

高校長距離選手におけるトレーニング量の減少が 走パフォーマンスに及ぼす影響について

The Effects on Performance due to reduced Training in High School Long Distance Athletes.

芝 大 輔

Daisuke SHIBA

(関西学院大学陸上競技部)

藤 本 貴 大

Takahiro FUJIMOTO

(和歌山大学研究支援員)

坂 上 裕 昭

Hiroaki SAKAGAMI

(和歌山県立和歌山北高校)

吉 田 克 久

Katsuhisa YOSHIDA

(和歌山県立和歌山北高校)

本 山 貢

Mitsugi MOTOYAMA

(和歌山大学教育学部)

2007年10月5日受理

1. 序論

高校生長距離選手は全国高校駅伝を目標に、県予選会や全国高校駅伝当日に最高のコンディションで臨めるよう計画的にトレーニングを行っている。

しかしながら、高等学校では定期試験期間中の課外活動は制限され、高校長距離選手は定期試験期間中におけるトレーニング量の減少を余儀なくされている。

学期末の定期試験であれば期間は10日間におよび、全国高校駅伝に出場する高校では定期試験が終了した約2週間後に全国高校駅伝を迎えるため、定期試験期間中に加え直前の調整によるトレーニング量及びトレーニング強度の減少が、全国高校駅伝におけるパフォーマンスの低下を引き起こす可能性が考えられる。

2. 目的

そこで本研究では、全国高校駅伝に出場する高校生男子長距離選手に対して2005年度と2006年度の第2学期期末試験期間(以下試験期間とする)において、それぞれ通常のトレーニングを行った期間(以下通常トレーニング期とする)よりトレーニング量を減少させ、通常トレーニング期と試験期間後に、5000mや10000mの競技成績と密接な関係がある¹⁾OBLA(Onset of Blood Lactate Accumulation)²⁾に相当する走速度を測定することで、トレーニング量の減少が長距離選手の走パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにし、効果的な練習計画作成の一助とすることを目的に実験を行った。

3. 方法

2005年11月10日と12月7日、2006年11月9日と2006年12月6日の計4回のフィールドテスト(以下2005年度の実験をStudy 1、2006年度の実験をStudy 2とし、

2005年11月10日の実験をPre-Study 1、2005年12月7日の実験をPost-Study 1、2006年11月9日の実験をPre-Study 2、2006年12月6日の実験をPost-Study 2とする)を行い、走行中の血中乳酸濃度と心拍数を測定し、その変化について比較した。

1)被験者

被験者は全国高校駅伝に出場する県立高校陸上競技部に所属する男子長距離選手で、Study 1においては9名(年齢 16.6 ± 0.9 歳、身長 170.7 ± 3.0 cm、体重 57.2 ± 4.2 kg、5000m公認最高記録 $15'23''3 \pm 22''7$)、Study 2においては8名(年齢 16.4 ± 0.5 歳、身長 169.8 ± 2.8 cm、体重 56.0 ± 6.0 kg、5000m公認最高記録 $15'35''4 \pm 25''9$ (1名は記録なし))を対象とした。

2)フィールドテスト

フィールドテストは山内ら³⁾の方法を参考に公認全天候型陸上競技場(400m)を使用し、6人1組を1グループとし、スタート時間を数分ずつ遅らせて同時に2組~3組を測定した。走行は4分間ごとの漸増負荷形式で行い、4分間の走行を1ステージとし、コンディションに合わせて速度を220m/min、240m/min、260m/minのいずれかより20m/minずつ増加させながら5~7ステージ行った。走行速度が20m/minずつ増加することで4分間の走行距離が80mずつ延長されるため、全てのステージにおいてゴール地点を統一し、1ステージ進む毎にスタート地点を80mずつ後方へ移動させながら行った。走行中は設定速度を一定に維持させるため、定点で通過タイムを知らせるようにし、走行速度を維持できなくなったものはその時点で実験を中止した。また、各セットゴール地点から次セットスタート地点までの移動を休息とし、休息中の移動速度及び時間は設定しなかった。

