

Weippert M, Kreuzfeld S, Arndt D, Stoll R

Vergleich eines mobilen Laktatmessgerätes mit einem Laboranalysegerät – LactateScout vs. Miniphotometer 8

Comparison of a mobile lactate analyser against a laboratory device – LactateScout vs. Miniphotometer 8

Institut für Präventivmedizin, Universität Rostock

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Studie war der Vergleich zwischen dem mobilen Messgerät LactateScout (Fa. SensLab, Leipzig) und dem Labormessgerät Miniphotometer 8 (Fa. Lange, Berlin). Ein als Goldstandard gesetztes Gerät wurde nicht genutzt. Neben der Bestimmung der Laktatkonzentration überprüften wir den Einfluss der unterschiedlichen Messgeräte auf die errechnete Schwellenleistung bei Konzentrationen von 2 und 4 mmol/l und an der individuellen anaeroben Schwelle (Laktatkonzentration am ersten Laktatanstieg + 1,5 mmol/l). Hierfür untersuchten wir 33 Freizeitsportler (21 Männer, Durchschnittsalter: 29,5 ± 7,8 Jahre/ relative $VO_{2,max}$: 46,4 ± 9,2 ml/min*kg; 12 Frauen: 26,6 ± 5,5 Jahre/ 37,9 ± 6,2 ml/min*kg). Die Probanden absolvierten einen rampenförmigen und einen stufenförmigen Test auf dem Fahrradergometer. Die Auswertung von 519 Laktatanalysen pro Gerät zeigte eine hohe Korrelation ($r=0,95$; $p<0,001$) zwischen beiden Messgeräten. Die Abweichung der beiden Geräte ist jedoch im Einzelfall groß (95% Konfidenzintervall der gepaarten Differenzen verläuft von -2,35 bis +2,4 mmol/l). Durchschnittlich ermittelt der LactateScout bei Blutlaktatkonzentrationen bis etwa 4 mmol/l höhere Werte als das Miniphotometer 8 (2,4 ± 1,0 mmol/l vs. 1,9 ± 0,8 mmol/l, $p<0,001$). Diese Abweichungen wirken sich vor allem auf die Bestimmung der 2 mmol/l-Schwelle aus (MW ± SD für Miniphotometer 8: 126,2 ± 38,9 W und LactateScout: 99,3 ± 39,5 W, $p<0,001$). Die Leistungen bei einer Blutlaktatkonzentration von 4 mmol/l und an der IANS differieren gering (Miniphotometer 8: 175,2 ± 48,8 W, LactateScout: 165 ± 51,5 W; $p<0,01$ bzw. 158,1 ± 45,0 vs. 165,8 ± 52,4 W; $p<0,05$). Fazit: Die Messergebnisse beider Geräte sind nicht als austauschbar zu betrachten. Die mit ihnen berechneten Leistungen bei 4 mmol/l und an der IANS sind vergleichbar, nicht jedoch die bei einer Blutlaktatkonzentration von 2 mmol/l.

Schlüsselwörter: Laktat, LactateScout, Miniphotometer, Vergleich Laktatmessgeräte

PROBLEM- UND ZIELSTELLUNG

Die Messung der Laktatkonzentration bei Tests mit ansteigender Belastungsintensität ist weit verbreitete und akzeptierte Praxis für die Ermittlung der Ausdauerleistungsfähigkeit (2, 5, 9, 11, 18, 25). Die bei der Laktatleistungsdiagnostik ermittelten Messgrößen können darüber hinaus der Intensitätssteuerung im Training (6, 7, 10, 15, 16, 17) dienen. Für die Überprüfung der Trainingsintensität mit Hilfe der Blutlaktatkonzentration kommen vorwiegend portable, einfach handhabbare Messgeräte in Frage, die eine schnelle on-site-Bestimmung der Laktatkonzentration

SUMMARY

The measurement of blood lactate is a basis for the assessment of endurance performance (e.g. 2, 5, 10) and the monitoring of training intensities (e.g. 6, 7, 12, 18). Compact, portable lactate analysers facilitate the assessment of blood lactate concentrations. These hand-held devices differ in accuracy and precision (11, 24, 25, 26). This study aimed to compare the performance of the portable, hand-held device LactateScout (SensLab, Leipzig) to the laboratory lactate analyser Miniphotometer 8 (Dr. Lange, Berlin). In addition to the results of blood lactate measurements, the influence on lactate thresholds (at 2 and 4 mmol/l and at the individual anaerobic threshold (3, 8, 28)) were investigated.

