

平成14年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科

博士前期課程 修士論文

陸上競技長距離走における競技成績と脚筋力の関連性について

－脚筋力強化を意図した跳躍走の観点から－

スポーツ科学領域

コーチング科学分野 仲村 明

論文指導教員 澤木 啓祐 教授

合格年月日 平成15年2月28日

論文審査委員

主査

澤木 啓祐

副査

大西 啓志

副査

吉野 栄

## 目 次

		項
第 1 章	緒 言	1
第 2 章	関連文献の考証	4
第 1 節	競技成績と脚筋力について	4
第 2 節	長距離走者と筋力トレーニング	6
第 3 節	プライオメトリック・トレーニング	8
第 4 節	血中乳酸濃度による競技能力の判定	10
第 3 章	研究の目的	12
第 4 章	実験方法	13
第 1 節	実験計画	13
第 2 節	被験者	13
第 3 節	跳躍走の運動強度	15
第 4 節	測定項目と測定方法	16
( 1 )	脚筋力	16
( 2 )	脚伸展パワー	16
( 3 )	立ち十段跳び	17
( 4 )	3000mTT	17
( 5 )	最大下運動時における血中乳酸濃度	18
第 5 節	実験期間および場所	18
第 6 節	統計処理	19

第 5 章	実験結果	2 0
第 1 節	各測定項目の結果	2 0
( 1 )	脚筋力	2 0
( 2 )	脚伸展パワー	2 0
( 3 )	立ち十段跳び	2 1
( 4 )	3000mTT	2 2
( 5 )	最大下運動時における血中乳酸濃度	2 2
第 2 節	3000mTT と各測定項目の相関	2 3
第 6 章	考察	2 4
第 1 節	跳躍走と各測定項目について	2 4
第 2 節	3000mTT と各測定項目の相関について	2 8
第 7 章	結論	3 2
第 8 章	要約	3 3
引用文献		3 5
欧文要約		3 8
表	1 ~ 4	
図	1 ~ 1 2	
資料	1 ~ 2	
付表	1	

## 第 1 章 緒言

陸上競技の長距離走者における、競技力向上の最も重要な要因は最大酸素摂取量に代表される呼吸循環器系能力であり、この能力と競技記録に関して多くの研究がなされている<sup>9,10,23,35,40,48</sup>)。しかし、呼吸循環器系に関する能力が高くても競技成績の低い競技者は多数存在する。したがって、呼吸循環器系能力のみで競技者の競技力を説明する事はできず、同じ最大酸素摂取量の能力を有しても競技記録において大きな差が出る例も少なくない<sup>48</sup>)。

長距離走者の競技能力を構成している因子は多様であり、多面的に研究する必要性がある。

Martin ら<sup>22</sup>) は、長距離走者の競技成績向上のためには、総合的な体カトレーニングの必要性があると述べている。長距離走者の総合的な体力として、基礎的なランニング能力(スタミナ、スピード)と筋力、パワー、敏捷性、柔軟性および身体組成を挙げている。これらの総合的な体カトレーニングを行うことにより、全ての主要筋群における筋力、パワー、持久力および柔軟性の向上を図ることができ、より高強度の最大下負荷運動を可能にすることができるとしている。このような観点から、沢木ら<sup>48</sup>)は、長距離走者の能力を決定する因子として次の6因子を重要視し、年間のトレーニング指標

としている。

- (1) 最大酸素摂取量
- (2) 最大酸素摂取水準
- (3) 無酸素性作業閾値
- (4) ランニングの効率
- (5) 強い意志力
- (6) 脚筋力

近年、呼吸循環器系能力のほかに、長距離走者の競技能力に影響をおよぼす能力として脚筋力について多くの研究者がその重要性を報告している<sup>14,17,20,34,32,33,40,45,48</sup>。江橋ら<sup>9)</sup>は、一流の長距離走者の等速性脚伸展ならびに屈曲筋力が著しく高いことと脚の最大筋力に加え筋力発揮の持続性が高いことを報告し、脚筋力を高めることの重要性を指摘している。また、三本木ら<sup>33)</sup>は長距離レース中に筋力、筋パワーが後半にかけて大きく低下することから、走速度を維持するために脚筋力を高い水準で保つ必要性があると報告している。

一方、長距離ランニングの着地時のショックは体重の2.5倍から3倍の負担がかかるといわれており、スピードが速くなればその衝撃はさらに増加するため<sup>27,46)</sup>、着地時のショックを和らげる理想の着地が必要となる。沢木ら<sup>35)</sup>は、着地に重要なのは、踵から着地に

入る瞬間に素早く足首を返すことであるとしている。また、着地の際のブレーキはかかっており、スピードを維持するためには、地面を蹴ることにより推進力を得なければならないと、キックの能力の重要性もあわせて述べている。

これらの脚筋力とキックの能力を強化する手段として、陸上競技の短距離、跳躍種目で用いられている跳躍走がある<sup>15,19,44)</sup>。

跳躍走とはプライオメトリック・トレーニングの一つで、パワー養成を目的とした短時間で最大の力を生み出す能力の改善を図ることができる<sup>1,2,7,25,43)</sup>。木越ら<sup>19)</sup>は、このトレーニング動作は、交互に脚を前に振り出す水平方向の連続的な跳躍運動であるために大きなパワーが必要とされ、ランニングの為の特異的な筋力トレーニング手段となるとしている。また、この運動は大腿四頭筋群やハムストリングス筋群に強い影響を及ぼしており、この筋群を強化することにより、着地による大きな地面反力を得ることと、脚の接地時間を短縮することによりブレーキ要素を減らし、身体をスムーズに前方へ移動させることを報告している。

そこで、本研究では長距離走者を対象に普段実施しているトレーニングに加えて跳躍走を実施することによって、競技成績、脚筋力および脚伸展パワーの変動を比較し、これらの測定項目における関連性を見出し、さらに跳躍走の有効性を検討することである。

## 第2章 関連文献の考証

マラソンレースをはじめとする長距離走後には脚の筋力、筋パワーが低下することが報告されており<sup>37)</sup>、このような理由により、レース後半でペースがスローダウンする競技者も少なくない。Nicolら<sup>30)</sup>はレース中に走の経済性が低下するとしており、その原因として走行中の筋力低下をあげている。三本木ら<sup>34)</sup>は、脚の筋力が競技成績に影響を及ぼす可能性を報告しており、沢木ら<sup>35)</sup>、もトレーニングによる筋力の強化と走の経済性に関する改善が重要な課題となることを報告している。

本章では、陸上競技の長距離走者を測定対象として、脚筋力の向上と競技成績の関係をとりあげ、効果的なトレーニングに関する方法についての文献を中心に考証する。

### 第1節 競技成績と脚筋力について

競技成績に結びつく生理学的な要因は、三本木ら<sup>34)</sup>は、第一に有気的能力の優劣であり<sup>21,38)</sup>、その能力が拮抗している場合には、筋力の優劣によって成績が決まる可能性を報告している。

江橋ら<sup>9)</sup>は日本人一流マラソンランナーに対し、最大筋力で50回の等速性脚伸展屈曲動作を行い、最初の5回と最後の5回の平均

値を比較して脚伸展最大筋力の低下率を求めたところ、2時間 11分 04秒から 2時間 18分 49秒のランナーは低下率 30%に対して、2時間 7分 40秒のランナーは 2.1%であったことを報告し、西山ら<sup>32)</sup>は 30回の膝関節伸展による筋力低下率と 5000mの平均速度の間に相関があり、走速度の高い者ほど筋力の低下が少ないことを認めている。また、神林ら<sup>17)</sup>は走パフォーマンスが高い長距離走者は脚的動的な筋持久力に優れていること、また、走パフォーマンスの上位群は瞬発的なパワー発揮に劣るが、筋持久力に優れている傾向にあるとも報告している。

長距離走による脚筋の疲労は運動効率の低下などをもたらし、全身の疲労をさらに助長する可能性も示唆されている<sup>34)</sup>。長距離走中においては、疲労に伴ってストライドの短縮など走フォームの変化が起こること<sup>3,46)</sup>や走の経済性が低下すること<sup>32)</sup>が報告されており、その原因として脚筋の疲労が指摘されている<sup>29,30)</sup>。

しかし、松尾ら<sup>23)</sup>は、高い競技成績を有している走者ほど肘関節の筋力が大きい値を示す傾向にあったが、膝関節の筋力と競技成績の間には一定の傾向がみられなかったと報告し、菊池ら<sup>20)</sup>も競技成績と等速性筋出力との間に関係はみられないとしている。

このように、長距離走者の競技成績と脚筋力や等速性脚パワーの関係は有るとする報告と関係は無いとする報告がなされており、必



ずしも一致した見解が得られていない。

また、これらの先行研究は、ほとんどがある時点の横断的な分析であったが、吉儀ら<sup>48)</sup>は学生中長距離走者の縦断的な運動能力テストを行い、脚筋力（背筋力計と同タイプのストレングージ式秤）の向上した群は競技記録を向上させ、反対に脚筋力の低下した群は競技成績も低下、もしくは自己最高記録を更新できずにいたとし、脚筋力の変動が競技成績に関連している例が多いことを事例として報告している。

このような競技成績の変動におよぼす筋力の影響を検討するためには、個人の縦断的な分析ならびに観察が必要であると考えられる。

## 第2節 長距離走者と筋力トレーニング

長距離ランニングは基本的には単純な運動であるが、長時間にわたり特定の筋群を使うという点では特異的である<sup>11)</sup>。また、ランニングによる刺激が大きければ大きいほど、刺激される筋肉と刺激されない筋肉との筋力差は広がるといわれており、下肢後面の筋と背中の筋は、筋力、筋持久力が発達するが、下肢前面の筋や腹部の筋などへの刺激は比較的小さいとしている。このようにランニングだけを行っている長距離走者は、筋群間の筋力バランスが悪くなり、障害を負う危険性があると指摘されている<sup>16,18)</sup>。これらの筋力バラ

ンスを改善するために、筋力トレーニングが予防的にも活用されているが、近年は競技成績向上のための筋力強化の必要性を述べている研究も多く存在する<sup>8,10,17,20,48</sup>)。

菊池<sup>20</sup>)は長距離走者に要求されるスピード向上には全身のパワーと筋パワーの養成が急務とし、走ることの主働筋である大腿四頭筋などの下肢筋力のトレーニングが重要であると報告している。

そこで、長距離走者に取り入れられている補助的トレーニングを以下に例を挙げる。

#### (1) サーキット・トレーニング

1957年にモーガンとアダムスによって提唱<sup>6)</sup>。各身体部位の運動を休息せずに行うことによって、筋力や筋持久力のみならず、全身持久力の向上をもたらす<sup>7,11,35</sup>)。

#### (2) ウェイト・トレーニング

負荷を用いたアイソトニック・トレーニング(等張性収縮運動)であり、長距離走者にとって、脚はもとより腕や肩、体幹の筋力、筋持久力のトレーニングとしては不可欠である<sup>7,11,35</sup>)。

#### (3) 補強運動

腹筋、背筋、腕立て伏せ等の負荷を用いないアイソトニック・トレーニング(等張性収縮運動)で、基礎的な筋力効果としては有効である<sup>5,7,35</sup>)。

先に述べた3つの補助的トレーニングは、それぞれ筋力、筋持久力を強化する上で有効なトレーニングである。しかし、Nett<sup>37)</sup>は、ウエイト・トレーニングに関しては施設・用具の有無の問題と間違った方法により障害が発生する例が多いとしている。また、筋力はいったが目的とする競技成績が伸びないこともあり、良い走り方、より速い動きをつくる努力によって筋は正常な働きが促進され、強化されることを忘れてはならないとしている。沢木ら<sup>35)</sup>は、筋力、筋持久力の体力要素の向上には動き作りを導入することによって初めてランニングに生かすことができるとしている。この動きづくりの中にプライオメトリック・トレーニングの代表的なトレーニング手段であるバウンディング(以下、跳躍走)が取り入れられている。

### 第3節 プライオメトリック・トレーニング

プライオメトリック(Plyometric)という言葉は、「増す」を意味するギリシア語 pleythyein に由来する。この運動は、筋肉の急激な動的負荷に反応するパワフルな筋収縮を含むものであり<sup>6,43)</sup>、ホッピング、ジャンプ、バウンド、跳躍、スキップ、跳ね返り、スイング、ツイストといった動作は、スピード向上プログラムの大切な要素とされている<sup>1,2)</sup>。このトレーニングは可能な限り短い時間の中で、筋に最大の力を出すことを可能とさせる運動である<sup>6)</sup>ために、

高いレベルのスピードと筋力が要求されるスポーツで重要となる。  
このトレーニングの鍵は出来るだけ素早く、しかも出来るだけ強く力を発揮することであり、伸張性－短縮性の張力発揮間隔が短いほどパワーが増大する。このトレーニングは強度の低いその場ジャンプから、中強度の跳躍走、高強度のデプスジャンプと無数にあり、スキルレベルも異なる。跳躍、投擲、短距離種目に求められる高強度でハイパワーを得ることが取り上げられがちであるが<sup>1,2,6)</sup>、中長距離ランナーにも適量のプライオメトリックを行う事によって有益なパワーを得、股関節や脚の伸展が強くなるといわれており、トレーニング手段として有効であるとされている<sup>11)</sup>。

