnungslösungen, sowie die Instabilität der Laktatoxidase gegen Umgebungsbedingungen erklärt, warum der Einsatz dieser Methode auf das klinische Labor beschränkt bleiben sollte.

Methodenbedingte Messgenauigkeit

Die Präzision der Laktatmessung, welche über den Variationskoeffizienten zwischen Test und Re-Test angegeben wird, unterscheidet sich zwischen verschiedenen Analysengeräten teilweise deutlich. Während für die meisten in der Sportmedizin eingesetzten spezifischen Messsysteme Variationskoeffizienten von 0,4 bis 1,36 % berichtet werden (4), kann dieser Wert insbesondere bei Blutgasanalytoren mit integrierter Laktatmessung bis zu 10 % und höher betragen (1). Auch die systematische Abweichung von Messwerten gegen die Erwartungswerte (Richtigkeit) zeigt für verschiedene Laktatmessmethoden eine Spanne zwischen 0,2 bis nahe 20%. Vor der Anwendung einer Laktatmessmethode sollten daher die spezifischen Kennzahlen für das eingesetzte Gerät und den Einsatzzweck eingeholt werden oder im Eigenversuch ermittelt werden.

Neben der technisch bedingten Variabilität muss auch die biologische Variabilität berücksichtigt werden. Hierbei ergibt die körperliche Belastung zusätzliche Störeinflüsse. Die Hauptfehlerquelle ist hierbei eine mögliche Verunreinigung der Blutproben durch die Beimengung von Schweiß, welcher Laktat in weit höherer Konzentration enthält als das zu messende Blut. Die Fehlermöglichkeit durch ein unkorrektes Probenvolumen ist demgegenüber als sehr gering einzuschätzen. Dies gilt insbesondere bei der Verwendung von so genannten „End-to-end“-Glas-kapillaren zur Begrenzung des Probenvolumens.

Einflussfaktoren auf die messbare Laktatkonzentration im Blut

Neben der Energieproduktion durch die anaerobe Glykolyse haben noch weitere Faktoren Einfluss auf die Höhe der gemessenen Laktatkonzentration im Blut.

Kompartimentale Verteilung

Als Endprodukt der anaeroben Glykolyse entsteht in den arbeitenden Muskelzellen Milchsäure, welche zu Laktat dissoziiert und in die verschiedenen wasserlöslichen Kompartimente des Körpers abströmt. Die Messung der Konzentration erfolgt nicht im selben Kompartiment wie die Produktion von Laktat. Aus diesem Grunde entspricht die Blutlaktatkonzentration auch nicht exakt dem zeitgleichen Ausmaß der Laktatproduktion in der Muskelzelle (2). Auch zwischen dem intra- und extraerythrozytären Anteil des Blutes bestehen bei hoher Belastungsintensität Differenzen von bis zu 3 mmol/L, welche allerdings zeitabhängig ausgeglichen werden (3). Je höher die Änderung der Belastungsintensität wird und je deutlicher sich die Laktatproduktion ändert, desto deutlichere Konzentrationsdifferenzen können sich zwischen den einzelnen Kompartimenten ergeben.

Aufgrund dieser Konzentrationsdifferenzen erscheint es notwendig, eine minimale Zeitdauer von wenigstens 3 Minuten Belastungsdauer bis zum Erreichen eines Equilibriums zu gewährleisten. Auch die Auswahl des Probenmaterials sollte nach dem Gesichtspunkt der Distributionseigenschaften der Substanz Laktat erfolgen.

Probenmaterial

Die Messung der Laktatkonzentration kann aus unterschiedlich aufbereiteten Blutproben erfolgen. Je nach Analyseverfahren kann hämolysiertes oder nichthämolysiertes Vollblut, Plasma oder Serum verwendet werden (Tab. 1).

