

原 著

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

山形高司*¹ 脇本敏裕*² 長尾光城*³ 松枝秀二*⁴ 長尾憲樹*³

要 約

本研究は高強度運動後における血中乳酸応答を血液以外の体液中乳酸測定により把握できるか検討することを目的とした。

8名の健康で運動習慣のある成人男性を対象に、30秒間全力自転車駆動後における血液、唾液、尿中乳酸の比較検討を行った。

運動後における血中乳酸と唾液中乳酸の同時採取による検討から、乳酸濃度-時間曲線下面積(Area Under the Curve, AUC)を用いた運動終了3-10分に対する10-60分の割合において、血中乳酸と唾液中乳酸の間に正の相関を認めた。しかし、最高血中乳酸濃度と最高唾液中乳酸濃度、運動終了3-60分のAUCで血中乳酸と唾液中乳酸の間に関係が認められないなど、血中乳酸と唾液中乳酸に明らかな関係は示されなかった。これらの要因としては唾液の分泌量、分泌量が影響を及ぼしたと考えられ、唾液中乳酸の活用の際には唾液採取方法について考慮する必要があることが示唆された。

尿中乳酸に関しては、運動終了15分後および60分後に採尿を行い、排泄量(mg/min)を用いて運動後の血中乳酸との関係を検討した。その結果、運動終了60分後における尿中乳酸は最高血中乳酸濃度との間に有意な正の相関を示した。また、AUCを用いて運動後3-10分に対する10-60分後の割合から求めた血中乳酸の回復状態と運動終了15分後に対する60分後の割合から求めた尿中乳酸の回復状態との間に正の相関が認められた。一方、運動終了15分後における尿中乳酸と血中乳酸との間に明らかな関係は認められなかった。これは、主に運動直後における腎血流量の減少が影響を及ぼしたと考えられる。以上のことから、高強度運動後における最高血中乳酸濃度や血中乳酸回復状態を把握する指標として、運動終了15分から60分の間に得られた尿中乳酸が有用となる可能性が示唆された。

はじめに

近年、様々なスポーツにおいて競技レベルの向上がみられてきた。この要因の一つとして、科学的なトレーニングによる影響が考えられる。競技スポーツにおいてはトレーニング強度の設定や運動能力の評価が重要であり、血中乳酸は乳酸性作業閾値(Lactate Threshold, LT)や血中乳酸濃度の上昇開始点(Onset of Blood Lactate Accumulation, OBLA)また最大乳酸定常(Maximum Lactate Steady State, MLSS)など、主に持久的種目に対するトレーニング負荷設定や運動能力の評価指標として確立され、その有用性が示されてきた^{1,2)}。また、瞬発系種目においても、スプリントトレーニングに

伴う最高血中乳酸濃度の上昇³⁻⁵⁾、高強度運動能力と運動後の血中乳酸回復速度との関係⁶⁻⁸⁾など、高強度運動後における血中乳酸の有用性が示されつつある。さらに、血中乳酸測定機器の小型化や簡便化に伴い、幅広いフィールドにおける血中乳酸測定が可能となり、科学的トレーニングを行うための血中乳酸活用が期待される。

しかし、血中乳酸測定に関しては侵襲的な測定が必要とされ、被測定者に対する精神的・身体的負担が大きいと考えられる。そのような中、唾液⁹⁻¹¹⁾・尿¹²⁻¹⁵⁾・汗¹⁶⁻¹⁸⁾などを用いた非侵襲的な乳酸測定に関する検討が行われてきた。しかし、これらの報告数は少なく、トレーニング現場等における活用方法については未だ確立されていない。

*1 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 *2 川崎医科大学附属病院 診療科 健康診断センター

*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 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: w6304010@mw.kawasaki-m.ac.jp

