

Christoph Raschka¹, Melany Müller-Nalbach¹, Thorsten Rühl¹, Horst J. Koch²

¹ Institut für Sportwissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, ² Neurologische Universitätsklinik Regensburg

Zirkadiane Rhythmik von Herzfrequenz, Blutdruck und Laktat beim Treppensteigen mit verschiedenen Traglasten

Zusammenfassung

Fragestellung: In dieser Studie wurde der Einfluss der Chronobiologie auf Herzfrequenz, Blutdruck und Laktat beim Treppensteigen mit verschiedenen Traglasten untersucht.

Probanden und Methodik: 12 Sportstudent/innen (6 männl., 6 weibl., Alter 25 ± 2 Jahre) absolvierten drei Durchgänge des Testablaufs 1 min Gehen (Ebene), gefolgt von einem Treppenaufstieg über 52 Stufen (Steighöhe 8,84 m). Dabei wurden in randomisierter Reihenfolge die Traglasten 0, 6 und 12 kg transportiert.

Ergebnisse: Bei den maximalen Herzfrequenzen kam es bei allen drei Belastungsstufen zu signifikanten zirkadianen Einflüssen. Die höchsten Werte wurden dabei jeweils morgens gemessen (120 ± 10 Schläge pro Minute bei 0 kg Last, 129 ± 16 bei 6 kg, 137 ± 14 bei 12 kg). Diese fielen bei allen Belastungsstufen zum Abend hin um mindestens 10 Schläge pro Minute ab. Für den systolischen Blutdruck fanden sich signifikante Ergebnisse für die Belastungen mit 6 und 12 kg Traglast. Hier lagen die gemessenen Werte mit 138 ± 12 bzw. 140 ± 10 mm Hg am Morgen am niedrigsten, dagegen mit 149 ± 10 und 152 ± 11 mm Hg am Abend am höchsten. Die Laktatwerte zeigten nur bei der 6-kg-Stufe signifikante chronobiologische Einflüsse. Keine signifikanten Einflüsse fanden sich für die diastolischen Belastungs-Blutdruckwerte sowie alle Ruhewerte.

Folgerungen: In der vorliegenden Studie zeigten sich signifikante zirkadiane Einflüsse auf Herzfrequenz und Blutdruck erst unter Belastungsbedingungen. Diese Ergebnisse unterscheiden sich somit von früheren Untersuchungen, wo tageszeitliche Einflüsse auf Herzfrequenz und Blutdruck unter Ruhebedingungen nachgewiesen wurden. Die Ergebnisse verdeutlichen die Relevanz der Kenntnis tageszeitlicher Einflüsse auf Kreislaufparameter insbesondere unter Alltagsbelastungen.

Schlüsselwörter:

Treppensteigen, Traglasten, Zusatzlast, Herzfrequenz, Blutdruck, Laktat, Chronobiologie, zirkadiane Rhythmik

Summary

Circadian rhythm of heart rate, blood pressure and lactate during stair climbing with different external weight loads

Objective: The purpose of this study was to investigate the influence of chronobiology on heart rate, blood pressure and lactate during stairclimbing with different handcarried weight loads.

Method: 12 sport students (6 males, 6 females, age 25 ± 2 years) completed three rounds of the test protocol 1 min walking (plain) followed by a stairclimb of 52 steps (8,84 total height). Meanwhile they carried the weight loads 0, 6 and 12 kg in a randomized sequence.

Results: Significant circadian influences on maximum heart rate were found for all three load levels. The highest values were measured in the morning hours (120 ± 10 bpm at 0 kg load, 129 ± 16 at 6 kg, 137 ± 14 at 12 kg). These values decreased at all load levels towards evening about at least 10 bpm. Significant issues for the systolic blood pressure were observed for the encumbrance with 6 and 12 kg external load. Here, the measured values were lowest in the morning with 138 ± 12 and 140 ± 10 mm Hg respectively, but highest in the evening with 149 ± 10 and 152 ± 11 respectively. Lactate issues show significant chronobiologic influences only with 6 kg load. There were no significant differences between diastolic blood pressure and all resting values. **Conclusions:** In the present investigation, significant circadian influences on heart rate and blood pressure only impose under stress-conditions. These results distinguished from earlier studies, which verified influences of daytime on resting heart rate and blood pressure. This accentuates the relevance of the knowledge of circadian influence on circuit parameters in activities of daily living.

