

平成14年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科

博士課程前期課程 修士論文

陸上競技長距離走者の重心動揺と下肢筋群のバランス、  
競技能力との関連性について

コーチング科学分野 河野 良平

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

金子 今朝秋

副査

菅原 香二

## 目次

	頁
第1章 緒言	1
第2章 関連文献の考証	4
第1節 長距離走の特徴	4
第2節 重心動揺	6
(1) 重心動揺	6
(2) 一般人の重心動揺	8
(3) スポーツ選手の重心動揺	9
第3節 下肢筋群のバランス	11
(1) 重心動揺と下肢筋群のバランス	11
(2) 長距離走者と下肢筋力	12
第3章 研究目的	13
第4章 研究方法	14
第1節 被験者	14
第2節 測定項目と測定方法	15
(1) 重心動揺	15
(2) 下肢筋力	16
(3) 競技能力	18
第3節 測定期間および場所	18

第4節	統計処理	19
第5章	結果	20
第1節	各測定項目間の相関	20
(1)	競技成績と重心動揺	20
(2)	競技成績と下肢筋力	20
(3)	重心動揺と下肢筋力	21
第2節	上位群と下位群の比較	21
(1)	A群とB群の比較	21
(2)	C群とD群の比較	23
第3節	前期および後期の変化	23
(1)	向上群の重心動揺および下肢筋力の変化	24
(2)	低下群の重心動揺および下肢筋力の変化	24
第6章	考察	25
第1節	各測定項目間の比較	25
(1)	競技成績と重心動揺	25
(2)	競技成績と下肢筋力	27
(3)	重心動揺と下肢筋力	29
第2節	前期および後期の変化	30
第7章	結論	32
第8章	要約	33

引用文献 35

欧文要約 39

謝辞

表1～14

図1～10

付表1

## 第1章 緒言

スポーツにおいて走るといふ運動は基本的な動作であり、身体を目的の方向に効率よく移動することが必要とされる<sup>36)</sup>。その中でも長距離走は、長い距離をいかに速く走れるかを競うものであり、高い全身持久力<sup>18)</sup>とともに、より経済的な、効率のよい動きの持続性が求められる<sup>21)</sup>。

関岡<sup>36)</sup>は、走ることの基本は歩くことであり、歩くことの基本は「バランスよく立つ」ことからはじまると述べている。エッカー<sup>42)</sup>は、バランスよく立っている状態から、重心が足底面の上方から外れるまでゆっくり前傾していくと、自然に足が前に出て、倒れないように足を出していくと、歩くことから走ることへ変化すると述べている。また、藤原<sup>11)</sup>は、立位姿勢の違いによって、立位で重心位置が踵寄りにある人は、歩行・ランニングのときも重心位置は踵寄りであり、身体を後方に反らして歩行・ランニングする傾向がみられると報告している。

一方、さまざまな動作の基本となっている立位姿勢は、視覚、前庭感覚、抗重力筋固有感覚、足底部皮膚感覚等を入力とする様々な反射機構によって保たれている<sup>46)</sup>。また、Romberg<sup>30)</sup>は立位姿勢を保持している際に身体が動揺していることを報告している。この身

体の動揺を立位姿勢での足圧中心の動きから、客観的、数量的に捉えたものが重心動揺である<sup>39)</sup>。重心動揺を測定することは、立位姿勢を評価するという意味で重要であると考えられる。

平沢<sup>15)</sup>は一般人の重心動揺について述べている。また、田中<sup>41)</sup>は柔道選手と一般人の重心動揺の相違について、河合ら<sup>22)</sup>はバスケットボール、バレーボールおよび弓道選手における重心動揺の相違について述べている。

砂田ら<sup>38)</sup>は重心動揺という観点から、重心動揺の範囲の拡大は、各抗重力筋のバランスが崩れたときに起こると述べている。

これら以外にも、重心位置と筋力のバランスについてみた先行研究もある。安藤ら<sup>2)</sup>は、18歳から21歳の一般男子学生を対象に重心位置と下肢筋群の関係についてみた結果、下肢の筋力バランスと重心位置の安定との間に関連があると報告している。また、山内ら<sup>50)</sup>も、一般学生を対象に、下肢筋力と重心位置を測定し、重心位置の矯正をするために必要な下肢筋群の筋力トレーニングの指針を見出している。

さらに、長距離走者の筋力と競技成績の関係についてみた先行研究もある。江橋ら<sup>6)</sup>は、マラソンランナーを対象に、膝関節伸展最大筋力および屈曲最大筋力とも競技成績と有意な相関を認めたと報告している。同様に、沼澤ら<sup>30)</sup>も、中長距離選手を対象として、競

技成績と下肢筋力は密接に関連があり、下肢筋力の重要性を述べている。

しかし、先行研究のなかには、下肢筋力と競技成績との関連が認められないという報告もある。菊池<sup>23)</sup>は、長距離選手を対象に、等速性膝伸展筋力と競技成績との間に有意な差は認められなかったとしており、同様に、松尾ら<sup>24)</sup>は、長距離選手を対象に等速性膝伸展および屈曲筋力は競技成績に影響を及ぼしてはいないと報告している。このように、長距離走者と下肢筋力との関係に一定した見解は得られていない。

また、立位姿勢を評価する重心動揺と長距離走者の競技成績との関連性をみたものはみあたらず、下肢筋力と重心動揺との関係をみた報告も少ない。

これらのことから、特に長く身体を効率よく移動させなければならぬ長距離走者における立位姿勢について研究を行うことは、長距離走において、重要なことだと考えられる。

したがって、重心動揺と長距離走者の競技成績の関連性を検討すること、さらには下肢の筋力バランスもあわせて検討することは必要であると考えられる。

## 第2章 関連文献の考証

### 第1節 長距離走の特徴

陸上競技長距離走者の競技成績を決定する因子として、澤木ら<sup>33)</sup>は、①最大酸素摂取量が大いこと、②酸素摂取水準が高いこと、③無酸素性作業閾値が高いこと、④筋力が大いこと、⑤ランニングの経済性に優れていること、⑥強い意志力を有することの6因子をあげている。また、最も重要である最大酸素摂取能力が同じであっても、競技記録に差が出る場合があり、その差は、ランニングフォームの優劣、動機づけの高低によって決まってくると述べている。また、永井<sup>25)</sup>も、潜在的にもつ力が同じで、記録に差があるとすれば、フォームの技術に差があると述べている。

最も経済的なランニングフォームについて、Williams and Cavanagh<sup>48)</sup>は、前方にスウイングされた踵が振りもどされながら衝撃の少ない着地を行い、支持脚の膝が安定し上下動が少なく、キックの際、大地と足底の角度が狭く、素早いキックが行われるとしている。また、Anderson<sup>1)</sup>は、①無意識に選択したストライドの長さ、②重心の上下動が少ないこと、③前方に振り出された脚の膝の角度が大いこと、④キックの際足首の角速度が素早く、可動範囲

が狭いこと、⑤腕の振りが適当であることなどを経済的なフォームとしてあげている。さらに、山地<sup>49)</sup>は、ストライドの長さが長く、重心の上下動は小さく、上体は適度なリズムとバランスを保つことが経済的なフォームになると述べている。しかし、フォームについては、統一の見解はなく、個性に応じた理想のランニングフォームを求めていかなければならない<sup>26)</sup>。

走るという運動は、身体を目的の方向に効率よく移動させることであり、陸上競技の場合には、より速く移動するという課題が加味される<sup>36)</sup>。しかも、長距離走は、距離がのびるため、より経済的な、効率の良いフォームの持続性が求められる。また、悪いフォームは疲労が蓄積されやすく、故障の原因にもなりかねない<sup>34)</sup>。よって、腰の位置をやや高く保ち、軽い前傾姿勢をとり、前に出た脚に腰をのせ、スムーズな重心の移動を心がけなければならない<sup>25)</sup>。

また、関岡<sup>36)</sup>は走ることの基本は歩くことであり、歩くことの基本はバランス良く立つことからはじまると述べている。エッカー<sup>42)</sup>は、バランスを保って立っている状態から、重心が足底面の上方から外れるまでゆっくりと前傾していくと、自然に足が前が出る。そのまま前傾を続けていくと、前方に倒れ込まないようにもう1歩、または数歩足がでる。この支持面を連続して調整することが、歩くことであり、重心がさらに前方に移動していくと、頻繁に足を踏み

出さなければならなくなり、歩くことから走ることへ変化すると述べている。藤原<sup>11)</sup>は、立位姿勢の違いによって、歩く・走る姿勢がどのように違うかを、側面からみたところ、立位で重心位置が踵寄りにある人は、歩く・走るときも重心位置は踵寄りであり、身体を後方に反らして歩く・走る傾向がみられると報告している。

これらの報告から、走ることの基本であるバランスよく立つこと、すなわち立位での安定した姿勢が、走ること、すなわち効率よく移動することに関連があるのではないかと考えられる。

## 第2節 重心動揺

### (1) 重心動揺

ヒトの基本的特徴である立位姿勢は、支持面が狭く、重心位置は高く、物理的立場からみると、はなはだ不安定な状態にあるといえる<sup>10)</sup>。しかしながら、視覚、前庭感覚、抗重力筋固有感覚および足底部皮膚感覚などを入力とする様々な反射機構によって、立位姿勢は保持されている<sup>46)</sup>。

立位姿勢の安定性は、Romberg<sup>30)</sup>が立位姿勢を保持している際に身体が動揺していることを報告して以来、身体動揺の定量化を通じて評価されてきた。

重心動揺とは、直立時の足圧中心の動きから身体動揺を客観的、

数量的に捉えるものである<sup>39)</sup>。

重心とは、足圧中心のことであり、足圧中心とは、直立時、体重支持面である足底に対して、垂直方向に加重される圧力の中心点である。足圧中心の移動は、静止直立姿勢において床面に反映に投影される重心位置と近似するため、この動揺を藤原ら<sup>8)</sup>や鈴木ら<sup>39)</sup>など多くの研究のなかで重心動揺として扱っている<sup>13)</sup>。したがって、本研究においても、足圧中心を重心と定義する。

また、重心位置とは、足長を100%としたときに、重心位置が踵からつま先の方に向かって何%のところにあるのかをあらわしたものと定義する。

重心動揺を測定することにより得られる指標には重心位置、移動距離および移動面積などがある。

移動距離および移動面積とは、足圧中心点の移動距離および移動面積を表し、身体動揺の大小を示す<sup>39)</sup>。また、鈴木ら<sup>39)</sup>および坂口ら<sup>31)</sup>は、安定性の指標としている。したがって、本研究においても、移動距離および移動面積を安定性の指標とする。

重心動揺の測定にあたり、藤原ら<sup>8)</sup>は、回数を重ねることによる学習効果の有無を調べるため、重心動揺を20回測定し、重心位置と移動距離の初回から5回ごとの平均値を求め、比較を行った。その結果、重心位置および移動距離には、5回ごとの各回数間に有意

差はなかったことから、最初の 5 回の平均値が代表値として信頼できると判断している。

以上のことをもとに、重心動揺と立位姿勢に関する研究は多くみられる。そのなかのいくつかを対象者別に述べてみる。

## (2) 一般人の重心動揺

立位姿勢に現れる身体動揺の検査は、揺らぎを肉体的に観察しようとする 1824 年の Romberg の閉眼閉脚における負荷検査に始まる。その後、頭部動揺の観察と記録が、次いで秤による足圧中心の動きを負荷荷重の大きさより捉えることが行われ、腰の動揺の記録も行われた。1960 年代になると動揺度を電氣的に捉えることが可能になり、1967 年には菅野らにより三点支持ストレンゲージ法の重心動揺計が試作され臨床応用にされるにいたった<sup>27)</sup>。

また、平沢<sup>15)</sup>は、重心動揺を二次元的に把握する重心計 (Gravicorder) を開発し、立位姿勢の定量的評価を試みた。測定対象は、男女合わせて 4,790 名とし、両足の立位姿勢について重心動揺を測定し、年代別に分析した。その結果、移動面積は、20 才代が最も小さい値を示し、50 才代以降から急増すると報告している。6 才から 20 才まで変化は、スキヤモンの発達曲線のうち、神経系にきわめて似ていることから、直立能力の発達には、神経系の発育発

達が重要な因子になっていると報告している。

移動距離についても、鷺見ら<sup>45)</sup>は、50才以上になると増大することを報告している。また、藤原ら<sup>8)</sup>は、加齢による下肢筋力の低下が、立位姿勢の安定性に密接な関係があると報告している。

重心位置については、平沢<sup>15)</sup>が、年代別に調査した結果、6才から11才で踵から足長の約41%であり、加齢にともないつま先寄りに移行し、20才代から50才代で約47%、60才代から90才代で約46%と報告している。しかし、この研究は1960年代のものであり、その後1980年代の平均は約40%と報告している<sup>16)</sup>。

浅井ら<sup>3)</sup>は、重心位置は踵から足長の約40から45%の範囲に位置し、男女差はほとんどないと述べている。

### (3) スポーツ選手の重心動揺

習慣的なスポーツや運動を行っているものほど重心動揺が小さいことが報告されている<sup>26)</sup>。佐々木<sup>32)</sup>は、スポーツ活動の継続が、重心動揺にどのような変化をもたらすか運動者群と非運動者群で比較している。その結果、移動面積は、ほとんど変化がみられなかったが、運動者群は、移動距離において、両足立ちで有意に小さく( $p < 0.01$ )、重心位置も有意につま先寄りに位置していた( $p < 0.001$ )と報告している。

河合ら<sup>22)</sup>は、負荷の大きな身体運動が繰り返されれば、直立姿勢に効果が及ぶのではないかと考え、バスケットボール、バレーボールおよび弓道の選手を対象に、重心動揺を測定した結果、重心位置および移動面積については、種目間に差はなく、移動距離については、弓道選手の両足立ち ( $p < 0.01$ )、バスケットボール選手の片足立ち ( $p < 0.05$ ) において、有意に小さい値であったと報告している。また、田中<sup>41)</sup>は、柔道選手を対象に重心動揺の測定を行ったところ、重心位置が踵から足長の約 37% にあり、一般人に比べ踵寄りにあったと報告している。

浅見ら<sup>4)</sup>は、大学の運動部男子選手 167 名を対象に、重心位置を測定したところ、他の種目に比べ、つま先寄りの傾向をもつのは短距離、投擲および中・長距離の陸上競技選手であり、逆に踵寄りのものは体操競技選手およびバレーボール選手であったと報告している。

また、臼井<sup>44)</sup>は、優れたスポーツ選手は、立位でも安定性がよいと述べている。また、重心位置を競技別でみたところ、剣道の選手は重心位置がつま先寄りにあり、バスケットボール選手は踵寄りにあったと報告している。

これまでの研究報告から、スポーツ選手は一般人より重心動揺は安定しており、種目特性はあるものの、全体的につま先寄りにある

といえる。

### 第3節 下肢筋群のバランス

#### (1) 重心動揺と下肢筋群のバランス

立位姿勢の安定性を重心動揺という観点からみると、重心動揺の範囲の拡大は、各抗重力筋のバランスが崩れたときに起こるといえる<sup>38)</sup>。

安藤ら<sup>2)</sup>は、18才から21才の一般男子学生を対象に重心位置と下肢筋力との関係を検討するため、トレーニング機器を用いて、L.E.、L.C.およびスクワットの最大筋力と重心位置を測定した。その結果、L.E.とL.C.の筋力の比率(L.E./L.C.)と重心位置の間に関連があると報告している。また、山内ら<sup>50)</sup>は、一般学生62名を対象に、L.E.とL.C.の最大筋力と重心位置を測定し、最安定領域(48から53%)<sup>16)</sup>に相当する被験者の筋力のバランスをみることにより、重心位置の矯正するために必要な下肢筋力のトレーニング指針を見出そうとした。その結果、重心位置がつま先寄りなのはL.E.の強化の後にL.C.の強化、踵寄りのものはL.C.の強化を行うことが、重心位置の矯正に有効であると報告している。

