

〔論文〕

# 12 分間走テストによる 男女ランナーの乳酸性作業閾値 (LT) 予測法

高橋 篤志  
Atsushi Takahashi

大阪総合保育大学

足立 哲司  
Tetsuji Adachi

大阪体育大学

疋田 佳奈  
Kana Hikita

大阪体育大学大学院

豊岡 示朗  
Jiro Toyooka

大阪体育大学

**要旨：**本研究の目的は、12分間走テストの結果から男女ランナーのLTスピードが予測できる可能性を明らかにすることにある。被験者は、年齢21歳から56歳までのフルマラソン歴のある男女ランナー36名である。LTスピードは、トレッドミルを用いた5～6種類の最大下走後の血中乳酸濃度の動態から求めた。12分間走テストは、1周400mの全天候型トラックで実施し、その走行距離は2464～3976mの範囲となり、平均3135±391mであった。12分間走の走行距離から平均速度(100%)を求め、最大下走の速度で除して相対的平均速度を算出し、LTスピードとの関連を調べた。その結果、Identity lineの±10%の変動域内にデータ数が最も収まった相対速度は80%であった。データ数36例中35個(97%)がその区域内に集結された。次いで85%相対速度の36例中30個(83%)であった。LTスピードは、12分間走の平均速度の80～85%相対速度に近似することが示された。12分間走テストの走行距離から容易にLTスピードの予測が可能になると結論された。

**キーワード：**12分間走テスト、12分間走の相対的平均速度、LTスピード、男女ランナー

## I. はじめに

長距離種目やマラソンの記録がLT (Lactate Threshold) スピードと密接な関係にあることは、これまで多くの研究から明らかにされており、FaudeらがReview articleとしてまとめている(2009)。加えて、Henritzerら(1985)やAnderson(1998)は、LTスピードやそれを上回る速度でのトレーニングが、全身持久力や長距離・マラソン記録の改善に必要なことを示唆している。しかしながら、各個人のLTスピードを正確に見いだすには、高価で複雑な実験装置や器具、測定に慣れた検者や血液採取が必要であること、1人当たりの測定に時間を要するので、多人数のデータを得ることは、多大の労力を必要とする。

このような煩わしさを補うために、1回のテストで採血することなく容易に多人数のLTスピードを推測する方法が考案されてきた。Weltmanら(1987, 1990)は、3200mの距離を用いたフィールドテストから、その走行タイムを基にしてLTスピードを見いだす回帰式を男子ランナーと女性(非鍛錬者とランナー)を被験者として作

成している。Tanaka(1986)は、14～20歳までの男子を被験者とした研究から、40秒間走と5分間走の2つの走行距離を用いて、LTスピードを予測する方法を明らかにしている。また、Peak running performance(1992)によれば、各自の5000m記録のマイル当たりの平均ペースに24～30秒加えたペース、また、10kmのマイル当たりのペースに12～15秒加えて計算したペースが、およそそのLTスピードになることを示している。このように種々の報告があるものの、市民ランナーが容易に参加できるテスト方法を選択すると、測定機器の必要性がなく1回のフィールドテストで容易にLTスピードが推測できるWeltmanら(1987, 1990)の3200m走になると思われる。これに類似したテストとして、Cooperは12分間走テストを1968年に発表している。現在も全身持久力を知るテスト法として活用されることが多く、その有効性も明らかにされている(Cooperら, 1971; Ravenら, 1976; ACSM, 2011; Mayorga-Vegaら, 2016)。加えて、このテストの走行距離からは、全身持久力の男女年齢別評価や体重当たり最大酸素摂取量を容易に算出できることが特徴である(Cooper, 1972; 体育科学センター編, 1976)。

市民ランナーの持久力プロフィールを知り、それを指導に生かせる必須なテストであり、マラソン記録との相関が高いことも明らかにされている (豊岡ら, 2012)。それ故、12分間走テストからLTスピードを知ることが可能になると、長距離、マラソンの指導現場では簡便で有益な尺度が得られることになる。本研究の目的は、男女ランナーの12分間走テストからLTスピードの予測可能性を検討することにある。

