

## 日常生活活動時における尿中乳酸の日内変動

山形高司\*1 久米大祐\*2 脇本敏裕\*3 長尾光城\*3 松枝秀二\*4 長尾憲樹\*3

### 要 約

本研究は日常生活活動時における尿中乳酸排泄量の日内変動を検討することを目的とした。5名の健康成人男性を被験者とし、日常生活活動時における24時間の尿中乳酸排泄量を検討した。その結果、尿中乳酸排泄量は日内で変動がみられた。変動の振幅は被験者間で異なり、一日の総尿中乳酸排泄量も366.9mgから13245.7mgまで大きな差が認められた。変動パターンに関しては、時間と尿中乳酸排泄量の間には $p=0.067$ の3次回帰式が得られ、尿中乳酸排泄量は日中に高値、夜間に低値を示す傾向が認められた。本研究から日常生活活動時における尿中乳酸排泄量は日内変動を示し、個人間で振幅が異なることが明らかとなった。

### はじめに

尿中乳酸は運動時に血中乳酸濃度が約6mmol/lを越える際、血中乳酸濃度との間に直線的な関係が認められている<sup>1-3)</sup>。つまり、尿中乳酸が血中乳酸濃度の代替指標となりうると考えられる。非侵襲的な尿中乳酸測定は運動現場における運動の強度設定や能力判定などとしての有用性が高い<sup>4,5)</sup>。しかし、尿中乳酸に関する報告は少なく、より詳細な検討が必要である。尿中乳酸の基礎的な研究として、Campbell and Websterは、24時間における尿中物質の日内変動に関して検討を行っているが、尿中乳酸は微量であると表され<sup>6)</sup>、定量値は示されていない。一方、激しい運動を行わせた際の日中と夜間の尿中乳酸を比較した結果、日中の尿中乳酸が高値を示すと報告している<sup>7)</sup>。しかしながら、この尿中乳酸の日内変動が運動による影響なのか、日内変動による影響なのかについては明らかにされていない。また、参加した被験者が1名のため、尿中乳酸の個人差についても明らかにされていない。そこで、本研究は日常生活活動時における尿中乳酸排泄量の日内変動に関して検討することを目的とした。

### 方 法

#### 1. 被験者

健康で活動的な成人男性5名を対象とした。被験者の身体的特徴は、年齢：23±1歳、身長：171.9±5.8cm、体重：67.6±5.1kg、BMI：22.9±1.2（各平均値±標準偏差）であった。各被験者に対して実験説明を行った後に参加の同意を得た。

#### 2. 実験条件

被験者には、実験当日に、カフェインが含まれる飲食は禁止とした。また、移動に伴う軽度の身体活動を除いた激しい活動は避けるようにした。

#### 3. 実験プロトコル

採尿は午前8時の排尿後、24時まで2時間毎に行った。採尿には蓄尿容器を用い、2時間内に行う排尿のすべてを同一容器に採取した。なお、24時から翌8時までの間は1サンプルとして採尿し、24時間尿とした。

#### 4. 尿中乳酸濃度測定および尿中乳酸評価法

尿中乳酸濃度の分析には、高速液体クロマトグラフィー（High Performance Liquid Chromatography, HPLC；EICOM社製）を用いた。前処理として、100mMリン酸緩衝液を用いた希釈を行った。乳酸標準液はL-(+)-Lactic acid Lithium Salt (sigma L-2250) を用いて作成し、3点検量線から乳酸濃度の定量を行った。また、同一

\*1 浦和大学 総合福祉学部 総合福祉学科 \*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

\*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 \*4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床栄養学科

(連絡先) 山形高司 〒336-0974 埼玉県さいたま市緑区大崎3551 浦和大学

E-Mail : yamagata@urawa.ac.jp

表1 尿中乳酸排泄量の日内変動および総尿中乳酸排泄量

Subject	Urinary lactate excretion (mg/min)									Total urinary lactate excretion (mg/day)
	Time of day (h)									
	10	12	14	16	18	20	22	24	8	
A	1.4	0.6	1.3	2.3	4.4	4.1	2.4	2.6	3.2	3,835.1
B	1.7	2.9	5.0	2.1	0.3	1.1	0.4	2.4	0.3	2,043.7
C	0.7	3.9	7.4	1.7	2.3	3.0	0.3	0.9	0.2	2,441.6
D	0.3	1.4	0.4	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	366.9
E	23.5	18.7	33.9	13.3	10.0	2.9	1.8	3.1	0.8	13,245.7
Mean	5.5	5.5	9.6	3.9	3.4	2.3	1.0	1.8	0.9	4,386.6
SE	4.5	3.4	6.2	2.4	1.8	0.7	0.5	0.6	0.6	2,282.7