また、被測定者の負担に関して、高強度運動後における最高血中乳酸濃度の評価は運動後の筋から血中への乳酸放出が若干の遅れを生じ¹⁹⁾、運動終了数分後に最高血中乳酸濃度がみられるため、数回にわたる血液採取が必要とされる。さらに高強度運動後における血中乳酸の回復状態を評価する際にも連続的な採血が必要とされるなど被測定者に対する負担が大きく、非侵襲的な測定の有用性が高いと考えられる。

そこで、本研究は高強度運動後における血中乳酸応答を非侵襲的に評価するために、唾液中乳酸および尿中乳酸と血中乳酸の関係について検討を行うことを目的とした。

方 法

1. 被験者

被験者は、健康で運動習慣のある成人男性8名(年齢 22 ± 2 歳、身長 170 ± 6 cm、体重 63.7 ± 8.0 kg、BMI 22 ± 2)である。被験者に対して本実験の趣旨を説明した後、実験参加の同意を得た。実験当日の条件としては、激しい身体活動を控えること、食後2時間以上経過していることとした。

2. 実験プロトコル

実験は自転車エルゴメータ(POWERMAX VII コンピュエルネス社製)を用いて、30秒間全力駆動(Wingate Anaerobic Test, WaT)を行う Exercise 条件(EX 条件)、および EX 条件とは異なる日において、椅座位安静のみを行う Control 条件(CON 条件)とした。

EX 条件の実験は、安静、ウォーミングアップ(Warm Up, W-up)、WaT、回復期で構成した。安静は45分程度の座位安静とした。W-up は、まず自転車エルゴメータを用い、体重の2%に相当する負荷(kp)による一分間に70回転の回転数を用いた自転車駆動を5分間行った。その後、ストレッチングを行い、さらに体重の7.5%に相当する負荷(kp)による5秒程度の全力自転車駆動を5分間の休憩を挟み、2度行わせた。WaT は体重の7.5%に相当する負荷(kp)を用いた30秒間の全力自転車駆動とした²⁰⁾。回復期は60分間座位安静とした。

CON 条件は、EX 条件と同時間における座位安静とした。

3. 乳酸測定

3.1. 血液

安静終了後(Baseline)、WaT 開始前(Pre-WaT)、回復期3・5・10・30・60分に指尖部より微量採血を行い、Lactate Pro(ARKRAY 社製)を用いて血中乳酸濃度を測定した。また、EX 条件における回復期

の血中乳酸濃度-時間曲線下面積(Area Under the Blood Lactate Concentration-Time Curve, BLA-AUC)を台形法により求めた。

3.2. 唾液

安静時に歯ブラシ、および超純水を用いて口腔内の洗浄を行った。唾液採取方法は、まず口腔内の唾液を吐き出した後、20秒間口腔内に分泌させた唾液を先端部のカットされたピペットチップを介して1.5ml マイクロチューブ(IWAKI GLASS 社製)に吐き出す方法を用いた。血中乳酸の測定と同様に、Baseline、Pre-WaT、回復期3・5・10・30・60分において唾液採取を行った。唾液中乳酸濃度は10分間の遠心分離により得られた上清を用いて、HPLC(EICOM 社製)により測定した。また、EX 条件における回復期の唾液中乳酸濃度-時間曲線下面積(Area Under the Salivary Lactate Concentration-Time Curve, SLA-AUC)を台形法により求めた。

3.3. 尿

Baseline、Pre-WaT、回復期15分および60分に採尿し、HPLCを用いて尿中乳酸濃度の測定を行った。また、蓄尿時間および尿量から1分間あたりの尿中乳酸排泄量(g/min)を算出し、尿中乳酸の評価に用いた。

4. 統計処理

本研究で得られた全てのデータは平均値±標準偏差で表した。相関の検定に関しては Pearson の相関係数検定を用い、EX 条件と CON 条件における各乳酸値の比較に関しては、実験条件と時間を要因とする繰り返しのある二元配置分散分析および Bonferroni の多重比較を用いた。以上の統計処理には SPSS 14.0 J for Windows を用い、有意水準はいずれも5%未満とした。