Key Words:

Stair climbing, external weight load, heart rate, blood pressure, lactate, chronobiology, circadian rhythm

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 50 (4), 151–154, 2002

Einleitung

Nach Oschütz (1991) sollte die sportliche Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung der zirkadianen Rhythmik analysiert werden. Die Tagesrhythmik entsteht auf der Basis eines Gefüges vererbter, selbstregulierender Oszillatoren mit hierarchischer Ordnung. Exogene Zeitgeber sind das Hell-Dunkel-Regime, aber auch soziale Kontakte. Meist stellt sich die Chronobiologie in Form einer Kosinusfunktion mit charakteristischer Periode, Amplitude und klar erkennbarem Minimum (Bathypphase) und Maximum (Acrophase) dar. Die Beurteilung klinischer Testverfahren bei Anwendung der

konventionellen sport- und arbeitsphysiologischen Basisgrößen Puls, Blutdruck und Laktatkonzentration ist für die Kenntnis der sportlichen Leistungsfähigkeit wie auch der psychischen Leistungsfähigkeit unter dem Einfluss tagesrhythmischer Schwankungen sowie der zirkadianen Periodizität sensomotorischer Regelvorgänge von grosser Bedeutung.

Bekannte Markerrhythmen sind Herzfrequenz, Körpertemperatur, Blutdruck oder Kortisolspiegel. Bestimmte sportphysiologische Fragestellungen waren in den letzten Jahrzehnten vor allem von der Marburger Arbeitsgruppe um Professor Hildebrandt verfolgt worden, wie beispielsweise der mittlere Tagesgang der Mus-

kelkaterdauer nach isometrischem Muskeltraining zu unterschiedlichen Tageszeiten oder die mittlere Änderung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach 4-wöchigem Ausdauertraining (Hildebrandt, 1988). Marti und Mitarbeiter untersuchten 20 Athleten mittels Dauerleistungstests (Stufentest) auf dem Laufband als Frühtest (8.30–9.00 Uhr) bzw. Spättest (10.30–11.30 Uhr). Abgesehen von einer leichten signifikanten Zunahme der maximalen Leistungsfähigkeit im Spättest, die vor allem als Folge einer gesteigerten Motivation angesehen wurde, fanden sich keine signifikanten oder physiologisch relevanten Unterschiede. In zahlreichen sport- und arbeitsmedizinischen Untersuchungen wurden eine maximale Leistungsfähigkeit bzw. Maxima der zugrunde liegenden physiologischen Variablen in den Nachmittagsstunden gefunden (Winget et al., 1994). Eine abschliessende Bewertung der Praxisrelevanz für die Wettkampf- und Trainingsplanung, insbesondere bei hochtrainierten Athleten, lassen die Ergebnisse allerdings nicht zu.

Die vorliegende Arbeit fokussiert daher auf den Tagesgang der Basisgrössen Herzfrequenz und Blutdruck unter zusätzlicher Berücksichtigung der Laktatkonzentration als Indikator des anaeroben Stoffwechsels bei einer Alltagsbelastung. Gerade das Treppensteigen mit leichteren Lasten gehört zu den Alltagsanforderungen, denen sich prinzipiell jeder Patient nach seiner Entlassung stellen muss. Daher sollte ein derartiger Test grundsätzlich vor jeder stationären Entlassung erfolgen. Für die Interpretation sind Kenntnisse der normalen tageszeitlichen Schwankungen unbedingt erforderlich.

Methodik

Probandengut

An der Studie nahmen 12 Sportstudent/innen des Instituts für Sportwissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main teil. Ihre anthropometrischen Daten sind in *Tabelle 1* zusammengefasst.

Untersuchungsdesign

Der Test wurde bei allen Probanden zu den Uhrzeiten 6, 12, 16 und 23 Uhr an einem Tag durchgeführt. Zur Testdurchführung wurde eine Treppe mit 52 Stufen à 17 cm (Steighöhe 8,84 m) ausgewählt. Die Messung der Herzfrequenzen erfolgte mit Pulsmessgeräten (Accurex II, Polar, Finnland). Die Blutdruckwerte wurden mit Blutdruckvollautomaten ermittelt (boso™, Bosch + Sohn, Deutschland). Zur Laktatbestimmung aus Blut des hyperämisierten Ohrläppchens diente ein Laktatmessgerät Accutrend Lactate (Roche, Mannheim).