33 recreational athletes (21 men, Mean ± SD age: 29.5 ± 7.8 yrs and relative $VO_{2,max}$: 46.4 ± 9.2 ml/min*kg; 12 women: 26.6 ± 5.5 yrs/ 37.9 ± 6.2 ml/min*kg) performed two incremental test protocols on a bicycle ergometer. The lactate measurements of 519 blood samples were statistically evaluated. We found a high correlation ($r=0.95$; $p<0.001$) between the lactate values measured by the two devices. However in the individual case, agreement of the two analysers was poor (Limits of agreement: -2.5 to 2.4 mmol/L). In a range of 0 to 4 mmol/l, the LactateScout measured higher than the Miniphotometer (MW ± SD Miniphotometer: 1.9 ± 0.8 mmol/l, LactateScout: 2.4 ± 1.0 mmol/l, $p<0.001$; $r=0.81$). These differences influenced the calculation of the 2 mmol/l threshold (Mean ± SD for Miniphotometer: 126.2 ± 38.9 W and LactateScout: 99.3 ± 39.5 W, $p<0.001$). Power output at 4 mmol/l differed slightly between the two analysers (Miniphotometer: 175.2 ± 48.8 W, LactateScout: 165 ± 51.5 W). Conclusion: Both analysers are suitable for diagnostics and monitoring in sports medicine and training, but cannot be used interchangeably.

Key words: Lactate, LactateScout, Miniphotometer, Comparison Lactate Analysers

ermöglichen. Neben biologischen und methodisch-abnahmebedingten Einflüssen ist das Wissen um die technisch bedingte Variabilität besonders wichtig, insbesondere dann, wenn man die mit unterschiedlichen Geräten ermittelten Kennwerte vergleichen will. Bisher gibt es keine Untersuchung zur Vergleichbarkeit der häufig verwendeten Laktatanalysegeräte Miniphotometer 8 (Fa. Dr. Lange, Berlin) und LactateScout (Fa. Senslab, Leipzig) bezüglich der ermittelten Laktatwerte und daraus berechneten Laktatschwellenleistungen.

Das häufig in der Labordiagnostik eingesetzte Gerät Miniphotometer 8 nutzt eine fotometrische Methode zur

Bestimmung der Laktatkonzentration, bei der das entnommene Blut zunächst hämolysiert wird (21). Der LactateScout nutzt ein enzymatisch-amperometrisches Messprinzip mit dessen Hilfe die Laktatkonzentration aus dem nichthämolysierten Vollblut bestimmt wird. Aufgrund der unterschiedlich genutzten Messverfahren sind systematische Einflüsse auf die Messergebnisse zu erwarten (13,19,20) die abhängig vom Individuum, der Belastungssituation, dem Blut-pH und der Laktatkonzentration unterschiedlich starke Abweichungen zwischen den beiden Geräten hervorrufen können.

Das Ziel dieser Studie war zunächst zu prüfen, wie vergleichbar die Bestimmung der Laktatkonzentration mit Hilfe der häufig eingesetzten Messgeräte LactateScout und Miniphotometer 8 ist und wie stark laktatabhängige Ergebnisse leistungsdiagnostischer Tests von einander abweichen, wenn sie mit den untersuchten Geräten ermittelt wurden.

METHODE

An der Studie nahmen 33 gesunde FreizeitsportlerInnen (21 Männer, Durchschnittsalter: $29,5 \pm 7,8$ Jahre, relative $\dot{V}O_{2\max}$: $46,4 \pm 9,2$ ml/min*kg; 12 Frauen: $26,6 \pm 5,5$ Jahre/ $37,9 \pm 6,2$ ml/min*kg) teil. Die Probanden absolvierten zwei unterschiedliche Testprotokolle auf dem Fahrradergometer (ER 900): einen rampenförmigen Test (50 Watt Anfangsbelastung, Belastungsanstieg 12,5 W/0,5 min) und einen stufenförmigen Test (Anfangsbelastung 60 W, Belastungsanstieg 30 W/5 min) bis zur subjektiven Ausbelastung. Insgesamt wurden die Ergebnisse von 519 Laktatanalysen pro Gerät ausgewertet. Beide Messgeräte wurden regelmäßigen Qualitätskontrollen bzw. Funktionsprüfungen unterzogen.