結 果

1. WaT のパフォーマンス

WaT 時のピークパワーは4.4秒および4.6秒において、それぞれ 802 ± 122 W、 802 ± 121 Wであった。30秒間の平均パワーは 618 ± 91 Wであった。

2. 乳酸

2.1. 血中乳酸

EX 条件と CON 条件において、実験条件と時間で有意な交互作用が認められた。CON 条件において、時間経過に伴う有意な変化はみられなかった。EX 条件における WaT 後の血中乳酸は、Baseline から回復期3・5・10・30・60分において、有意な増加を示した(Fig. 1A)。

2.2. 唾液中乳酸

EX 条件と CON 条件において、実験条件と時

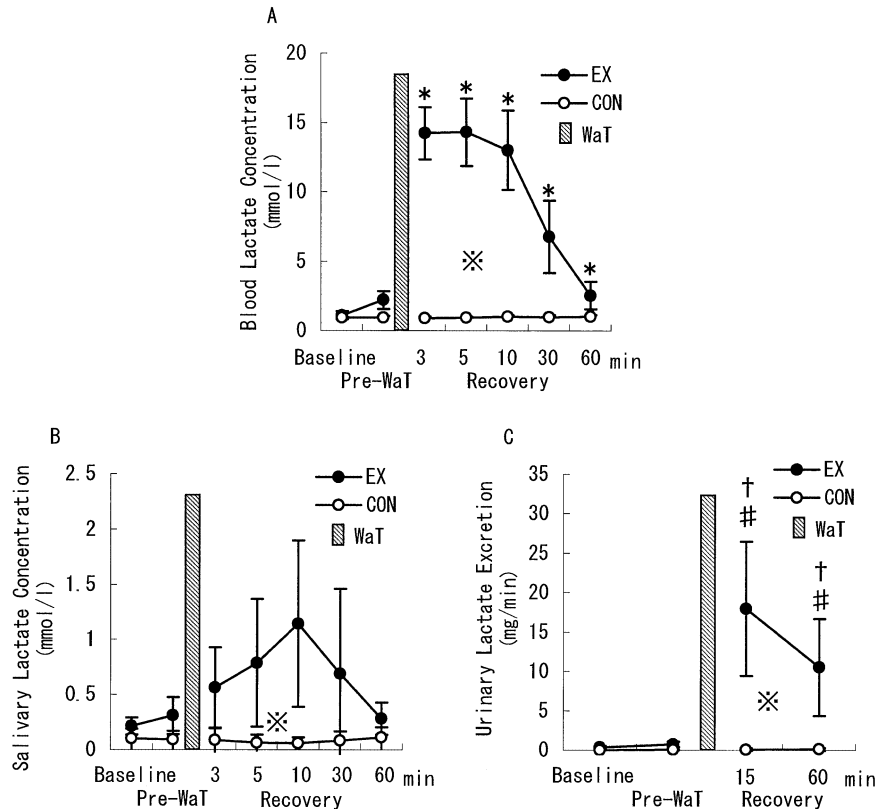


Fig. 1

Changes in blood lactate (A), salivary lactate (B), and urinary lactate (C) before and after wingate anaerobic test (WaT) in exercise condition (EX; solid symbol) and control condition (CON; open symbol). * indicates a significant difference vs Baseline. † indicates a significant difference vs Baseline. # indicates a significant difference vs Pre-WaT. indicates a significant difference between conditions.

間で有意な交互作用が認められた。時間経過に伴う変化に関しては、EX 条件および CON 条件で有意な変化はみられなかった (Fig. 1 B)。また、血中乳酸と唾液中乳酸の関係は、最高血中乳酸濃度と最高唾液中乳酸濃度、BLa-AUC_{3-60min} と SLa-AUC_{3-60min} それぞれの間に明らかな関係は示されなかった (Fig. 2 A, 2 B)。しかし、BLa-AUC_{3-10min} に対する BLa-AUC_{10-60min} の割合 (BLa-AUC_{10-60min}/BLa-AUC_{3-10min}) と SLa-AUC_{3-10min} に対する SLa-AUC_{10-60min} の割合 (SLa-AUC_{10-60min}/SLa-AUC_{3-10min}) の間に正の相関がみられた (Fig. 2 C)。