3) 血中乳酸濃度の測定及び分析

血中乳酸濃度の測定は毎ステージ走行直後、休息に入る前にゴール地点で耳朶から採血して直ちに分析し、各ステージの血中乳酸濃度を記録した。血中乳酸濃度の分析にはLactate Pro™(京都第一科学社製)を用い、また測定終了後に回帰式から血中乳酸濃度が4 mmol/l強度に相当する走速度をOBLA speed(以下OBLA-SPとする)として算出した。

4) 心拍数の測定及び分析

心拍数の測定は、胸部装着型ハートレートモニターS610i™及びFI™(いずれもPolar社製)を用いて毎ステージ走行直後にゴール地点での値を計測し、各ステージの心拍数を記録した。また、心拍数においても回帰式を求め、血中乳酸濃度が4 mmol/l強度に相当する心拍数をOBLA Heart Rate(以下OBLA-HRとする)として算出した。

5) インフォームドコンセント

本研究は運動中の採血や体重維持を目的とした食事制限、定期試験期間中のトレーニング及び実験を行うため、被験者に対し研究目的・方法等の説明を行い、本人、保護者及び所属高校の指導者すべての十分な理解と同意を得たうえで医師の監督のもとで行った。

6) 試験期間中のトレーニング

Study 1の試験期間は11月28日から12月6日までの9日間であり、通常トレーニング期に毎朝行っている朝練習を一切行わず、午後10~14kmのジョギングを中心にトレーニングを行い、12月2日に一度だけOBLA-SP以上の設定速度で400m×7本のインターバル・トレーニングを行った。

Study 2の試験期間は11月27日から12月5日までの9日間であり、Study 1と同じように朝練習を一切行わず、午後は6~10kmのジョギングとペース走を中心に行い、11月29日に一度1000m×6本のインターバル・トレーニングをOBLA-SPあるいはOBLA-SP以上の設定速度で行った。

7) 食事制限

Study 1の試験期間前後で平均体重の増加がみられたため、Study 2では試験期間後の体重増加による走パフォーマンスの低下を避けるために、試験期間中の昼食を制限し、走行距離及び一日当たりのトレーニング頻度減少による体重の増加がないよう心がけた。

8) 分析項目

- i) 通常トレーニング期と試験期間中の走行距離の変化
- ii) 試験期間前後の体重変化
- iii) 試験期間前後の各ステージにおける血中乳酸濃度の変化
- iv) 試験期間前後の各ステージにおける心拍数の変化
- v) 試験期間前後のOBLA-SPの変化
- vi) 試験期間前後のOBLA-HRの変化
- vii) 競技成績とOBLA-SPの関係
- viii) 体重増減率とOBLA-SPの関係

9) 統計分析

統計的有意差の検定は対応のあるt検定(paired t-test)、相関係数の検定はピアソンの相関係数検定法を用い、危険率5%以下を有意とした。また、結果はすべて平均と標準偏差で示した。

4. 結果

1) Study 1

i) Study 1における走行距離の変化

Study 1における試験期間中の総走行距離は96km/9 daysであり、一日の平均走行距離は10.67km/dayであった。これは、通常トレーニング期である1ヶ月前からの走行距離と比較すると10/24-11/1期123km/9 days(13.67km/day)から-22%、10/31-11/8期122km/9 days(13.56km/day)から-21.3%、11/7-11/15期126km/9 days(14.00km/day)から-23.8%、11/14-11/22期131km/9 days(14.56km/day)から-26.7%と、いずれも有意な差はなかったものの1ヶ月前からのすべての期間で20%以上の減少であった(Table 1)。

Table 1 Study 1におけるトレーニング実績及び試験期間と通常トレーニング期の関係

	11/28—12/6 試験期間	10/24—11/1	10/31—11/8	11/7—11/15	11/14—11/22
		通常トレーニング期			
総走行距離(km/9 day)	96	123	122	126	131
平均走行距離(km/day)	10.67	13.67	13.56	14.00	14.56
総走行距離増減率(%)		-22.0	-21.3	-23.8	-26.7
p		0.471	0.433	0.376	0.272