Zur Laktatanalyse wurde vor der Belastung, während der Belastung am Ende jeder Stufe (beim Rampentest alle 2 min) und in der 1. und 3. (beim Stufentest auch nach der 5. und 10.) Minute der Nachbelastungsphase arterialisiertes Kapillarblut durch Entnahme aus dem durch Finalgon® hyperämisierten Ohrläppchen gewonnen. Die Blutproben für beide Geräte – entnommen simultan durch zwei Untersucher – stammten aus einem identischen Blutropfen, um abnahmebedingte Einflüsse zu minimieren. Die Laktatmessung (LactateScout) bzw. die Einbringung der Blutprobe in die Pufferlösung (Miniphotometer) erfolgte sofort nach Abnahme der Probe. Die mit den beiden Geräten während des Stufentests ermittelten Blutlaktatkonzentrationen waren Grundlage für die Berechnung der Laktatleistungskurve. Die Kurvenanpassung erfolgte mit einer exponentiellen Modellfunktion. Für jeden Probanden wurde die Leistung bei Blutlaktatkonzentrationen von 2 und 4 mmol/l sowie an der Individuellen Anaeroben Schwelle (IANS = minimales Laktatäquivalent + 1,5 mmol/l (3,4, 8, 22); die Laktatkonzentration am minimalen Laktatäquivalent entspricht der Laktatkonzentration am ersten Laktatanstieg) berechnet.

ERGEBNISSE

Abbildung 1 zeigt die Beziehung zwischen den Blutlaktatwerten gemessen mit dem Miniphotometer 8 und dem LactateScout ($n=519$). Die statistische Analyse erbringt einen hohen Zusammenhang zwischen den beiden Messgeräten (Pearson's $r=0,95$; $p<0,001$).

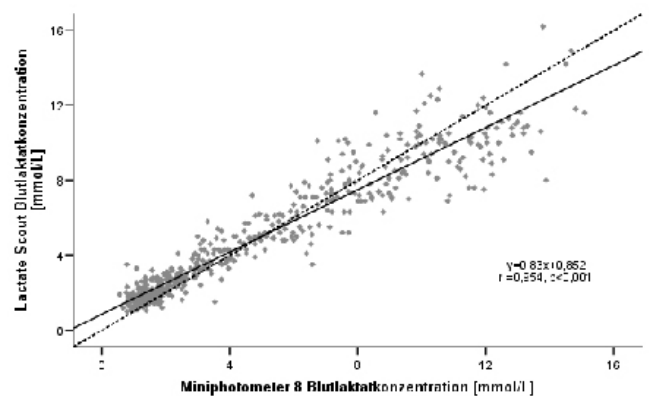


Abbildung 1: Beziehung zwischen den Laktatkonzentrationen, gemessen mit dem LactateScout und dem Miniphotometer 8 ($N=519$, gestrichelte Linie = Line of Identity).

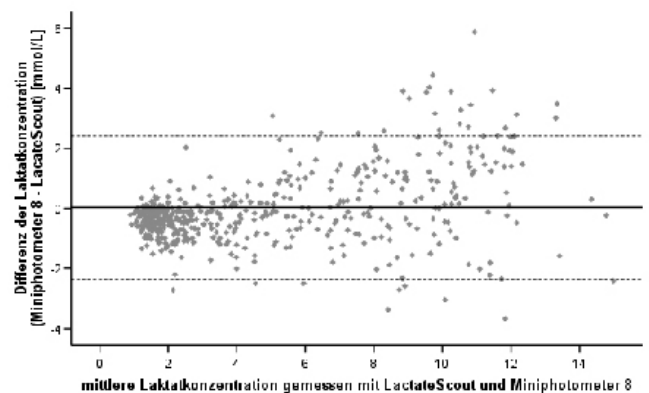


Abbildung 2: Der Bland-Altman Plot zeigt die Beziehung zwischen durchschnittlicher Laktatkonzentration und der Differenz der mit beiden Geräten gemessenen Laktatkonzentration ($N=519$, gestrichelte Linie = 95% Konfidenzintervall = Mittelwert der Differenzen \pm 2fache Standardabweichung).