しかし、これらの研究は対象者が一般学生であり、スポーツ選手、さらには長距離走者に同様のことが言えるか、検討する必要がある。

## (2) 長距離走者と下肢筋力

陸上競技の長距離種目において、良い競技成績を収めるための生理学的要因として、呼吸循環器系の能力が重要視されているが、近年の高速化や著しい記録の向上とともに、下肢筋力も大きな要因として考えられるようになった<sup>6)</sup>。

長距離走者の下肢筋力と競技成績との関連について、江橋ら<sup>6)</sup>は、マラソンランナーを対象に、膝関節伸展最大筋力 ( $p < 0.01$ ) および屈曲最大筋力 ( $p < 0.02$ ) とともに競技成績と有意な相関を認めたと報告している。同様に、沼澤ら<sup>29)</sup>は、中長距離選手を対象として、競技成績と下肢筋力は密接に関連があり ( $p < 0.01$ )、下肢筋力の重要性について述べている。

しかし、下肢筋力と競技成績との関連が認められないという報告もある。菊池<sup>23)</sup>は、長距離選手を対象に、等速性膝伸展筋力と競技成績との間に有意な差は認められなかったとしており、松尾ら<sup>24)</sup>は、長距離選手を対象に、等速性膝伸展および屈曲筋力は競技成績に影響を及ぼしてはいないと報告している。

このように、長距離走者と下肢筋力との関係に一定した見解は得られていない。また、長距離走者の下肢の筋力バランスをみた報告もほとんどみあたらない。

### 第3章 研究目的

本研究の目的は、長距離走者を対象として、シーズン前後の重心動揺および下肢筋力を測定し、重心動揺、下肢筋力および競技能力との関連性について検討することである。

## 第4章 研究方法

シーズン前後の重心動揺および下肢筋力を測定し、各測定項目間の相関および競技記録上位群と下位群の比較から、長距離走者の重心動揺、下肢筋力および競技能力との関連性について検討を行った。また、シーズン前後の記録から、記録向上群および記録低下群の重心動揺および下肢筋力の変化についても検討を行うこととした。

### 第1節 被験者

被験者は、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のうち測定時に故障がなく、継続してトレーニングを行っていた23名であった。検討するにあたり、平成14年4月および5月における5000mの記録のうち一番良い記録(以下、前期の記録とする)において、15分10秒を境にして記録上位群(以下、A群とする)と記録下位群(以下、B群とする)に分類した。さらに、被験者の中でA群の上位6名(以下、C群とする)とB群の下位6名(以下、D群とする)を分類した。

表1は、A、B、C、D各グループ別にみた被験者の年齢、身長、体重、5000mの前期の記録および参考として自己最高記録の平均土

標準偏差を示したものである。

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 2 節 測定項目と測定方法

### (1) 重心動揺

重心動揺の測定は、フォースプレート(ヤガミ社製、品番 WKP-110)を用いた。事前に、被験者の身長、体重、足長および足幅を測定し、年齢および生年月日を調査した。

測定時間は、午前 9 時から 12 時までの間とし、直前に運動は行わず、安静な状態で測定を開始した。

本研究の測定条件は、重心動揺検査の基準<sup>28)</sup>および先行研究<sup>8)9)12) 43)</sup>より定めた。

被験者は、素足でフォースプレート上の基準線に踵を合わせ、中央線に両足の内側縁を合わせてフォースプレートに乗り、両上肢を体側に軽く接し、自然な閉足直立姿勢を 20 秒間保たせた。足位を

定めるために、測定前に基準線上に添え板をおき、両足の踵が軽く接するようにした<sup>9)</sup>。被験者の視線の位置は、眼と同じ高さで前方2mの壁に取り付けた直径約3cmの円形指標を注視させた。

本研究において、測定回数は先行研究<sup>8)</sup>から、開眼条件において両足立ち、右足立ち、左足立ちの順で行い、それぞれ5試行ずつ行った。

1回の測定後ごとに、被験者はフォースプレート上から下り、椅子に座って約1分間の休憩をとった。休憩後、再びフォースプレート上に乗り、測定を繰り返した。測定ごとに、「緊張せずにリラックスすること、視線は脇見せず指標を注視すること、片足立ちの際は手でバランスをとらず自然な姿勢を保つこと」を注意した。

重心動揺の分析項目については、機器から得られる重心動揺の指標である重心位置、移動距離および移動面積の3項目について行った。そして、両足立ち、右足立ちおよび左足立ちそれぞれ5試行の平均値を算出した。

## (2) 下肢筋力

下肢筋力の測定は、等運動性筋力測定装置 BIODEX system 3 (BIODEX 社製 New York : 以下、BIODEX と記す) を用いて、左右の膝関節の伸展および屈曲を最大努力で行わせた。

被験者にジョギング、ストレッチングなどのウォームアップを行わせ、準備が整った時点で測定に入った。被験者には、専用のシート上で座位姿勢をとり、上体と測定肢の大腿部を動かないように、4本のベルトで固定した。

測定内容は、短縮性収縮による角速度  $60 \cdot 180 \cdot 300 \text{ deg/sec}$  において、それぞれ 3~5 回伸展屈曲を連続して実施し、最もトルクの大きいものをピークトルク (peak torque : 以下 PT と記す) とした。

下肢筋力の分析項目については、筋力として個体差を考慮して、左右それぞれの単位体重当たりの PT(peak torque/bodyweight(ft-lbs/lbs : 以下、単位は略す) : 以下、PT/BW と記す)を用いた。

また、膝関節伸展・屈曲比 (膝屈曲筋力/膝伸展筋力 $\times 100$  (%) : 以下、単位は略す) : 以下、H/Q 比と記す) を算出し、用いた。本研究において、下肢筋力の測定は、左右それぞれ行った。しかし、先行研究<sup>5)</sup>には、長距離走者はほとんど左右差が認められないという報告がある。本研究も下肢筋力の左右差を調べたところ、同様に、左右差は認められなかった。したがって、下肢筋力に関しては、体重当たりのピークトルク (PT/BW) を左右の平均値として用いた。

### (3) 競技能力

競技能力は、被験者の 5000m の記録とした。長距離走者を被験者とした先行研究<sup>14)23)</sup>において 5000m が使われていること、また、本研究の被験者全員が記録会で走ることができる能力と機会があることから、5000m の記録を用いた。

記録の採用に関しては、重心動揺および下肢筋力とともに比較検討するため、前期の記録と 11 月および 12 月の記録のうち一番良い記録（以下、後期の記録）を用いた。

### 第 3 節 測定期間および場所

本研究の測定は、平成 14 年 6 月 17 日から 7 月 19 日までの期間（前期の測定）と、平成 11 月 13 日から 12 月 13 日までの期間（後期の測定）に行った。

重心動揺の測定は、順天堂大学第 2 体育館の一室、下肢筋力の測定は、順天堂大学スポーツ医学研究室にて行った。環境条件は、室温 25℃前後の明るい部屋であった。

#### 第 4 節 統計処理

前期および後期それぞれにおいて、競技成績、重心動揺および下肢筋力の各測定項目間の相関をみた。また、A群とB群の平均値の差を、対応のないt検定により比較した。

なお、統計的有意水準は危険率5%以下とした。

## 第5章 結果

### 第1節 各測定項目間の相関

#### (1) 競技成績と重心動揺

前期および後期の競技成績と重心動揺の相関係数を表2に示した。移動面積について、前期および後期ともに、各立ち方において、競技成績との有意な相関はみられなかった。また、移動距離について、前期および後期ともに、各立ち方において、競技成績との有意な相関はみられなかった。そして、重心位置について、前期 ( $p < 0.01$ ) および後期 ( $p < 0.05$ ) の両足立ちと競技成績との間に有意な相関がみられた (図 1-1、1-2)。

#### (2) 競技成績と下肢筋力

前期および後期の競技成績と下肢筋力の相関係数を表3に示した。角速度 60deg/sec において、前期 ( $p < 0.01$ ) および後期 ( $p < 0.05$ ) の膝屈曲筋力と競技成績との間に有意な負の相関がみられた (図 2-1、2-2)。しかし、膝伸展筋力および H/Q 比と競技成績との間に有意な相関はみられなかった。

### (3) 重心動揺と下肢筋力

前期および後期の重心動揺と下肢筋力の相関係数を表 4 から表 6 に示した。角速度 60deg/sec において、前期 ( $p < 0.01$ ) および後期 ( $p < 0.05$ ) の膝屈曲筋力と両足立ちの重心位置に有意な負の相関がみられた (図 3-1、3-2)。しかし、膝伸展筋力および H/Q 比と両足立ちの重心位置に有意な相関はみられなかった。また、その他の角速度、移動面積および移動距離と下肢筋力との間にも有意な相関はみられなかった。

## 第 2 節 上位群と下位群の比較

### (1) A 群と B 群の比較

a) 競技成績：前期および後期の競技成績を表 7 に示した。前期では、A 群 14 分 40 秒 9 ± 15 秒 6、B 群 16 分 24 秒 1 ± 42 秒 5 であった。後期では、A 群 14 分 38 秒 2 ± 15 秒 2、B 群 16 分 02 秒 8 ± 44 秒 6 であった。前期および後期において、A 群と B 群との間に有意な差がみられた ( $p < 0.001$ )。

b) 重心動揺：前期および後期の重心動揺の測定結果を、表 8 に示した。移動面積および移動距離について、前期および後期ともに、各立ち方において、A 群と B 群の間に有意な差はみられなかった。

重心位置について、両足立ちにおいて、前期では、A群  $48.07 \pm 4.94\%$ 、B群  $42.69 \pm 3.32\%$ 、後期では、A群  $47.45 \pm 5.49\%$ 、B群  $42.22 \pm 6.12\%$  であった。前期 ( $p < 0.01$ ) および後期 ( $p < 0.05$ ) の両足立ちにおいて、A群とB群との間に有意な差がみられた (図 4-1、4-2)。

c) 下肢筋力：前期および後期の下肢筋力の測定結果を、表 9 から表 11 に示した。膝伸展筋力について、前期および後期ともに、すべての角速度において、A群とB群の間に有意な差はみられなかった。

膝屈曲筋力について、角速度  $60\text{deg}/\text{sec}$  において、前期では、A群  $50.90 \pm 6.06$ 、B群  $57.08 \pm 5.28$ 、後期では、A群  $50.96 \pm 6.02$ 、B群  $58.10 \pm 6.07$  であった。前期 ( $p < 0.05$ ) および後期 ( $p < 0.01$ ) において、A群とB群の間に有意な差がみられた (図 5-1、5-2)。

H/Q比について、角速度  $60\text{deg}/\text{sec}$  において、前期では、A群  $53.30 \pm 5.21$ 、B群  $57.95 \pm 3.98$ 、後期では、A群  $55.13 \pm 4.22$ 、B群  $58.47 \pm 3.01$  であった。前期および後期において、A群とB群の間に有意な差がみられた ( $p < 0.05$ ) (図 6-1、6-2)。

## (2) C群とD群の比較

a) 競技成績：前期および後期の競技成績を表 12 に示した。

前期では、C群 14分 29秒 2 $\pm$ 10秒 1、D群 16分 56秒 7 $\pm$ 23秒 4であった。後期では、C群 14分 35秒 8 $\pm$ 07秒 8、D群 16分 35秒 5 $\pm$ 25秒 0であった。前期および後期ともに、C群とD群との間に有意な差がみられた ( $p < 0.001$ )。

b) 重心動揺：移動面積および移動距離において、前期および後期ともに、C群とD群との間に一定の傾向はみられなかった。重心位置において、前期および後期ともに、C群がD群よりつま先寄りの傾向であった (図 7)。

c) 下肢筋力：膝伸展筋力において、前期および後期ともに、D群がC群より筋力が高い傾向にあった (図 8)。膝屈曲筋力において、D群がC群より筋力が高い傾向にあった (図 9)。H/Q比において、前期および後期ともに、一定の傾向はみられなかった。

### 第3節 前期および後期の変化

前期および後期において競技成績が向上した者と低下した者に分けて、重心動揺および下肢筋力(角速度 60deg/sec)の変動を表 13、14 に示した。競技成績の向上した 15名の中で向上率が高かった者

6名（以下、向上群）と低下した8名の中で低下率が高かった者6名（以下、低下群）について、A群およびB群に分けて述べる。向上群はA群2名、B群4名、低下群はA群4名、B群2名となった。

#### （1）向上群の重心動揺および下肢筋力の変化

重心動揺において、移動面積および移動距離については、一定の傾向はみられなかった。

重心位置について、向上群のうちB群の4名とも、つまり、向上率が高かった者は、重心位置が前期に比べ、つま先寄りに変化する傾向がみられた（図10）。

下肢筋力において、膝伸展筋力、膝屈曲筋力およびH/Q比については、一定の傾向はみられなかった。

#### （2）低下群の重心動揺および下肢筋力

重心動揺において、移動面積、移動距離および重心位置については、一定の傾向はみられなかった。

下肢筋力において、膝伸展筋力、膝屈曲筋力およびH/Q比については、一定の傾向はみられなかった。

## 第6章 考察

### 第1節 各測定項目間の比較

#### (1) 競技成績と重心動揺

移動面積および移動距離について、競技成績との相関をみたところ、有意な相関はみられなかった。また、記録上位群と記録下位群の比較をしたところ、前期および後期ともに、A群とB群およびC群とD群の間に有意な差および傾向はみられなかった。したがって、これらの結果から、立位姿勢の安定性と競技成績の間に関連性はみられなかった。

重心動揺の指標である移動距離および移動面積は、立位姿勢の安定性の指標である<sup>31)39)</sup>。また、平沢<sup>16)</sup>は、直立能力を表す指標として、移動面積および重心位置があると報告している。そして、移動面積が小さければ直立能力は高いと述べている。さらに、臼井<sup>44)</sup>は、優れたスポーツ選手は、重心動揺が小さく、立位でも安定性がよいと述べている。しかし、本研究結果において、臼井の報告<sup>44)</sup>とは違い、立位姿勢の安定性と競技成績の間には関連性がみられなかった。本研究の対象であった長距離走者は、普段安定性のトレーニングを行っていないこと、また、長距離走の運動場面において、ある一定時間バランスをとることがないことから、立位姿勢の安定

性と競技成績との間に関連性がなかったと推察される。

次に、重心位置について、競技成績との相関をみたところ、前期 ( $p < 0.01$ ) および後期 ( $p < 0.05$ ) の両足立ちと競技成績に有意な相関がみられた。また、記録上位群と記録下位群の比較をしたところ、A群とB群において、前期 ( $p < 0.01$ ) および後期 ( $p < 0.05$ ) の両足立ちに有意な差がみられた。また、C群とD群においても、顕著にC群の方がD群よりつま先寄りの傾向にあった。すなわち、競技成績と両足立ちにおける重心位置に関連性があり、競技成績の高い者は、低い者に比べ、重心位置がつま先寄りにあることが示された。

星野<sup>17)</sup>は、立つことは一見静的な状態に見えるが、実際は動的過程としての運動技能の出発点にあたるもので、最初の姿勢の悪さはそれに続くプレイのすべてに悪影響を与える可能性が高いと述べている。また、岩田<sup>19)</sup>は、荷重点は、つま先寄りにある方がスポーツ場面においては、有効であろうと述べている。つまり、重心位置がつま先寄りにかかっている方がスポーツ動作において次の動作に移行しやすく、スポーツに適していると考えられる。