* : p<0.05 ** : p<0.01

ii) Study 1 における試験期間前後の被験者の体重変化

Pre-Study 1 における被験者の平均体重 57.5 ± 4.1 kgとPost-Study 1 における平均体重 57.9 ± 4.9 kgの間に有意な差はなかった。

iii) Study 1 における試験期間前後の血中乳酸濃度の変化

Pre-Study 1 では走速度260m/minを開始ステージとし、最終ステージを360m/minとしたが、360m/minのステージまで到達できたものは9名中3名であった。また、Post-Study 1 では240m/minを開始ステージ、360m/minを最終ステージとしたが、360m/minまで到達できたものは9名中8名であった。そのため240m/min及び360m/minステージの血中乳酸濃度は比較対象から除いた。

Study 1 における試験期間後の各ステージの血中乳酸濃度は、安静時、280m/minステージ、300m/minステージ、320m/minステージ、340m/minステージの、5つのステージで増加し、260m/minステージのみ低下がみられた。しかし、いずれのステージにおいても試験期間前後で有意な差はなかった (Fig. 1)。

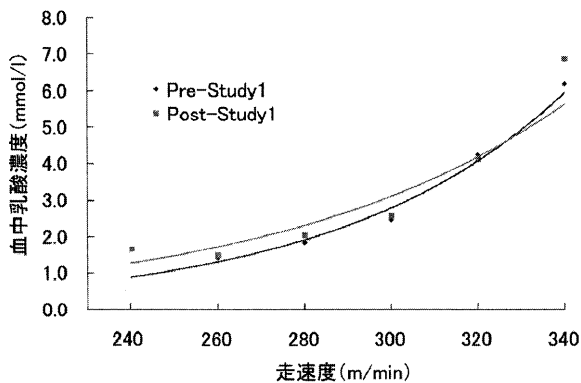


Fig. 1 Study 1 における試験期間前後の血中乳酸濃度の変化(n=9)

iv) Study 1 における試験期間前後の心拍数の変化

Study 1 の試験期間前後の各ステージにおける心拍数は、安静時、240m/minステージ、260m/minステージ、280m/minステージ、320m/minステージ、360m/minステージの6つのステージにおいて、9名全員の心拍数を測定することができなかったため、9名全員の心拍数が得られた300m/minステージと340m/minステージの2つのステージのみ比較した結果、試験期間後に300m/minステージ、340m/minステージで増加がみられ、300m/minステージにおいては有意な増加であった ($p < 0.05$)。

v) Study 1 における試験期間前後のOBLA-SPの変化

回帰式から求めたPre-Study 1 のOBLA-SPは 322.7 ± 16.1 m/minでPost-Study 1 のOBLA-SPは 315.3 ± 14.0 m/minであり、試験期間後にOBLA-SPの有意な低下がみられた ($p < 0.05$)。

vi) Study 1 における試験期間前後のOBLA-HRの変化

回帰式から求めたPre-Study 1 のOBLA-HRは 171.0 ± 8.2 beats/minでPost-Study 1 のOBLA-HRは 174.2 ± 8.0 beats/minであり、試験期間前後で有意な差はなかった。

vii) 競技成績とOBLA-SPの関係

Study 1 における被験者の5000m Best Speedは 325.1 ± 8.0 m/minで、Pre-Study 1 及びPost-Study 1 のOBLA-SPよりも速く、5000m Best SpeedとPre-Study 1 及びPost-Study 1 のOBLA-SPの間には、いずれも強い相関関係があった (Pre-Study 1 : $r = 0.866$ 、Post-Study 1 : $r = 0.924$) (Fig. 2)。

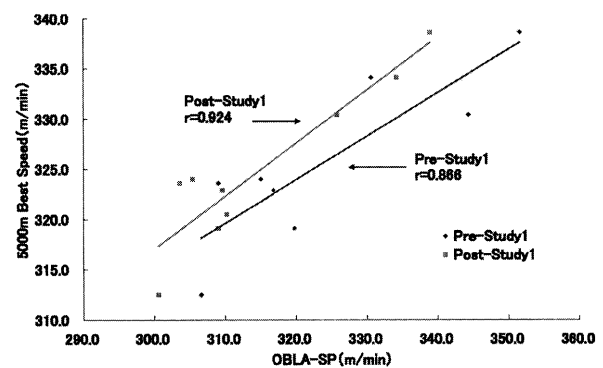


Fig. 2 Study 1 における5000m Best SpeedとPre及びPost-Study 1 OBLA-SPとの関係(n=9)