2.3. 尿中乳酸

EX 条件と CON 条件において、実験条件と時間で有意な交互作用が認められた。時間経過に伴う変化に関して、CON 条件においては有意な変化はみられなかったが、EX 条件において Baseline および Pre-WaT から回復期15分、60分それぞれで有意な増加を示した (Fig. 1 C)。

EX 条件において、回復期15分における尿中乳酸は最高血中乳酸濃度、BLa-AUC_{3-60min} との間に

明らかな関係はみられなかった (Fig. 3 A, 3 B)。回復期60分における尿中乳酸は最高血中乳酸濃度、BLa-AUC_{3-60min} それぞれの間に有意な正の相関が認められた (Fig. 3 A, 3 B)。また、BLa-ACU_{3-10min} に対する BLa-ACU_{10-60min} の割合 (BLa-ACU_{10-60min}/BLa-ACU_{3-10min}) と回復期15分における尿中乳酸に対する回復期60分における尿中乳酸の割合 (ULaE_{60min}/ULaE_{15min}) の間に有意な正の相関を示した (Fig. 3 C)。

考 察

1. 唾液中乳酸と血中乳酸

高強度運動後の唾液中乳酸は回復期において、血中乳酸の回復と唾液中乳酸の回復との間に正の相関がみられたものの、最高乳酸濃度や AUC_{3-60min} において血中乳酸と唾液中乳酸に明らかな関係は認められなかった。また、運動後の最高乳酸濃度の出現時間に関しては、血中乳酸が回復期5分であったのに対して、唾液中乳酸は回復期10分であり、高強度運動に対する血中乳酸と唾液中乳酸は若干異なった応答を示す結果が得られた。