基本的な動作である走るという運動の基本とされる立位姿勢において、重心位置がつま先寄りにあるということは、特に長く身体を効率よく移動させなければならない長距離走にとって、踵寄りの人

よりスムーズな身体移動ができると考えられるため、競技成績に差があらわれたと推察される。

## (2) 競技成績と下肢筋力について

下肢筋力について、競技成績との相関をみたところ、角速度 60deg/sec において、前期 ( $p < 0.01$ ) および後期 ( $p < 0.05$ ) の膝屈曲筋力と競技成績との間に有意な負の相関がみられた。

長距離走者の脚筋力と競技成績との関連を検討した研究には、有意な正の相関が認められるという報告<sup>6)29)</sup>と認められないという報告<sup>23)24)</sup>がある。本研究の結果は、競技成績と膝伸展筋力との間に有意な相関は認められず、膝屈曲筋力との間に有意な負の相関がみられた。つまり、菊池<sup>23)</sup>や松尾ら<sup>24)</sup>の報告を指示したことになるが、この要因として、被験者の競技成績に幅があったため、筋力以外の要因が大きな要素となり、正の相関がみられなかったと考えられる。この点に関しては、同じような競技成績の者を比較するなどして検討する必要があると考えられる。

また、記録上位群と記録下位群の比較をしたところ、A群とB群において、前期および後期ともに、角速度 60deg/sec における膝屈曲筋力および H/Q 比は、B群がA群より有意に高かった。

この結果から、膝伸展筋力に対する膝屈曲筋力のバランスが競技

成績を左右しているのではないかと考えられる。

陸上競技の長距離種目は、トレーニングの継続が競技力向上の一  
要因となる。しかし、毎日のトレーニングの疲労を速やかに回復さ  
せなければ、トレーニングの効果が得られないばかりか、スポーツ  
障害の原因ともなり<sup>35)</sup>、トレーニングが継続できない可能性がある。  
スポーツ外傷・障害の発生要因の一つとして、Solomonow ら<sup>37)</sup>は、  
伸展筋群と屈曲筋群のバランスの崩れがあると報告している。つま  
り、A群は、長距離走において、スポーツ障害を予防でき、また、  
継続してトレーニングの効果が得られていたのではないかと考えら  
れる。

したがって、吉儀ら<sup>51)</sup>が報告しているように、長距離走者には下  
肢筋力が重要であることに加えて、本研究結果から、筋力バランス  
も重要ではないかと推察する。

また、C群とD群において、前期および後期ともに、角速度  
60deg/secにおける膝伸展筋力および膝屈曲筋力は、A群とB群の  
比較よりも顕著にD群がC群より筋力が高い傾向にあることがうか  
がえた。

持久トレーニングは神経-筋システムに対して瞬発的な筋力発揮  
の低下を生じさせ、筋全体を遅筋化の方向へシフトさせると報告さ  
れている<sup>20)</sup>。C群は、D群に比べ、より専門的な持久トレーニング

を行っていたため、神経-筋システムはより持久トレーニングに適応していたと推察され、筋発揮能力が低下していたと考えられる。また、記録の低い者は、膝屈曲筋力およびH/Q比が高いということは、動きの中で膝屈曲筋力をより重点的に使っていると考えられる。しかし、そのような動きは長く身体を効率よく移動しなければならない長距離走にとっては、効率の良い動きではないため、競技成績にあらわれないのではないかと考えられる。

### (3) 重心動揺と下肢筋力について

重心動揺の安定性には抗重力筋が大きく関わっているが<sup>48)</sup>、移動面積および移動距離と下肢筋力との間に有意な相関はみられなかった。藤原ら<sup>9)</sup>は、一般人を対象に、静的立位姿勢と下肢筋力（足部の底屈力、背屈力および母指屈曲筋力）を測定し、関連をみたところ、有意な相関はみられなかったと報告し、安静立位姿勢の場合には、安定性を規定する要因として筋力がそれほど重要でないと述べている。本研究で測定した下肢筋力は、大腿前面および後面の筋力であり、先行研究とは異なっているが、同様のことが推察される。つまり、立位姿勢の安定性は、さまざまな反射機構によって保たれているため<sup>47)</sup>、筋力以外の要因が大きかったと考えられる。

また、重心位置と下肢筋力との相関についてみると、前期および

後期ともに、角速度 60deg/sec において、膝屈曲筋力と両足立ちの重心位置に有意な負の相関が認められた。すなわち、膝屈曲筋力が高いものは、重心位置が踵寄りであることを示している。先行研究<sup>2)51)</sup>では、重心位置と筋力バランスとの間に関連性があるとしているが、本研究では異なっていた。また、藤原<sup>11)</sup>は、立位姿勢の違いによって、歩く・走る姿勢がどのように違うかを側面からみたところ、立位で重心位置が踵寄りにある人は、歩く・走るときも重心位置は踵寄りであり、身体を後方に反らして歩く・走る傾向がみられると報告している。本研究結果のように、重心位置が踵寄りにある者は、身体を反らす傾向があり、膝屈曲筋力が高かったことから、歩く・走る姿勢の中で、後面である膝屈曲筋力を重点的に使っているため、膝屈曲筋力が高くなったと考えられる。

## 第 2 節 前期および後期の変化

シーズンの前後で競技成績を比較し、向上群と低下群について、A群およびB群に分けて検討した。向上群はA群 2名、B群 4名、低下群はA群 4名、B群 2名であった。

向上群および低下群の中で、一定の傾向がみられたのは、重心位置であった。向上群のうちB群の 4名、つまり向上率が高かった者

が、前期に比べ、重心位置がつま先寄りに変化していた。

藤原<sup>7)</sup>は、重心位置がつま先寄りにあるものほど、歩行・走行における前傾が大きいと報告している。また、速く走るためにはある程度前傾は重要になり、前傾することにより着地における抵抗を少なくするとともに、前進方向への推進力を大きくすることができる<sup>40)</sup>と報告されている。

したがって、記録が向上した者は、重心位置がつま先寄りに変化したことにより、長距離走を行ううえで、効率良く持続して走ることができ、また大きな推進力を得ることができていたのではないかと考えられる。

## 第7章 結論

本研究の結果より、記録上位群の両足立ちにおける重心位置が記録下位群よりつま先寄りであったこと、下肢筋力においてH/Q比からみると、記録上位群が記録下位群より膝伸展筋力が高かったこと、重心位置が踵寄りの者は膝屈曲筋力が高かったことが示された。また、記録向上率が高かった者が、両足立ちにおける重心位置がつま先よりに変化する傾向にあった。

以上のことから、立位姿勢での重心位置と競技成績に関連性がみられ、長距離走のコーチングの現場では、身体を効率よく移動させるためにも、日常の中で走者に立位姿勢を意識させる必要があると推察された。また、下肢筋力は、重心位置を知る一つの要因となる可能性がうかがわれた。

## 第 8 章 要約

本研究の目的は、長距離走者を対象として、重心動揺、下肢筋力および競技能力との関連性について検討することである。

被験者は、順天堂大学陸上競技部に所属する男子長距離走者 23 名とした。シーズン前期の記録より上位群 (A 群) と下位群 (B 群) に分け、さらに A 群の上位 6 名 (C 群) と B 群の下位 6 名 (D 群) に分けた。

測定項目は、重心動揺の指標である移動距離、移動面積および重心位置であった。また、等速性膝伸展屈曲筋力を測定し、下肢筋力の指標として、体重当たりのピークトルク値および H/Q 比を用いた。

検討方法として、まず各測定項目間の相関を求めた。また、記録上位群と下位群の比較を行った。さらに、シーズン前後の記録を比較することにより、記録向上群および記録低下群の重心動揺および下肢筋力の変化をみた。

その結果、以下のことが明らかになった。

1) 移動距離および移動面積と競技成績、または下肢筋力の関係についてみた結果、関連性はみられなかった。

2) 重心位置と競技成績の関係についてみた結果、上位群が下位群

より有意に重心位置がつま先寄りであった。

3) 下肢筋力と競技成績の関係についてみた結果、膝屈曲筋力と競技成績に有意な負の相関があり、記録上位群と記録下位群を比較したところ、下位群が有意に膝屈曲筋力およびH/Q比が高かった。

4) 下肢筋力と重心位置の関係についてみた結果、膝屈曲筋力が高い者は重心位置が踵寄りであった。

5) 前期と後期の記録の比較から、記録向上群のうちB群の者が、前期に比べ、重心位置がつま先寄りに変化する傾向がみられた。

以上のことから、立位姿勢での重心位置と競技成績に関連性がみられ、つまり、競技成績が高い者および向上した者が、重心位置がつま先寄りにあったことから、長距離走のコーチングの現場では、身体を効率よく移動させるためにも、日常の中で走者に立位姿勢を意識させる必要があると推察された。また、下肢筋力は、重心位置を知る一つの要因となる可能性がうかがわれた。

## 引用文献

- 1) Anderson, T. : Biomechanics and running economy, Sports Med., 22, 76-89, (1996)
- 2) 安藤勝英、今栄貞吉、篠原しげ子、山内 賢：重心位置と下肢筋群の筋力との関係について．慶應義塾大学体育研究所紀要, 39, (1), 1-6, (2000)
- 3) 浅井 仁、奈良 勲：姿勢調節と足．PT ジャーナル, 25, (6), 437-441, (1991)
- 4) 浅見高明、岡田修一、川村禎三：大学スポーツ選手の姿勢の特徴について．姿勢研究, 1, (1), 34-39, (1981)
- 5) 浅見高明、多田 繁、岡田修一：スポーツ選手の一側優位性（左右差）の比較検討．筑波大学体育科学系紀要, 第 4 号, 99-109, (1981)
- 6) 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, 第 71 号, 10-24, (1989)
- 7) 藤原勝夫：姿勢の調節．池上晴夫編 身体機能の調節性—運動に対する応答を中心に, 第 1 版, 朝倉書店：東京 (1997)
- 8) 藤原勝夫、池上晴夫：足圧中心位置と立位姿勢の安定性との関係について．体育学研究, 26, (2), 137-147, (1981)
- 9) 藤原勝夫、池上晴夫、岡田守彦、小山吉明：立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与．人類誌, 90, (4), 385-400, (1982)
- 10) 藤原勝夫、小山吉明、池上晴夫、岡田守彦：立位姿勢における身体動揺の分析．姿勢研究, 2, (1), 1-8, (1982)
- 11) 藤原勝夫：ヒトの姿勢制御機能から知るバランス能力．Coaching Clinic, 14, (5), 6-9, (2000)
- 12) 五島桂子：重心動揺検査の検討—検査条件について—．Equilibrium Res, 第 47 号, 174-186, (1988)
- 13) 浜田琴美：運動負荷が平衡機能に与える影響について．筑波大学体育研究科研究論文集, 第 19 号, 549-554, (1997)
- 14) 原田明正：長距離選手の等速性脚筋力の分析的研究．平安女学院短期大学紀要, 第 18 号, 64-72, (1987)
- 15) 平沢弥一郎：日本人の直立能力について．人類学雑誌, 87, (2), 81-92, (1979)

- 16) 平沢弥一郎：直立歩行を支える左足．サイエンス，11，(6)，32-44，(1981)
- 17) 星野公夫：スポーツ指導における動作法．成瀬悟策編 教育臨床動作法，第1版，70-79，至文堂：東京(1992)
- 18) 石河利寛、杉浦正輝：運動生理学，第1版，278，建帛社：東京(1993)
- 19) 岩田真一、星野公夫、岩淵忠敬、中島宣行、飯島正博：立位姿勢時に荷重に及ぼす動作訓練の影響．1992年スポーツ心理学会発表論文集，B-03，(1992)
- 20) 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)
- 21) 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)
- 22) 河合 学、稲村欣作：スポーツ選手の直立姿勢ーバスケットボールとバレーボールおよび弓道(和弓)選手の直立姿勢保持能力についてー．静岡大学教養部研究報告，第15号，111-124，(1979)
- 23) 菊地邦雄：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VI，第4号，35-41，(1986)
- 24) 松尾彰文、白水昭興、在田宗悟：長距離選手の形態、身体組成および筋力と競技成績．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，38-49，朝倉書店：東京(1989)
- 25) 永井 純：中・長距離・障害，第1版，67，ベースボール・マガジン社：東京(1989)
- 26) 中谷敏昭、灘本雅一、森井博之：身体動揺に及ぼすバランス・トレーニングの効果．体力科学，第50号，643-646，(2001)
- 27) 中山彰博：重心(足圧中心点)動揺の測定法について．運動生理，第2号，19-24，(1987)
- 28) 日本平衡神経科学会：重心動揺検査の基準．Equilibrium Res，第42号，367-369，(1983)
- 29) 沼澤秀雄、吉儀 宏、澤木啓祐、清田隆毅：陸上競技中長距離選手における競技力と筋力の関連．日本体育学会第40回大会号B，578，(1989)
- 30) Romberg, M. H. : A manual of the nervous diseases of man, Sydenham Society : London (1853) - 藤原勝夫、池上晴夫：足圧中心位置を立位姿勢の安定性との関係について．体育学研究，26，(2)，137-147，(1981) より引用
- 31) 坂口 明、角田興一：重心移動量による平衡機能の評価ー多数例の検討ー．体力科学，26，(2)，64-69，(1977)

- 32) 佐々木三男：重心動揺についての一考察－運動継続との関連性について－．体育研究所紀要，24，(1)，41-48，(1984)
- 33) 澤木啓祐、高岡郁夫：マラソン，第1版，15-20，ベースボール・マガジン社：東京(1993)
- 34) 澤木啓祐、高岡郁夫：マラソン，第1版，97-117，ベースボール・マガジン社：東京(1993)
- 35) 澤木啓祐、高岡郁夫：マラソン，第1版，137，ベースボール・マガジン社：東京(1993)
- 36) 関岡康雄：陸上競技入門，第1版，27-34，ベースボール・マガジン社：東京(1991)
- 37) Solomonow, M., D'Ambrosia, R. D. : ランニングにおける筋共働と関節のバイオメカニクス. D'Ambrosia, R. D., Drez, D. 編 ランニング損傷, 第1版, 21-35, Springer-Verlag : 東京(1993)
- 38) 砂田浩克、田中誠一、鎌田 貴、山本高司：局所的筋疲労による抗重力筋の機能的アンバランスが直立姿勢の安定性におよぼす影響－重心動揺の観点から－．中京大学体育学論叢，39，(2)，103-109，(1998)
- 39) 鈴木淳一、松永 喬、徳増厚二、田口喜一郎、渡辺行雄：重心動揺検査のQ & A、手引き (1995). Equilibrium Res., 55, (1), 64-77, (1996)
- 40) 高橋 進：マラソン，第1版，137-139，講談社：東京(1981)
- 41) 田中秀幸：柔道選手の直立能力について－モンテリオールオリンピック候補選手についての定量的評価－．静岡大学教養部研究報告，第12号，97-132，(1980)
- 42) トム・エッカー：基礎からの陸上競技バイオメカニクス，第1版，19-23，ベースボール・マガジン社：東京(1999)
- 43) 朝長昌三：身体動揺の安定性－朝における身体動揺．長崎大学教育学部紀要教育科学，6，(59)，69-78，(2000)
- 44) 臼井永男：立っていることの不思議－スタシオロジーからみるスポーツ，Training Journal，20，(10)，12-15，(1998)
- 45) 鷺見勝博、渡辺丈真、小林章雄、竹島伸生、鈴木雅裕、村松常司、前田 清、加藤孝之：重心動揺の年齢にともなう変化について．日本老年医学会雑誌，25，(3)，296-299，(1988)
- 46) 渡辺 功、山内公雄、平沢弥一郎、屋間輝夫：成人の直立姿勢保持能力に関する長期的変動．第5回姿勢シンポジウム一般演題抄録集，15-16，(1983)
- 47) Williams, K. R. and Cavanagh, P. R. : Relationship between distance running

- mechanics, running economy, and performance, *J. Appl. Physiol.*, 63, 1236-1245, (1987)
- 48) 山路兼生、渡辺 悟、時々輪浩穂、三宅彰英、小町清彦、林 良一、加藤佳子：直立および前屈姿勢時の重心移動と筋電図の相関。第2回姿勢シンポジウム論文集, 256-263, (1977)
- 49) 山地啓司：ランニングの経済性に影響をおよぼす要因。日本運動生理学雑誌, 4, (2), 81-98, (1997)
- 50) 山内 賢、今栄貞吉：静止駐立姿勢時における足底重心位置と下肢筋力の前後バランスとの関係。慶應義塾大学体育研究所紀要, 40, (1), 1-8, (2001)
- 51) 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)

## 欧文要約

### A Study on Sway of Center of Gravity of Body and Balance of Muscular Strength of Lower Limbs in Relation to Running Ability of Long-Distance Runners

RYOHEI KONO

#### Summary

The purpose of this study is to examine to the sway of center of gravity of the body and balance of muscular strength of lower limbs in relation to the running ability of long-distance runners.