Die Variationsbreite der mit beiden Systemen ermittelten Ergebnisse nimmt allerdings zu höheren Laktatwerten hin deutlich zu. Der Bland-Altman-Plot (1) zeigt die Abweichungen zwischen beiden Geräten bei unterschiedlichen Laktatkonzentrationen (Abbildung 2). Das 95%-Konfidenzintervall (Mittelwert der Differenzen \pm 2fache Standardabweichung) verläuft von $-2,35$ bis $+2,4$ mmol/l. Nach der grafischen Analyse der Daten mittels Bland-Altman-Plot erschien eine differenzierte statistische Auswertung einzelner Konzentrationsbereiche sinnvoll. Dabei zeigte sich, dass der LactateScout bei Blutlaktatkonzentrationen ≤ 4 mmol/l höhere Werte als das Miniphotometer ermittelte. Diese Abweichungen sind hoch signifikant und wirkten sich vor allem auf die Bestimmung der 2 mmol/l-Schwelle aus. Bei Laktatkonzentrationen über 8 mmol/l ist die Differenz entgegen gerichtet, das heißt, das Miniphotometer ermittelte im Durchschnitt höhere Werte als der LactateScout. Im Bereich von 4-8 mmol/l finden sich dagegen keine statistisch signifikanten Abweichungen zwischen den Werten beider Geräte (Tabelle 1, Abbildung 2).

Beim Vergleich fixer und individueller anaerober Schwellen, ermittelt auf der Grundlage der mit beiden Geräten gemessenen Werte, ergaben sich signifikante Unterschiede (Tabelle 2). Diese fielen niedriger an der 4 mmol/l- und der

Tabelle 1: Mittelwerte und gepaarte Differenzen mit Standardabweichungen und Korrelationen für die Laktatwerte in drei Konzentrationsbereichen, ermittelt mit dem mobilen Messgerät LactateScout und dem Miniphotometer 8.

Bereich	Gerät	MWt ± SD	N	Korrelation (r)	Signifikanz	MW ± SD der gepaarten Differenzen	Signifikanz (2-seitig)
<4 mmol/L	Miniphotometer	1,9 ± 0,8	290	0,819	p<0,001	-0,46 ± 0,54	p<0,001
	LactateScout	2,4 ± 1,0	290				
4-8 mmol/L	Miniphotometer	6,0 ± 1,1	106	0,707	p<0,001	-0,11 ± 1,1	n.s. (p=0,3)
	LactateScout	6,2 ± 1,6	106				
>8 mmol/L	Miniphotometer	10,7 ± 1,7	123	0,572	p<0,001	1,03 ± 1,65	p<0,001
	LactateScout	9,6 ± 1,8	123				

Tabelle 2: Mittelwerte (±Standardabweichung) der Leistung (W) sowie der gepaarten Differenzen (%) der beiden Laktatmessgeräte Miniphotometer 8 und LactateScout bei verschiedenen Laktatkonzentrationen (N=33, **p<0,001; *p<0,05)

	2 mmol/L	4mmol/L	IANS
Miniphotometer P [W]	126,2 ± 38,9	175,2 ± 48,8	158,1 ± 45,0
LactateScout P[W]	99,3 ± 39,5	165,0 ± 51,5	165,8 ± 52,4
Differenzen [%]	20,9 ± 15,1**	5,8 ± 5,6**	-4,8 ± 11,1*