Nach der Bestimmung der Ruhewerte von Blutdruck, Herzfrequenz und Laktat durchlief jeder Proband dreimal das Testprotokoll (siehe *Abb. 1*). Dieses bestand aus jeweils einer Minute zügigem Gehen auf ebener Fläche, gefolgt vom Treppenaufstieg. Am oberen Treppenende wurden die Herzfrequenz sowie der Blutdruck gemessen. Danach erfolgte der Treppenabstieg. Unten wurden wiederum Herzfrequenz, Blutdruck sowie Laktat bestimmt. Vor dem nächsten Durchlauf hielt jeder Proband eine Pause von etwa drei Minuten ein. Bei jedem Testdurchlauf transportierten die Probanden eine der drei Zusatzlasten 0, 6 oder 12 kg. Diese bestanden aus Einkaufstragetaschen. Die Lasten wurden gleich-

	Anzahl	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)
Männer	6	26,2 ± 2,5	181,4 ± 5,3	72,8 ± 7,5
Frauen	6	24,7 ± 1,9	165,3 ± 4,2	70,8 ± 7,2
Gesamt	12	25,4 ± 2,2	173,3 ± 9,6	71,8 ± 7,1

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der Sportstudenten (SD).

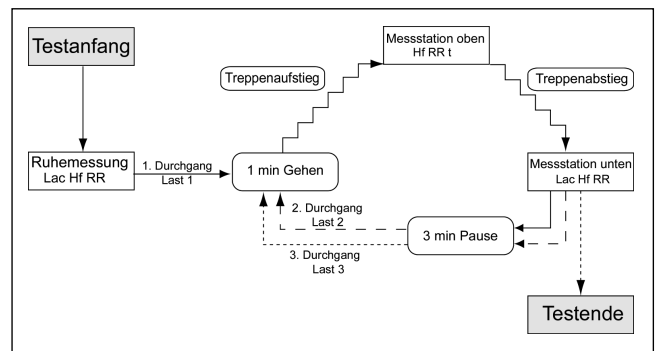


Abbildung 1: Versuchsaufbau.

mässig verteilt mit beiden Händen getragen. Die Zuordnung der jeweiligen Zusatzlast war randomisiert. Die Probanden wurden aufgefordert, möglichst jeden der drei Durchgänge mit der gleichen Geschwindigkeit zu absolvieren.

Statistik

Die Studie wurde als intraindividueller Vergleich (longitudinales Studiendesign) durchgeführt, wobei vier Messungen pro Tag entsprechend den Erfahrungen in der klinischen Chronobiologie als ausreichend und für die Probanden als vertretbar angesehen wurden, die Frage der Tagesschwankungen zu beurteilen (Haus u. Touitou, 1994). Die Ergebnisse wurden deskriptiv (arithmetisches Mittel, Standardabweichung) und teilweise grafisch (Mittelwerte mit Standardfehler) dargestellt. Für die statistische Analyse der intraindividuellen Tagesschwankungen von Herzfrequenz, Blutdruck und Laktat wurde die verteilungsfreie ANOVA (Prüfung auf Unterschied zwischen 4 Zeitpunkten) für verbundene Stichproben nach Friedman verwendet (Zar, 1984). Die Wahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ wurde als statistisch signifikant angesehen.

Ergebnisse

1. Herzfrequenz

Die Herzfrequenzen weisen im Tagesverlauf in Ruhe keine signifikanten Unterschiede auf, auch wenn tendenziell die höchsten Pulswerte am Nachmittag zu registrieren waren (*Tab. 2*).