検体を3度分析し、平均値を用いて尿中乳酸濃度とした。

尿中乳酸の評価方法は、尿中乳酸濃度、尿量、蓄尿時間から算出された時間排泄量 (mg/min) を用いた。

#### 5. 統計処理

24時間の尿中乳酸排泄量の変動パターンは個人内の最小値を0%、最大値を100%として評価した。また、統計処理上、8時における採尿を10時の前に配置した。

#### 6. 日内変動パターン評価

尿中乳酸排泄量の各時間帯の比較検定にはフリードマン検定を用いた。尿中乳酸排泄量の経時変動パターンの検定には曲線回帰分析を用いた。すべての統計処理には、SPSS16.0J for Windowsを用い、有意

水準はいずれも危険率5%未満 ( $p < 0.05$ ) とした。

### 結 果

各被験者の尿中乳酸排泄量の変動は表1に示す。尿中乳酸排泄量の日内における変動の振幅は被験者間で異なり、いずれの被験者においても日内で変動を生じる傾向が認められた。一日の総尿中乳酸排泄量は366.9mgから13245.7mgまで被験者間で大きな差が認められた。

フリードマン検定による各時間帯の比較において明らかな差は認められなかった。尿中乳酸排泄量の変動パターンに関しては中央値の曲線回帰分析において、 $p = 0.067$ の3次回帰式が得られ、日中に高値を示し夜間に低値を示す傾向が認められた (図1)。

### 考 察

本研究は、日常生活活動時における尿中乳酸排泄量の日内変動に関して検討を行った。その結果、尿中乳酸排泄量は各時間帯の間に有意な差は認められなかったものの、日内で変動がみられる事が明らかとなった。

尿中乳酸の日内変動に関して、Campbell and Webster<sup>6)</sup>は、安静状態、日常活動、軽度の運動、それぞれの条件下で生活した24時間における尿中物質の検討を行っているが、尿中乳酸は微量であると表され、日内の変動に関しては明らかにされていない。一方、日中に2度に亘る計5時間の激しい身体活動を行った際の日中と夜間における尿中乳酸を比較し、夜間に比して日中に高値を示すことを報告している<sup>7)</sup>。しかし、この研究から日中の尿中乳酸の上

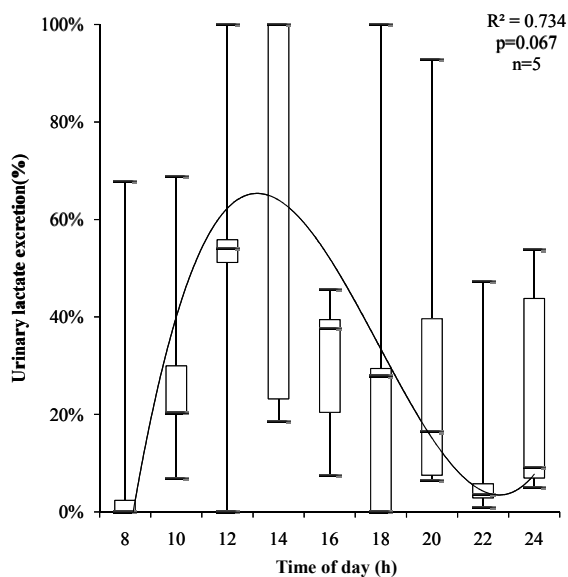


図1 尿中乳酸排泄量の相対的日内変動

昇が運動による影響なのか、日内変動による影響なのかについては明らかにされていない。さらに被験者1名による検討である為、個人差に関しても明らかにされていない。日内の尿中乳酸変動を検討した報告は他にはみられず、本研究によって初めて示されたと考えられる。

短時間における尿中乳酸排泄量の変動に関しては、山形らが2時間ほどの安静状態の検討から尿中乳酸排泄量に有意な変動はみられないことを報告している<sup>5)</sup>。短時間における研究結果を本研究と直接比較することは難しいが、2時間で尿中乳酸排泄量に大きな変動がみられた本研究結果とは異なると推察される。この要因としては、本研究の条件設定が日常生活活動であった点にあると考えられる。つまり、摂食行動や身体活動などが尿中乳酸排泄量に影響を及ぼす可能性が示唆される。本研究で認められた被験者間の尿中乳酸排泄量の差に関しても、生活活動動作の違いが影響を及ぼした要因の一つであると考えられる。