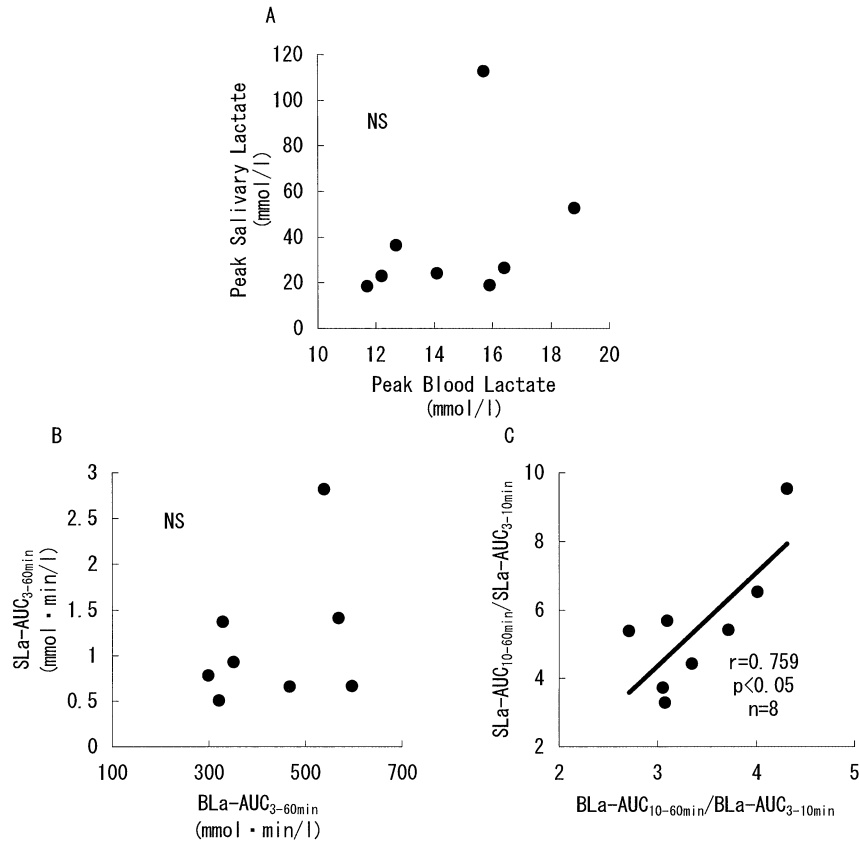


Fig. 2

Relationship between peak blood lactate and peak salivary lactate (A), area under the blood lactate concentration-time curve (BLA-AUC_{3-60min}) and area under the salivary lactate concentration-time curve (SLA-AUC_{3-60min}) (B), change rate of area under the lactate concentration-time curve (AUC_{10-60min} divided by AUC_{3-10min}) in blood and saliva (C).

運動時における唾液中乳酸に関して, Segura ら⁹⁾ は漸増負荷運動時における血中乳酸と唾液中乳酸の間に強い正の相関が認められたと報告している。また, 酸刺激, チューインガム, 刺激なしのそれぞれの唾液採取方法が唾液中乳酸に及ぼす影響に関する検討により, 本実験で用いた刺激なしの唾液採取は酸刺激を用いた唾液採取時に比して唾液中乳酸が低値を示し, さらに運動に伴う血中乳酸応答に対して遅れが生じることを報告している。つまり, 本研究において血中乳酸と唾液中乳酸の関係がみられなかった要因の一つとして, 唾液採取方法による影響が考えられる。一方, Ohkuwa ら¹⁰⁾ は酸刺激を用いない唾液採取方法においても, 400m 走行後の血中乳酸と唾液中乳酸の間に正の相関を認めている。また, この際の測定姿勢が仰臥位であり, 本実験で用いた座位姿勢と異なっていることから, 姿勢の違いが唾液中乳酸に影響を及ぼす可能性が考えられる。唾液中乳酸を血中乳酸の評価指標として活用するには, 唾液採取方法に関して更なる検討が必要である。

2. 尿中乳酸と血中乳酸

高強度運動後の回復期60分における尿中乳酸が最高血中乳酸濃度や BLA-AUC_{3-60min} との間に強い正の相関を示したことから, 高強度運動後における血中乳酸応答を非侵襲的な測定である尿中乳酸により把握できる可能性が示唆される。

尿中の乳酸排泄機序に関しては, 運動により過剰に産生された乳酸が糸球体で濾過され, 近位尿細管における再吸収能をうわまわり, 尿中に排泄されると報告されている^{21,22)}。また, Yudkin ら²⁵⁾ はラットを用い, 血中乳酸濃度が10mmol/l 付近から糸球体濾過液に対する乳酸の再吸収能がプラトーに達することを報告している。本研究においても, 高強度運動に伴う乳酸産生の急激な増加が同様の機序により, 尿中への乳酸排泄を増加させ, 血中乳酸との間に強い正の相関が得られたと予想される。しかし, 回復期15分の尿中乳酸は最高血中乳酸濃度, BLA-AUC_{3-60min} との間に明らかな関係がみられなかった。