このプライオメトリック・トレーニングの一種である跳躍走の動きは、膝、足首のバネを利かせて前方へ跳躍し、このときキック脚の膝を引き上げる。次に引き上げられた脚は空中から真下に、かかとからではなく指の付け根を中心とした足裏の前半分から着地するとしている<sup>35)</sup>。

木越ら<sup>19)</sup>は、跳躍走は着地時間が短く、より大きな水平方向の推進力が要求され、さらに結果として非常に大きなパワーも要求されるため、ランニングのための特異的な筋力トレーニング種目となりえる可能性を報告している。また、跳躍走と同様に立ち十段跳びの記録に強い影響を及ぼしている大腿四頭筋群の役割は、接地中の過

度の膝関節屈曲を避けることとし、ハムストリング筋群および臀筋群の役割は、脚を後方にスイングさせることにより、接地時間を短縮させブレーキ要素を減らし、身体をスムーズに前方へ移動させることであることと報告している。

永井ら<sup>27)</sup>は中距離走では、大きなパワーを発揮するとともにパワーを持続することも重要としており、競技能力の高い走者は、高い跳躍走能力を有し、跳躍走の持続能力を高めることは中距離の競技力向上に役立つと報告している。

#### 第4節 血中乳酸濃度による競技能力の判定

持久性種目の選手の体力を評価する際には、最大酸素選手量に代表される有酸素性のエネルギー供給能力が重要視されていると先にも述べたが、最大酸素摂取量と並び有力な体力指標に無酸素性作業閾値がある。この無酸素性作業閾値は血中乳酸濃度が継続的に上昇することなく行いうる最高の運動強度であり、一定負荷運動後の血中乳酸濃度の体力指標として用いられている<sup>40)</sup>。

八田ら<sup>12)</sup>は、高強度の運動を行うと筋中や血中に乳酸が蓄積され、この濃度が高くなると運動が継続できなくなるとし、また、同一強度の運動において血中の乳酸濃度の低い者ほど持久力が優れていると判定されると報告している。このような血中乳酸濃度を簡易的に

測定できる Lactate Pro (ARKRAY 社製) があり、トレーニング現場においても、トレーニング強度や疲労回復の指標として血中乳酸濃度が活用されている<sup>47)</sup>。

この血中乳酸濃度を測定し、持久的な能力の一要因を判定することは、競技成績の変動におよぼす能力を検討することにおいては必要であると考えられる。

これまでの研究において、長距離走中に脚筋力の低下による走パフォーマンスの低下をおこすこと、また、競技成績の高い走者は長距離走中の筋力の低下率が少ないことが認められ、脚筋力を高い水準で保つことの重要性が指摘されている。しかしながら、長距離走者を対象とした研究では、競技成績の高い走者と低い走者の比較のような横断的な研究が多く、競技力向上を目的とした個人の縦断的な能力変動や能力改善のためのトレーニングの研究報告は少ない。

### 第3章 研究の目的

本研究の目的は、長距離走者が補助的トレーニングとして行った跳躍走が、脚筋力および脚伸展パワーの変動に与える影響と競技成績との関連性をみることにより、跳躍走の有効性について検討することである。

## 第4章 実験方法

### 第1節 実験計画

実験手順のプロトコールを図1に示した。被験者を2つに分け、前期と後期に4週間の跳躍走トレーニングを行うこととした。その際、3000mタイムトライアル（以下、TTとする）の結果により、集団の競技成績が同一条件になるようにグループ分けを行い、跳躍走トレーニングの前後に脚筋力、脚伸展パワー、立ち十段跳びおよび血中乳酸濃度の測定を実施した。また、トレーニング後においても3000mTTを行った。前期の実験期間終了後、4ヶ月の期間をあけて前期に跳躍走を実施した群と跳躍走を実施しなかった群を入れ替えて後期の実験を行った。

図 1

分析および結果については全測定終了後、全被験者のトレーニング実施前後と実験期間を通しての各測定項目の増加量および変化について比較検討した。

### 第2節 被験者

本実験においては、順天堂大学スポーツ健康科学部の学生で、陸上競技部に所属する男子長距離走者8名を被験者とした。

実験開始時は、実施群(6名)と非実施群(6名)の12名の被験者で

資料 1



行ったが、実験途中で故障等により実験の中断を余儀なくされた被験者に関しては実験対象から除いた。

被験者の人数、年齢、身長、体重および競技力を表 1 に示した。

表 1

表 1 に示した被験者は故障により実験対象から除いた 8 名を前期跳躍走実施群(3名)と後期跳躍走(5名)に分けた各項目の平均値および標準偏差である。

本研究の被験者の BMI は、前期跳躍走実施群は 19.57 で、後期跳躍走実施群は 19.23 であった。なお、同年齢における日本人の身長と体重の平均値<sup>39)</sup>による BMI は 20.76 であった。両群とも、同年齢の平均値と比較すると低い数値であった。

また、各被験者の 5000m の平均は、前期跳躍走実施群は 15 分 09 秒 0、後期跳躍走実施群は 15 分 17 秒 2 となり、被験者全体では 15 分 14 秒 0 であった。この記録は大学生の長距離走者としては低いレベルであると思われる。

なお、被験者には実験に先立って、本研究の目的、内容および手順について口頭および文書による説明を行い、被験者として参加することを依頼した。その結果、研究の主旨を十分に理解した上で、全員が参加を承諾し、「実験参加同意書」(付表 1) に署名・捺印を行った。また、順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科倫理委員会の承諾を得た。

### 第3節 跳躍走の運動強度

本研究での跳躍走トレーニングの強度は、実施距離40mの跳躍走、反復回数8回、休息时间2分およびトレーニング間隔は48時間とした。

跳躍走の距離に関しては、関岡ら<sup>36)</sup>に基づくもので、跳躍走における1回に続ける歩数を10歩から20歩としており、1歩2mとして換算し、同大学で行っている跳躍走トレーニングの40mとした。また、反復回数については、通常行なわれているプライオメトリック・トレーニングでは通常4種目の中強度のジャンプで各2セットもしくは3セットでドリルとして実施している<sup>2,6)</sup>が、中長距離の補助トレーニングの意味合いとドリルの中の跳躍走のみを行うところから、反復回数として8回とした。セット間の休息としては一般的に2分から3分とされている<sup>6)</sup>。また、このトレーニングは筋肉の回復のため36時間から48時間の休息が必要である<sup>2,6)</sup>ことから、中1日でのトレーニングを行うこととした。

前期実験の跳躍走トレーニングは最初の3000mTTの成績により、跳躍走実施群(3名)と跳躍走非実施群(5名)の2群に分け、トレーニングを4週間実施した。4ヶ月の期間をあけて後期の実験を行い、前期実験の被験者の入れ替えをし、被験者全員が跳躍走トレーニングを実施した。また、各群のトレーニング内容については以

下に示した。

(1) 跳躍走実施群

40m 跳躍走+60m ウインドスプリント×8回

後に 30分 Jogging を週 3回 (月・水・金) 実施

(2) 跳躍走非実施群

30分 Jogging のみを週 3回 (月・水・金) 実施

なお、前後期の両群とも、跳躍走トレーニング以外の朝練習および主練習は全員同一のトレーニングを実施した。

#### 第4節 測定項目と測定方法

(1) 脚筋力

脚筋力の測定は、脚筋力計 (背筋力計と同タイプのストレンゲージ式秤) デジタル指示計 DS-3100・ロードセル DB-10KN (昭和測器社製) を用いて、キャンバスベルトで計器の牽引バーを腰部に固定し、膝関節が 110 度になるように鎖の長さを調節した後、徐々に力を入れて脚を一杯伸展させる静的な脚筋力を測定する方法で実施した。

(2) 脚伸展パワー

従来の研究では、等速性伸展パワーの測定はほとんど Cybex II (Lumex 社製) で行われているが、本研究では、長距離走者の非常

に多くの着地動作が必要であることを踏まえ、特異的な筋パワーを測定するにあたっては、座位による一定スピードで動くフォースプレートを全力で押す様式の脚伸展パワー測定装置 Anaero Press (COMBI 社製) を用いて測定した。

測定方法は、実施要領に従って行った。測定前に十分なストレッチング運動を行わせた。脚伸展パワー装置のシートを最後部まで下げ、深い座位姿勢で上体をベルトで固定し、フットプレートに足を乗せフットベルトで固定した。膝関節角度が 90 度より少し小さくなるようにシートを調整し、両手でグリップを握り、測定姿勢をとった。その後、被験者の体重を操作キーにより入力し、ストロークチェックを行い、測定を開始した。合図とともに最大伸展位まで最大努力でフォースプレートを踏み込ませた<sup>26,42)</sup>。15 秒間隔で 5 回測定を行い、上位 2 つの測定値の平均を算出し、結果とした。

### (3) 立ち十段跳び

両足で踏み切り、左右交互に跳躍を行い、最後は両足で着地させた<sup>31)</sup>。一歩目の足を左右交互に 2 度行い、記録の良い方を結果とした。

### (4) 3000m TT

競技成績とトレーニング効果の比較のために、3000m TT を実施した。3000m という距離の設定については、5000m や 10000m である

と温度、湿度および風雨等の外的要因に左右されやすくなり、実験研究として成り立たなくなることを考慮し、選定した。

#### (5) 最大下運動時における血中乳酸濃度

実験期間中における持久的トレーニングの効果の判定材料として血中乳酸濃度の測定を行った。被験者に4000mのビルドアップ走(3分40秒-3分30秒-3分20秒-3分10秒)を行わせ、ゴール後2分後<sup>33,47)</sup>に指先から尖刺し、極少量の採血をし、簡易乳酸測定器Lactate Pro (ARKRAY社製)により測定した。

### 第5節 実験期間および場所

(1) 前期実験期間 2002年5月6日から6月17日

気象条件 5月気温  $17.1 \pm 2.6^{\circ}\text{C}$

6月気温  $20.3 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$

(2) 後期実験期間 2002年10月1日から11月9日

気象条件 10月気温  $16.9 \pm 3.7^{\circ}\text{C}$

11月気温  $9.2 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$

なお、場所については、順天堂大学陸上競技場にて行った。

## 第 6 節 統計処理

本研究における脚筋力、脚伸展パワー、立ち十段跳び、血中乳酸濃度および 3000mTT のプレとポストの平均値の差を対応のある t 検定し、前後期それぞれの実施群と非実施群の平均値の差は対応の無い t 検定によって検定した。

なお、統計的有意水準は危険率 5%以下とし、 $p < 0.05$  および  $p < 0.01$  と分けて表示した。

## 第 5 章 実験結果

### 第 1 節 各測定項目の結果

#### ( 1 ) 脚筋力

8 名の被験者を前期跳躍走実施群(3 名)と後期跳躍走実施群(5 名)に分け、体重あたりの脚筋力の比較を表 2 および図 2. に示した。跳躍走実施後の変化は、前期実施群は体重 1kg あたり  $1.91 \pm 0.52\text{kg}$  増加し、後期実施群は体重 1kg あたり  $1.03 \pm 0.75\text{kg}$  の増加を示した。前期実施群、後期実施群ともにプレとポストの間に有意な差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。また、跳躍走を実施した 8 名全体における脚筋力のトレーニング前後の比較を図 3. で示した。跳躍走実施後の脚筋力は体重 1kg あたり  $1.36 \pm 0.78\text{kg}$  の増加となり、有意な差 ( $p < 0.01$ ) がみられた。

表 2

図 2.

図 3.

#### ( 2 ) 脚伸展パワー

同様に、前期跳躍走実施群(3 名)と後期跳躍走実施群(5 名)に分け、体重あたりの脚伸展パワーの比較を表 2 および図 4. に示した。前期跳躍走実施群の方が脚伸展パワーの数値が高い傾向にあった。

表 2

図 4.

跳躍走実施後の脚伸展パワーの変化は、前期実施群は体重 1kg あたり  $0.31 \pm 2.40\text{W}$  で、後期実施群は体重 1kg あたり  $0.51 \pm 3.49\text{W}$  の

変動となり、両群とも増加はしたものの有意な差はみられなかった。

反対に跳躍走を行わなかった両群の変化は減少した。また、跳躍走を実施した8名全体における脚伸展パワーのトレーニング前後の比較を図5.で示した。跳躍走実施後の脚伸展パワーは体重1kgあたり $0.43 \pm 2.93W$ の増加となったが、有意な差はみられなかった。

図 5.

### (3) 立ち十段跳び

前期跳躍走実施群(3名)と後期跳躍走実施群(5名)に分け、実施した結果を表2および図6.に示した。前期実施群は $0.80 \pm 0.52m$ 増加し、後期実施群は $0.24 \pm 0.36m$ の増加をしているものの有意な差はみられなかった。また、跳躍走を実施した8名全体における立ち十段跳びのトレーニング前後の比較を図7.で示した。跳躍走実施後の立ち十段跳びは $0.45 \pm 0.49m$ の増加となり、有意な差( $p < 0.05$ )がみられた。

表 2

図 6.

図 7.

### (4) 3000m TT

前期跳躍走実施群(3名)と後期跳躍走実施群(5名)に分け、実施した結果を表2および図8.に示した。前期実験のプレテストでは、集団の競技成績が同一になるようにグループ分けをした。しかし、故障等により継続したトレーニングができなくなった被験者に関し

表 2

図 8.