	7 Uhr		12 Uhr		17 Uhr		22 Uhr		
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p
Systolischer Blutdruck (mm Hg)									
Ruhe	123,1	9,4	121,7	8,5	123,3	9,6	123,7	8,1	> 0,05
0 kg	133,5	7,6	136,4	15,9	137,7	10,7	146,8	13,2	> 0,05
6 kg	138,3	12,2	145,3	16,2	140,7	11,9	148,7	9,7	0,023
12 kg	140,3	10,4	151,9	14,1	146,3	25,5	151,5	10,5	0,029
Diastolischer Blutdruck (mm Hg)									
Ruhe	81,5	7,3	76,8	8,5	78,2	8,0	79,8	7,2	> 0,05
0 kg	83,3	10,0	86,3	11,8	80,6	7,4	83,2	9,4	> 0,05
6 kg	84,8	9,5	80,7	11,5	84,4	11,9	82,5	8,4	> 0,05
12 kg	87,8	8,7	80,9	16,4	82,1	16,2	84,2	5,4	> 0,05
Herzfrequenz (Schläge / min)									
Ruhe	75,3	11,4	76,8	9,1	80,8	10,0	76,9	10,3	> 0,05
0 kg	120,2	10,3	111,2	11,1	111,2	12,2	112,8	14,4	0,008
6 kg	129,1	16,3	119,6	15,6	119,4	14,4	116,8	15,5	0,043
12 kg	136,8	13,7	123,7	17,7	124,8	15,1	123,3	17,8	0,001
Laktat (mmol / l)									
Ruhe	1,3	0,2	1,3	0,4	1,3	0,3	1,5	0,9	> 0,05
0 kg	1,5	0,5	1,5	0,5	1,4	0,5	1,5	0,5	> 0,05
6 kg	1,7	0,6	1,7	0,4	1,5	0,5	1,4	0,5	0,035
12 kg	1,7	0,6	1,8	0,6	1,8	0,7	1,7	0,8	> 0,05
Steigzeit (s)									
0 kg	39,3	4,0	38,7	3,2	40,3	3,6	40,5	2,5	> 0,05
6 kg	41,8	3,6	42,5	4,2	42,4	3,5	43,6	3,9	> 0,05
12 kg	42,4	3,8	42,5	4,0	44,3	5,1	43,8	4,4	> 0,05

Tabelle 2: Deskriptive vergleichende Zusammenfassung (Mittelwert, Standardabweichung) der Versuchsergebnisse, jeweils um 7.00, 12.00, 17.00 und 22.00 Uhr, mit p-Werten der Friedman-Analyse.

Beim Treppensteigen ohne Zusatzlast kommt es zu einem durchschnittlichen Anstieg von 75,3 (SD = 11,4) auf 120,2 (SD = 10,3) pro Minute um 8 Uhr. Diese maximalen Herzfrequenzen zeigen eine sehr signifikante zirkadiane Schwankung. Nach dem morgendlichen Hoch fallen die maximalen Herzfrequenzen ab Mittag auf durchschnittlich 111,2 pro Minute. Die nach Belastung registrierten Herzfrequenzwerte liegen durchschnittlich wieder unter 80 Schlägen pro Minute, ohne dass sich ein signifikanter chronobiologischer Einfluss abzeichnet.

Beim Tragen einer Zusatzlast von 6 kg weisen die maximalen Belastungsherzfrequenzen erneut ein signifikantes Maximum am Morgen von durchschnittlich 129,1 (SD = 16,3) Schlägen pro Minute auf, fallen dann ab Mittag auf Werte unter 120 pro Minute ab und zeigen gegen Abend eine erneute Reduktion auf 116,8 (SD = 15,5) Schläge pro Minute. Die registrierten Pulszahlen nach dieser Belastung lassen erneut keinen Einfluss durch zirkadiane Rhythmen erkennen.

Die maximalen Herzfrequenzen während des Transports der Höchstlast von 12 kg demonstrieren einen sehr signifikanten Einfluss der Chronobiologie. Erneut kristallisiert sich als Maximum der morgendliche Wert mit 136,8 (SD = 13,7) heraus. Ab Mittag fallen die Werte wieder unter 125 Schläge pro Minute. Auch in diesem Fall werden die Pulswerte nach Belastung nicht signifikant durch die zirkadiane Rhythmik beeinflusst.

Die durchschnittlichen Steigzeiten verlängern sich zwar hochsignifikant unter dem Einfluss der Lasten. So betragen die Durchschnittszeiten für das Treppensteigen ohne Last 39,7 (SD = 2,6) Sekunden, beim Steigen mit 6 kg Zusatzlast 42,6 (SD = 3,2) und 43,3 (SD = 3,8) für die Stufe mit 12 kg. Innerhalb einer Belastungsstufe unterliegen die Steigzeiten allerdings keinen signifikanten chronobiologischen Einflüssen. Die Steigzeiten sind in den jeweiligen Belastungsstufen an allen Messzeitpunkten sehr homogen.