Miller ら¹⁴⁾ は2名の被験者に対して72回の多岐

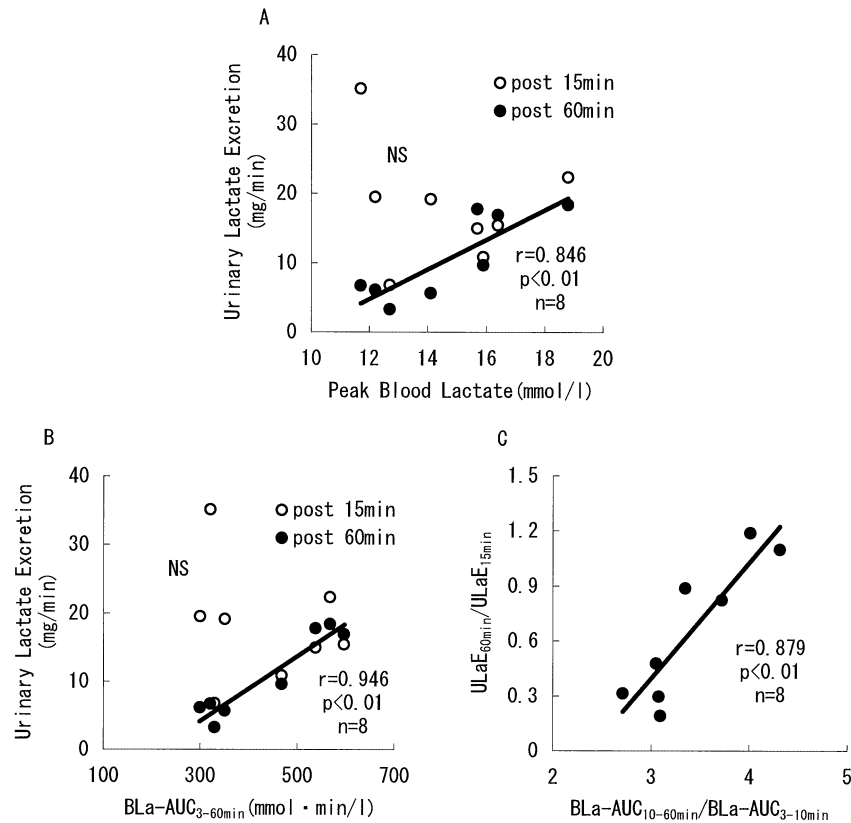


Fig. 3

Relationship between peak blood lactate and urinary lactate excretion at 15min, 60min after exercise (A), area under the blood lactate concentration-time curve (BLA-AUC_{3-60min}) and urinary lactate excretion at 15min, 60min after exercise (B), change rate of area under the lactate concentration-time curve in blood (BLA-AUC_{10-60min} divided by BLA-AUC_{3-10min}) and change rate of the urinary lactate excretion after exercise (ULae_{60min} divided by ULae_{15min}) (C).

にわたる運動強度を用いた運動後の血中乳酸と尿中乳酸の関係から、個人内であっても腎血流量の減少の程度によって血中乳酸と尿中乳酸の間に差異がみられる可能性を指摘している。また、高強度運動後における腎血流量の変化に関して、Suzukiら²²⁾は疲労困憊運動直後の腎血流量が安静時の53.4%程度まで減少し、運動30分後には82.5%程度まで回復すると報告している。本研究で用いた運動は高強度であったため、運動後の腎血流量の減少が予想され、回復期15分の尿中乳酸において血中乳酸との関係が認められなかった要因として、腎血流量の減少が影響を及ぼしたと考えられる。

また、運動後における尿中への乳酸排泄が血中乳酸の減少に及ぼす影響について検討するため、BLA-AUC_{3-10min}に対する回復期15分の尿中乳酸の割合とBLA-AUC_{3-10min}に対するBLA-AUC_{15-60min}の割合との関係について検討を行った。しかし、明らかな関係は認められなかった。つまり、運動終了後における尿中への乳酸排泄は血中乳酸を減少させるほどの影響を及ぼさない可能性が示唆された。こ

の点に関して、Millerら¹⁴⁾やMcKelvieら¹⁵⁾も同様に尿中への乳酸排泄が血中乳酸を減少させるほどの影響を及ぼさないことを報告しており、本研究もこれを支持するものであった。また、運動終了後における血中乳酸の回復と尿中乳酸排泄量の回復との関係について、BLA-AUC_{3-10min}に対するBLA-AUC_{10-60min}の割合と回復期15分の尿中乳酸に対する回復期60分の尿中乳酸の割合から検討を行った結果、強い正の相関が認められた。つまり、運動終了後における尿中乳酸の回復は血中乳酸の回復と同様な傾向を示すことが示唆された。高強度運動後における血中乳酸の回復については、100%VO_{2max}の負荷を用いた運動継続時間と90%VO_{2max}の負荷を用いて5分間運動した後の血中乳酸の回復能力との間に正の相関がみられるという報告が示されている^{6,7)}。つまり、本研究結果は尿中乳酸を用いて、高強度運動パフォーマンスを把握できる可能性を示唆している。また、高強度運動後における尿中乳酸の活用法に関しては、運動終了15分後頃に一度排尿を行った後、運動終了60分後頃に得られた尿中乳酸