尿中乳酸の日内変動パターンに関して、本研究で明らかにするには被験者数や実験条件などに限界があるものの、尿中乳酸排泄量は日中に高値を示し、夜間に低値を示す傾向が示された。この変動パターンは血中カテコールアミン濃度と類似している<sup>8,9)</sup>。血中カテコールアミン濃度は交感神経活動を評価する指標として活用されている<sup>10)</sup>。尿中乳酸と血中カテコールアミン濃度に関連が認められれば、尿中乳酸の汎用性が高まると考えられ、今後の

検討が期待される。

尿中乳酸は運動の強度設定や能力判定の指標などとして血中乳酸の代替指標となる可能性が示唆されており<sup>4,5)</sup>、運動現場における活用が期待される。しかし、現場で活用する為には知見が少ないことに課題がある。運動の強度設定や能力判定の指標として活用される血中乳酸を用いた乳酸性作業閾値 (Lactate Threshold, LT) の測定に関して、Forsyth and ReillyはLTに日内変動が生じる可能性を示唆している<sup>11)</sup>。本研究で得られた尿中乳酸の日内変動は、運動と尿中乳酸の関係に対しても測定の時間帯による影響について検討する必要性を示すものである。また、今後の運動現場における尿中乳酸の活用に対して示唆を含む結果であると考えられる。実践的な運動の評価指標としての尿中乳酸活用に向け、更なる検討が求められる。

## ま と め

本研究は日常生活活動時における尿中乳酸排泄量の日内変動について検討を行った。その結果、尿中乳酸排泄量は日内で変動がみられ、被験者間で振幅に大きな差異が認められることが明らかとなった。

本研究の一部は、7th World Congress on Aging and Physical Activity (2008)、第63回日本体力医学会中国・四国地方会 (2009) で発表されている。

## 文 献

- 1) Miller AT Jr and Miller JO Jr : Renal excretion of lactic acid in exercise. *Journal of Applied Physiology*, **1**(8), 614-618, 1949.
- 2) 鈴木政登, 井川幸雄 : 運動性蛋白尿出現機序 - 激運動後の尿中蛋白と尿中乳酸排泄との関連 -. 日本腎臓学会誌, **33**(4), 19-26, 1991.
- 3) 桜井智野風 : 尿中乳酸濃度に及ぼす運動強度の影響. *Journal of Sport Science*, **17**, 45-54, 1992.
- 4) 山形高司, 脇本敏裕, 長尾光城, 松枝秀二, 長尾憲樹 : 運動処方における非侵襲的乳酸測定の有用性. 運動と栄養の処方科学, **2**, 1-6, 2008.
- 5) 山形高司, 脇本敏裕, 長尾光城, 松枝秀二, 長尾憲樹 : 高強度運動後における血中乳酸応答と唾液中乳酸および尿中乳酸の関係. 川崎医療福祉学会誌, **18**(1), 155-162, 2008.
- 6) Campbell JA and Webster TA : Day and night urine during complete rest, laboratory routine, light muscular work and oxygen administration. *Biochemical Journal*, **15**(5), 660-664, 1921.
- 7) Campbell JA and Webster TA : Effect of severe muscular work on composition of the urine. *Biochemical Journal*, **16**(1), 106-110, 1922.
- 8) Linsell CR, Lightman SL, Mullen PE, Brown MJ and Causon RC : Circadian rhythms of epinephrine and norepinephrine in man. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, **60**, 1210-1215, 1985.
- 9) Kondo K, Matsubara T, Nakamura J and Hotta N : Characteristic patterns of circadian variation in plasma catecholamine levels, blood pressure and heart rate variability in Type 2 diabetic patients. *Diabetic Medicine*, **19**, 359-365, 2002.

- 10) Goldstein DS, McCarty R, Polinsky RJ and Kopin IJ : Relationship between plasma norepinephrine and sympathetic neural activity. *Hypertension*, **5**(4), 552–559, 1983.
- 11) Forsyth JJ and Reilly T : Circadian rhythms in blood lactate concentration during incremental ergometer rowing. *European Journal of Applied Physiology*, **92**(1–2), 69–74, 2004.

(平成22年6月18日受理)

## Circadian Changes of Urinary Lactate in Daily Living Activities

Takashi YAMAGATA, Daisuke KUME, Toshihiro WAKIMOTO,  
Mitsushiro NAGAO, Shuji MATSUEDA and Noriki NAGAO

(Accepted Jun. 18, 2010)

**Key words** : lactate, circadian, noninvasive, urine

Correspondence to : Takashi YAMAGATA

Department of Comprehensive Welfare  
Faculty of Comprehensive Welfare  
Urawa University  
Saitama, 336-0974, Japan  
E-Mail : [yamagata@urawa.ac.jp](mailto:yamagata@urawa.ac.jp)

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.20, No.1, 2010 249–252)