## II. 方法

### 1. 被験者

年1～4回フルマラソンに参加している市民ランナー (32名) と学生ランナー (4名) の36名であり、男性と女性の内訳は各18名であった。各測定項目の最大値と最小値ならびに平均値と標準偏差は以下に示した。すなわち、年齢は21歳～56歳 ( $39.5 \pm 9.8$  歳)、身長は152.0～182.0cm ( $166.7 \pm 8.0$ cm)、体重41.0～68.1kg ( $55.3 \pm 7.2$ kg)、体脂肪率4.5～29.1% ( $16.5 \pm 7.0$ %)、週当たり走行距離は5～175km ( $64 \pm 38$ km) であった。実験を開始するにあたり、インフォームドコンセントとして、被験者に本研究の目的と具体的な内容 (危険性を含む) および方法を説明して、参加の同意を得て、十分な倫理的配慮のもとで本研究を実施した。

### 2. 実験と測定内容・方法

#### (1) 血中乳酸濃度

実験はO大学人工気候室 (室温18～20℃) 内のトレッドミル (傾斜0%) を用いて実施した。毎分120～140mの速度で5分間のウォームアップの後、2分間の休憩を挟んで、最大下走の実験を開始した。被験者はマラソンの記録を基に5～6段階の速度 (120～330m/分) で3分間の等速度走を行い、走行直後の血中乳酸濃度を分析した。血中乳酸濃度は、ブラッドランセットにて指尖より穿刺し、0.3  $\mu$ lの血液を採血して簡易血中乳酸測定器 (アークレイ社製ラクテート・プロ2 LT-1730) を用いて分析した。LTスピードの決定は、乳酸値解析ソフトウェア (アークレイ社製 Meqnet LT Manager Ver.2.00 for Windows) を使用し、乳酸値の解析方法を折れ線法に設定して算出した。

#### (2) 12分間走テスト

12分間走テストは、2014年と2015年の大阪マラソンの1～3週間前に実施した。また、大阪国際女子マラソン (2014年)、口熊野マラソン (2015年と2016年) を2時間43分以内で走った3名の被験者は、疲労が回復し

たレース4週間後に12分間走テストを行った。テストはいずれもO大学全天候型トラック (1周400m) にて実施した。各被験者とも、テスト前に20～30分間の任意のウォーミングアップを行った。テストでは、できるだけイーブンペースで走り、前半のオーバーペースを避けることを注意点として与えた。また、Pacingの助力のために、1周ごとの経過時間を知らせた。12分間走は、スタートして12分後の笛の合図で終了とした。その際、各被験者には、終了地点を目測して確認してもらい、あらかじめ衣服に付けておいた番号入りテープを各自の到達地点に貼るように指示した。走行距離は、周回数とスタート地点からの距離をロードメジャーにより1m単位で計測して求めた。測定日の気温と湿度は、それぞれ9～22℃、50～55%の範囲であった。

### 3. マラソン記録

マラソンの記録は、各大会のホームページからグロスの記録を得て公式記録として用いた。被験者の参加したマラソンレースは、大阪マラソン (2014年と2015年)、大阪国際女子マラソン (2014年)、神戸マラソン (2014年と2015年)、口熊野マラソン (2014年と2015年) であった。マラソン記録は2時間台 (2:25～2:59) が12名、3時間台 (3:01～3:59) が18名、4時間台 (4:04～4:31) が6名であった。

### 4. 統計処理

結果はすべて平均値と標準偏差で示した。2群間の差の検定には、対応のないt-検定を用いて比較した。2変数間の相関関係は、Pearsonの積率相関係数検定法を用いて分析した。統計処理ソフトは、IBM SPSS Statistics 23を用い、統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