2. Blutdruck

Bezüglich der systolischen Ruheblutdruckwerte ergaben sich keine signifikanten Schwankungen durch die Tageszeit. Das Gleiche gilt für die systolischen Blutdruckwerte bei Belastung ohne Zusatzgewicht sowie für den Zeitpunkt unmittelbar nach Belastungsende. Unter dem Tragen einer Zusatzlast von 6 kg findet man demgegenüber einen signifikanten chronobiologischen Effekt. Ausgehend von einem durchschnittlichen Ruheblutdruckwert von 123 mm Hg steigt der morgendliche Belastungswert unter einer Zusatzlast von 6 kg auf $138,3 \pm 12,2$ mm Hg, erreicht gegen Mittag $145,3 \pm 16,2$ mm Hg, fällt am Nachmittag auf $140,7 \pm 11,9$ mm Hg und kulminiert am späten Abend bei $148,7 \pm 9,7$ mm Hg. Ähnliche signifikante tageszeitliche Schwankungen werden für den systolischen Blutdruck unter dem Zusatzgewicht von 12 kg beobachtet. Ausgehend von morgendlichen $140,3 \pm 10,4$ mm Hg steigen die Werte bis zum Mittag auf $151,9 \pm 14,1$ mm Hg, fallen dann leicht gegen Spätnachmittag auf $147,7 \pm 22,2$ mm Hg und erreichen ein vormitternächtliches Maximum von $151,5 \pm 10,5$ mm Hg. Keinerlei signifikante Beeinflussung ergibt sich demgegenüber bei den diastolischen Blutdruckwerten in Ruhe, unter Belastung mit jeweils 6 oder 12 kg sowie ohne Zusatzgewicht und jeweils unmittelbar nach Belastungsende.

3. Laktat

Im Unterschied zu Herzfrequenz und Blutdruck zeitigt die Chronobiologie einen signifikanten Einfluss ausschliesslich auf die Laktatwerte unter dem Tragen einer Zusatzlast von 6 kg. Die morgendlichen und vormittäglichen Werte liegen dabei mit 1,7 (SD = 0,6) und 1,7 (SD = 0,4) signifikant höher als die Werte am Nachmittag und Abend mit jeweils 1,5 (SD = 0,5) und 1,4 (SD = 0,5) mmol/l.

Diskussion

Im Unterschied zu bisher dokumentierten zirkadianen Änderungen der Herzfrequenz (Oschütz, 1986) konnte in der vorliegenden

Studie keine signifikante Schwankung der Ruheherzfrequenz dokumentiert werden. Tagesschwankungen im EKG werden nach Koch und Raschka 1999 durch intrinsische Rhythmen der Myokardzellen sowie externe periodische Einflussfaktoren wie Katecholamine, Elektrolytschwankungen und das Wechselspiel zwischen Sympathikus und Parasympathikus beeinflusst. Diese Schwankungen beschränken sich üblicherweise nicht auf die Herzfrequenz allein, sondern erstrecken sich auch auf verschiedene EKG-Intervalle, wie beispielsweise das QTc-Intervall. Auch bezüglich der Ruheblutdruckwerte waren in der vorliegenden Studie keine signifikanten Schwankungen zu erkennen, wenn es sich auch bei dem Blutdruck um einen Markerrhythmus der Chronobiologie ähnlich der Körpertemperatur handelt. Die zirkadianen signifikanten Undulationen imponieren sowohl bei Herzfrequenz als auch Blutdruck erst unter der Belastung. Die Maxima der Belastungsherzfrequenzen treten für alle Belastungsmodifikationen (ohne Zusatzgewicht, 6 kg, 12 kg) am Morgen auf. Im Tagesverlauf kommt es dann proportional zur bewältigten Last zu einer Verschiebung des Herzfrequenzniveaus, das gegen Mittag fällt und zum Tagesende hin wieder etwas ansteigt. Hier zeigt sich eine Parallele zum üblicherweise dokumentierbaren Maximum der Ruheherzfrequenz gegen Spätnachmittag (Oschütz, 1986).