ては実験対象から除いたことにより、競技成績に差が生じ、前期跳躍走実施群の方が高い競技成績を示した。

跳躍走実施後の変化は、前期実施者は  $7.33 \pm 3.21$  秒の記録の向上を示し、後期実施者は  $6.40 \pm 6.27$  秒の記録の向上を示したがともに有意な差には至らなかった。また、跳躍走を実施した 8 名全体における 3000mTT の前値と後値の比較を図 9. で示した。跳躍走実施のプレでは 9 分 04 秒  $00 \pm 12$  秒 90 で、ポストでは 8 分 57 秒  $25 \pm 12$  秒 20 となり、 $6.75 \pm 5.06$  秒の有意な ( $p < 0.01$ ) 記録の向上がみられた。反対に跳躍走非実施前後ではプレは 9 分 03 秒  $50 \pm 16$  秒 48 であったが、ポストは 9 分 05 秒  $88 \pm 21$  秒 85 となり、 $-2.38 \pm 9.83$  秒で記録の低下傾向を示した。

図 9.

#### (5) 最大下運動時の血中乳酸濃度

前期跳躍走実施群(3名)と後期跳躍走実施群(5名)に分け、血中乳酸濃度の変動を表 2 および図 10. に示した。跳躍走実施後の変化は、前期実施群は  $0.47 \pm 2.77$  mmol/l で、後期実施群は  $-0.94 \pm 2.25$  mmol/l となり、ともに有意な差はみられなかった。また、跳躍走を実施した 8 名全体における血中乳酸濃度のトレーニング前後の比較を図 11. で示した。跳躍走実施後の血中乳酸濃度は  $-0.41 \pm 2.37$  mmol/l の変化となったが有意な差はみられなかった。

表 2

図 10.

図 11.

## 第 2 節 3000m TT と各測定項目の相関

表 4. に 3000m の記録の変化と各測定項目の変化の相関を示した。  
脚伸展パワーと記録の変動量の間には有意な正の相関 ( $p < 0.05$ ) が  
みられた。また、記録と脚筋力、血中乳酸濃度および立ち十段跳び  
の間には有意な相関はみられなかった。

表 4.

図 12.

## 第 6 章 考察

### 第 1 節 跳躍走と各測定項目について

実験開始時は統計処理をする上で最低限度の人数は確保していたが、故障や体調不良により実験の中断を余儀なくされた被験者がおり、前期跳躍走実施群(3名)と後期跳躍走実施群(5名)の合計 8 名となった。この被験者数での統計処理は、科学的には用いてはならない手法であるが、個人の変動量を個別に追跡した結果を傾向確認するために、参考資料としてあえて統計処理を施し、その結果も合わせて考察した。

実験開始時には 3000mTT の結果から同一の競技成績のグループ分けを行い開始したが、故障等により前記実験で 3 名を実験対象から除いた。このため競技成績に差が生じ、前期実施群の方が後期実施群より競技成績が高い集団となった。

そこで上記を踏まえ、各項目について検討してみた。

まず、脚筋力の項目については、前期および後期の跳躍走実施後に脚筋力の向上がみられた。跳躍走は筋に最大の力を出すためのトレーニング手段であり、本研究においても跳躍走が脚筋力に与える影響が推察された。また、図 2. で示すとおり、前期実験終了時点より後期実験開始時の方が脚筋力の値が高かった。これは、前期と後

期の間に行った4ヶ月の通常のトレーニングにより脚筋力の改善が図られ、それに伴い後期に跳躍走を実施した群の脚筋力は大きな伸びを示さなかったと考えられる。

三本木<sup>34)</sup>らは長距離走者の競技成績とアイソメトリックな筋力に比較的高い正の相関を認めており、長距離走者の走能力を維持するために、脚筋力を高い水準で維持する必要性があるとしている。本研究結果においても長距離走者にとって、基礎的な能力向上に役立つ可能性が考えられる。

しかし、脚伸展パワーの項目については、前期および後期の跳躍走実施後に脚伸展パワーの変化はみられなかった。この理由としては、本研究の実施期間中は通常の持久的トレーニングを行っていたことが脚伸展パワーの記録の向上しなかった要因として考えられる。

神林ら<sup>17)</sup>は、持久的なトレーニングは瞬発的な筋力発揮能力を低下させることを報告しており、また、Costillら<sup>4)</sup>は長距離走者の垂直跳びの能力は非鍛錬者よりも低く、持久的トレーニングを中止するだけでその能力が改善されることを報告している。

次に、立ち十段跳びに関しては、前期も後期の跳躍走実施後には有意な記録の向上はみられなかったが、跳躍走を実施した被験者として、8名全体のトレーニング前後の記録を比較すると、有意( $p < 0.05$ )な向上がみられた。

この立ち十段跳びは筋力、筋パワー養成のためのトレーニング手段として適切な利用法として提示できると報告されており<sup>19)</sup>、本研究結果から跳躍走により立ち十段跳びの記録が向上したということは、跳躍走が筋力、脚筋パワー養成のトレーニング手段として有効である可能性が考えられる。

図 6.をみると前期実験終了時から後期実験開始時点前までの、4ヶ月の通常のトレーニングにより、特に前期に跳躍走を実施しなかった群の立ち十段跳びの能力が向上していた。能力の改善は、低いレベルでは容易であり、高いレベルの能力を向上させるのは難しく時間もかかると考えられ、前期に跳躍走を実施した群は立ち十段跳びの記録は向上を示し、後期に跳躍走を実施した群の記録は向上を示さなかったと考えられる。

3000mTT に関しては、図 8.に示すとおり前期および後期の跳躍走実施後に記録の向上傾向がみられた。

前期実験期間中に跳躍走を実施した群は平均 7.33 秒の記録の向上をみせ、実施しなかった群は平均 4.60 秒の記録の低下を示した。前期実験のプレで両群の差は 7.90 秒であり、前期実験ポストでは 19.9 秒の競技成績の差が出たが、通常行っている同大学のトレーニングにより競技成績が向上し、前期実験終了後からの4ヶ月間で両群の差は 14.2 秒に縮小されたと考えられる。後期でも跳躍走実施し

た群が平均 6.40 秒の記録の向上があり、実施しなかった群は平均 1.33 秒の向上にとどまった。これらのことにより、跳躍走を実施した群の方が競技成績を向上させたことが推察される。

また、これらの脚筋力、脚伸展パワー、立ち十段跳び、3000mTT の各測定項目において、前期実験終了時より後期実験開始時の方が高い数値を示した。これは、シーズン中の長距離トレーニングの効果と考えられる。この実験中断期間も本実験ほど意図していないが筋力強化トレーニングは継続しており、4 ヶ月という長期間のトレーニングによって向上したと考えられる。

また、長距離種目は、温度、湿度、風雨等の外的要因や体調、疲労等の内的要因に左右され<sup>20)</sup>、競技記録だけで結論付けをすることはできないが、跳躍走を実施した 8 名全体の被験者においてトレーニング前後の記録を比較すると、有意な差 ( $p < 0.01$ ) がみられたことは、跳躍走が競技成績向上の一要因として上げられる可能性があると考えられる。

一方、血中乳酸濃度に関しては、図 10. に示すとおり前期跳躍走実施群および後期跳躍走実施群ともに有意な変化はみられなかった。八田ら<sup>12)</sup>は、同一強度の運動に対して、血中乳酸濃度の低い者ほど、持久力が優れていると判定されるとしており、本研究結果も前期および後期の実験期間中で血中乳酸濃度の変化がみられなかったこと

により、通常のトレーニングによって持久力の向上がなされていないと判断できると考えられる。このことにより、跳躍走を実施することによっておこる各測定項目の変化と競技成績の変化について関連性を検討することができると考えられる。

## 第 2 節 3000mTT と各測定項目間の相関について

トレーニング実施群の脚伸展パワーの増加率と 3000mTT の成績向上率では有意な相関 ( $p < 0.05$ ) が認められた。また、図 4. と図 8. をみると、3000mTT の競技成績が高い群が、脚伸展パワーが高い値を示しており、このことにおいても競技成績と脚伸展パワーの関連性がみられると考えられる。

先行研究では、菊池<sup>20)</sup>は、長距離走者に求められる体力の条件として筋力の重要性を指摘し、持久走において筋のパワー増強によってキック力を高め、推進力としての走法を確立する必要性をのべているが、長距離走の競技成績と膝関節の等速性筋力との間に有意な相関は認められなかったと報告している。しかし、本研究では等速性パワーの測定方法を変えて検討した結果、脚伸展パワーが向上し、3000mTT の競技成績を向上させる可能性が推察された。

一方、脚筋力の増加率と 3000mTT の向上率の間には、有意な相関関係が認められなかった。Sherman ら<sup>37)</sup>は競技成績向上のため

には、より良い走り方、より速い動きを作ることによって筋は正常な働きが促進され、強化されることを忘れてはならないと報告している。このことから、跳躍走を行うことにより脚筋力は向上したが、目的とする競技成績に生かすことができなかつた被験者の存在も考えられる。

また、個別でみると跳躍走を実施した 8 名中 6 名の被験者が 3000mTT の記録を向上させた。3000mTT の記録を 13 秒向上させた被験者 A は脚伸展パワーの増加量が一番多く、同様に 11 秒の向上をみせた被験者 B が脚筋力の増加量が一番多かった。

被験者 A は後期跳躍走実施群である。跳躍走を実施する前の 3000mTT は 9 分 18 秒 ± 3 秒であり、5000m 競技会でも 17 分かかることも多かった。しかし、後期の跳躍走実施後に 3000m を 9 分 2 秒で走り、5000m に関しても自己最高記録の 16 分 0 秒に近いタイムを 3 回続け、最終的には自己記録を更新した。

また、被験者 B は前期跳躍走実施者で実験前では脚伸展パワーは集団の平均以上であったが、脚筋力に関しては平均値よりも下回っていた。しかし、跳躍走を行なうことにより脚筋力が向上し、その後のトレーニングと本人の努力により年間を通して脚筋力が向上し、5000m の自己最高記録を 15 分 26 秒から 15 分 10 秒に更新、加えて 10000m の記録の向上も示した。脚筋力が向上したことによりレ



ース後半でも走速度を維持するための能力<sup>34)</sup>を獲得することができたと考えられる。逆に 3000mTT の成績が向上しなかった 2 名の被験者に関しては、脚筋力は向上したが、脚伸展パワーの数値を低下させていた。特に被験者 H は大きく脚伸展パワーを低下させていた。この被験者は動きが固く、動き作りを習得できずにいる。このことは、Nett<sup>37)</sup>による、より良い走り方とより速い動きを獲得することができず、筋の正常な働きが抑制され、競技成績向上させることができなかつたと推察できる。

以上のことから、本研究結果においても脚筋力および脚伸展パワーは長距離走者にとっての競技力向上に必要な要因であると考えた。

先行研究<sup>9,10,13,14,17)</sup>では横断的な筋力と競技力の関連性をのべたものがほとんどで、本研究のように長距離走者における縦断的な筋力向上に関する研究は見当たらない。

本研究は、脚筋力と脚伸展パワーをキーワードにし、長距離走者の補助トレーニングとしての簡易的な跳躍走を題材として行った。今回のトレーニングは、大学の長距離走者としては低い競技レベルの被験者を対象に実施し、40m×8回の跳躍走を週に3回で4週間の頻度で実施した。大学の長距離走者としては競技レベルの低い被験者において縦断的に追跡したところ、競技力向上に対して跳躍走の有効性がみられた。今度の課題としては、長期間に渡る跳躍走を

実施することによる脚筋力および競技成績の変動、また、トレーニング強度を変えることによる影響の変動をみることにより、跳躍走トレーニングの強度や頻度を検討する必要があると考えられる。

## 第7章 結論

陸上長距離走者における競技成績と脚筋力の関連性において、跳躍走トレーニングを行うことにより脚筋力が向上し、3000mTTにおいて競技成績の向上が認められた。また、脚伸展パワーの向上と3000mTTの記録向上にも関連性が推察できた。

長距離走者においても、脚筋力と脚伸展パワーの養成は、脚筋力低下による運動効率の低下を防ぎ、大きな脚伸展パワーの獲得によってスピード向上を図れる。これらの能力の改善を図れる跳躍走は、簡易的でトレーニング現場において有効な手段となり、これからのコーチングに役立つと結論される。

## 第 8 章 要約

本研究の目的は、陸上長距離走者を対象に補助トレーニングとしての跳躍走が競技成績に与える影響を、脚筋力、脚伸展パワー、血中乳酸濃度、立ち十段跳びおよび 3000mTT の各測定項目の関連性において、跳躍走の効果を検討することであった。

被験者は順天堂大学スポーツ健康科学部の陸上競技部に所属する男子長距離選手 12 名とした。運動強度は、40m の跳躍走と 60m のウインドスプリントで反復回数は 8 セット、休息は 2 分とした。トレーニング間隔は 48 時間とし、期間は 4 週間とした。

跳躍走の実施期間前後で、脚筋力、脚伸展パワー、血中乳酸濃度、立ち十段跳び、3000m の TT の各測定項目を測定した。跳躍走実施群と非実施群に分け、4 ヶ月間の期間をあけて両群を入れ替え、同様の測定およびトレーニングを実施した。

実験開始時に最低限度の人数を確保していたが、怪我や体調不良のため被験者は期間中に 8 名に減少した。

その結果、以下のことが明らかになった。

1) 跳躍走を実施した 8 名において、プレとポストの間に脚筋力で ( $1.36 \pm 0.78 \text{kg/kg}$  体重) の増加量、立ち十段跳びで ( $0.45 \pm 0.49 \text{m}$ ) の増加量および 3000mTT で ( $6.75 \pm 5.06$  秒) の記録の伸びで有意な