## III. 結果

12分間走テストの走行距離は、男子ランナーで2550～3976m (平均  $3258 \pm 375$ m)、女子ランナーで2464～3780m (平均  $3011 \pm 376$ m) となり、全体の平均値と標準偏差は  $3135 \pm 391$ m であった。図1にマラソン平均スピードとLTスピードの関係を示した。両者の間に、 $Y = 0.801X + 40.676$  ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.01$ ,  $SEE = 11.27$ ,  $Y$ : LTスピード,  $X$ : マラソン記録の平均速度) の回帰式が得られ、Identity line ( $Y = X$ ) に近似した。なお、マラソンの記録は、2時間25分23秒から4時間31分43秒の範囲であった。図2にマラソン記録レベルの異なる被験者のランニング速度と血中乳酸濃度の関係を示した。マラソン記録の劣る4時間台の被験者の血中乳酸濃度は160

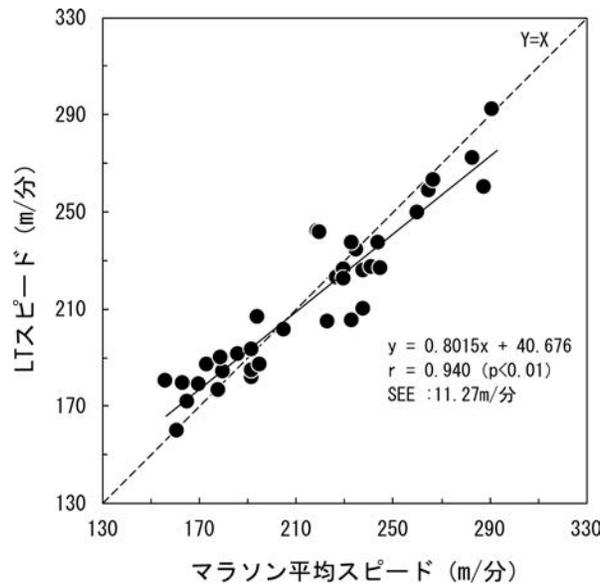


図1 マラソン平均スピードとLTスピードの関係

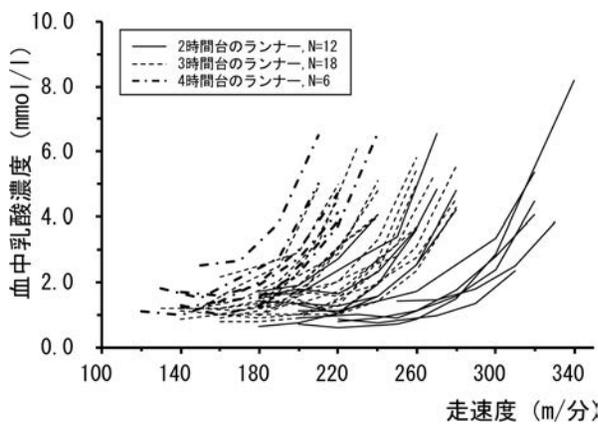


図2 マラソン記録の異なるランナーのランニング速度と血中乳酸濃度の関係

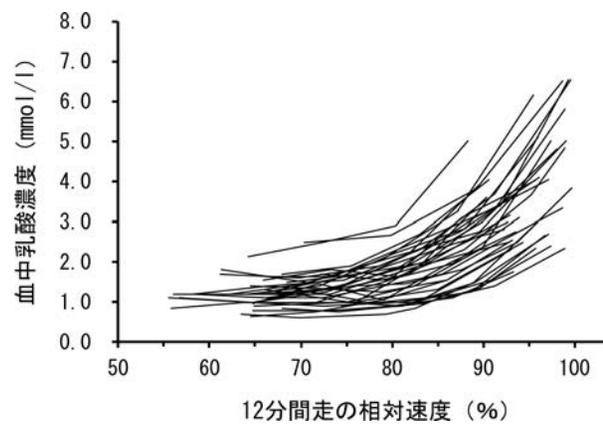


図3 12分間走の相対速度と血中乳酸濃度の動態

～180m/分から立ち上がり、そのLTスピードは176.1 ± 9.5m/分であった。以下、マラソン記録の優れている被験者ほど、血中乳酸濃度が増加し始める速度は速くなり、マラソン記録が3時間台と2時間台の被験者のLTスピードは、それぞれ、205.4 ± 21.5m/分、246.3 ± 23.6m/分であった。