2) Study 2

i) Study 2 におけるトレーニング量の変化

Study 2 における試験期間中の総走行距離は72km/9 daysであり、一日の平均走行距離は8.00km/dayであった。これは、通常トレーニング期である1ヶ月前からの走行距離と比較すると10/23-10/31期108km/9 days (12.00km/day) から-33.3%、10/30-11/7期102km/9 days (11.33km/day) から-29.4%、11/6-11/14期129km/9 days (14.33km/day) から-44.1%、11/13-11/21期130km/9 days (14.44km/day) から-44.6%と、3つの期間において試験期間中と比べ有意な減少であった (10/23-10/31期、11/13-11/21期 : $p < 0.05$ 、11/6-11/14期 : $p < 0.01$) (Table 2)。

ii) Study 2 における試験期間前後の体重変化

Study 2 では昼食を制限し、試験期間前後で体重の増加がないよう心がけた結果、Pre-Study 2 における被験者の平均体重 56.0 ± 6.0 kgとPost-Study 2 における平均体重 55.9 ± 6.1 kgの間に有意な差はなかった。

iii) Study 2 における試験期間前後の血中乳酸濃度の変化

Pre-Study 2 では走速度220m/minを開始ステージとし、最終ステージを340m/minとしたが、340m/minのステ

Table 2 Study 2 におけるトレーニング実績及び試験期間と通常トレーニング期の関係

	試験期間 11/27-12/5	通常トレーニング期			
		10/23-10/31	10/30-11/7	11/6-11/14	11/13-11/21
総走行距離 (km/9 day)	72	108*	102	129**	130*
平均走行距離 (km/day)	8.00	12.00	11.33	14.33	14.44
総走行距離増減率 (%)		-33.3	-29.4	-44.1	-44.6
p		0.027	0.343	0.008	0.048

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

ージまで到達できたものは8名中7名であった。またPost-Study 2においても220m/minを開始ステージとし、340m/minを最終ステージとしたが、340m/minまで到達できたものは9名中6名であった。そのため340m/minステージの血中乳酸濃度は比較対象から除いた。

Study 2における試験期間後の各ステージの血中乳酸濃度は、安静時と320m/minステージの、2つのステージで増加し、220m/minステージ、240m/minステージ、260m/minステージ、280m/minステージ、300m/minステージの、5つのステージで低下していた。また、240m/min、260m/min、300m/minの3つのステージは試験期間後に有意な低下があった(240m/min, 300m/min: いずれも $p < 0.05$ 、260m/min: 0.01) (Fig. 3)。

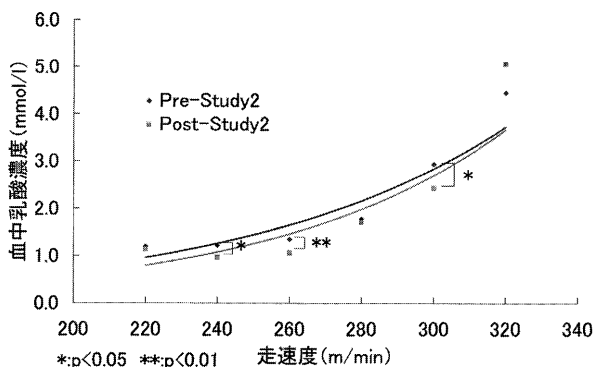


Fig. 3 Study 2 における試験期間前後の血中乳酸濃度の変化(n=8)

iv) Study 2 における試験期間前後の心拍数の変化

Study 2の各ステージにおける心拍数の比較についても、血中乳酸濃度と同様に340m/minステージのみ被験者数が少ないため比較対象から除いた。Study 2の試験期間後の各ステージにおける心拍数は、220m/minステージ、240m/minステージ、260m/minステージ、280m/minステージ、300m/minステージ、320m/minステージの6つのステージで増加し、安静時でのみ減少していた。また試験期間前に比べ、220m/minステージは有意な増加であり($p < 0.01$)、安静時は有意な減少であった($p < 0.05$)。