Subjects were 23 male long distance runners from Juntendo University who belonged to the track and field team, and they were divided into a high performance group (A group) and a low one (B group) moreover best 6 of A group (C group) and worst 6 of B group (D group) according to prior game records at the first term of the season.

The measurement items were the moved distance of the center of gravity, the movement area, and the center of gravity position. These are the parameters of the sway of the center of gravity of the body. Moreover, the peak torque values and H/Q rates for each weight were calculated from the measured isokinetic muscular strength of the knee joint in extension and knee flexion. These are the parameters of muscular strength of lower limbs.

The analyses were the comparison of the measurement items, in regard to the relationship between high performance group and a low one. Moreover, The analyses were the change of the sway of center of gravity of the body and balance of muscular strength of lower limbs between the group whose records improved and the group whose records decreased by comparing records of the seasons.

The following results are obtained:

- 1) There was no significant correlation between the high performance group and the low one with respect to comparisons of records and moved distances of the center of gravity, the movement area
- 2) In regard to the relationship between the center of gravity position and run-record, the center of gravity position of the high performance group was around the toenail, and this shows a significant difference, compared with the low one.

- 3) In regard to the relationship between the muscular strength of lower limbs and run-records, there was a correlation between the high performance group and high muscular strength of knee flexion. Moreover, the strength of knee joint in flexion and H/Q rate were higher in the lower performance group than in the higher performance group.
- 4) In regard to the relationship between the muscular strength of lower limbs and the center of gravity position, there was a correlation between high muscular strength of knee flexion and having the center of gravity position in the heel.
- 5) In regard to the comparison of run-records, B group in the lower performance group whose records improved also showed a significant tendency to shift the center of gravity positions to the front of the toenail.

According to the above-mentioned study, in regard to the relationship between the center of gravity position and run-record, the center of gravity position of the high performance group when keeping both feet on the ground was ahead of that of the low group. Therefore, it is suggested that it is necessary to pay attention to standing posture to move the body efficiently of long-distance runner from among daily training. In addition, the muscular strength of lower limbs could be a factor related to the center of gravity position.

## 謝辞

修士論文の作成にあたり、測定の被験者として御協力いただいた、順天堂大学陸上競技部男子長距離走者の諸君に心から感謝申し上げます。

また、測定を補助していただいた、運動教育学研究室の皆様、大学院生の河村剛光君、角出貴宏君ならびに御助言いただきました陸上競技研究室の先生方、石川拓次さんに厚く御礼申し上げます。

本論文の審査および指導をして下さった、菅原秀二助教授、金子今朝秋助教授に深く感謝申し上げますとともに、指導教員の沢木啓祐教授に対しては、終始御指導と御助力を賜り、衷心の感謝にたえません。

ここに多大なる皆様のご協力に、心から感謝の意を表します。

表1. 被験者の身体的特徴と競技成績

		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	5000m 前期の記録	5000m 自己最高記録
全体	n=23	19.2±1.1	171.2±5.4	57.4±4.2	15'30"3±61"0	15'08"9±49"6
A群 (記録上位群)	n=12	19.4±1.2	170.5±4.4	56.4±3.3	14'40"9±15"6	14'32"4±11"1
B群 (記録下位群)	n=11	18.8±0.9	172.0±6.7	58.7±4.9	16'24"1±42"5	15'48"6±44"1
C群 (記録上位6名)	n=6	19.7±1.2	170.2±5.7	56.4±3.4	14'29"2±10"1	14'27"5±07"8
D群 (記録下位6名)	n=6	19.5±1.0	173.2±7.2	59.7±2.6	16'56"7±23"4	16'14"0±40"2

平均±標準偏差

表2. 競技成績と重心動揺の相関係数

	前期			後期		
	移動面積	移動距離	重心位置	移動面積	移動距離	重心位置
両足立ち	0.098	0.005	0.572 ***	0.078	-0.145	0.456 *
右足立ち	0.256	0.058	0.029	0.013	0.011	0.111
左足立ち	0.312	0.047	-0.090	0.093	-0.021	-0.175

※:  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.01$

表3. 競技成績と下肢筋力の相関係数

	前期			後期		
	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec
伸展	-0.279	-0.128	0.042	-0.251	-0.125	-0.087
屈曲	-0.533**	-0.230	-0.031	-0.441*	-0.005	-0.009
H/Q比	-0.322	-0.146	-0.096	-0.286	0.229	0.145

\*:p<0.05、\*\*:p<0.01

表4-1. 前期・重心動揺と角速度60deg/secの筋力の相関係数

	移動面積			移動距離			重心位置		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
伸展	0.232	0.035	0.053	0.094	0.250	0.123	-0.320	-0.148	-0.080
屈曲	0.101	-0.196	-0.027	-0.017	0.159	0.032	-0.538 <sup>**</sup>	-0.265	-0.154
H/Q比	-0.138	-0.277	-0.079	-0.126	-0.054	-0.070	-0.295	-0.196	-0.122

\*\* : p < 0.01

表4-2. 後期・重心動揺と角速度60deg/secの筋力の相関係数

	移動面積			移動距離			重心位置		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
伸展	0.304	0.227	-0.017	0.107	0.110	0.010	-0.298	0.127	-0.038
屈曲	0.184	0.076	-0.020	0.053	0.048	0.021	-0.422 <sup>*</sup>	0.039	-0.041
H/Q比	-0.257	-0.300	-0.003	-0.092	-0.087	0.038	-0.200	-0.178	0.010

\* : p < 0.05

表5-1. 前期・重心動揺と角速度180deg/secの筋力の相関係数

	移動面積			移動距離			重心位置		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
伸展	0.326	-0.172	0.067	-0.027	0.143	-0.031	-0.323	-0.164	-0.094
屈曲	0.148	-0.254	0.002	-0.062	0.075	-0.059	-0.344	-0.047	-0.027
H/Q比	-0.233	-0.125	-0.085	-0.043	-0.061	-0.005	-0.032	0.143	0.097

表5-2. 後期・重心動揺と角速度180deg/secの筋力の相関係数

	移動面積			移動距離			重心位置		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
伸展	0.157	-0.059	-0.083	0.064	-0.025	-0.092	-0.300	0.133	-0.112
屈曲	0.110	-0.166	-0.206	0.053	-0.008	-0.096	-0.289	0.069	-0.130
H/Q比	-0.089	-0.136	-0.169	-0.029	0.042	0.002	0.087	-0.112	0.002

表6-1. 前期・重心動揺と角速度300deg/secの筋力の相関係数

	移動面積			移動距離			重心位置		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
伸展	0.308	-0.181	0.079	-0.029	0.137	-0.010	-0.214	-0.131	-0.013
屈曲	0.165	-0.202	0.116	-0.119	-0.050	-0.111	-0.393	-0.064	-0.136
H/Q比	-0.161	0.006	0.030	-0.100	-0.225	-0.115	-0.209	0.089	-0.128

表6-2. 後期・重心動揺と角速度300deg/secの筋力の相関係数

	移動面積			移動距離			重心位置		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
伸展	0.090	-0.192	-0.257	-0.035	-0.181	-0.274	-0.253	0.191	-0.099
屈曲	0.265	-0.010	-0.186	-0.048	-0.004	-0.163	-0.268	0.034	-0.138
H/Q比	0.176	0.271	0.096	-0.002	0.282	0.203	0.088	-0.210	-0.006

表7. A群およびB群の前期および後期の競技成績

5000m記録		
	前期	後期
A群(n=12)	14'40"9±15"6	14'38"2±15"2
B群(n=11)	16'24"1±42"5	16'02"8±44"6

\*\*\*: p<0.001

平均±標準偏差

表8-1. 移動面積のA群とB群の比較

	前期			後期		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
A群(N=12)	5.19±1.55	15.14±3.34	15.35±2.77	5.37±1.67	14.73±3.00	13.66±2.63
B群(N=11)	5.06±1.99	13.61±2.47	13.76±3.15	5.46±1.93	13.63±3.19	12.43±2.34

単位: cm<sup>2</sup>、平均±標準偏差

表8-2. 移動距離のA群とB群の比較

	前期			後期		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
A群(N=12)	30.70±7.58	93.66±20.08	90.50±19.81	31.04±5.36	94.81±22.98	92.29±25.23
B群(N=11)	31.49±6.43	92.01±17.70	88.83±15.42	34.01±5.63	88.40±14.72	87.03±12.63

単位: cm、平均±標準偏差

表8-3. 重心位置のA群とB群の比較

	前期			後期		
	両足立ち	右足立ち	左足立ち	両足立ち	右足立ち	左足立ち
A群(N=12)	48.07±4.94 <sup>***</sup>	44.83±3.39	47.12±4.48	47.45±5.49 <sup>*</sup>	43.65±4.82	45.27±5.00
B群(N=11)	42.69±3.32	43.21±5.41	46.88±4.29	42.22±6.12	43.57±6.40	46.37±3.72

\*: p<0.05、\*\*\*: p<0.01

単位: %、平均±標準偏差

**表9-1. 前期・膝伸展筋力のA群とB群の比較**

	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec
A群(N=12)	96.04±12.85	64.79±8.89	51.25±7.98
B群(N=11)	98.73± 9.32	66.45±7.16	51.36±6.82

単位: ft-lbs/lbs、平均±標準偏差

**表9-2. 後期・膝伸展筋力のA群とB群の比較**

	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec
A群(N=12)	93.36±14.34	64.44±9.82	49.78±8.52
B群(N=11)	99.62±10.70	67.90±7.35	53.40±7.65

単位: ft-lbs/lbs、平均±標準偏差

**表10-1. 前期・膝屈曲筋力のA群とB群の比較**

	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec
A群(N=12)	50.90±6.06 *	42.57±5.97	40.33±7.11
B群(N=11)	57.08±5.28	44.98±4.54	40.37±4.45

※: p<0.05 単位: ft-lbs/lbs、平均±標準偏差

**表10-2. 後期・膝屈曲筋力のA群とB群の比較**

	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec
A群(N=12)	50.96±6.02 ***	43.25±5.02	38.80±5.22
B群(N=11)	58.10±6.07	45.26±5.73	40.81±5.96

\*\*\*: p<0.01 単位: ft-lbs/lbs、平均±標準偏差

表11-1. 前期・H/Q比のA群とB群の比較

	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec
A群(N=12)	53.30±5.21 *	65.90±6.29	79.09±9.89
B群(N=11)	57.95±3.98	67.84±4.08	79.07±6.96

※: p<0.05 単位: %、平均±標準偏差

表11-2. 後期・H/Q比のA群とB群の比較

	60deg/sec	180deg/sec	300deg/sec
A群(N=12)	55.13±4.22 *	67.85±7.52	78.96±9.02
B群(N=11)	58.47±3.01	66.75±3.62	76.98±7.90

※: p<0.05 単位: %、平均±標準偏差

表12. C群およびD群の前期および後期の競技成績

5000m記録		
	前期	後期
C群 (n=6)	14'29"2 ± 10"1	14'35"8 ± 07"8
D群 (n=6)	16'56"7 ± 23"4	16'35"5 ± 25"0

\*\*\*: p < 0.001

平均 ± 標準偏差

表13. 記録向上者と低下者の重心動揺の変動

	競技成績		向上率 (%)	移動面積(cm <sup>2</sup> )		変化率 (%)	移動距離(cm)		変化率 (%)	重心位置(%)		変化率 (%)
	前期	後期		前期	後期		前期	後期		前期	後期	
記録向上者(15人)												
A	14'54"	14'50"	0.4	5.70	3.50	38.6	25.80	26.90	-4.3	39.55	36.20	-8.5
B	14'37"	14'36"	0.1	4.03	6.66	-65.3	44.80	44.06	1.7	50.57	51.36	1.6
D	14'52"	14'47"	0.6	7.13	9.60	-34.6	31.40	25.13	20.0	39.30	40.16	2.2
F	14'45"	14'39"	5.2	2.67	5.20	-94.8	20.33	30.80	-51.5	52.57	50.56	-3.8
G	15'10"	14'48"	2.4	4.37	3.83	12.4	26.80	28.13	-5.0	42.40	43.00	1.4
J	14'33"	14'29"	0.5	5.57	5.06	9.2	40.80	32.63	20.0	52.63	46.53	-11.6
K	16'05"	14'47"	8.1	3.33	5.23	-57.1	24.90	29.90	-20.1	43.93	47.60	8.4
L	14'37"	14'30"	1.5	7.17	5.76	19.7	36.13	27.83	23.0	50.83	49.74	-2.1
M	17'12"	16'12"	5.8	1.97	2.30	-16.8	25.80	26.86	-4.1	42.17	47.86	13.5
P	17'12"	16'26"	4.5	5.13	5.16	-0.6	41.57	42.93	-3.3	45.07	47.36	5.1
Q	15'45"	15'16"	3.1	3.83	7.20	-88.0	31.07	38.23	-23.0	46.17	46.30	0.3
T	15'49"	15'40"	0.9	6.40	6.80	-6.3	34.63	34.36	0.8	39.53	43.13	9.1
U	15'39"	15'34"	0.5	5.77	4.80	16.8	42.67	42.46	0.5	40.03	32.73	-18.2
V	16'23"	16'06"	1.7	9.33	9.76	-4.6	35.90	37.13	-3.4	39.87	33.96	-14.8
W	17'31"	17'21"	1.0	3.87	4.03	-4.1	27.90	33.66	-20.6	38.33	34.73	-9.4
記録低下者(8人)												
C	14'46"	14'47"	-0.1	5.90	4.90	17.0	24.73	26.86	-8.6	51.77	53.26	2.9
E	14'37"	14'40"	-0.3	2.57	3.83	-49.0	28.13	29.46	-4.7	48.00	48.63	1.3
H	14'20"	14'34"	-1.6	6.63	5.03	24.1	22.30	31.20	-39.9	47.90	53.03	10.7
I	14'11"	14'26"	-1.8	4.73	4.46	5.7	30.07	31.16	-3.6	49.23	49.38	0.3
N	14'49"	14'53"	-0.5	5.83	6.56	-12.5	37.10	38.36	-3.4	52.13	49.80	-4.5
O	16'41"	16'46"	-0.5	5.23	4.76	9.0	30.37	29.93	1.4	40.40	39.33	-2.6
R	15'27"	15'41"	-1.5	4.07	4.56	-12.0	26.80	31.50	-17.5	45.70	46.76	2.3
S	16'41"	16'42"	-0.1	6.70	5.43	19.0	24.77	27.10	-9.4	48.40	48.80	0.8