図3は12分間走の相対速度（横軸）に対する血中乳酸濃度（縦軸）の動態を表したものである。指導現場で使い易い相対速度にするため、12分間走での走行距離から平均速度（100%）を算出し、トレッドミルでのLTスピード（図2横軸）がその何%に相当するのかを求めた。例えば、12分間走テストの走行距離が2820mと仮定すると、その100%平均速度は、2820m ÷ 12分 = 235m/分となる。実験の結果得られたLTスピードが160m/分の場合、その相対速度は160m/分 ÷ 235m/分 × 100% = 68%と算出される。両者の関係は、個人差が見られるも

の、60%から80%相対速度での血中乳酸濃度は、1～2mmol/lで推移し、被験者の約90%が80%相対速度までは、2mmol/l以下の値を示した。図4に12分間走の相対速度（75%、80%、85%、90%）とLTスピードの関係を示した。図中の実線はY = XのIdentity line、破線は各速度からの±10%の変動ラインを表している。75%相対速度は、LTスピードの方が速くなる例が多く、Y = Xより高い位置にプロットされ、±10%内のデータ数は61%であった。逆に90%相対速度は、LTスピードを上回るデータが多くなり、94%がY = XのIdentity lineより下方に集結した。±10%の変動域内にデータ数が最も収まった相対速度は80%であり、36例中35個（97%）がその中にプロットされた。次いで85%速度の36例中30個（83%）であった。この結果から、LTスピードは、12分間走の80%相対速度に最も近似することが分かった。図5に80%と85%相対速度での血中乳酸濃度をAグルー