Plasma: Die Verwendung von Blutplasma zur Laktatmessung hat auf den ersten Blick methodische Vorteile. Da Laktat ausgehend von den Muskelzellen in das Plasma diffundiert, scheint es, als sei am ehesten die Plasmalaktatkonzentration repräsentativ für die muskelzelluläre Laktatkonzentration. Da Laktat jedoch auch wiederum aus dem Plasma in weitere Gewebsteile (Blutzellen, Leber, nicht arbeitende Muskeln) abverteilt wird, besitzt auch dieser vermeintliche Vorteil gegenüber der Laktatbestimmung aus anderem Probenmaterial keine logische Gültigkeit (3).

Die Bestimmung der Plasmalaktatkonzentration ist methodisch aufwendig, da nach der Probenabnahme eine Kühlung, Zentrifugation und Enteiweißung erfolgen muss. Bis zur Trennung von den zellulären Bestandteilen des Blutes werden die Messwerte durch eine fortlaufende in-

vitro-Laktatproduktion in den Erythrozyten verfälscht (3). Hierdurch findet ein stetiger Anstieg der Laktatkonzentration in der Probe statt.

Vollblut: Vollblutproben können direkt nach der Abnahme ohne weitere Aufbereitung analysiert werden. Zentrifugation oder Enteiweißung sind nicht notwendig. Auf eine Hämolyse wird unter der Annahme verzichtet, die Plasmalaktatkonzentration sei durch das Messergebnis abschätzbar. Allerdings zeigt der Vergleich zwischen Plasma- und Vollblutwerten eine beträchtliche Streuung. Auch die Korrektur über den individuellen Hämatokritwert erlaubt keine zuverlässige Berechnung der Plasmalaktatkonzentration (3). Laktatmessungen aus dem Vollblut müssen also je nach Einsatzzweck generell auf abweichende Art interpretiert werden, als Laktatwerte aus dem Plasma oder Hämolysat.

Tabelle 1: Marktübersicht Laktatmessgeräte

Firma	Gerät	Material	Proben- volumen (µl)	Mess- zyklus- dauer (s)	Messprinzip
Analog	LM10	Vollblut, Plasma, Serum	10	300	photometrisch
	GM5, P-GM5	Vollblut, Plasma, Serum	3-25	20	polarographisch
	GM7	Vollblut, Plasma, Serum	3,5-25	20	polarographisch
	LM5, P-LM5	Vollblut, Plasma, Serum	5	20	polarographisch
Boehringer	Accusport (nicht mehr erhältlich)	Vollblut, Plasma	15-50	75	photometrisch
EKF-Industrie- elektronik	Biosen 5010	Vollblut	10	120	polarographisch
	Biosen 5030, 5040	Vollblut, Plasma, Serum	20	45	polarographisch
Eppendorf	EB10 plus	Plasma, Serum, Hämolysat	10-20	22	polarographisch
KDK	Lactate Pro LT-1710	Vollblut	5	75	polarographisch
YSI	1500 Sport	Vollblut	25	60	polarographisch
	2300 Stat Plus TM	Vollblut	25	70-100	polarographisch

Vollblut kann durch die Vermischung mit einem Detergentium direkt nach der Entnahme hämolysiert werden. Dieses hämolysierte Vollblut kann ohne weitere Bearbeitung in vielen Messgeräten direkt analysiert werden. Durch die Hämolyse werden sowohl die intra- als auch die extrazellulären Blutanteile in die Messung einbezogen. Hierdurch werden die belastungsabhängigen Umverteilungsprozesse zwischen dem Extra- und Intrazellulärraum des Blutes gestoppt und ausgeglichen (3). Hinsichtlich der Einfachheit der Aufbereitung und der methodischen Sicherheit wird die Verwendung von hämolysiertem Vollblut häufig den anderen Probenmaterialien vorgezogen.