差が認められた。非実施群については、それぞれの項目で有意な差はみられなかった。また、血中乳酸濃度については変化がなく、実験期間中の持久的能力の著しい向上はみられないと考えた。

2) 跳躍走を実施した 8 名において、脚伸展パワーの増加量と 3000mTT の記録の向上に有意な相関がみられた。

以上の結果から、陸上長距離走における跳躍走トレーニングは、基礎的な能力向上に役立つ可能性が認められた。また、脚伸展パワーの能力を向上することは、競技成績向上が期待できるという結果により、コーチングの現場において、この能力の改善を図る跳躍走は簡易的で有効なトレーニング手段の一つであることが示唆された。

## 引用文献

- 1) Allerheiligen,B.,Rogers,R. : プライオメトリックプログラムデザイン,NSCA Japan Journal,5,(3),4-8,(1998)
- 2) Allerheiligen,B.,Rogers,R. : プライオメトリックプログラムデザイン Part2,NSCA Japan Journal,5,(3),9-14,(1998)
- 3)Buckalew,D.P.,Barlow,D.A.,Fisher,J.W.,Richards,J.G. : Biomechanical profile of elite women marathoners. *Int.J.Sports Biomech.*,1,330-347,(1985)
- 4) Costill,D.L. : Inside running basic of sport physiology, Benchmark Press ,1st ed. Inc.Indianapolis,25-26, (1986)
- 5)帖佐寛章,佐々木秀幸,大西暁志,宮下桂治,沢木啓祐 : 陸上競技,第 1 版,76-92,大修館書店 : 東京(1975)
- 6) Dintiman,G.B., Ward,B.,Teliez,T.:スポーツスピード・トレーニング,第 1 版, 109-117, 大修館書店 : 東京(1999)
- 7) Dintiman,G.B., Ward,R.D. : スポーツ・スピード,第 1 版,67-71,ベースボール・マガジン社 : 東京(1991)
- 8)Dolezal,B.A.,Potteiger,J.A. : 長距離走選手のためのオフシーズンのレジスタンストレーニング, NSCA Japan Journal,5,(10),17-19,(1998)
- 9) 江橋博,後藤芳雄,西嶋洋子,今泉哲雄 : 一流男子マラソンランナーの最大有酸素パワーと等速性最大筋出力,体力研究,71,10-24,(1989)
- 10) 江橋博 : マラソンで勝つためのトレーニング.トレーニング科学研究会編 競技力向上のスポーツ科学II,第 1 版,30-40,朝倉書店 : 東京(1990)
- 11) Greene,L.,Pate,R. : 中・高校生の中長距離トレーニング,第 1 版,101-108,大修館書店 : 東京(1999)
- 12) 八田秀雄 : 乳酸,第 1 版,58-67,ブックハウス・エイチディ : 東京(1997)
- 13) 平井富弘,大山良徳,左海伸夫 : 等速性運動を用いた脚筋力増加に関するトレーニング条件の検討,体力科学,35,69-75,(1986)
- 14) 石井隆士,日隈広至,水野増彦,菅原勲,登坂一晴,宮舘美能留,松田竜太郎,細谷治朗,岸田謙二,渡邊文雄,古泉一久,長谷川健,清田寛,大和眞 : 陸上競技男女トラック種目の等速性筋力の特徴. 日本体育大学紀要,28,(1),67-75,(1998)
- 15) 岩竹淳,鈴木朋美,中村夏実,小田宏行,永澤健,岩壁達男 : 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係,体育学研究,47,253-261,(2002)
- 16)片平誠人 : 長距離ランナーの下腿部スポーツ障害と内在因子の関係,福岡教育大学紀要,49,(5),7-19,(2000)
- 17) 神林勲,勝田茂,永井純 : 長距離ランナーの走パフォーマンスと筋パワー、筋持久力なら

- びに骨格筋特性の関係,陸上競技研究,9,(2),10-18,(1992)
- 18) 黄川昭雄: スポーツ障害後の機能回復訓練—筋力評価の面から—, 体育の科学,39,(2),99-104,(1989)
  - 19) 木越清信,尾縣貢,田内健二,高松薫: 特異的な筋力および筋パワートレーニング手段としての立ち五段跳および立ち十段跳の有効性,陸上競技研究,47,(4),13-18,(2001)
  - 20) 菊池邦雄: 長距離選手の等速性筋力と競技成績に関する研究,広島大学総合科学部紀要,4,(4),35-41,(1986)
  - 21) LaFontaine,T.P.,Londeree,B.R.,Spath,W.K. : The maximal steady state versus selected running events. Med.Sci.Sports Exerc.,13,190-193,(1981)
  - 22) Martin,D.,Coe,P. : 中長距離ランナーの科学的トレーニング,第 1 版,192-215,大修館書店: 東京(2001)
  - 23) 松尾彰文,白水昭興,在田宗悟: 長距離選手の形態、身体組成および競技成績. トレーニング科学研究会編 競技力向上のスポーツ科学 I, 第 1 版, 38-48,朝倉書店: 東京(1989)
  - 24) Mero,A.,Komi,P.V. : Force and power analysis of sprint specific strength exercises. J.applied Bioniech.,10,1-13,(1994)
  - 25) 宮下充正: 走る科学,第 1 版,123-164,大修館書店: 東京(1990)
  - 26) 宮下充正: トレーニングの科学的基礎,第 1 版,10-11,66-71,ブックハウス・エイチディ,10-11,66-71,東京,(1993)
  - 27) 永井純,榎本靖士,木越清信,柴田賢二: 中距離走者におけるバウンディング持続能力,陸上競技研究,51,(4),18-24,(2002)
  - 28) 永田晟: 筋と筋力の科学,第 1 版,93-121,不昧堂出版: 東京(1984)
  - 29) Nicol,C.,Komi,P.V.,Maronnet,P. : Fatigue effect of marathon running on neuromuscular performance(1. Changes in muscle force and stiffness characteristics). Scand J.Med.Sci.Sports,1,10-17,(1991a)
  - 30) Nicol,C.,Komi,P.V.,Maronnet,P. : Effects of marathon fatigue on running kinematics and economy. Scand J.Med.Sci.Sports,1,195-204,(1991b)
  - 31) 日本陸上競技連盟科学委員会編: 体力測定法 日本陸連方式,第 1 版,119,講談社: 東京(1975)
  - 32) 西山一行,堀川浩之,角田直也: 長距離走選手における等速性筋出力特性と競技成績の関係,国土館大学体育研究所報,8,27-32,(1990)
  - 33) 三本木温,佐伯徹郎,岡田英孝,高松薫: リバウンドジャンプから見た持久走による脚筋疲労,バイオメカニクス研究,86-94,(1999)
  - 34) 三本木温,佐伯徹郎,山本泰明,鍋倉賢治,高松薫: マラソンレースにおける走速度の低下と脚力および筋パワーの低下との関係,体育学研究,45,503-512,(2000)
  - 35) 澤木啓祐,高岡郁夫: マラソン,第 1 版,15-20,38-63,104-112,ベースボール・マガジン社: 東京(1993)

- 36) 関岡康雄：陸上競技 跳躍,第1版,116-119,不昧堂出版：東京(1980)
- 37) Sherman, W.M., Armstrong, L.E., Murray, T.M., Hagerman, F.C., Costill, D.L., Staron, R.C., Ivy, J.L. : Effect of a 42.2km footrace and subsequent rest or exercise on muscular strength and work capacity. J.appl.physiol., 57,1668-1673,(1984)
- 38) Sjodin, B., Svedenhag, J. : Applied physiology of marathon running. Sports Med., 2,83-99,(1985)
- 39) 総務省統計局 統計研究所：第52回日本統計年鑑,666,日本統計協会：東京(2002)
- 40) 田村真一,若山章信,柳等,友末亮三,小嶋俊久,山根真紀：陸上中長距離選手の体力特性, スポーツ医・科学, 10, (1),41-48,(1997)
- 41) トニー・ネット：スピードを求めて 陸上競技選手のための新しい筋力トレーニング, 20-23,130-137,ベースボール・マガジン社：東京(1975)
- 42) トレーニング科学研究会編：トレーニング科学ハンドブック,第1版,110-113,朝倉書店：東京(1996)
- 43) 浦田和芳：プライオメトリックトレーニング再考[1], Training Journal ,205, (11),85-89,(1996)
- 44) 渡部近志：スプリントトレーニングにおける競技能力別指導についての一考察（バウンディング運動から）, 国士舘大学体育研究紀要, 13,7-11,(1987)
- 45) Williams, K.R., Snow, R., Agruss, C. : Changes in distance running kinematics with fatigue. Int.J.Sports Biomech., 7,138-162,(1991)
- 46) 山地啓司：マラソンの科学,第1版,62-78,大修館書店：東京(1983)
- 47) 山本正善,山本利春：激運動後のストレッチング、スポーツマッサージ、軽運動、ホットパックが疲労回復におよぼす影響—作業能力および血中乳酸の回復の指標として—, 体力科学, 42,82-92,(1993)
- 48) 吉儀宏,澤木啓祐,仲村明：長距離走者の競技力と脚筋力, 陸上競技研究, 41, (2),13-18,(2000)



A study on the relationship between race results  
and the muscular strength of legs in long distance running.  
- The viewpoint that bounding practice reinforces strength -

Akira NAKAMURA

### Summary

The purpose of this research was to examine how bounding practice, when used as a supplementary training exercise, positively influences the results achieved by long distance runners. The research was conducted by testing and measuring the muscular power of the athletes' legs, the power of leg extension, levels of lactic acid in the blood, ten jumps from a standing position, and 3000m time-trials.

The subjects of the test were 12 long distance runners who were members of the track and field club at Juntendo University.

These participants were also students of sports health sciences in the university.

The whole trial was conducted over a period of four weeks, with each participant completing 48 hours of bounding training. The training program included bounding practice over a 40m

distance, followed by a 60m wind sprint. This was repeated for 8 sets with a rest period of 2 minutes per set.

Measurements of the muscular power of the legs, the power of leg extension, blood lactic acid levels, ten jumps from a standing position, and 3000m time-trial were taken before and after the execution of the bounding program. The subjects were divided into two groups: a bounding group and a non-bounding group. At the end of a four month period, the groups were interchanged, and the same test and measurement procedures were repeated for this new round of training.

The number of people of times was at least secured for the experiment beginning. But the number of subjects has decreased to eight people because of the injury and bad health.

The following results were clarified.

- 1) As a result of the training, the muscular power of the legs had increased about  $(1.36 \pm 0.78\text{kg/kg-weight})$  between pre-test and post-test in the group that had included bounding training. The record of ten jumps from a standing position also showed an increase  $(0.45 \pm 0.49\text{m})$ , and the 3000m time-trial results improved  $(6.75 \pm 5.06 \text{ seconds})$  as well. A significant difference could be seen in the results of each test above among

the subjects of the bounding group. By contrast, no significant difference was visible among the non-bounding group in any of item. Furthermore, it could be seen that there was no difference in the endurance of the participants during the experiment period, because the density of lactic acid in their blood did not change.

2) A significant correlation was seen between the increased rate of leg extension power and the improvement in 3000m time-trial results, although a significant improvement was not obvious between pre-test and post-test of leg extension power in bounding group of eight participants.

From the above-mentioned results, it can be seen that bounding-training may be useful in improving athletes' basic ability for long distance running in track and field sports.

As the results of this research have shown, it is possible to expect improvements in competitive ability due to measurable increases in leg extension power resulting from bounding training, leading to the conclusion that bounding training may be a simple and effective method of training in practice.