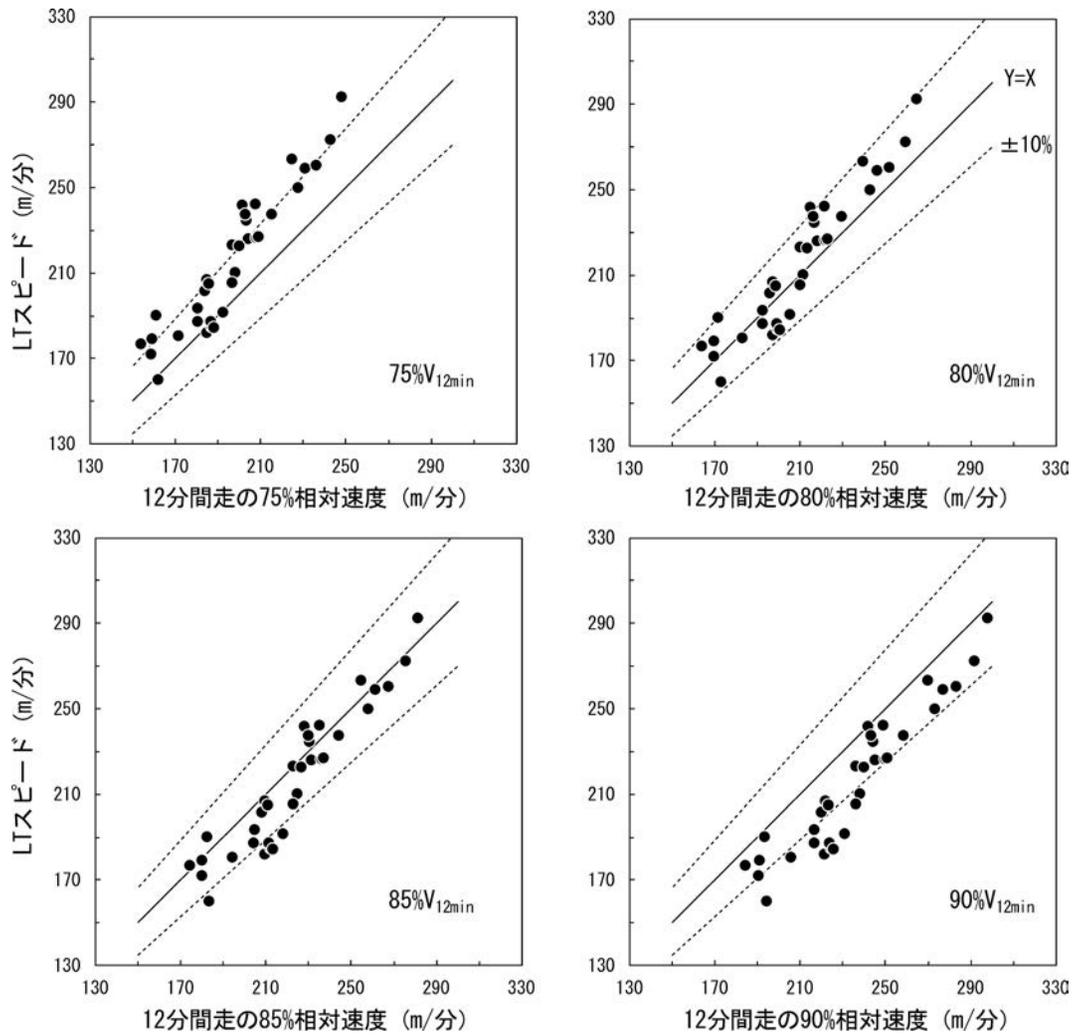


図4 12分間走の相対速度（75－90%）とLTスピードの関係

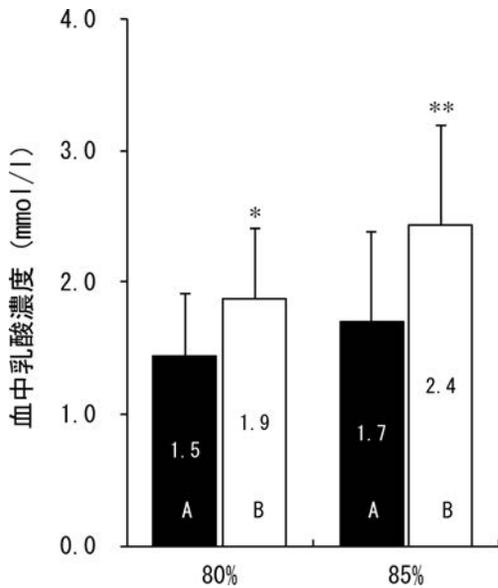


図5 12分間走の相対速度における血中乳酸濃度

■ Aグループ：LTスピード 210m/分以上 (N=20)  
 □ Bグループ：LTスピード 210m/分未満 (N=16)

\*:p<0.05,\*\*:p<0.01

プ（LTスピードが210m/分以上、12分間走距離：3153～3976m、平均：3442m）とBグループ（LTスピードが210m/分未満、12分間走距離：2464～3152m、平均：2828m）に分けて示した。図4のデータから、LTスピード210m/分を境界として2つのグループに分かれる傾向が見えたので、両グループの違いを血中乳酸濃度に求めた。2つの速度の場合ともAグループの値が低くグループ間に有意差が認められた。Bグループは、80%相対速度で1.9mmol/l、85%相対速度で2.4mmol/lに達した。

#### IV. 考察

LTスピードの優劣が、長距離、マラソン記録と密接な関連にあることは多くの研究から明らかにされている（Takeshimaら、1995; Peak running performance, 1992; Faudeら、2009）。本データの3～20年のフルマラソン経験者のマラソン記録とLTスピードの関係においても、両者間に非常に高い相関が得られた（図1）。このことは、