individuellen anaeroben Schwelle aus, als an der 2 mmol/l-Schwelle. Während die bei der 2 mmol/l-Schwelle ermittelte durchschnittliche Differenz der Leistung bei 26,9 ± 19 W liegt, reduzieren sich die Abweichungen an der 4 mmol/l-Schwelle und der IANS im Mittel auf Beträge um 10 Watt (Tabelle 2). Die 2 mmol/l-Schwellenleistungen, berechnet auf Grundlage der LactateScout Messwerte, waren in allen Fällen niedriger, als die des Miniphotometer 8. Demgegenüber sind die Werte an der 4 mmol/l-Schwelle sehr gut vergleichbar (r=0,98; p<0,001). Auch für die individuelle anaerobe Schwelle sind die Werte im Mittel besser vergleichbar (r=0,946; p<0,001), als an der 2 mmol/l-Schwelle, jedoch mit im Einzelfall großen Abweichungen.

Der Laktatwert am minimalen Laktatäquivalent beträgt im Mittel für das Miniphotometer 1,6 ± 0,6 mmol/l, was den in der Literatur angegebenen Werten entspricht. Der des LactateScouts liegt dagegen durchschnittlich bei 2,5 ± 0,9 mmol/l.

DISKUSSION

Der Vergleich zwischen LactateScout und Miniphotometer 8 zeigt hohe Korrelationen der ermittelten Laktatwerte. Dennoch sind die im Einzelfall auftretenden Abweichungen der Blutlaktatkonzentrationen auffallend, ebenso ist eine Zunahme der Variationsbreite zu hohen Blutlaktatwerten hin feststellbar.

Die unterschiedliche Aufbereitung der Blutproben hat per se einen systematischen Einfluss auf die Messergebnisse. Bei der Bestimmung mittels Miniphotometer 8 erfolgt die Messung im hämolysierten Vollblut. Zeit-, konzentrations- und pH-abhängige Umverteilungsphänomene des Laktats zwischen Erythrocyten und Plasma werden somit umgangen. Untersuchungen von Smith et al. (23) legen zwar nahe, dass bei ansteigenden Belastungstests mit einem Anstieg von 30 W/min bereits eine Stufenlänge von 1 min ausreicht, um ein Equilibrium zwischen Erythrocytenlaktat und Plasmalaktat herzustellen. Es gilt jedoch zu beachten, dass unter Belastung ständig Laktat produziert wird, sich das gesamte System also in einem Fließgleichgewicht befindet, was bei der Messung mit unterschiedlichen Methoden einen variierenden

Einfluss auf die Ergebnisse haben kann. Das Verhältnis zwischen Laktat in den roten Blutkörperchen und im Plasma ist dabei in Ruhe und unter Belastung relativ konstant, nämlich Ery/Plasma ca. 0,5/1 (12, 14, 23, 24). Aufgrund der beschriebenen Ungleichverteilung von Laktat im Vollblut kommt es durch Hämolyse zu einem Verdünnungseffekt. Da unter Belastung eine Hämokonzentration auftritt, kann durch Nichtberücksichtigung des aktuellen Hämatokrits eine zu niedrige Laktatkonzentration vorgetäuscht werden. Beim Miniphotometer 8 werden die bestimmten Blutlaktat-

werte auf einen konstanten Hämatokrit bezogen, der jedoch für jede Probe mit Hilfe einer Leermessung rechnerisch korrigiert werden kann.

Bei der enzymatisch-amperometrischen Methode mittels LactateScout dienen zwar 5 µl Vollblut als Probenmaterial, tatsächlich wird jedoch der Laktatgehalt im Plasma bestimmt (keine Lyse). Die Laktatverteilungsproblematik zwischen den einzelnen Blutkompartimenten ist daher einer Messung nicht zugänglich. Über die Möglichkeit den aktuellen Hämatokrit zu beachten und somit auch eine Korrektur der Proben volumina vorzunehmen verfügt der LactateScout nicht. Die Konvertierung von Plasmamessungen in Vollblutkonzentrationen kann somit nur mit Hilfe eines starren Algorithmus erfolgen. Demzufolge sind – abhängig vom Individuum, dem Untersuchungszeitpunkt, der gemessenen Laktatkonzentration und der aktuellen Beanspruchung – geringe Abweichungen von der tatsächlichen Laktatkonzentration zu erwarten. Ursache für die bis 4 mmol/l auftretenden systematischen Abweichungen zwischen LactateScout und Miniphotometer 8 könnten die für diesen Bereich homogenere Probenzusammensetzung (für alle Individuen vergleichbare physiologische Gegebenheiten aufgrund ähnlicher Beanspruchung, Belastungsdauer und einer zunächst geringen Hämokonzentration) in Zusammenhang mit einem für diese Bedingungen inadäquaten Korrekturfaktor des LactateScout sein. Im mittleren Laktatbereich (4-8 mmol/l) finden sich dagegen keine signifikanten Abweichungen (adäquater Korrekturfaktor für die vorherrschenden Bedingungen und inhomogene Probenpopulation). Die Differenzen bei Laktatkonzentrationen > 8 mmol/l sind zwar signifikant, jedoch nicht ganz so eindeutig verteilt, was wiederum auf die Inhomogenität der Proben bezüglich Hämatokrit, pH-Wert, Messzeitpunkt und Laktatkonzentration rückführbar ist.