表 1.被験者の身長、体重および5000m競技成績の平均値と標準偏差

		年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	5000m自己記録 (分:秒)
前期跳躍走実施群 (3名)	平均値	19.3	176.0	60.6	15:09.0
	標準偏差	1.2	4.0	3.6	00:16.8
後期跳躍走実施群 (5名)	平均値	19.2	172.0	56.9	15:17.2
	標準偏差	0.8	9.0	5.1	00:31.3
全体 (8名)	平均値	19.3	173.0	58.3	15:14.0
	標準偏差	0.9	7.0	4.7	00:25.7

表 2. 実験期間中における各測定項目の平均値と標準偏差の変動

		前期			後期		
		プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量
脚筋力 (kg/kg体重)	前期実施群(3名)	6.57±2.98	8.49±2.47 *	1.91±0.52	8.91±2.14	9.19±0.93	0.28±1.21
	後期実施群(5名)	6.97±1.79	7.10±2.32	0.13±1.54	8.80±0.98	9.83±0.68 *	1.03±0.75
脚伸展パワー (W/kg体重)	前期実施群(3名)	28.06±4.25	28.36±2.62	0.31±2.40	28.43±3.75	27.74±4.38	-0.70±0.76
	後期実施群(5名)	24.72±3.70	23.81±2.26	-1.72±4.49	25.53±1.24	26.04±3.87	0.51±3.49
立ち十段跳び (m)	前期実施群(3名)	24.25±2.71	25.05±2.22	0.80±0.52	25.18±2.18	25.37±1.93	0.19±0.47
	後期実施群(5名)	23.83±1.71	24.07±1.40	0.24±0.60	25.18±1.60	25.42±1.47	0.24±0.36
3000mTT (分:秒)	前期実施群(3名)	9:03.7±14.6	8:56.3±13.3	7.33±3.2	8:50.0±12.3	8:48.7±14.0	1.33±8.5
	後期実施群(5名)	9:11.6±13.4	9:16.2±19.5	-4.6±10.8	9:04.2±13.6	8:57.8±13.1	6.40±6.3
血中乳酸濃度 (mmol/l)	前期実施群(3名)	10.47±2.03	10.93±0.83	0.47±2.77	12.20±3.27	11.13±5.12	-1.07±0.86
	後期実施群(5名)	11.26±4.12	11.84±4.94	0.58±2.26	11.42±3.60	10.48±3.04	-0.94±2.25

\* p<0.05 , 平均±標準偏差

表3-1. 跳躍走実施群の各被験者の測定項目の変化量および平均値と標準偏差

	3000mTT (秒)			脚筋力 (kg/kg体重)			脚伸展パワー (W/kg体重)			立ち十段跳び (m)			血中乳酸濃度 (mmol/l)		
	プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量
A	09:15	09:02	+13	8.46	9.51	+1.05	26.29	32.53	+6.24	27.90	27.88	-0.02	14.60	15.00	0.40
B	09:14	09:03	+11	3.14	5.65	+2.51	27.14	29.02	+1.89	21.87	22.99	+1.12	12.10	10.00	-2.10
C	08:51	08:39	+12	9.39	9.49	+0.10	23.37	23.93	+0.56	25.27	25.29	+0.02	12.30	9.90	-2.40
D	09:22	09:15	+7	10.20	10.90	+0.70	33.65	31.19	-2.46	24.31	24.42	+0.11	14.40	11.80	-2.60
E	08:47	08:41	+6	8.57	10.23	+1.65	23.38	24.88	+1.50	27.20	27.40	+0.20	8.20	11.60	3.40
F	09:10	09:05	+5	8.00	9.58	+1.58	26.14	25.77	-0.36	23.67	24.76	+1.09	11.10	11.20	0.10
G	08:54	08:54	±0	8.06	9.18	+1.12	26.28	25.56	-0.72	24.48	25.35	+0.87	6.00	8.40	2.40
H	08:59	08:59	±0	7.89	10.05	+2.17	25.58	22.41	-3.17	23.94	24.15	+0.21	9.80	7.30	-2.50
平均	09:04.0	08:57.3	6.75	7.96	9.32	1.36	26.48	26.91	0.43	24.83	25.28	0.45	11.06	10.65	-0.41
標準偏差	12.9	12.2	5.1	2.10	1.58	0.78	3.21	3.60	2.93	1.95	1.64	0.49	2.97	2.35	2.37
有意差	**			**						*					

\* p&lt;0.05 ,\*\* p&lt;0.01

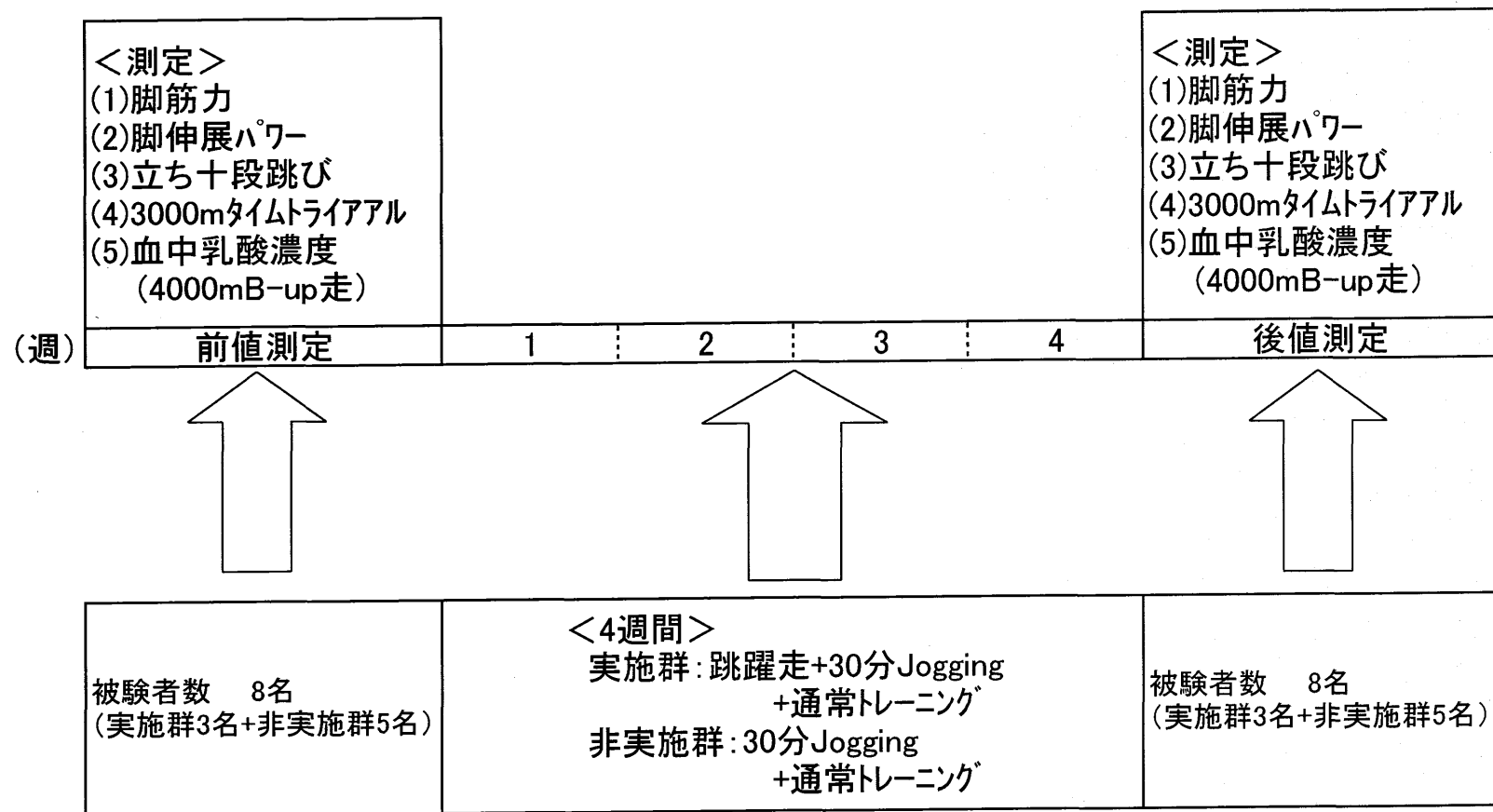
表3-2. 跳躍走非実施群の各被験者の測定項目の変化量および平均値と標準偏差

	3000mTT (分:秒)			脚筋力 (kg/kg体重)			脚伸展パワー (W/kg体重)			立ち十段跳び (m)			血中乳酸濃度 (mmol/l)		
	プレ	ポスト	変動量(秒)	プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量	プレ	ポスト	変動量
A	09:17	09:22	-5	4.87	5.27	0.40	29.95	25.90	-4.05	26.40	26.30	-0.10	15.00	16.80	1.80
B	08:41	08:48	-7	6.51	8.17	1.67	26.84	25.40	-1.45	25.10	24.87	-0.23	11.30	10.40	-0.90
C	09:12	09:01	+11	7.85	5.61	-2.24	27.25	20.21	-7.04	22.14	23.41	1.27	12.20	11.20	-1.00
D	09:31	09:47	-16	9.30	10.00	0.70	22.78	23.30	0.52	22.96	22.97	0.01	13.40	17.40	4.00
E	08:45	08:35	+10	10.60	10.00	-0.60	32.72	32.80	0.08	27.40	27.50	0.10	8.60	6.60	-2.00
F	09:04	09:03	+1	9.62	9.41	-0.22	25.73	25.03	-0.70	23.04	23.73	0.69	16.70	16.40	-0.30
G	08:59	09:12	-13	7.28	9.25	1.97	21.53	24.23	2.70	24.66	24.59	-0.07	7.60	6.60	-1.00
H	08:59	08:59	±0	5.55	5.36	-0.18	22.07	25.43	3.36	22.97	23.07	0.10	8.10	7.20	-0.90
平均	09:03.5	09:05.9	-2.38	7.70	7.88	0.19	26.11	25.29	-0.82	24.33	24.56	0.22	11.61	11.58	-0.04
標準偏差	16.5	21.9	9.8	2.03	2.12	1.33	3.94	3.54	3.42	1.87	1.63	0.51	3.35	4.70	1.96
有意差															

表 4. 3000mタイムトライアルの向上率と各測定項目間の増加量、変化量の相関係数

	記録	脚筋力	脚伸展パワー	立ち十段跳び	血中乳酸濃度
記録	-	0.10	0.72 *	0.23	0.30
脚筋力		-	0.00	0.66	0.20
脚伸展パワー			-	0.04	0.09
立ち十段跳び				-	0.12
血中乳酸濃度					-

\*:  $p < 0.05$



※4週間の実験期間終了後、4ヶ月後に実験群を交錯させ再度4週間の実験を行う。

図 1. 実験手順



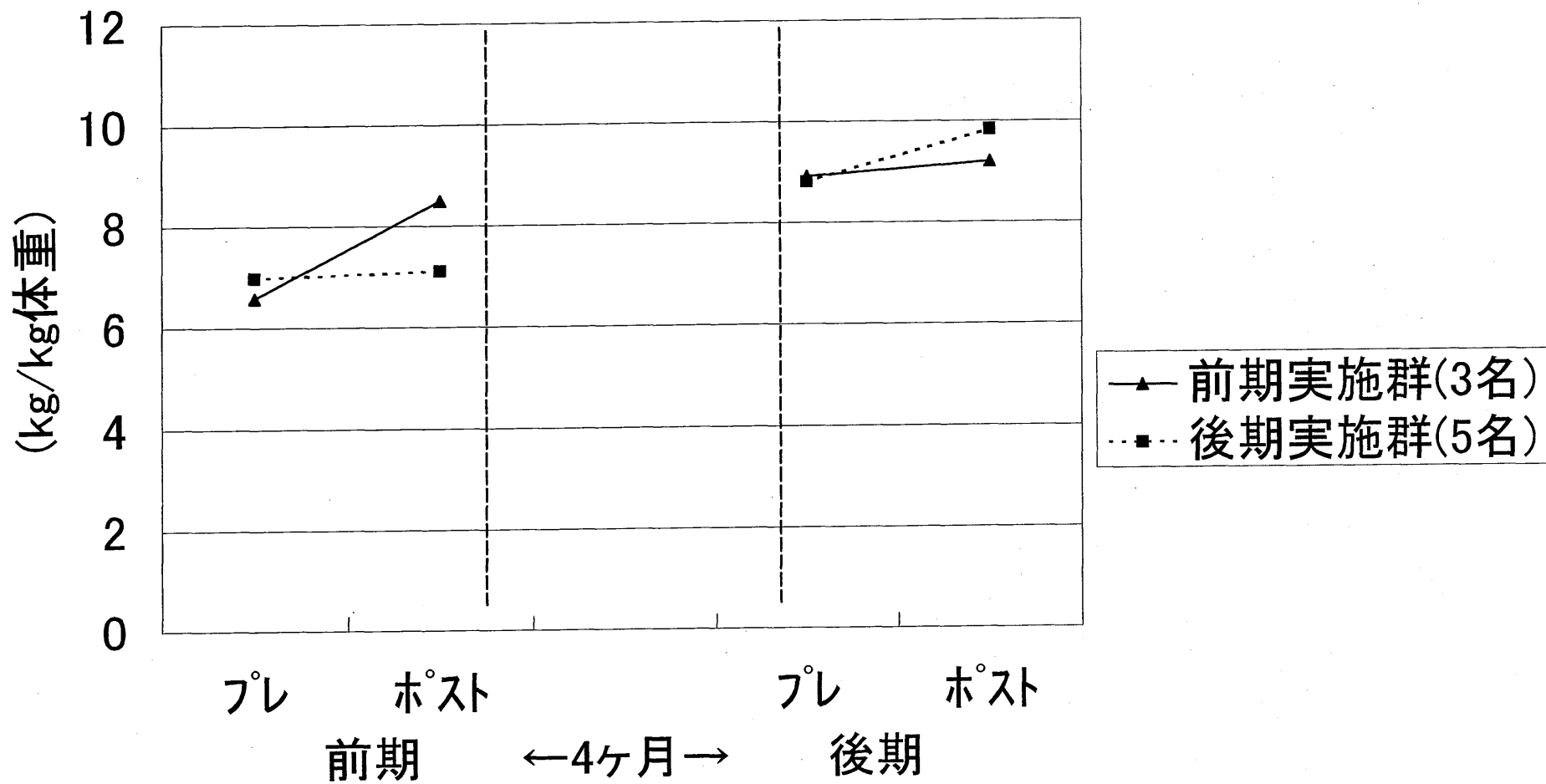


図2. 脚筋力の変動(実施時期別)