v) Study 2 における試験期間前後のOBLA-SPの変化

回帰式から求めたPre-Study 2のOBLA-SPは 318.4 ± 12.3 m/minでPost-Study 2のOBLA-SPは 316.6 ± 12.0 m/minであり、試験期間前後で有意な差はなかった。

vi) Study 2 における試験期間前後のOBLA-HRの変化

回帰式から算出したPre-Study 2のOBLA-HRは 184.3 ± 12.1 beats/minでPost-Study 2のOBLA-HRは 185.0 ± 10.0 beats/minであり、試験期間前後で有意な差はなかった。

vii) 競技成績とOBLA-SPの関係

Study 2における被験者の5000m Best Speedは 320.9 ± 8.8 m/minで、Pre-Study 2及びPost-Study 2のOBLA-SPよりも速く、5000m Best SpeedとPre-Study 2及びPost-Study 2のOBLA-SPの間に、いずれも相関関係があった(Pre-Study 2: $r = 0.502$ 、Post-Study 2: $r = 0.425$) (Fig. 4)。

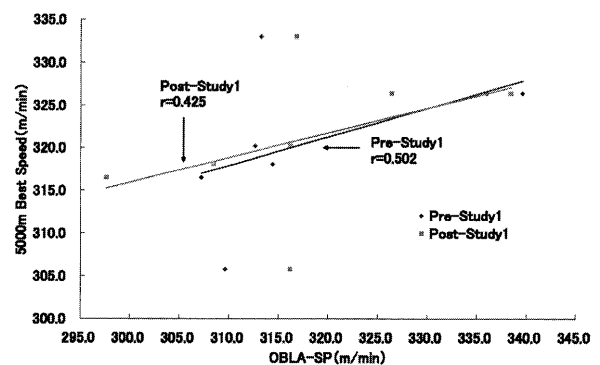


Fig. 4 Study 2 における5000m Best SpeedとPre及びPost-Study 1 OBLA-SPとの関係(n=7)

3) Study 1 及びStudy 2 における体重増減とOBLA-SP増減の関係

viii) 体重増減率とOBLA-SPの関係

Study 1及びStudy 2における被験者の体重増減率とOBLA-SP増減率の間には負の相関があった($r = -0.626$) (Fig. 5)。

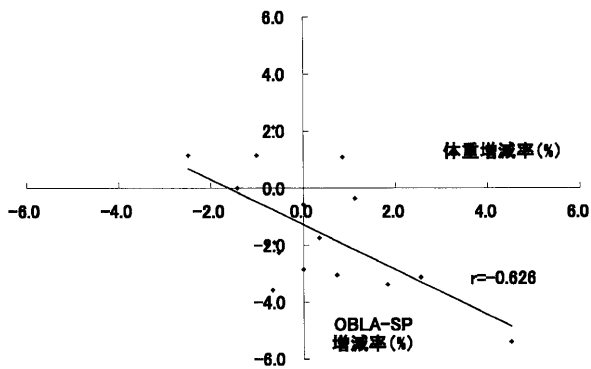


Fig. 5 Study 1 及びStudy 2 における被験者の体重増減率とOBLA-SP増減率の関係

また、Study 1 及びStudy 2 における体重増加群と体重減少及び維持群の試験期間前後の変化は、体重増加群では7人のうち6人のOBLA-SPが低下、体重減少及び維持群では10人のうち6人のOBLA-SPが低下していた。

5. 考察

1) OBLA-SP及び各ステージにおける血中乳酸濃度の変化

Study 1 におけるOBLA-SPは試験期間前後で322.7±16.1m/minから315.3±14.0m/minへと7.4m/min有意に減少(-2.3%)し(p<0.05)、OBLA-SPが改善していたのはわずか1人で、1人が維持、7人が低下という結果であり、最大で-18.6m/minの低下がみられた。