Die Untersuchung von Ilmarinen et al. (1978) an Büroangestellten (Durchschnittsalter 42 Jahre) zeigt für die Herzfrequenz beim Treppensteigen ohne Zusatzlast über 1–5 Stockwerke eine mittlere Herzfrequenz von 111 ± 9 Schlägen pro Minute. Diese Werte sind ähnlich den Werten der Sportstudenten beim Treppensteigen ohne Last, welche durchschnittlich zwischen 111,2 und 120,2 Schlägen pro Minute rangierten.

Kongruent mit dem Ansteigen der Herzfrequenz bei dem Tragen von schwereren Lasten in der vorliegenden Untersuchung zeigte sich in der Studie von Ramanathan und Kamon (1974), bei der junge Studenten auf einer Rolltreppe treppauf stiegen, eine Zunahme der Herzfrequenz beim Treppensteigen mit einer Zusatzlast von 10,75 kg im Gegensatz zum unbelasteten Steigen.

Im Gegensatz zur bisher dokumentierten Schwankung des systolischen Blutdrucks (Oschütz, 1986) waren in der vorliegenden Untersuchung keine signifikanten Einflüsse der Tagesperiodizität auf die diastolischen oder systolischen Ruheblutdruckwerte zu registrieren. Analog zur Herzfrequenz beobachtet man noch nicht bei der Belastung ohne Zusatzgewicht, jedoch beim Tragen von 6-kg- und 12-kg-Lasten eine der Lasterhöhung proportionale Steigerung des Blutdruckniveaus. Dieses wiederum wird durch die Chronobiologie signifikant beeinflusst und weist zwei charakteristische Maxima auf (am Morgen und am späten Abend). Bekanntlich können viele Körperfunktionen zweigipflig mit Maxima und Minima auftreten (Hildebrandt, 1988). Dies gilt vor allem für die Leistungsbereitschaft. Ähnlich wie die systolischen Blutdruckmaxima unter Belastung weist auch die erhöhte Leistungsbereitschaft auf eine sympathikotone Umstellung des Gesamtorganismus hin.

Auch Oschütz (1986) erwähnt das Maximum des systolischen Blutdrucks gegen Spätnachmittag, was als sympathikotone Einstellung des Organismus zu dieser Tageszeit gedeutet wird. Bemerkenswerterweise stimmt hier also die chronobiologische Variabilität von Ruhe- und Belastungsblutdruck bezüglich ihrer Maxima im Wesentlichen überein.

Trotz Aufforderung zur Beibehaltung des gleichen Lauftempo bei allen drei Belastungsstufen zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Steigzeiten proportional zur bewältigten Last. Diese Steigzeiten wurden allerdings zirkadian nicht signifikant beeinflusst. Dieser Umstand ist vor allem im Hinblick auf eine Standardisierung der Testsituation hinsichtlich gleich bleibender Belastungsanforderungen positiv zu bewerten.

Der Laktatspiegel wies nur beim Tragen einer Zusatzlast von 6 kg einen signifikanten chronobiologischen Effekt auf. Die Werte der ersten Tageshälfte befanden sich beide unter dem Niveau des zweiten Tagesabschnitts.

Bereits van Dam und Waterloh (1982) erkannten, dass bei gleich bleibender Belastung die Laktatspiegel abhängig von der Tageszeit erheblich differieren können. Dies bedeutet, dass die Laktatproduktion, wie auch in der vorliegenden Untersuchung zu

sehen ist, nicht unerheblich von der Tagesperiodik abhängt. Ihre Hypothese eines absoluten Leistungshochs ihrer Sportler in den frühen Abendstunden, erkennbar an den Herzfrequenzen bei 3 bzw. 4 mmol/l Laktat zu unterschiedlichen Tageszeiten bei gleich bleibender Belastung, ist kompatibel mit den niedrigeren Laktatwerten trotz gleich bleibendem Belastungsprofil der vorliegenden Studie.