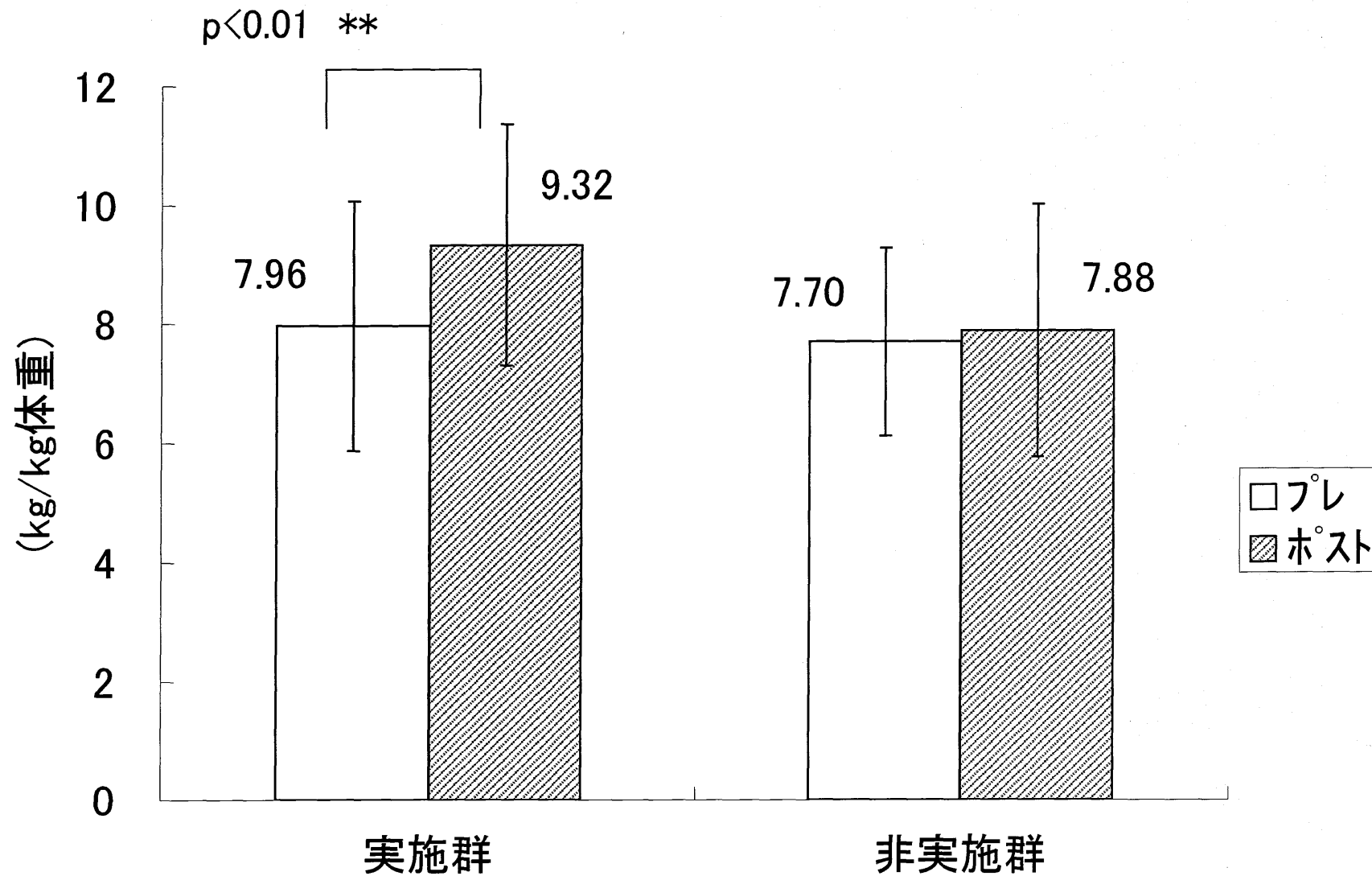


図3. 脚筋力(プレ・ポスト)の比較

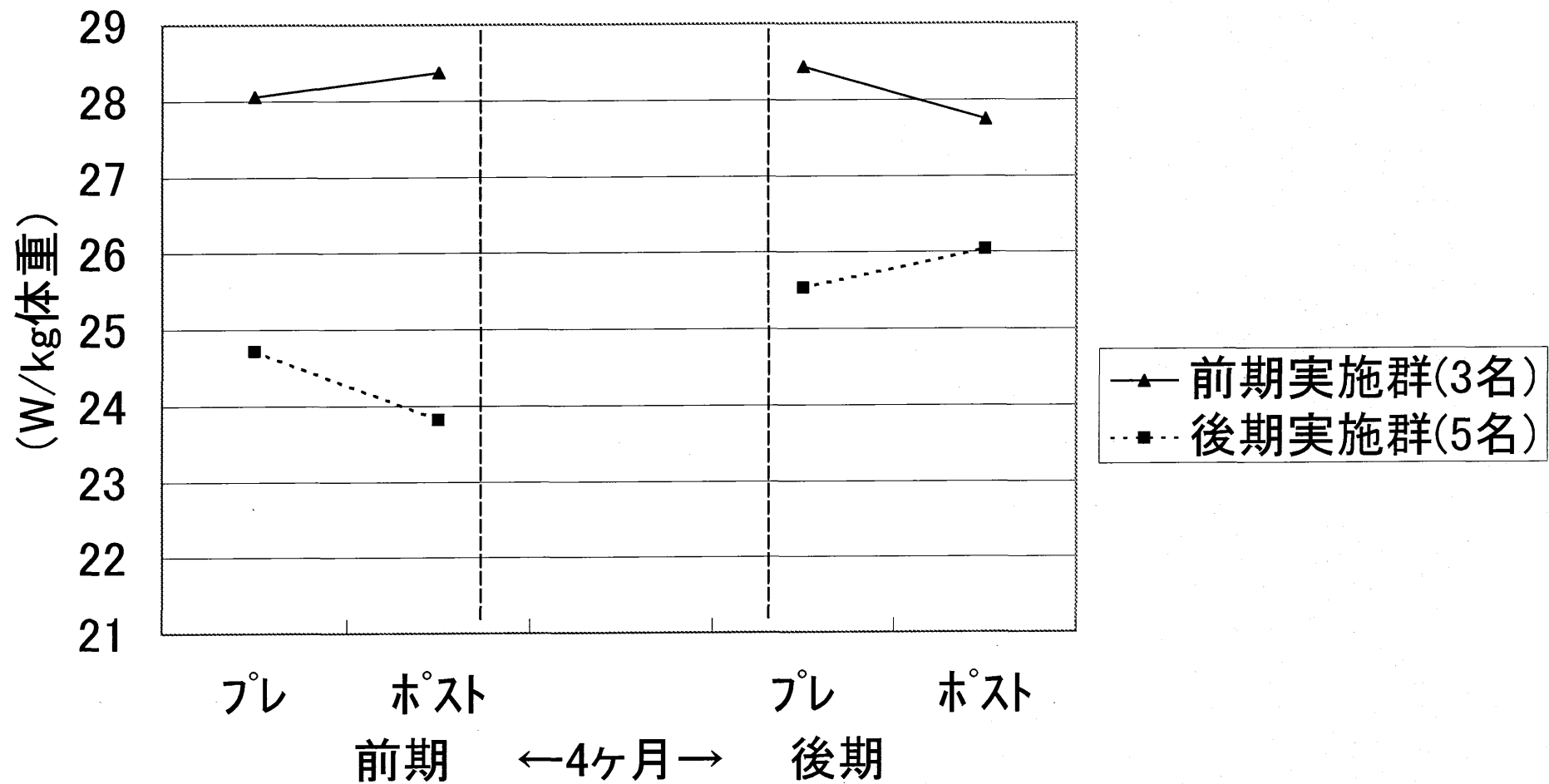


図4. 脚伸展パワーの変動(実施時期別)

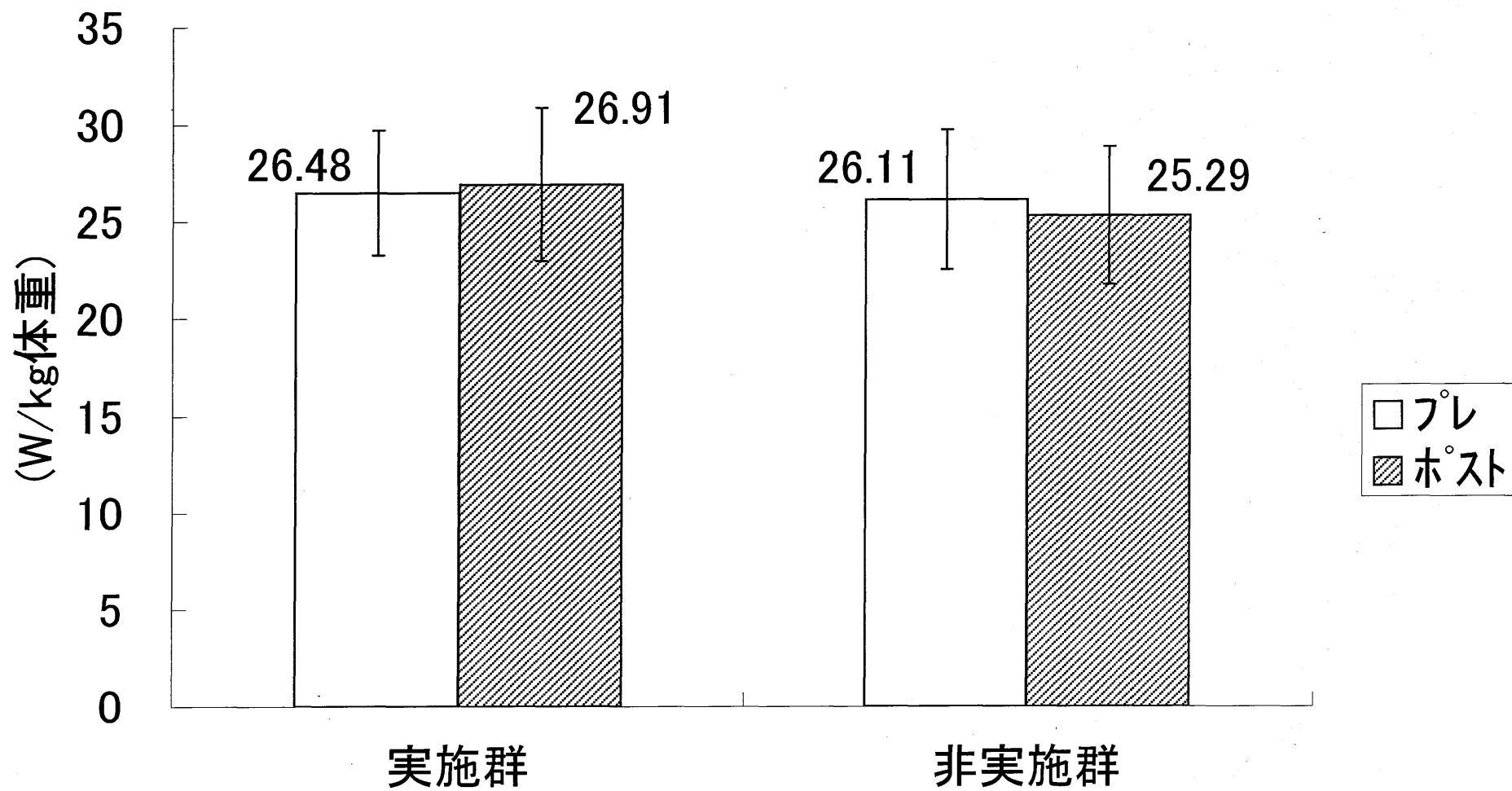


図5. 脚伸展パワー(プレ・ポスト)の比較

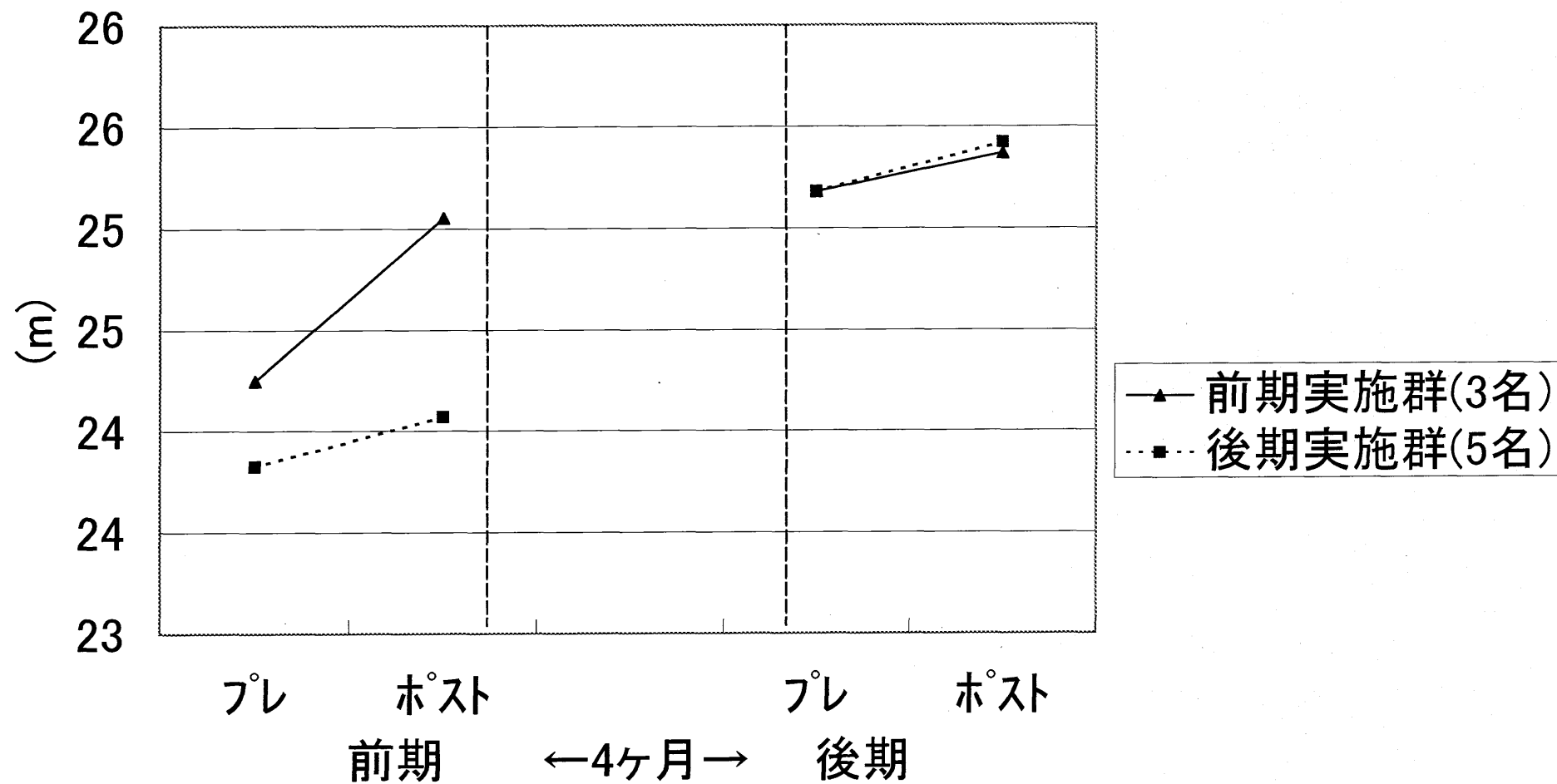


図6. 立十段跳びの変動(実施時期別)