優れたマラソン記録を生むためには、速いLTスピードが必須であることを示唆している。加えて、LTスピードを把握しそれを高める効果的トレーニングを実践することが必要なことも意味している。しかしながら、市民ランナーの場合、各自のLTスピードを求めてからトレーニングしたり、LTスピードを高めるトレーニングの指導を受けたりする機会はほとんどないと思われる。その要因としてLTスピードを知るには、高価な設備と複雑な分析装置のある実験室で採血と時間を要する測定が必要なことも一因であろう。本研究では、このような労力と時間を省くため、12分間走という1回のフィールドテストで即座にLTスピードが求められる簡便法を得ようとした。

LTスピードを見いだす尺度として本研究では、Kanekoら(1983)が5分間走テストの走行距離から算出した相対的速度を用いた。その結果、LTスピードに最も近似している速度は、図4で示したように、12分間走の平均速度の約80～85%相対速度に相当する走行スピードになることが明らかになった。両速度の場合、 $Y = X$ のIdentity lineの $\pm 10\%$ 変動域内にLTスピードのデータが多く収まり、80%相対速度では97%が、85%相対速度では83%の集結がみられた。75%相対速度はLTスピードより遅く、90%相対速度は、LTスピードより速い傾向にあり、 $\pm 10\%$ 変動域内に収まったデータ数は、いずれも、約61%となり、処方として用いる強度としては、誤差が大きくなることが示唆された。

Weltmanら(1987, 1989, 1990)は、本研究に類似したフィールドテストとして3200m走を用い、そのタイムトライアルの結果から、LTスピードを算出している。男子ランナー(平均年齢31歳)の論文データ(1987)から、LTスピードが相対速度の何%程で出現しているのかを推測してみると、100%平均スピードは、 $3200\text{m} \div 11.2\text{分}$ (平均値) =  $285.7\text{m/分}$ となり、この80%と85%相対速度は、それぞれ、 $228.6\text{m/分}$ と $242.8\text{m/分}$ と算出される。その論文の回帰式によるLTスピードは $237.9\text{m/分}$ であり、この速度は $83.2\%$ ( $237.9\text{m/分} \div 285.7\text{m/分} \times 100\%$ )速度に相当し、本データと同等の結果になることが示唆された。Weltmanら(1990)はさらに、非鍛練者から競技ランナーまでの女性被験者(平均年齢31歳)に3200mタイムトライアルを実施してLTスピードを推測している。その回帰式から予測されたLTスピード( $129.8\text{m/分}$ )は、100%平均速度が $155.3\text{m/分}$ なので、LTスピードが出現する速度は $83.6\%$ ( $129.8\text{m/分} \div 155.3\text{m/分} \times 100\%$ )と算出された。LTスピードが低い被験者でも本結果と同様に80～85%内の速度に位置したことは、本データの信頼性を高めることになろう。3200mという距

離は、本研究の12分間走での走行距離の平均値(男性:3258m, 女性:3011m)に近似することから、運動時の生体反応は両トライアルで同様と思われる、類似した結果が得られたのかもしれない。

LTスピードを処方する観点から見られた興味深い点は、図4の80%と85%相対速度のグラフでLTスピード $210\text{m/分}$ を境界として2つのグループに分かれる傾向が見られたことである。LTスピード $210\text{m/分}$ 以上のAグループのデータは、 $Y = X$ のIdentity lineより上方に集まり、85%相対速度では $Y = X$ のIdentity lineの線上付近に全データが収まった。逆にLTスピード $210\text{m/分}$ 未満のBグループは、80%相対速度で全データが $\pm 10\%$ 内に入り、85%相対速度ではLT速度以上になる被験者が多く見られたことである。AグループのLTスピードが85%相対速度に、一方、BグループのLTスピードが80%相対速度にフィットした要因として、両グループの各相対速度に対する血中乳酸濃度の差異があろう(図5)。特に、85%相対速度での血中乳酸濃度は、Aグループ: $1.7\text{mmol/l}$ 、Bグループ: $2.4\text{mmol/l}$ と明らかな違いが認められた( $p < 0.01$ )。この結果からは、LTトレーニングを実践する場合、被験者は80%と85%のどちらの相対速度を選択したら良いのかという問題が生じる。本研究の12分間走テストの走行距離によれば、Aグループ内の最短距離は3153m、Bグループでの最長距離は3152mであった。この距離付近が、相対速度選択の1つの目安になるかもしれない。