Zusätzlich zur zirkadianen Rhythmik besteht nach Ivy et al. (1981) eine dokumentierte Abhängigkeit der Laktatspiegel von der jeweiligen Substratverfügbarkeit. Sie fanden niedrigere Laktatproduktionsraten unter höheren Konzentrationen von freien Fettsäuren, auf der anderen Seite signifikant höhere Blutlaktatkonzentrationen bei gleicher Belastung nach Zufuhr von 75 g Glukose. Übertragen auf das Studiendesign der vorliegenden Untersuchung ergibt sich aus der Art der zugeführten Nährstoffe ein klarer Einfluss auf die Laktatproduktion. So könnte die höhere Laktatproduktion in der ersten Tageshälfte aus der im mitteleuropäischen Raum eher kohlenhydratbetonten Zubereitung des ersten oder auch zweiten Frühstücks resultieren. Möglicherweise spielen hier auch die charakteristischen Maxima der Blutzuckerleistungskurve eine entscheidende Rolle. Diese hängt wiederum mit den entsprechenden Maxima der endokrin aktiven zirkadian beeinflussten Hormondrüsen (z.B. Nebennierenrinde, Hypophyse) zusammen. Die niedrigere Laktatproduktion in der zweiten Tageshälfte könnte ebenfalls alimentär bedingt sein (freie Fettsäuren).

Die Berücksichtigung des rhythmischen Charakters aller sportbiologisch relevanten Lebensfunktionen sollte einen Beitrag dazu leisten, das Lebensregime eines Sportlers oder Rehabilitanden nach rationellen Gesichtspunkten zu optimieren und seine körperliche Leistungsfähigkeit positiv zu beeinflussen. Es bedarf allerdings weiterer Studien zu dieser wichtigen Problematik, die noch viele Fragen aufwirft.

Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. med. Dr. rer. nat. Dr. Sportwiss. Christoph Raschka, Facharzt für Innere Medizin, Sportmedizin, Chirotherapie, Edith-Stein-Strasse 34, D-36100 Petersberg.

Literaturverzeichnis

- Haus E., Touitou Y.: Chronobiology in Laboratory Medicine. In: Biologic Rhythms in Clinical and Laboratory Medicine; Touitou Y., Haus E. (Hrsg). Springer, Heidelberg 1994, S. 673–708.
- Hildebrandt G.: Die Bedeutung circadianer Rhythmen für die Bewegungstherapie. *Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim.* 17, 1988; S. 126–141.
- Ilmarinen J., Rutenfranz J., Knauth P., Ahrens M., Kylian H., Siuda A., Korallus U.: Über den Einfluss einer berufsnahen Trainingsmöglichkeit auf die körperliche Leistungsfähigkeit von Angestellten. *Europ. J. appl. Physiol.* 38, 1978; S. 25–40.
- Ivy J.L., Costill D.L., Van Handel P.J., Essig D.A., Lower R. W.: Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability. *Int. J. Sports Med.* 2 (3), 1981; S. 139–142.
- Koch H.J., Raschka C.: Tagesschwankungen von Intervallen, R- und T-Amplituden bei gesunden männlichen Probanden. *Herz Kreislauf* 31 (11), 1999; S. 438–442.
- Marti B., Zundel R., Held T.: Beeinflusst ein früher vs. später vormittäglicher Testzeitpunkt die Ergebnisse eines Ausdauerleistungstests? *Schweiz. Zeitschr. für Sportmed. Sporttraumat.* 46 (1998); 155–158.
- Oschütz H.: Chronobiologie im Sport. *Leistungssport* (4), 1991; S. 12–15.
- Oschütz H.: Biorhythmus als Gesichtspunkt bei der Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 35, 1986; S.334–338.
- Ramanathan N.L., Kamon E.: The application of stairclimbing to ergometry. *Ergonomics* 17 (1), 1974; S. 13–22.
- van Dam B., Waterloh E.: Der Einfluss von Tagesperiodik und Schweissproduktion auf das Laktatverhalten unter Ergometerbelastung. *Sport: Leistung und Gesundheit. Kongressband d. Deutschen Sportärztekongress, Köln* 1982.
- Winget C.M., Soliman M.R.I., Holley D.C., Meylor J.S.: Chronobiology of Physical Performance and Sports Medicine. In: Biologic Rhythms in Clinical and Laboratory Medicine; Touitou Y., Haus E. (Hrsg). Springer, Heidelberg 1994; S. 230–242.
- Zar J.H.: *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs 1984.