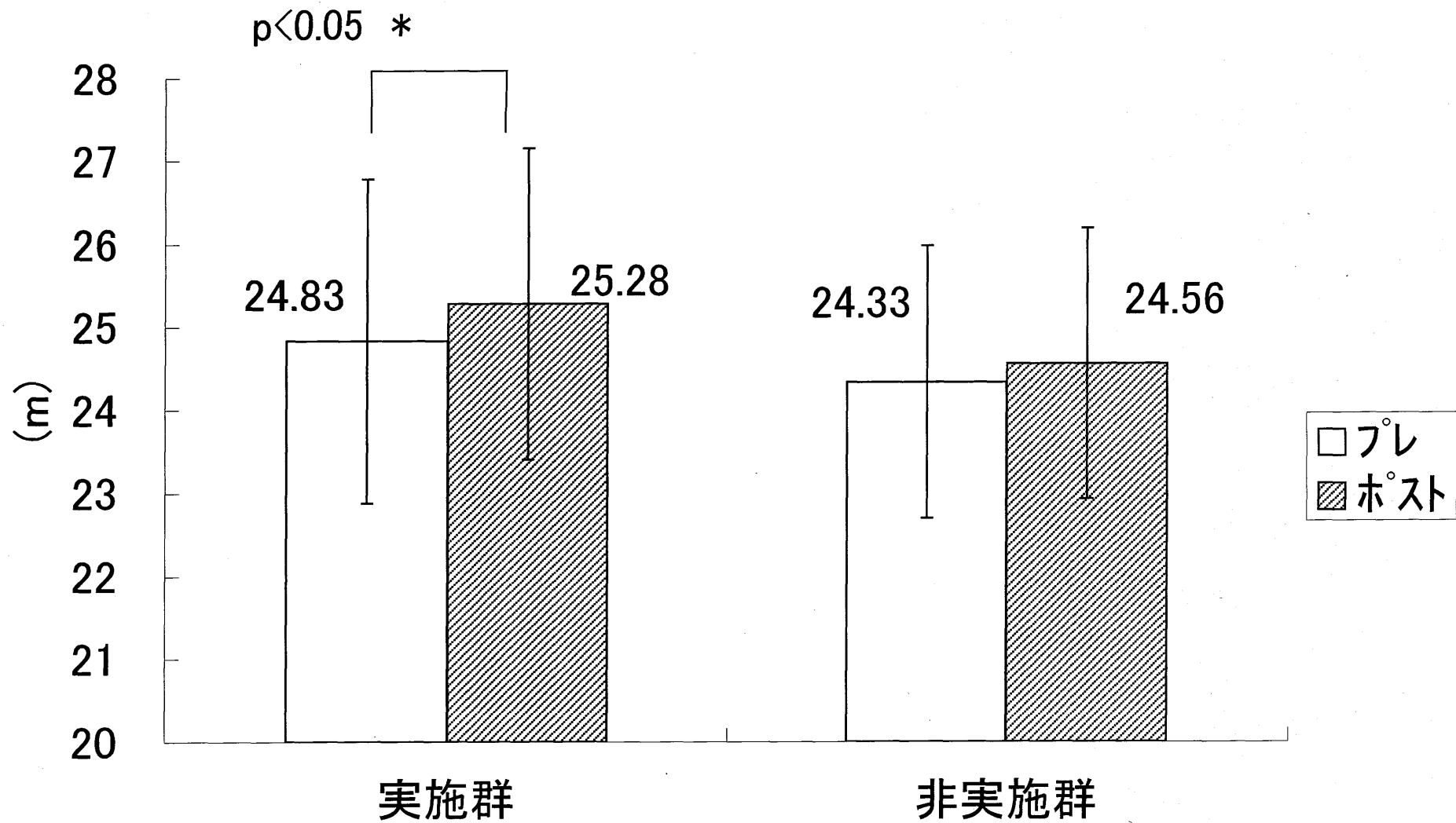


図7. 立ち十段跳び(プレ・ポスト)の比較

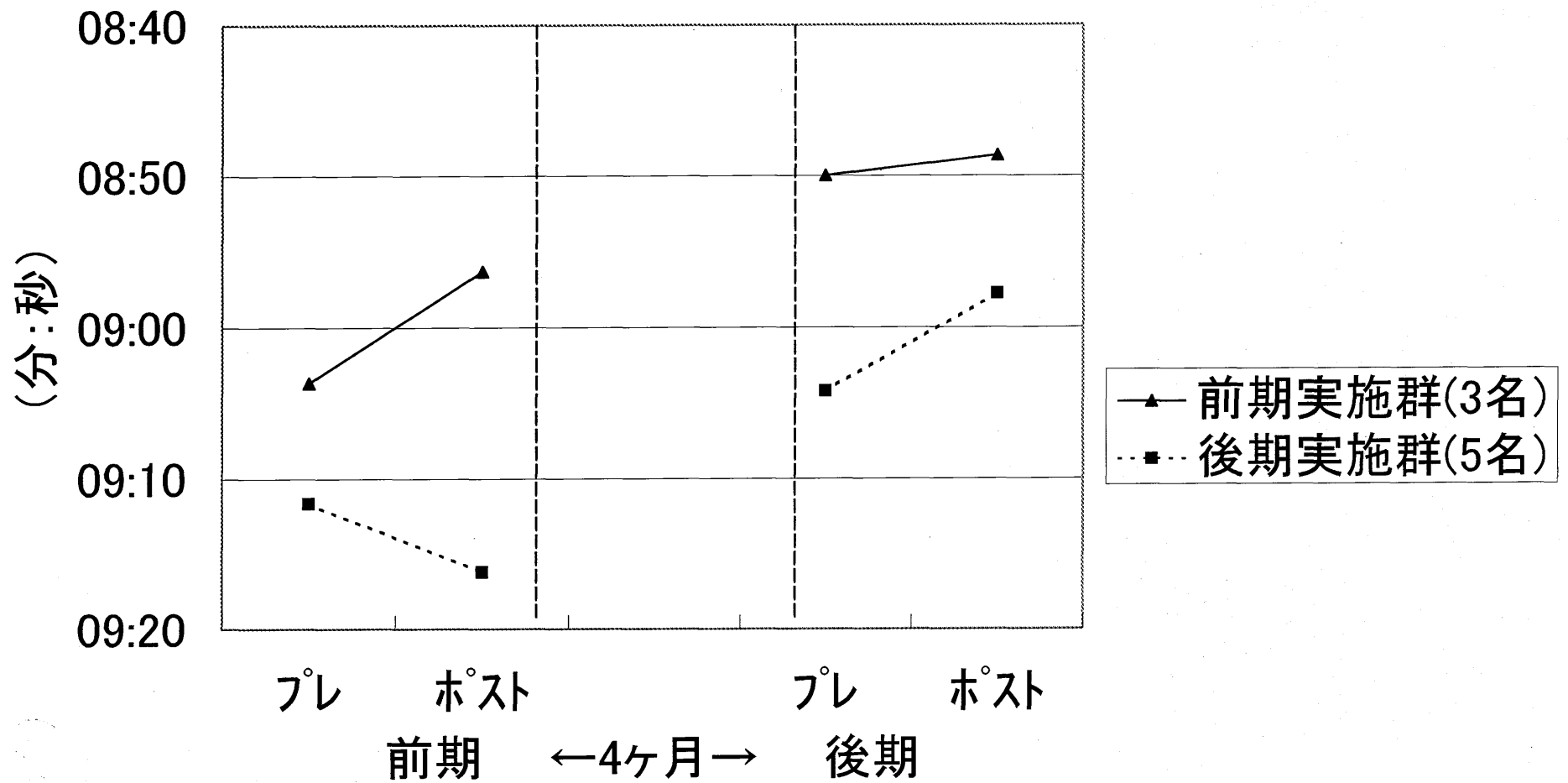


図8. 3000mTTの変動(実施時期別)