LTスピードのトレーニング効果を調べた研究やレビューによれば、その強度は少なくともLTスピードかまたはそれ以上のスピードで6～12週間以上のトレーニングが必要であることが明らかにされている(Henritzeら, 1985; Anderson, 1998)。それを踏まえると、例えば、市民ランナーの場合、マラソンレースの10～12週間前に、12分間走テストを実施して80～85%相対速度を求めておくことが必要であろう。テスト結果が3000mの場合(100%平均速度は $250\text{m/分}$ となる)、80%相対速度は $200\text{m/分}$ 、85%相対速度は $212.5\text{m/分}$ と算出されるので、1km当たり4分40秒から5分の速度で大会まで週1～2日の頻度でトレーニングするとLTスピード改善の有効なトレーニングになると思われる。

本研究で用いた12分間走テストの特徴は、1回のトライアルで多人数の測定がストップウォッチのみで可能なこと、各被験者の走行距離から年齢別の持久力評価や体重当たり最大酸素摂取量を予測でき(体育科学センター編, 1976)、市民ランナーを指導する場合の動機づけなどに役立つことである。しかしながら、全力発揮と的確なペース能力を求められるので、ランニング経験の少

ない被験者には数週間のトレーニングと予備トライアルの試行後に実施すべきという指摘も見られる (クーパー, 1972; 体育科学センター編, 1976)。12分間走テストの強度に関しては、Weltmanら (1989) のデータを基にすると RPE は 19 と予想され、走行直後の血中乳酸濃度は  $10.22 \pm 2.48$  mmol/l とかなり高い値が報告されていて (Ulrich, 2006)、生理学的には強い強度と予測される。しかしながら、本研究の被験者においては、損傷や重篤な症状は見られなかった。また、12分という時間は、ランニングパフォーマンスから最大酸素摂取量を推測できる運動時間に近いこと (Balke, 1963)、加えて、LT や FBLC の正確な予測可能時間とも考えられている (Weltmanら, 1989)。メディカルチェックを受け、テストに準じた走り方を経験し、週 2～3 日の持続的トレーニングを実施している市民ランナーにとって、12分間走テストは、各自の全身持久力や最大酸素摂取量の判定ができ、加えて、マラソンのトレーニングに役立つ有益な情報を得られるテストになると思われる。

## V. 結論

フルマラソンの経験がある男女ランナーの LT スピードを見いだす簡便法として 12分間走テストの走行距離とトレッドミルにおける LT スピードの関係から検討した。その結果、LT スピードは 12分間走テストの平均速度の約 80～85% で出現する可能性が高いことが示唆された。

## 参考文献

Anderson, O. (1998). Chapter 6 The “how” and “why” of LT training, *Lactate Lift-Off*. SSS Pub, 41-60.

ACSM (2011). Chapter4 健康関連体力テストおよびその解釈, *運動処方指針 - 運動負荷試験と運動プログラム原書第 8 版 -*. 日本体力医学会体力科学編集委員会 (監訳). 南江堂, 72-73.

Balke, B. (1963). A simple field test for the assessment of physical fitness. *Rep Civ Aeromed Res Inst US*, 1-8.

Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. *JAMA*, 203(3), 201-204.

Cooper, K. H. and Zechner, A. (1971). Physical fitness in United States and Austrian military personnel: a comparative study. *JAMA*, 215(6), 931-934.

Faude, O., Kindermann, W. and Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med*, 39(6), 469-490.

Henritze, J., Weltman, A., Schurrer, R. L. and Barlow, K. (1985).

Effects of training at and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(1), 84-88.

Kaneko, M. and Toyooka, J. (1983). An expedient way of prescribing running speed effective for developing endurance. *Physical Fitness Research* (ed. Ishiko, T.), *Baseball Magazin*, 205-210.