Study 1 の試験期間前後における各ステージの血中乳酸濃度の変化は、比較した5つのステージのうち4つのステージで血中乳酸濃度の増加がみられ(260m/min : +7.1%、280m/min : +11.1%、300m/min : +4.0%、340m/min : +11.3%)、平均6.2%の増加であった。

また、Pre-Study 1 からPost-Study 1 にかけて、有意ではないが平均0.4kgの体重増加がみられた。体脂肪の増加は余剰重量として、走パフォーマンスの低下や走運動時の酸素摂取量にも悪影響を及ぼし³⁾、5000m走では体重が1kg減少すると約20秒の記録向上が予測されるという報告⁴⁾や、除脂肪量の増減は5000m及び10000mの走パフォーマンスの改善率を規定する⁵⁾といった報告から、本研究でも体重の増加がPost-Study 1 のOBLA-SPにネガティブな影響を与えたことが考えられた。

これを踏まえ、Study 2 では、体重の増加が極力ないよう、被験者に対して食事指導を行い、その結果、試験期間前後の体重に変化は見られなかった。

体重の変化がなかったStudy 2 におけるOBLA-SPはPre-Study 2 の318.4±12.3m/minからPost-Study 2 の316.6±12.0m/minへ1.8m/minの減少(-0.6%)であった。

Study 2 では測定した被験者8人のうち、試験期間

前後でOBLA-SPが改善したのは3人で、残りの5人はOBLA-SPの低下であったが、最大でも-9.6m/minの低下であり、全体としてOBLA-SPが維持されていたことが示唆された。

また、比較した6つのステージのうち走速度300m/min以下の4つのステージにおいて試験期間後の血中乳酸濃度に低下がみられ(240m/min : -16.7%、260m/min : -21.4%、280m/min : -5.6%、300m/min : -17.2%)、そのうち3つのステージは有意な低下であった(240m/min、300m/min : ともにp<0.05、260m/min : p<0.01)。

2) OBLA-HR及び各ステージにおける心拍数の変化

Study 1 におけるOBLA-HRは試験期間前後で171.0±8.2beats/minから174.2±8.0beats/minへと3.2beats/min(1.9%)増加し、Study 2 のOBLA-HRも試験期間前後で184.3±12.1beats/minから185.0±10.0beats/minへと0.8beats/min(0.4%)増加していた。

OBLA-HRはStudy 1、Study 2 のどちらも有意な増加ではなかったが、Study 2 においては安静時を除く220m/minから320m/minまでのすべてのステージで心拍数が増加する結果となり、Study 1 では300m/minステージで、Study 2 では安静時と220m/minステージで有意な増加がみられた(いずれもp<0.05)。Study 1 では280m/min以下のステージで全員的心拍数を測定することができなかったが、全体的に心拍数は増加傾向にあることが推測された。

3) トレーニング量減少の影響

本研究においてはStudy 1、Study 2 のどちらも通常トレーニング期に比べ総走行距離は減少し、Study 2 においては通常トレーニング期よりも有意な総走行距離の減少であった。また、Study 1、Study 2 のどちらも試験期間中は通常トレーニング期に毎朝行っている朝練習を一切行わず、一日当たりのトレーニング頻度はほぼ同じであった。

Mujikaらは中程度の鍛錬者は低頻度のトレーニングで走パフォーマンスを容易に維持することができるが、高度に鍛錬された競技者においては高頻度のトレーニングが必要であると報告し⁶⁾、本研究でもStudy 2 においてOBLA-SPの低下が見られなかったことから、Study 1、Study 2 ともに十分なトレーニング頻度を確保していたことが示唆され、Study 1 でOBLA-SPが低下した原因は総走行距離や一日当たりのトレーニング頻度の減少によるものではないことが示唆された。

4) トレーニング強度に関して

Study 1、Study 2 ともに試験期間中に一度OBLA-SP以上の設定速度でインターバル・トレーニングを行

った。しかし、Study 1 ではOBLA-SP以上の設定速度で400m×7本を行いながらも、OBLA-SPの有意な低下がみられた。

Study 2 ではOBLA-SP以上の設定速度で、心拍数が180beat/min前後まで上昇してからの走行時間が長く、継続して心肺に負荷をかけられる⁷⁾ 1000m×6本のロング・インターバル・トレーニングを行った。