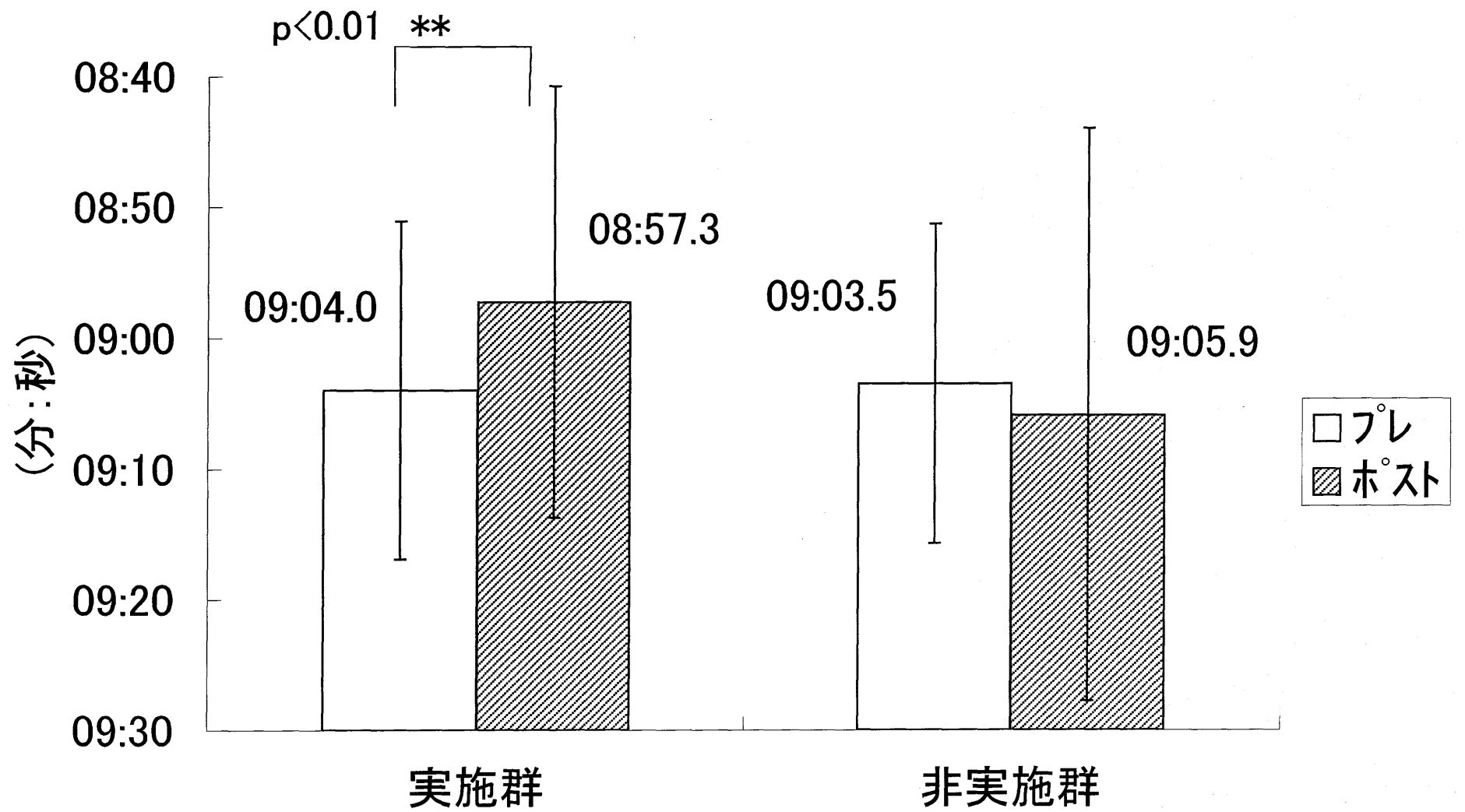


図9. 3000mTT(プレ・ポスト)の比較



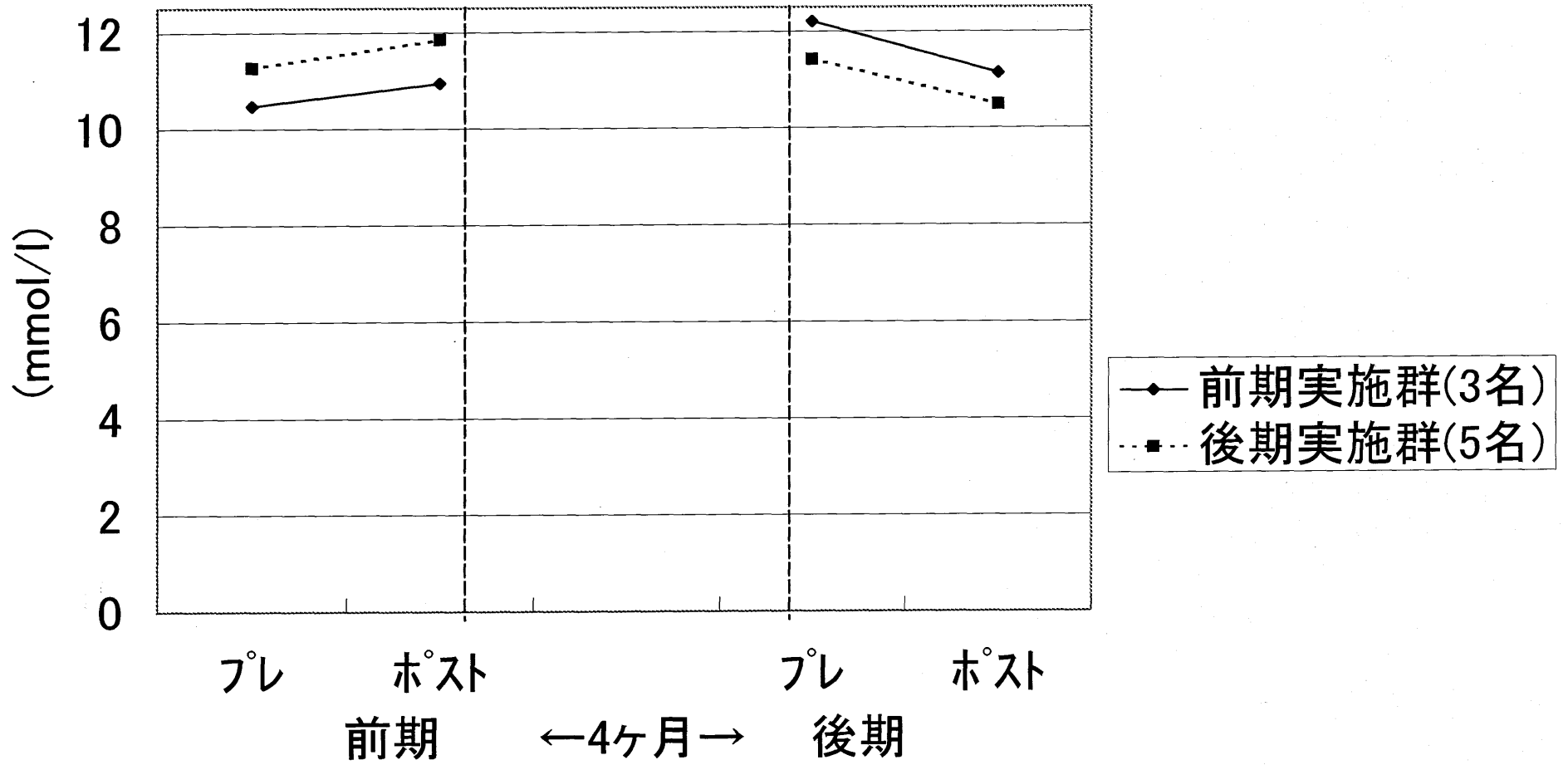


図10. 血中乳酸濃度の変動(実施時期別)

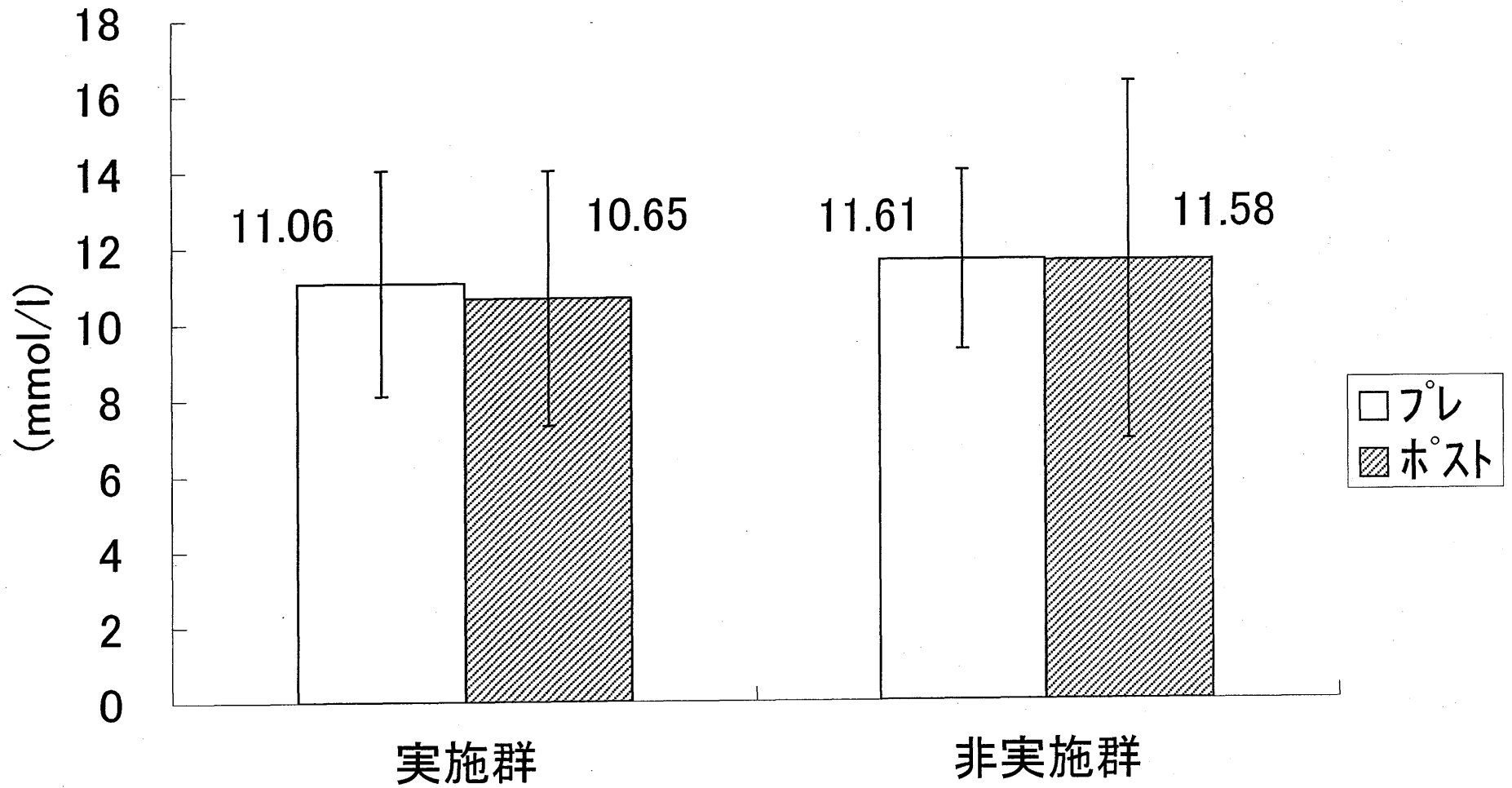


図11. 血中乳酸濃度(プレ・ポスト)の比較

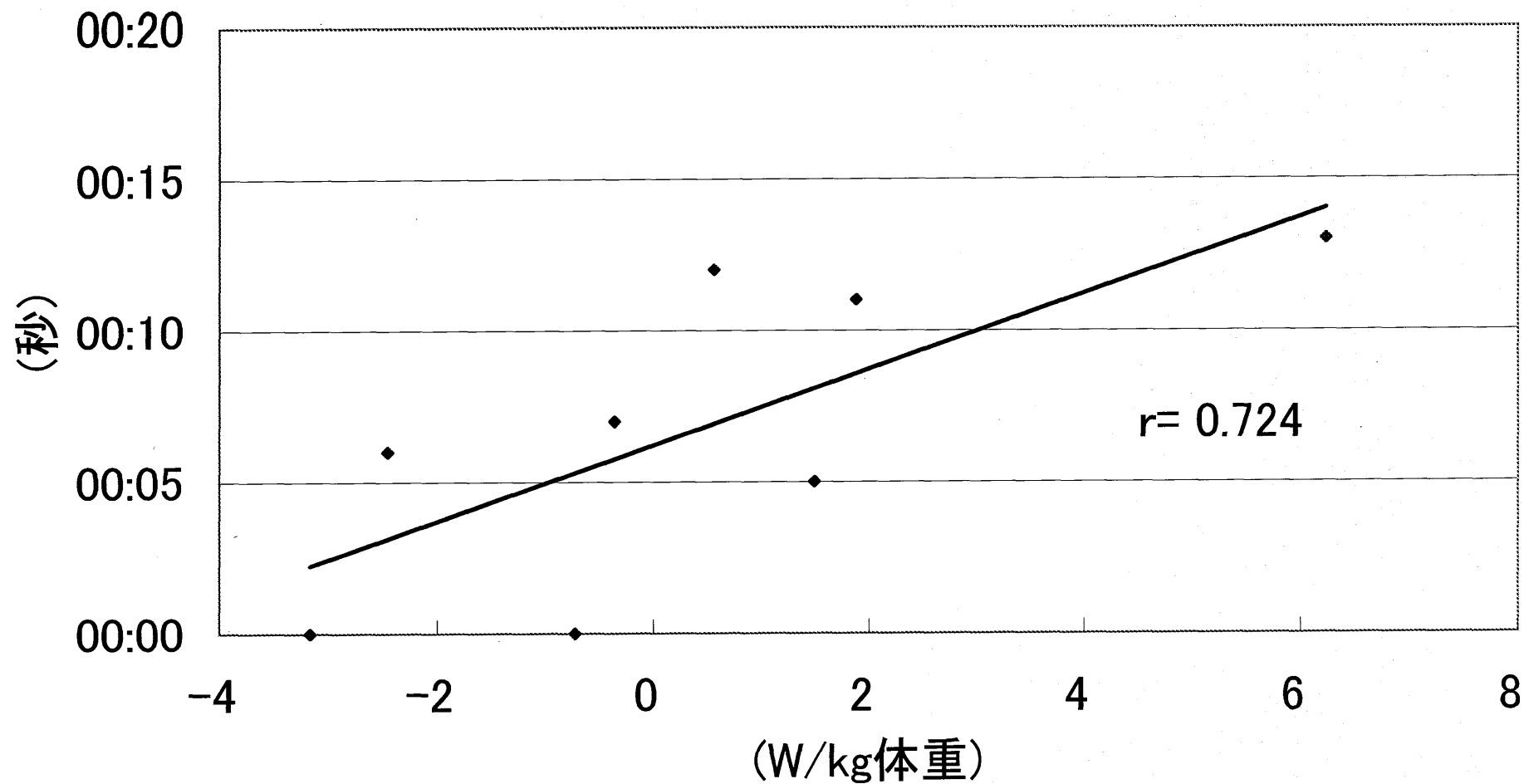


図12. 脚伸展パワーと3000mTT変化量の相関  
(跳躍走実施後)

資料1. 実験開始時における被験者身体特性と5000m競技成績

		年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	5000m自己記録 (分:秒)
前期跳躍走実施群 (6名)	平均値	19.0	173.8	60.4	15:17.9
	標準偏差	1.1	4.5	3.5	00:42.3
後期跳躍走実施群 (6名)	平均値	19.2	171.8	57.4	15:21.1
	標準偏差	0.8	0.8	4.7	00:29.6
全体 (12名)	平均値	19.1	172.3	58.9	15:19.5
	標準偏差	0.9	6.0	4.3	00:34.9

資料2. 実験期間中の平均気温と降雨日数

	平均気温 (°C)	標準偏差 (°C)	降雨日数 (日)
5月	17.1	2.6	10
6月	20.3	2.5	12
10月	16.9	3.7	9
11月	9.2	2.3	4

付表 1.

平成 年 月 日

順天堂大学スポーツ健康科学研究科  
博士前期課程 仲村 明 殿

### 実験参加同意書

わたしは、貴殿が実施する「陸上競技長距離走における競技成績と脚筋力の関連性について」の内容と、起こりうる危険性について事前に詳細な説明を受け、本人の自由意志により、実験に被験者として参加することを同意いたします。

また、本人の自由意志により、いつでも実験から離脱できる自由が保障されていることを承知しております。

<住所>

<氏名>

印

生年月日（昭和 年 月 日満 歳）

-----  
※未成年者は保護者の承認が必要となりますので、承諾いただける保護者は下記承諾書に署名・捺印して下さい。

#### 保護者承諾書

実験に参加する被験者は未成年でありますので、本人が実験に参加することを保護者として承諾します。

保護者氏名

印