ケネス・H・クーパー (1972). エアロビクス - 新しい健康づくりのプログラム -. 広田公一・石川旦 (訳). ベースボール・マガジン社, 47-79.

Mayorga-Vega, D., Bocanegra-Parrilla, R., Ornelas, M. and Viciano, J. (2016). Criterion-related validity of the distance- and time-based walk/run field tests for estimating cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 11(3), e0151671 doi: 10.1371/journal.pone.0151671.

Peak running performance. How to raise your lactate threshold. (1992). *Peak running performance*, 4(1), 1-8.

Raven, P. B., Gettman, L. R., Pollock, M. L. and Cooper, K. H. (1976). A physiological evaluation of professional soccer players. *Br J Sports Med*, 10(4), 209-216.

体育科学センター編 (1976). 健康づくり運動カルテ - 体育科学センター方式 -. 講談社, 49-78.

Takeshima, N. and Tanaka, K. (1995). Prediction of endurance running performance for middle-aged and older runners. *Br J Sports Med*, 29(1), 20-23.

Tanaka, H. (1986). Predicting running velocity at blood lactate threshold from running performance tests in adolescent boys. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 55(4), 344-348.

豊岡示朗・山崎大樹 (2012). 第 1 回大阪マラソン完走を目指した「よみうりマラソン講座」: 受講者 52 名の指導報告. *ランニング学研究*, 23(2), 47-56.

Ulrich, G. (2006). Evaluation des COOPER-Tests aus leistungsphysiologischer Perspektive. <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/8585>, (accessed 2016-9-1).

Weltman, A., Seip, R., Bogardus, A. J., Snead, D., Dowling, E., Levine, S., Weltman, J. and Rogol, A. (1990). Prediction of lactate threshold (LT) and fixed blood lactate concentrations (FBLC) from 3200-m running performance in women. *Int J Sports Med*, 11(5), 373-378.

Weltman, A., Snead, D., Seip, R., Schurrer, R., Levine, S., Rutt, R., Reilly, T., Weltman, J. and Rogol, A. (1987). Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200-m running performance in male runners. *Int J Sports Med*, 8(6), 401-406.

Weltman, J., Seip, R., Levine, S., Snead, D., Rogol, A. and Weltman, A. (1989). Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200-m time trial running performance in untrained females. *Int J Sports Med*, 10(3), 207-211.

## Prediction of Lactate Threshold from 12-minute Field Performance Test in Male and Female Runners

Atsushi Takahashi\* Tetsuji Adachi\*\* Kana Hikita\*\*\* Jiro Toyooka\*\*

\* *Osaka University of Comprehensive Children Education*

\*\* *Osaka University of Health and Sport Sciences*

\*\*\* *Graduate School of Sport and Exercise Sciences, Osaka University of Health and Sport Sciences*

### Abstract

The purpose of this study was to clarify a possibility to predict Lactate Threshold (LT) speed for both male and female runners from 12-minutes field performance test. Subjects were total 36 male/female runners with running experience from 21 to 56 years old. LT speed was calculated by dynamic state of blood lactate concentration after 5-6 types of submaximal running with use of treadmill. Twelve-minute field performance test was conducted at all-weather track (400m/lap) and the running distance was the range of 2,464m - 3,976m (average: 3,135 ± 391m). A relation with LT speed was examined when we calculated average speed (100%) from the running distance in 12-minutes field performance test and then divided it by submaximal running speed to gain average relative speed in 12min.run (%Velocity). As a result, the relative speed with the maximum number of data within variation range as identity line ± 10% was 80%. 35 out of 36 cases (97%) in the data were collected within the range, followed by 30 out of 36 cases (83%) with the relative speed 85%. The study found that LT speed would be applied to relative speed 80% - 85% of the average speed in 12-minutes field performance test. Therefore, it was concluded that a prediction of LT speed could easily be achieved by running distance in 12-minutes field performance test.

**Key words** : 12-minutes field performance test, relative speed in 12min.run (%velocity), LT speed, male and female runner