An dieser Stelle muss auf weitere Limitationen der Studie hingewiesen werden: Neben dem fehlenden (aber auch nicht angestrebten) Vergleich mit einem Goldstandard beinhaltet die statistische Auswertung die Problematik, dass nicht alle Probanden mit einer identischen Anzahl von Messwerten in die Auswertung eingegangen sind und so die Variabilität der Messergebnisse durch Besonderheiten einzelner Individuen verstärkt sein kann.

FAZIT

Die mit LactateScout und Miniphotometer 8 erhobenen Messergebnisse und leistungsdiagnostischen Kennwerte sind nur eingeschränkt vergleichbar.

Grundsätzlich erscheinen die Messungen des Miniphotometers verlässlicher, da sowohl durch die Verwendung hämolysierten Vollbluts die genannten Umverteilungsphänomene des Laktats umgangen werden als auch eine Korrektur der Probenvolumina durch die Berücksichtigung des aktuellen Hämatokrits erfolgt.

Bei der Überprüfung/Anwendung von im Labor per Miniphotometer 8 erhobenen leistungsphysiologischen Daten im Feld/ Training mittels LactateScout ist nach unseren Ergebnissen Folgendes zu beachten:

1. Im Bereich bis etwa 4 mmol/l misst der LactateScout in fast allen Fällen höhere Werte als das Miniphotometer 8.
2. Entsprechend fallen die Leistungen an der fixen 2 mmol/l-Schwelle für den LactateScout niedriger aus. Die für den LactateScout ermittelten Laktatwerte am minimalen Laktatäquivalent erscheinen nicht plausibel und lassen sich durch die generell höheren Werte im niedrigen Konzentrationsbereich erklären. Sie sind Ursache für die fast identischen Leistungen an der 4 mmol/l- und an der Individuellen Anaeroben Schwelle für den LactateScout.
3. Die im Vergleich zur fixen 2 mmol/l-Schwelle geringeren Abweichungen an der IANS, belegen den Vorteil individueller Schwellenbestimmungen. Diese berücksichtigen den relativen Verlauf der Laktatleistungskurve und sind somit weniger anfällig für systematische Messfehler, als die Bestimmung von fixen Schwellen. Allerdings differieren auch die Leistungen bei 4 mmol/l kaum.