を用いることで、腎血流量の低下による影響をうけにくく、血中乳酸の把握として有用となると考えられる。

結 論

高強度運動後における血中乳酸応答と非侵襲的な測定である唾液中乳酸および尿中乳酸の関係について検討を行った。

その結果、唾液中乳酸は運動後における血中乳酸の回復と唾液中乳酸の回復との間に正の相関が認められたが、運動後の最高乳酸濃度や $AUC_{3-60min}$ で

血中乳酸との間に明らかな関係は認められなかった。唾液中乳酸の有用性を増すためには唾液採取方法の検討が必要であると考えられた。

尿中乳酸は運動後回復期15分において、血中乳酸との間に明らかな関係は認められなかったが、回復期60分において最高血中乳酸濃度との間に正の相関がみられ、さらに回復期15分から60分における尿中乳酸の回復と運動後の血中乳酸の回復との間に正の相関が示された。

本研究より高強度運動後の血中乳酸応答を尿中乳酸により把握できる可能性が示唆された。

文 献

- 1) Jacobs I: Blood lactate . Implications of training and sports performance . *Sports Medicine* , **3**(1) , 10-25 , 1986 .
- 2) Billat VL , Sirvent P , Py G , Koralsztein JP and Mercier J : The concept of maximal lactate steady state : a bridge between biochemistry , physiology and sport science . *Sports Medicine* , **33**(6) , 407-426 , 2003 .
- 3) Edge J , Bishop D , Goodman C and Dawson B : Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints . *Medicine and Science in Sports and Exercise* , **37**(11) , 1975-1982 , 2005 .
- 4) Harmer AR , McKenna MJ , Sutton JR , Snow RJ , Ruell PA , Booth J , Thompson MW , Mackay NA , Stathis CG , Cramer RM , Carey MF and Eager DM : Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans . *Journal of Applied Physiology* , **89**(5) , 1793-1803 , 2000 .
- 5) Creer AR , Ricard MD , Conlee RK , Hoyt GL and Parcell AC : Neural , metabolic and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists . *International Journal of Sports Medicine* , **25**(2) , 92-98 , 2003 .
- 6) Messonnier L , Freund H , Denis C , Dormois D , Dufour AB and Lacour JR : Time to exhaustion at VO_{2max} is related to the lactate exchange and removal abilities . *International Journal of Sports Medicine* , **23**(6) , 433-438 , 2002 .
- 7) Messonnier L , Freund H , Denis C , Feasson L and Lacour JR : Effects of training on lactate kinetics parameters and their influence on short high-intensity exercise performance . *International Journal of Sports Medicine* , **27**(1) , 60-66 , 2006 .
- 8) Gmada N , Bouhleb E , Mrizak I , Debabi H , Ben Jabrallah M , Tabka Z , Feki Y and Amri M : Effect of combined active recovery from supramaximal exercise on blood lactate disappearance in trained and untrained man . *International Journal of Sports Medicine* , **26**(10) , 874-879 , 2005 .
- 9) Segura R , Javierre C , Ventura JLL , Lizarraga MA , Campos B and Garrido E : A new approach to the assessment of anaerobic metabolism : measurement of lactate in saliva . *British Journal of Sports Medicine* , **30**(4) , 305-309 , 1996 .
- 10) Ohkuwa T , Itoh H , Yamazaki Y and Sato Y : Salivary and blood lactate after supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners . *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* , **5**(5) , 285-290 , 1995 .
- 11) Perez M , Lucia A , Carvajal A , Pardo J and Chicharro JL : Determination of the maximum steady state of lactate (MLSS) in saliva : an alternative to blood lactate determination . *Japanese Journal of Physiology* , **49**(4) , 395-400 , 1999 .
- 12) 鈴木政登 , 井川幸雄 : 運動性蛋白尿出現機序—激運動後の尿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 .
- 13) 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 .
- 14) Miller AT Jr and Miller JO Jr : Renal excretion of lactic acid in exercise . *Journal of Applied Physiology* , **1** ,