Entnahmeort

Laktat wird aus den arbeitenden Muskelanteilen über den venösen Rückstrom in Richtung Herz transportiert. Andererseits wird Laktat in anderen Organbereichen (z.B. Leber, Gehirn, Nieren) und der nichtarbeitenden Muskulatur umverteilt und oxidativ abgebaut. Die venöse Laktatkonzentration ist daher unter Belastungsbedingungen sehr variabel und hängt davon ab, welche Gewebsanteile das Venenblut zuvor durchströmt. Zur Ermittlung repräsentativer Messwerte wäre daher die gemischt-venöse bzw. lungenarterielle Blutentnahme ideal. Hier mischt sich die Laktatmenge aus dem gesamten Körper zur relevanten Konzentration. Auch das arterielle Blut enthält nach der Lungenpassage noch ein-

ne der gemischt-venösen Situation vergleichbare Laktatkonzentration. Da jedoch eine gemischt-venöse oder arterielle Blutabnahme im Sport aus praktischen Gründen nicht ohne weiteres durchgeführt werden kann, sollte stattdessen die Abnahme von Kapillarblut aus dem Ohr-läppchen oder - weniger günstig - aus der Fingerkuppe erfolgen. Um eine möglichst hohe Angleichung der Laktatkonzentration an die gemischt-venösen bzw. arteriellen Verhältnisse zu erzielen, sollten vor der Messung hyperämisierende Salben auf das Ohr-läppchen aufgetragen werden. Am Finger sind derartige Maßnahmen nicht möglich, zudem besteht dort die Möglichkeit einer höheren Beimengung von Venenblut aus arbeitender Muskulatur. Dieser (je nach Tätigkeit) variable Venenblutanteil führt zu einer Differenz zwischen den verschiedenen Entnahmeorten. Am Finger werden aus diesem Grunde höhere Laktatwerte gemessen als am Ohr-läppchen (5).

Probenstabilität

Die zeitliche Stabilität der Laktatkonzentration ist temperaturabhängig. Hämolysat zeigt innerhalb von 24 Stunden bei Raumtemperatur keine signifikante Messwertänderung (4). Durch Probenkühlung kann die Stabilität der Laktatkonzentration auf einzelne Tage verbessert werden. Wird eine längere Stabilität gewünscht, können Hämolysat-Proben eingefroren werden. Bei Proben mit intaktem Vollblut besteht aufgrund der beschriebenen Umverteilungsvorgänge und der weiterhin aktiven Glykolyse eine deutliche Aufwärtsdrift der Laktatkonzentration im Zeitverlauf. Aufgrund dieser Tatsache sollten diese Proben nach der Abnahme sofort

gekühlt oder direkt (d.h. innerhalb von 20 Minuten nach der Entnahme) analysiert werden. Der Einsatz von anti-glykolytischen Substanzen wie z.B. Fluoriden verbessert die Messwert-Stabilität von Proben mit intaktem Vollblut geringfügig.

Literatur

1. Biedler A, Risch A, Mertzluft F: Bestimmung der Laktatkonzentration in Blut und Plasma mit Biosensoren. *Anaesthesist* 47 (1998) 968-974.
2. Brooks GA, Gaesser GA: End points of lactate and glucose metabolism after exhausting exercise. *J Appl Physiol* 49 (1980) 1057-1069.
3. Buono MJ, Yeager JE: Intraerythrocyte and plasma lactate concentrations during exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 55 (1986) 326-329.
4. Clasing D, Weicker H, Böning D: Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart, 1994.
5. Feliu J, Ventura JL, Segura P, Rodas G, Riera GJ, Estruch A, Zamora A, Capdevila L: Differences between lactate concentration of samples from ear lobe and the finger tip. *J Physiol Biochem* 55 (1999) 333-339.

Anschrift für die Verfasser:

Priv. Doz. Dr. Kai Röcker
Medizinische Klinik und Poliklinik, Abt. Sportmedizin
Hölderlin-Str. 11, 72074 Tübingen
e-mail: kai.roecker@uni-tuebingen.de