表14. 記録向上者と低下者の角速度60deg/secでの筋力の変動

	競技成績		向上率 (%)	伸展(ft·lbs/lbs)		増加率 (%)	屈曲(ft·lbs/lbs)		増加率 (%)	H/Q比(%)		変化率 (%)
	前期	後期		前期	後期		前期	後期		前期	後期	
記録向上者(15人)												
A	14'54"	14'50"	0.4	107.6	98.9	-8.1	51.1	50.1	-2.0	47.5	50.7	6.7
B	14'37"	14'36"	0.1	88.5	92.0	4.0	48.2	48.0	-0.4	54.5	52.3	-4.0
D	14'52"	14'47"	0.6	114.6	110.9	-3.2	61.3	62.3	1.6	53.5	56.2	5.0
F	14'45"	14'39"	5.2	88.8	82.9	-6.6	46.2	44.9	-2.8	52.0	54.3	4.4
G	15'10"	14'48"	2.4	99.1	107.6	8.6	53.1	55.1	3.8	53.6	52.3	-2.4
J	14'33"	14'29"	0.5	88.0	83.3	-5.3	40.0	45.2	13.0	45.5	54.3	19.3
K	16'05"	14'47"	8.1	104.1	102.8	-1.2	67.4	64.1	-4.9	64.7	62.5	-3.4
L	14'37"	14'30"	1.5	89.6	89.7	0.1	51.3	49.9	-2.7	57.3	55.7	-2.8
M	17'12"	16'12"	5.8	105.9	110.3	4.2	62.3	65.6	5.3	58.8	57.7	-1.9
P	17'12"	16'26"	4.5	109.2	105.9	-3.0	56.7	58.6	3.4	51.9	55.4	6.7
Q	15'45"	15'16"	3.1	84.9	84.6	-0.4	50.4	49.0	-2.8	59.4	58.0	-2.4
T	15'49"	15'40"	0.9	97.3	103.0	5.9	58.4	55.9	-4.3	60.0	54.2	-9.7
U	15'39"	15'34"	0.5	90.5	91.6	1.2	53.5	56.8	6.2	59.1	62.1	5.1
V	16'23"	16'06"	1.7	115.1	119.6	3.9	63.1	67.7	7.3	54.8	56.6	3.3
W	17'31"	17'21"	1.0	92.9	95.8	3.1	57.2	60.1	5.1	61.6	62.8	1.9
記録低下者(8人)												
C	14'46"	14'47"	-0.1	87.2	80.1	-8.1	50.5	46.2	-8.5	57.9	58.0	0.2
E	14'37"	14'40"	-0.3	99.7	94.7	-5.0	49.4	54.4	10.1	49.5	57.6	16.4
H	14'20"	14'34"	-1.6	85.0	86.2	1.4	45.4	46.6	2.6	53.4	54.2	1.5
I	14'11"	14'26"	-1.8	82.1	72.3	-11.9	53.9	47.7	-11.5	65.7	66.0	0.5
N	14'49"	14'53"	-0.5	122.6	122.1	-0.4	61.1	61.3	0.3	49.8	50.2	0.8
O	16'41"	16'46"	-0.5	88.2	85.4	-3.2	53.1	50.8	-4.3	60.2	59.5	-1.2
R	15'27"	15'41"	-1.5	97.4	104.1	6.8	52.1	58.9	13.1	53.5	56.7	6.0
S	16'41"	16'42"	-0.1	100.9	93.0	-7.8	54.0	52.1	-3.5	53.5	56.1	4.9