LITERATUR

1. **ALTMAN DG, BLAND JM:** Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *Statistician* 32 (1983) 307-317.
2. **BENTLEY DJ, MCNAUGHTON LR, THOMPSON D, VLECK VE, BATTERHAM AM:** Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 33 (2001) 2077-2081.
3. **BERG A, STIPPIG J, KEUL J, HUBER G:** Bewegungstherapie und ambulante Coronargruppen. *Dtsch Z Sportmed* 31 (1980) 199-205.
4. **BERG A, JAKOB E, LEHMANN M, DICKHUTH HH, KEUL J:** Aktuelle Aspekte der modernen Ergometrie. *Pneumologie* 44 (1989) 2-13.
5. **BISHOP D, JENKINS DG, MACKINNON LT:** The relationship between plasma lactate parameters, Wpeak and 1-h cycling performance in women. *Med Sci Sports Exerc* 33 (1998) 1270-1275.
6. **COEN B, SCHWARZ L, URHAUSEN A, KINDERMANN W:** Control of training in middle- and long distance running by means of the individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 12 (1991) 519-524.
7. **DICKHUTH HH, HUONKER M, MÜNDEL T, DREXLER H, BERG A, KEUL J:** Individual Anaerobic Threshold for Evaluation of Competitive Athletes and Patients with Left Ventricular Dysfunction, in: *Bachl N, Graham TE, Löllgen H (Eds.): Advances in Ergometry. Heidelberg (1991) 173-179.*
8. **DICKHUTH HH, WOHLFAHRT B, HILDEBRAND D, ROKITZKI L, HUONKER M, KEUL J:** Jahreszyklische Schwankungen der Ausdauerleistungsfähigkeit von hochtrainierten Mittelstreckenläufern. *Dtsch Z Sportmed* 39 (1988) 346-353.
9. **FARELL PA, WILMORE JH, COYLE EF, BILLING JE, COSTILL DL:** Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 11 (1979) 338-344.
10. **FOHRENBACH R, MADER A, HOLLMANN W:** Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int J Sports Med* 8 (1987) 11-18.
11. **FOXDAL P, SJÖDIN A, SJÖDIN B, ÖSTMAN B:** The validity and accuracy of blood lactate measurements for prediction of maximal endurance running capacity. *Int J Sports Med* 15 (1994) 73-79.
12. **FOXDAL P, SJÖDIN B, RUDSTAM H, ÖSTMAN C, ÖSTMAN B, HEDENSTIERNA GC:** Lactate concentrations differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 61 (1990) 218-222.
13. **GRAHAM TE:** A Review of some Issues Associated with Lactate Metabolism during Exercise, in: *Bachl N, Graham TE, Löllgen H (Eds.): Advances in Ergometry. Heidelberg (1991) 125-148.*
14. **HARRIS RT, DUDLEY GA:** Exercise alters the distribution of ammonia and lactate in blood. *J Appl Physiol* 66 (1989) 313-317.
15. **JACOBSI:** Blood lactate: Implications for training and sports performance. *Sports Med* 3 (1986) 10-25.
16. **KEITH SP, JACOBS I, MCLELLAN TM:** Adaptions to training at the individual anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 65 (1992) 25-34.
17. **KINDERMANN W, SIMON G, KEUL J:** The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol* 42 (1979) 25-34.
18. **LEHMANN M, BERG A, KAPP R, WESSINGHAGE T, KEUL J:** Correlations between laboratory testing and distance running performance in marathoners of similar performance ability. *Int J Sports Med* 4 (1983) 226-230.
19. **LORMES W, STEINACKER JM:** Messung von Laktat im Plasma oder im hämolysierten Blut?, in: *Clasing D, Weicker H, Böning D (Hrsg.): Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Stuttgart (1994) 267-271.*
20. **LORMES W, GRÜNERT A:** Zur Problematik der Laktatbestimmung im Blut, in: *Steinacker JM (Hrsg.): Rudern- Sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte. Berlin (1988) 118-124.*
21. **SCHLEGEL R:** Dr.Lange LOX-PAP-Methode/Miniphotometer 8, in: *Clasing D, Weicker H, Böning D (Hrsg.): Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Stuttgart (1994) 251-257.*
22. **SIMON G:** Trainingssteuerung im Schwimmsport. *Dtsch Z Sportmed* 37 (1986) 376-379.
23. **SMITH EW, SKELTON MS, KREMER DE, PASCOE DD, GLADDEN LB:** Lactate distribution in the blood during progressive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 29 (1997) 654-660.
24. **WILKERSON, JE, GUTIN B, HORVATH SM:** Exercise-induced changes in blood, red cell, and plasma volumes in man. *Med Sci Sports* 9 (1977) 155-158.
25. **YOSHIDA T, CHIDA M, ICHIOKA M, SUDA Y:** Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur J Appl Physiol* 56 (1987) 7-11.

Korrespondenzadresse:

Matthias Weippert
Institut für Präventivmedizin
Universität Rostock
St.-Georg-Str. 108
18055 Rostock

E-Mail: matthias.weippert@medizin.uni-rostock.de