- 614-618 , 1949 .
- 15) McKelvie RS , Lindinger MI , Heigenhauser GJF , Sutton JR and Jones NL: Renal responses to exercise-induced lactic acidosis . *American Journal of Physiology* , **257** (1 pt 2) , R102-R108 , 1989 .
 - 16) Fellmann N , Grizard G and Coudert J : Human frontal sweat rate and lactate concentration during heat exposure and exercise . *Journal of Applied Physiology* , **54** (2) , 355-360 , 1983 .
 - 17) Pilardeau PA , Chalumeau MT , Harichaux P , Vasseur P , Vaysse and Garnier M : Effect of physical training on exercise induced sweating in men . *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* , **28** (2) , 176-180 , 1988 .
 - 18) Green JM , Bishop PA , Muir IH , McLester JR Jr . and Heath HE : Effects of high and low blood lactate concentrations on sweat lactate response . *International Journal of Sports Medicine* , **21** (8) , 556-560 , 2000 .
 - 19) Jorfeldt L , Juhlin-Dannfelt A and Karlsson J : Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise . *Journal of Applied Physiology* , **44** (3) , 350-352 , 1978 .
 - 20) Inbar O , Bar-Or O and Skinner JS : *The wingate anaerobic test* , Human kinetics , Champaign , 8-24 , 1996 .
 - 21) Yudkin J and Cohen RD : The contribution of the kidney to the removal of a lactic acid load under normal and acidotic conditions in the conscious rat . *Clinical Science and Molecular Medicine* , **48** (2) , 121-131 , 1975 .
 - 22) Suzuki M , Sudoh M , Matsubara S , Kawakami K , Shiota M and Ikawa S : Changes in renal blood flow measured by radionuclide angiography following exhausting exercise in humans . *European Journal of Applied Physiology* , **74** (1-2) , 1-7 , 1996 .

(平成20年 6月10日受理)

Relationships among Blood, Salivary and Urinary Lactate after High Intensity Exercise

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

(Accepted Jun. 10, 2008)

Key words : lactate, saliva, urine , non-invasive method, high intensity exercise

Abstract

The purpose of this study was to examine whether the salivary and urinary lactate could be used as an alternative index for blood lactate; especially after high intensity exercise.

Eight healthy active men performed 30 seconds of maximal exercise on a cycle ergometer (Wingate Anaerobic Test, WaT). Blood, salivary and urinary lactate were taken before and after WaT.

The results showed a significant correlation between the change rate of area under the lactate concentration-time curve (AUC) in blood and saliva. However, the peak lactate concentration and $AUC_{3-60min}$ were not correlated. It might be affected by the type of salivary gland and the volume of saliva being collected; also the method for salivary collection should be considered.

Urinary lactate was taken at 15 min and 60 min after the exercise, and we examined the relationship between the blood lactate concentration and the urinary lactate excretion. A positive correlation was seen between the peak of blood lactate concentration and urinary lactate excretion at 60 min after WaT. The recovery of blood lactate concentration after WaT was correlated with the recovery of urinary lactate after the exercise. However, the positive correlation was not seen at 15 min after WaT. It might be affected by the reduction of renal blood flow at the early phase of recovery. Consequently, we considered that the urinary lactate obtained between 15 min to 60 min after the high intensity exercise might be useful to assess the peak blood lactate concentration and the state of recovery.

Correspondence to : Takashi YAMAGATA Doctoral Program in Health Science
Graduate School of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-Mail: w6304010@mw.kawasaki-m.ac.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.18, No.1, 2008 155-162)