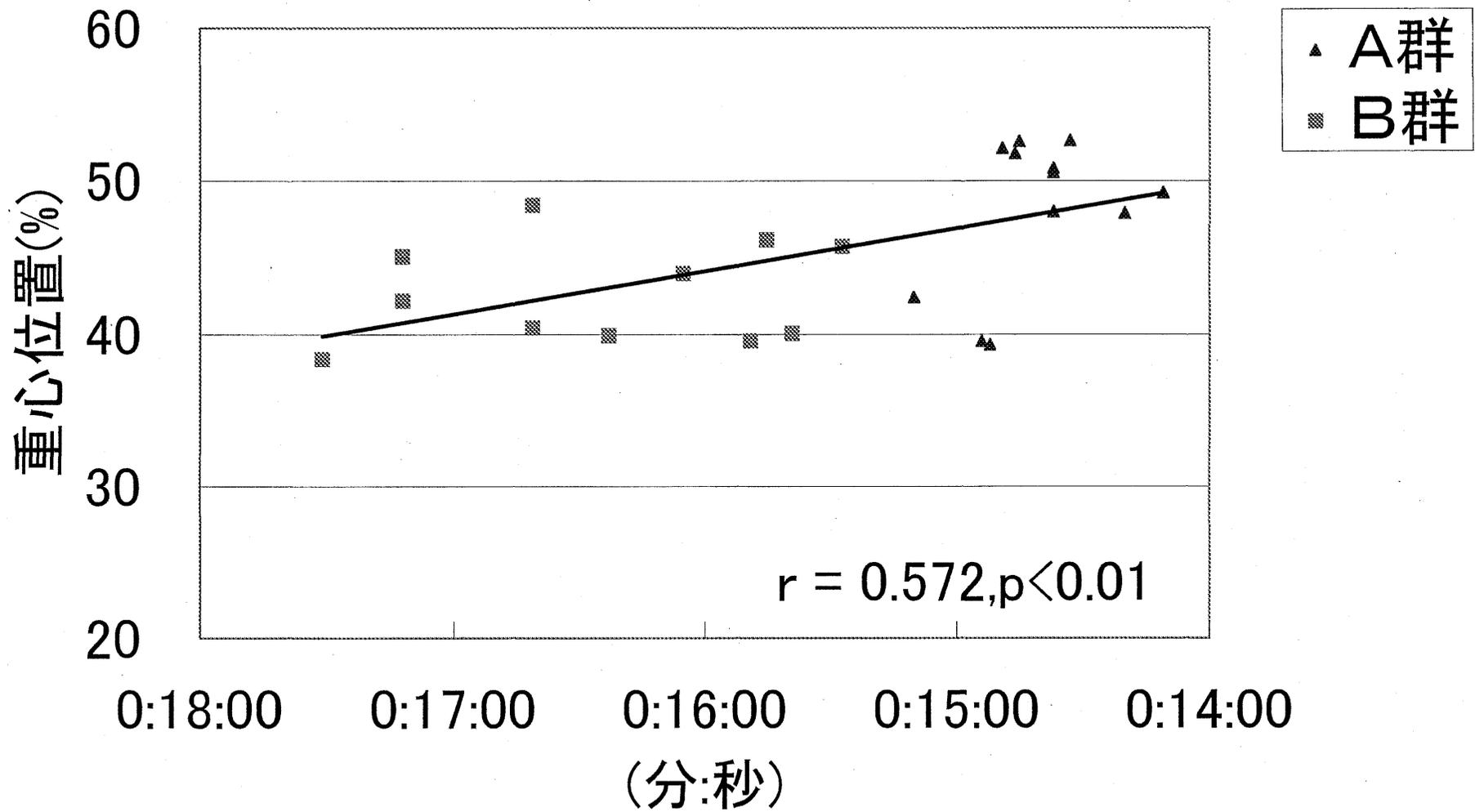


図1-1 前期・競技成績と重心位置の関係

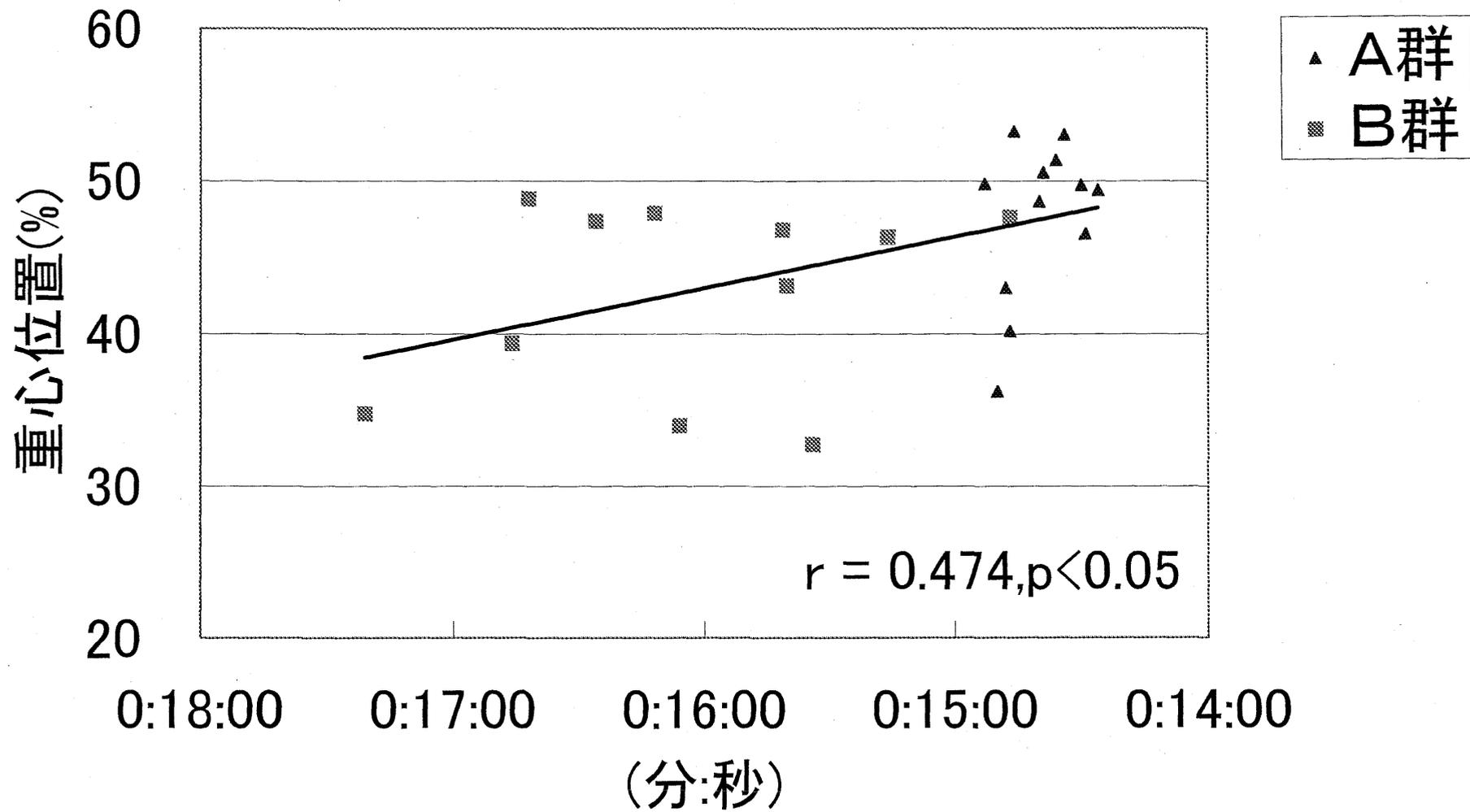


図1-2 後期・競技成績と重心位置の関係

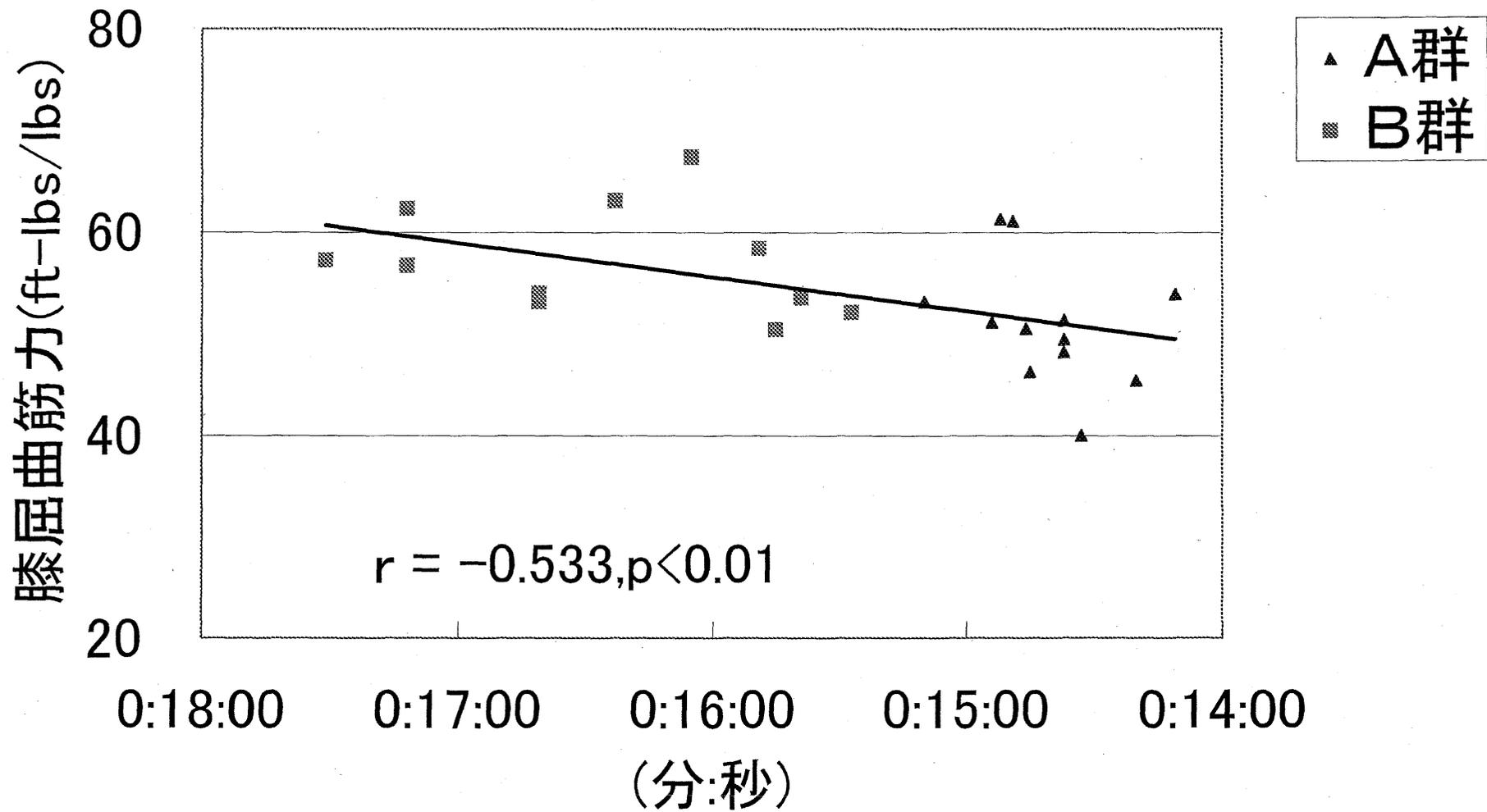


図2-1 前期・競技成績と膝屈曲筋力の関係

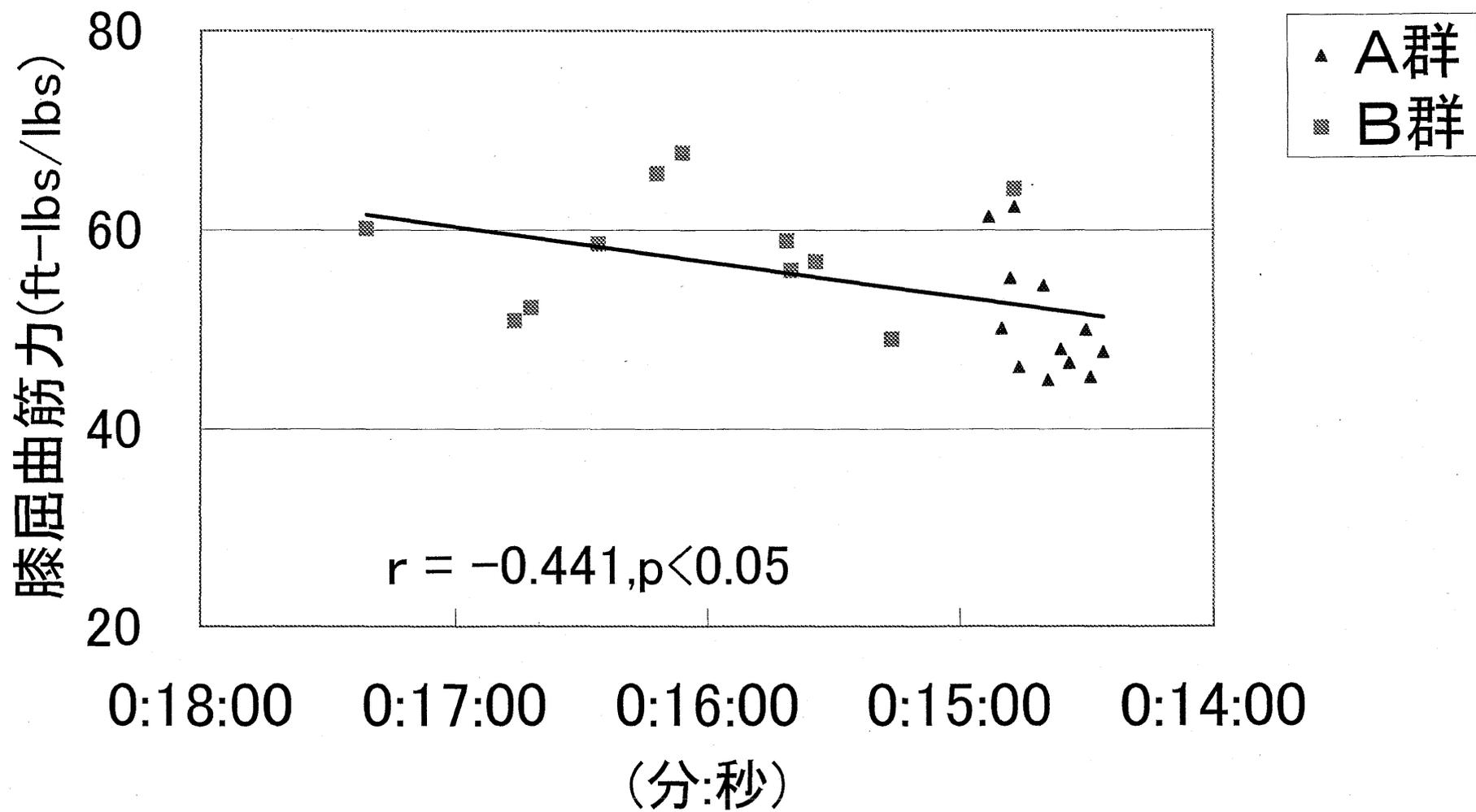


図2-2 後期・競技成績と膝屈曲筋力の関係

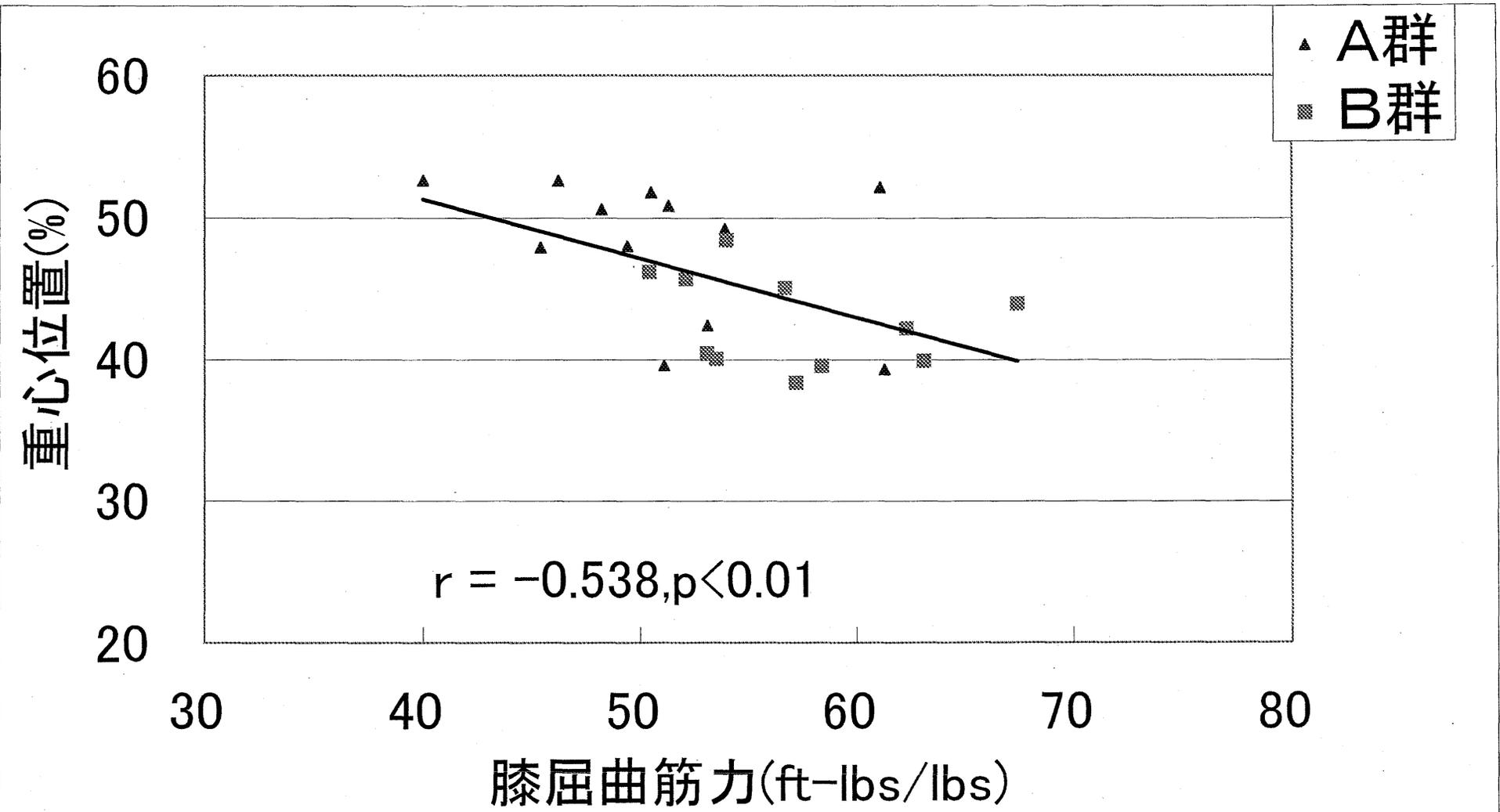


図3-1 前期・膝屈曲筋力と重心位置の関係

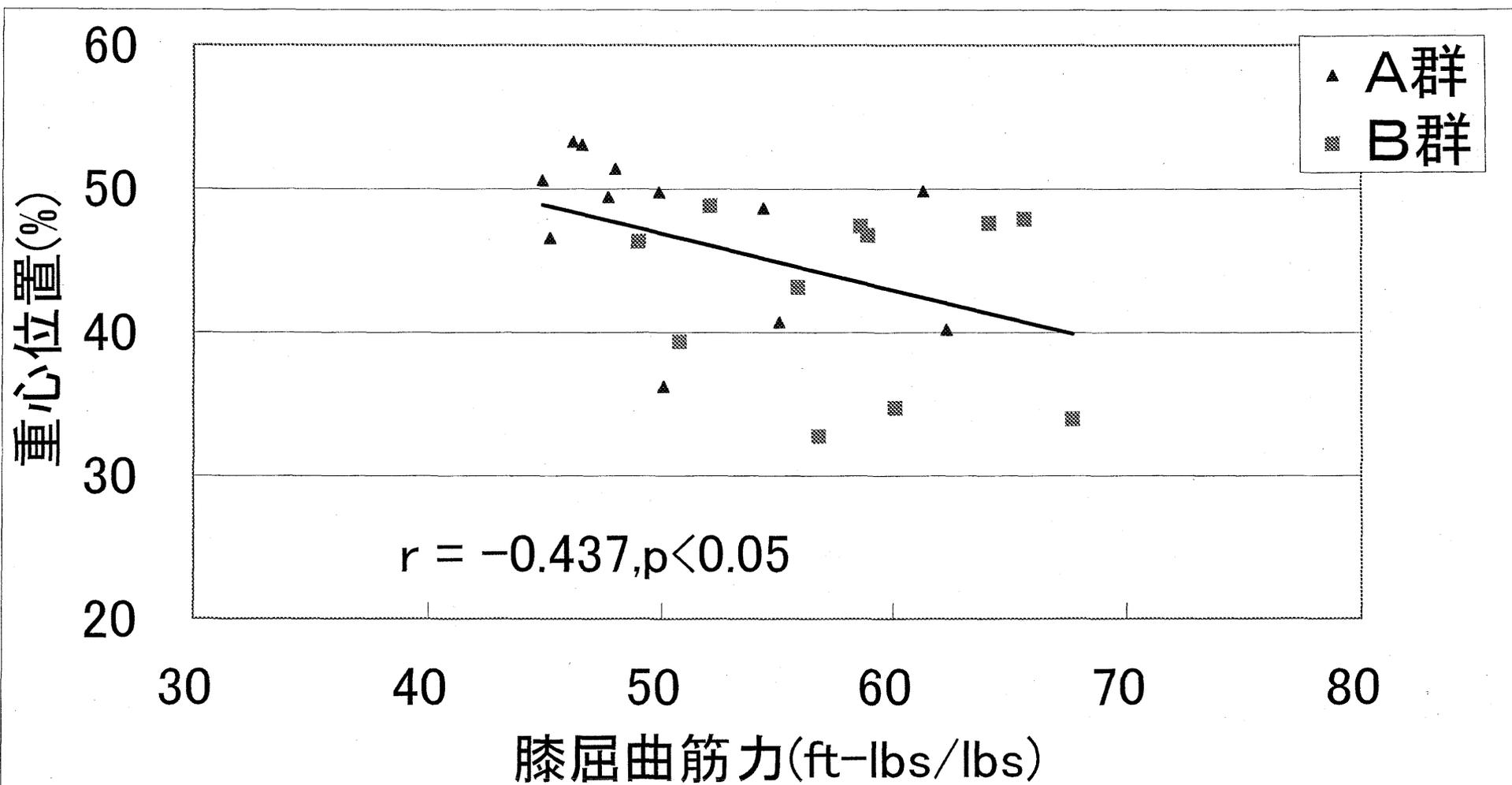


図3-2 後期・膝屈曲筋力と重心位置の関係

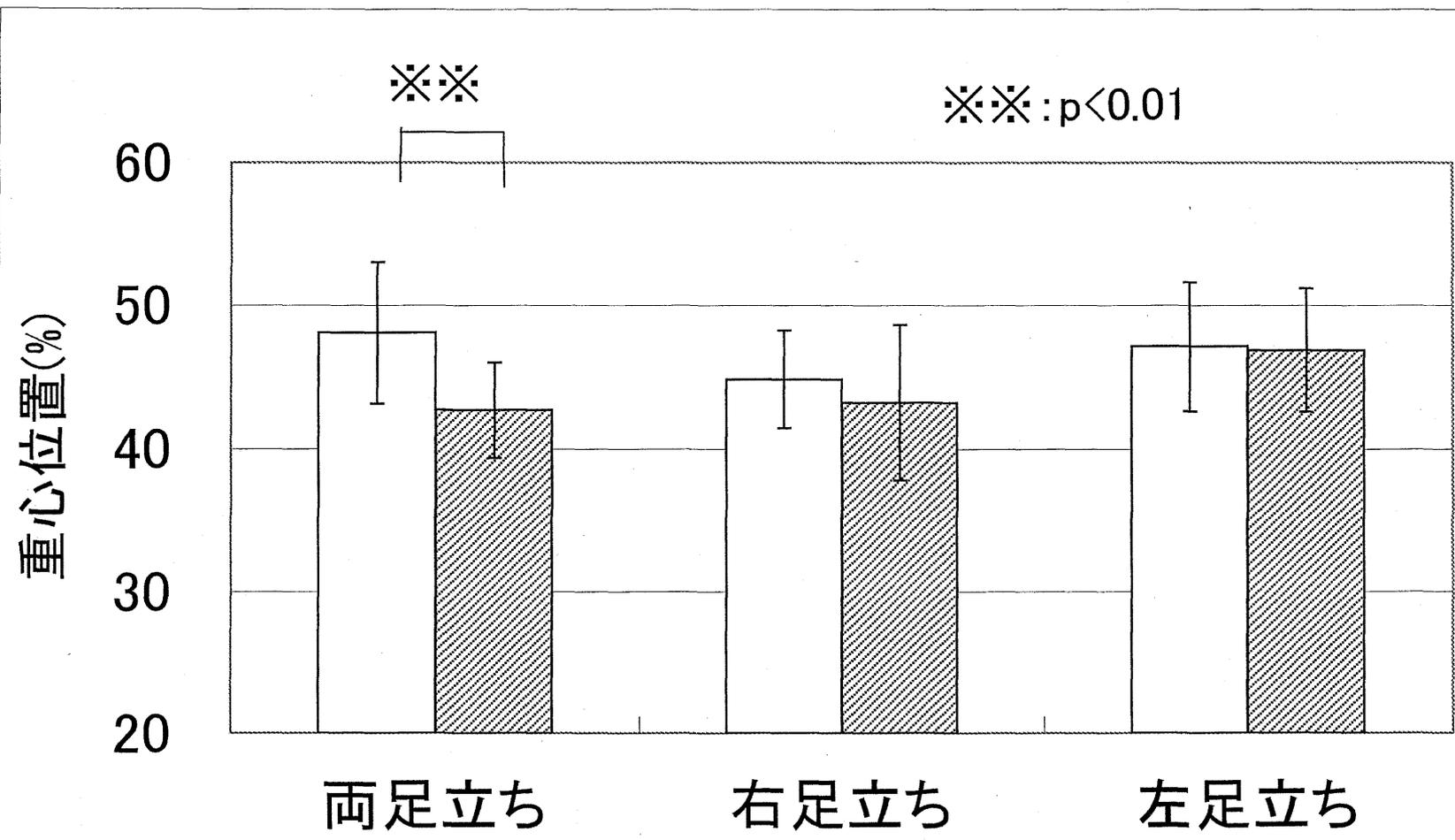
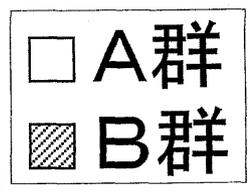