結果として、試験期間後もOBLA-SPは維持され、OBLA-SPの維持には、比較的走行距離の長いインターバル・トレーニングが効果的である可能性が示唆された。

5) 体重増減とトレーニング強度がOBLA-SPに与える影響

Study 1 とStudy 2 の体重増減率とOBLA-SP増減率の間に負の相関がみられたことから($r=-0.626$)、体重が増加すればOBLA-SPが低下することが示唆された。

また、OBLA-SPが320m/min以下の群では、体重が増加すればOBLA-SPも低下し、体重が減少及び維持されればOBLA-SPも維持される傾向にあったことから、競技力の低い選手は体重の増加が走パフォーマンスにネガティブな影響を与えることが示唆された。

しかし、OBLA-SPが320m/min以上の群では、体重が増加して大幅にOBLA-SPが改善した選手だけでなく、体重が減少及び維持されていた2選手にも大幅なOBLA-SPの低下がみられたことから、競技力の高い選手にとっては、Study 1 及びStudy 2 における試験期間中のトレーニング強度が低かった可能性が考えられた。

6) OBLA-SPと競技成績の関係

山内らが5000m及び10000mの競技成績とOBLA-SPの間に相関関係がある⁸⁾と報告したように、本研究においても、4回の測定で得られたOBLA-SPは、いずれも被験者の5000mの競技成績と相関関係があった。

Study 1 における被験者の5000m Best SpeedとPre-Study 1 とPost-Study 1 のOBLA-SPを比較した結果、5000m Best Speed 325.1m/minとPre-Study 1 時のOBLA-SP 322.7m/minとの間に有意な差はなかったが、5000m Best Speed とPost-Study 1 OBLA-SP 315.3m/minとの間には有意な差があり($p<0.01$)、

Pre-Study 1 とPre-Study 1 の間にはOBLA-SPの項で前述したように、有意な差があった($p<0.05$)。

Study 2 についても5000m Best SpeedとPre-Study 2 及びPost-Study 2 OBLA-SPを同じように比較したが(Study 2 については1人が記録なしのため、7人の記録のみ比較した)、いずれも有意な差はなかった。

以上の結果から、OBLA-SPの有意な低下があっても、競技成績との相関関係は失われないことが示唆され、OBLA-SPが持久的能力の評価に優れ、競技成績を予測する指標として優れていると考えられた。

6. まとめ

本研究では試験期間中の走行距離や一日当たりのトレーニング頻度が減少しても、体重とトレーニング強度を維持することで、OBLA-SPの維持が可能であることが示唆されたが、OBLA-HRにおいてはネガティブな影響を受ける可能性が示唆された。

引用・参考文献

- 1) 山内美代子、岩本英明、田中守、田中宏暁、進藤宗洋：グラウンド走により測定したOBLA相当の走行スピードと競技記録との関係——一流長距離選手について——OBLA-velocity determined in a field test and running performance in elite distance runners. 体力科学 40: 880, 1991.
- 2) Sjodin, B., Jacobs, I.: Onset of Blood Lactate Accumulation and Marathon Running Performance. Int J Sports Med 2: 23-26, 1981.
- 3) Cureton, KJ., Sparling, DB.: Distance running and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. Med Sci Sport Exerc 12: 288-294, 1980.
- 4) 村上清英、田中守、進藤宗洋、田中宏暁：体重増減が走パフォーマンスに及ぼす影響. 体力科学 49: 854, 2000.
- 5) 満園良一、小宮秀一：長距離ランナーにおける身体組成および体型の変化と走パフォーマンスの関係. ランニング学研究 5: 19-26, 1994.
- 6) Mujika, I.: The Influence of Training Characteristics and Tapering on the Adaptation in Highly Trained Individuals: A Review. Int J Sports Med 19: 439-446, 1998.
- 7) 原田明正、伊藤輝雄、小野伸一郎、渡部博子、寺田光世：ロングインターバル・トレーニングにおける効果的な指導方法についての一考察. 陸上競技研究 27: 12-17, 1996.