図4-1 前期・重心位置のA群とB群の比較

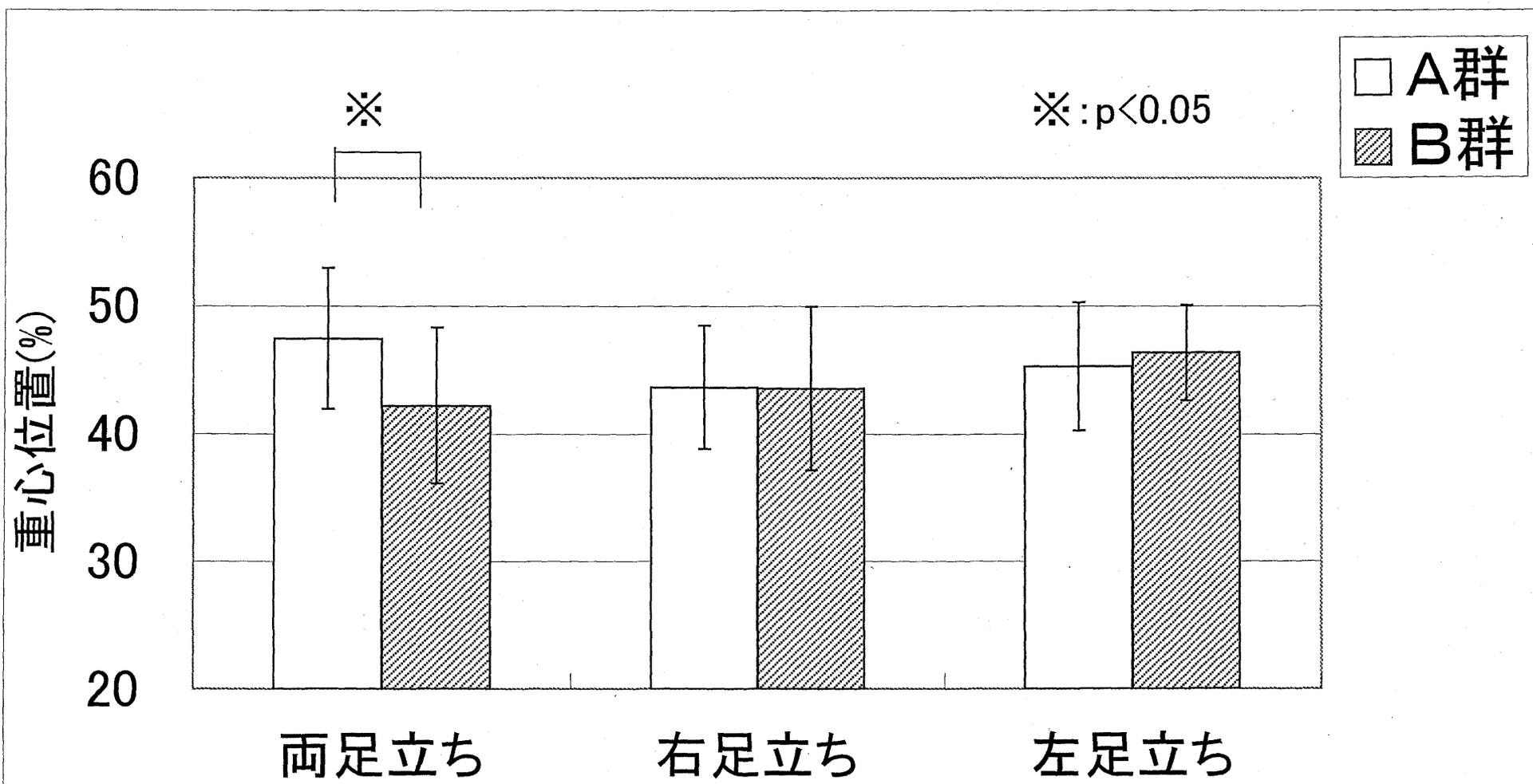


図4-2 後期・重心位置のA群とB群の比較

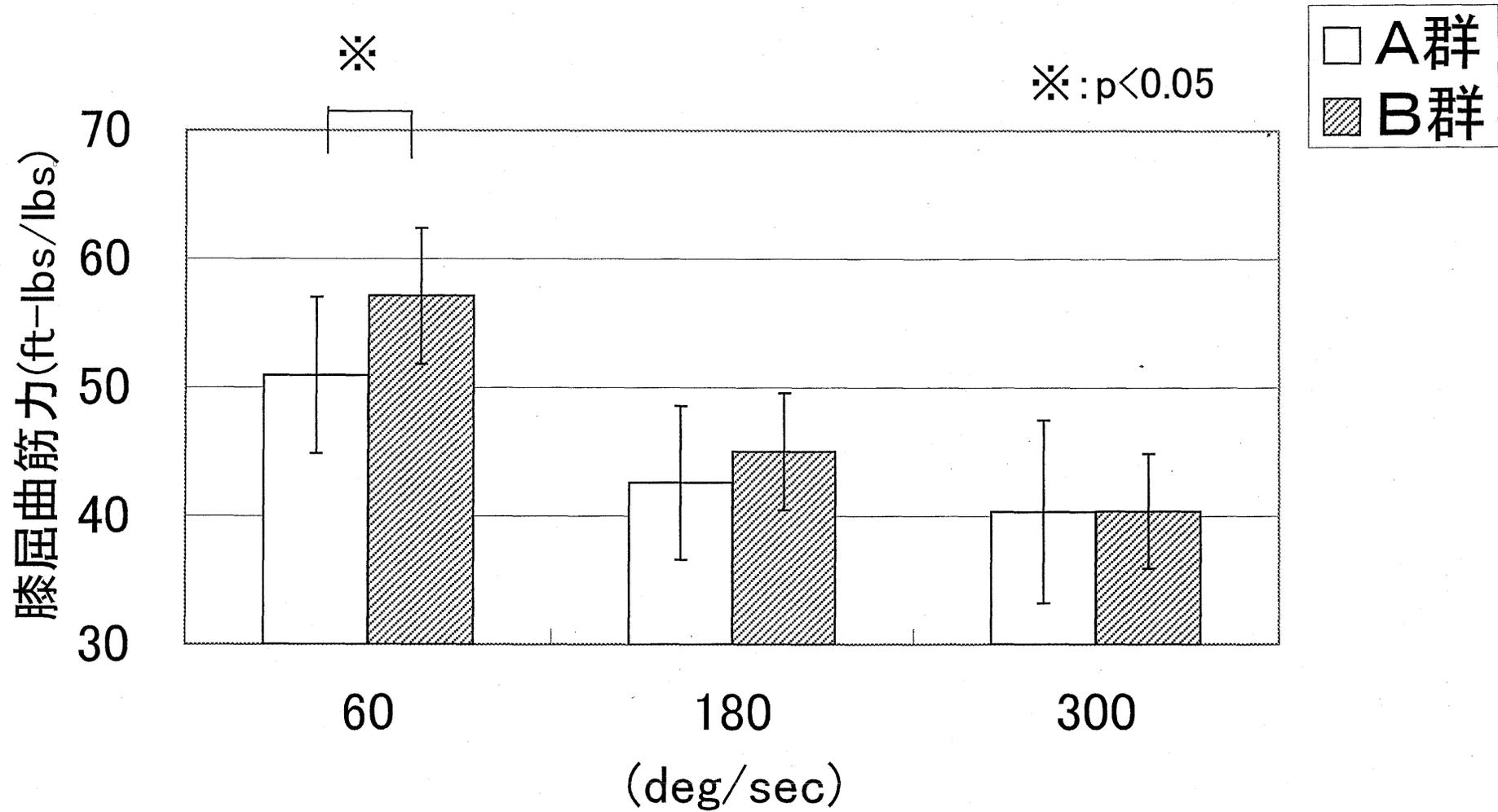


図5-1 前期・膝屈曲筋力のA群とB群の比較

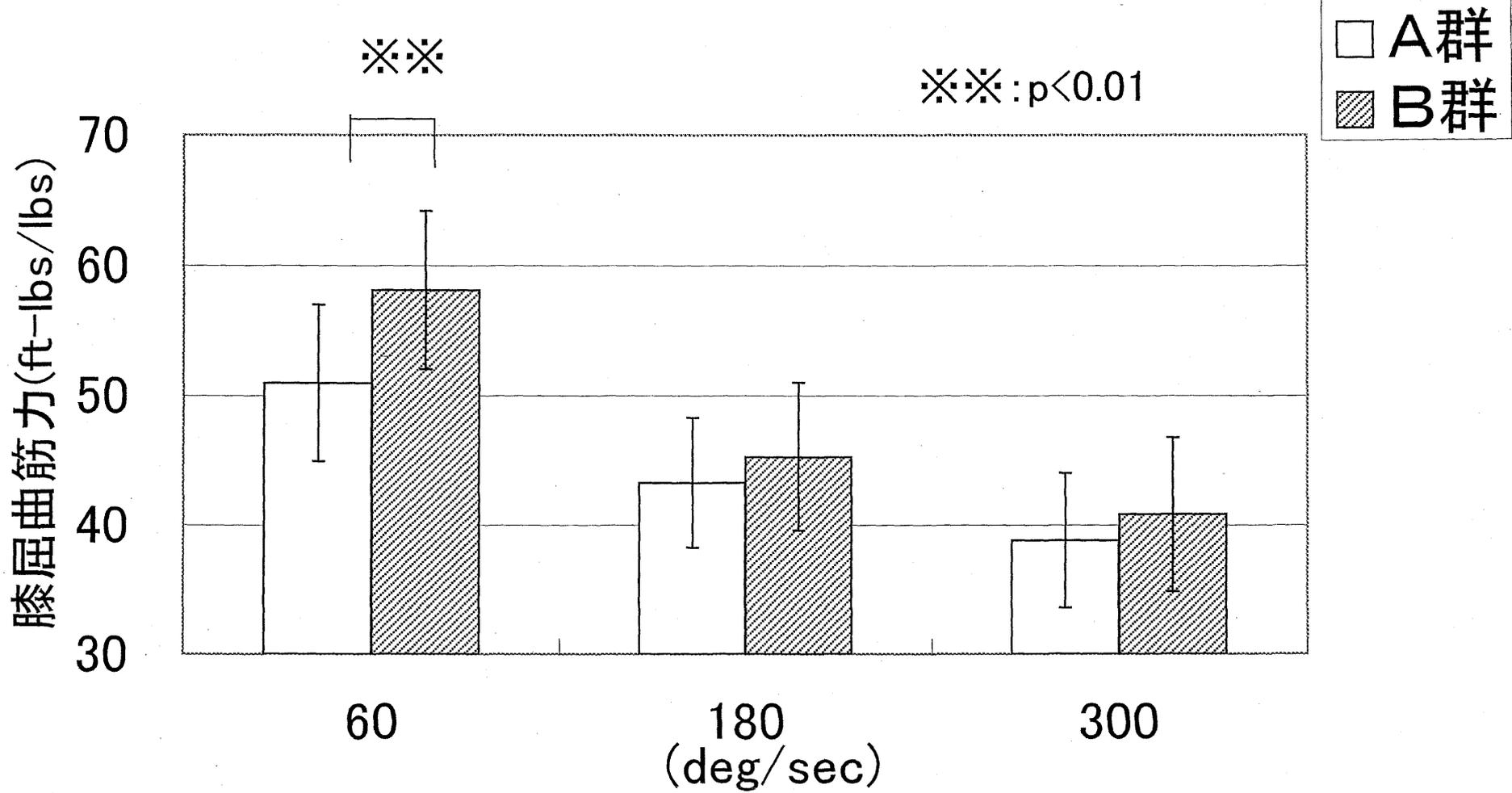


図5-2 後期・膝屈曲筋力のA群とB群の比較

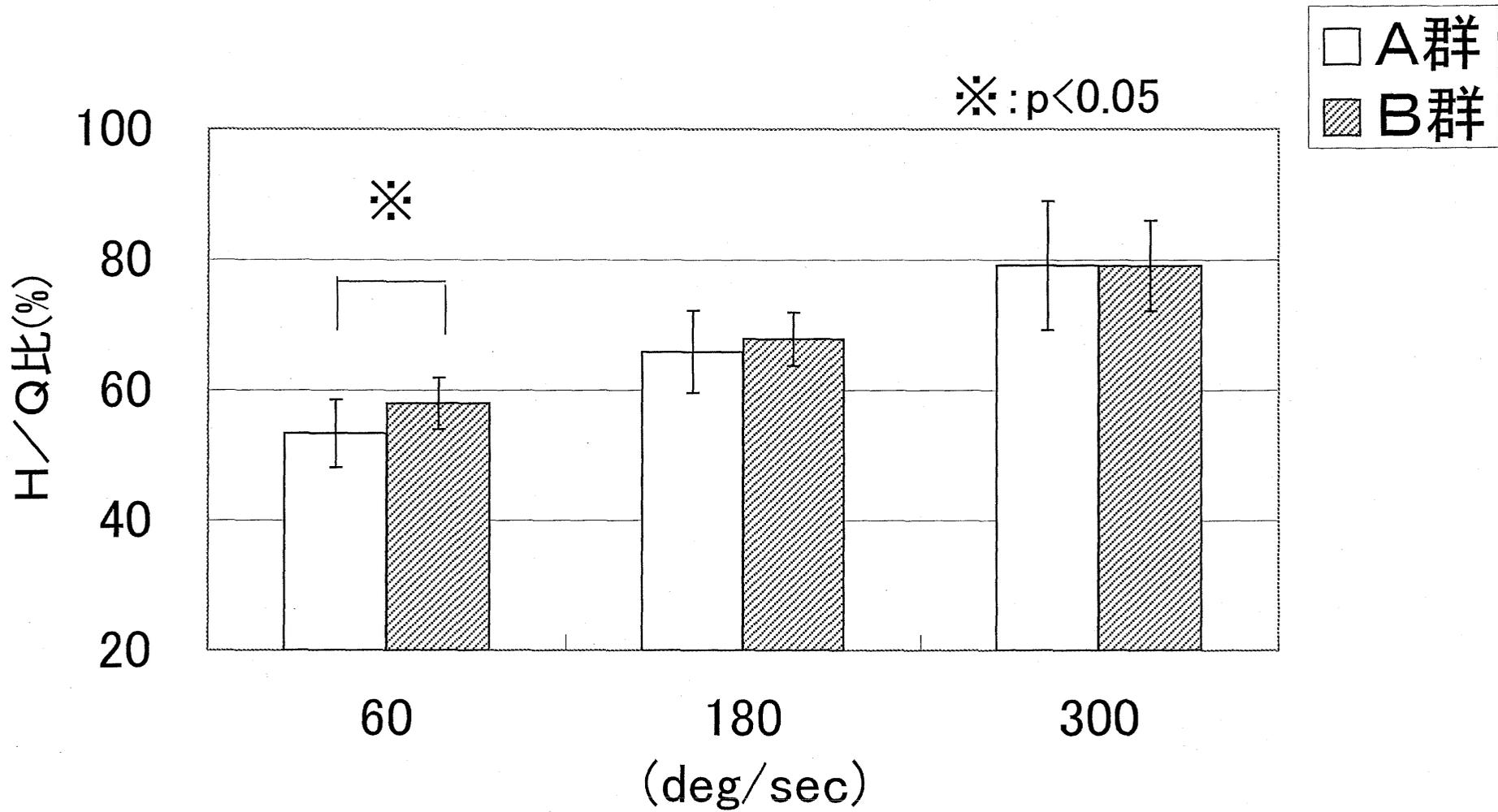


図6-1 前期・H/Q比のA群とB群の比較

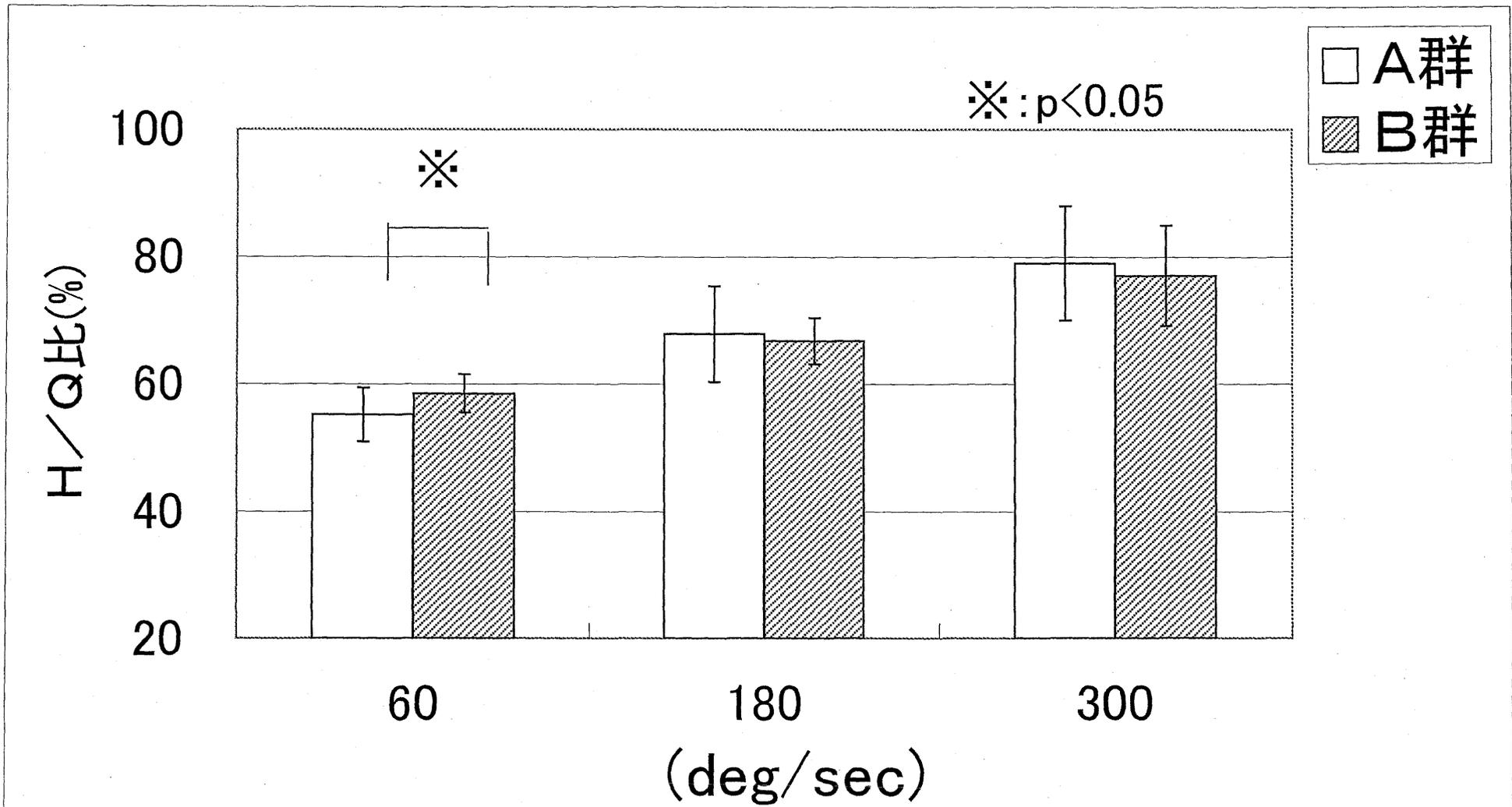


図6-2 後期・H/Q比のA群とB群の比較

※:  $p < 0.05$ , ※※:  $p < 0.01$

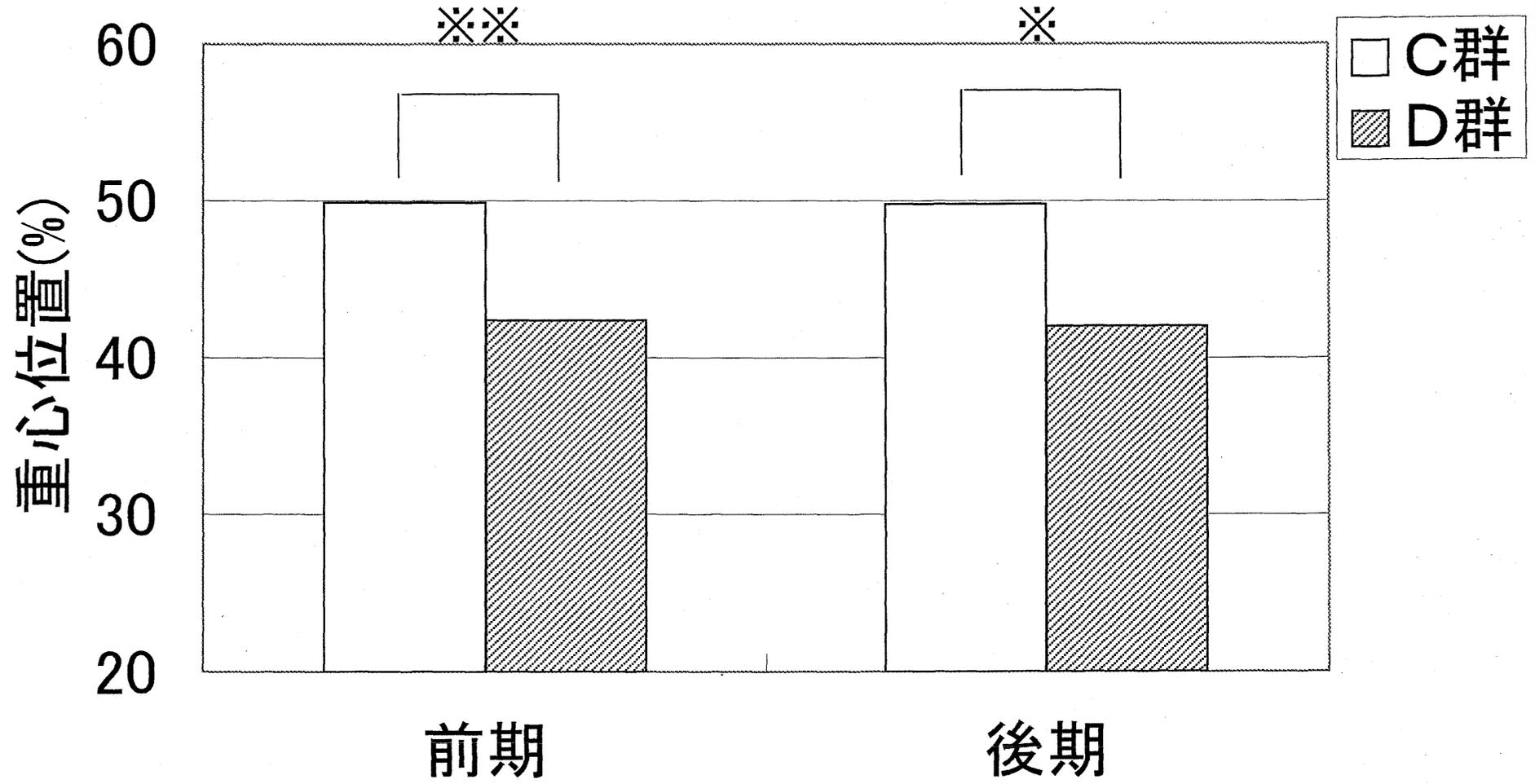


図7 重心位置のC群とD群の比較

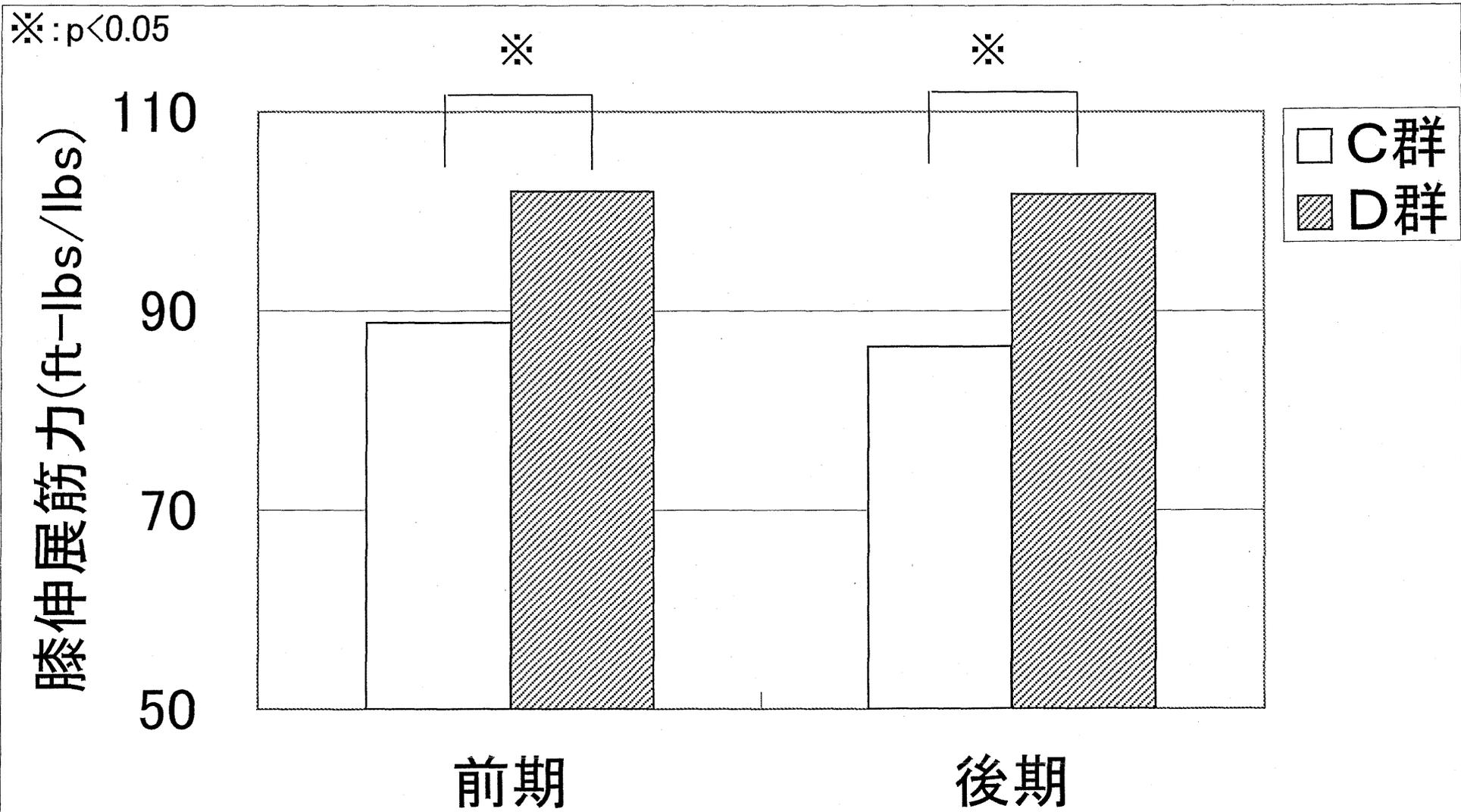


図8 膝伸展筋力のC群とD群の比較

※:  $p < 0.05$ , ※※:  $p < 0.01$

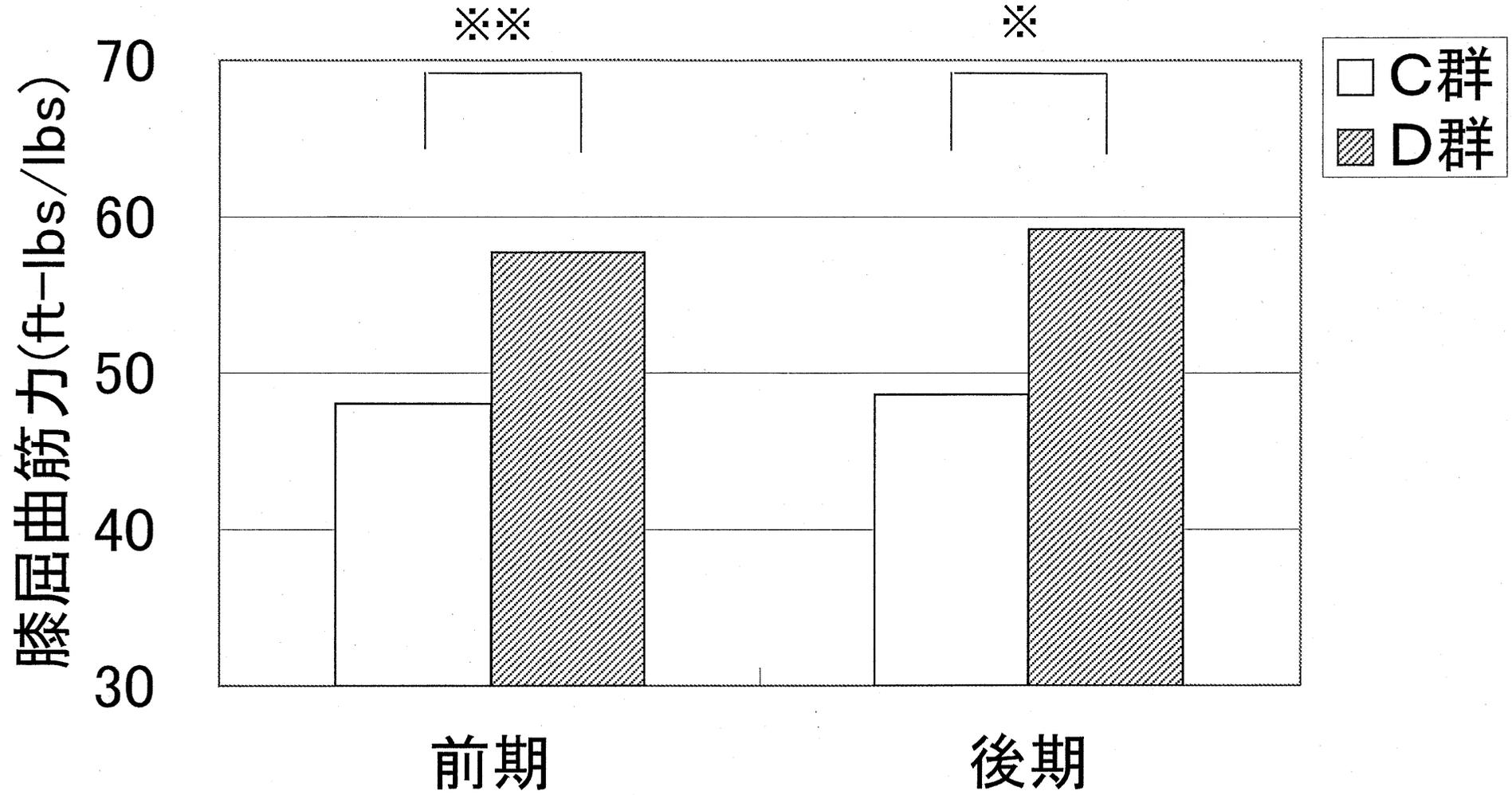


図9 膝屈曲筋力のC群とD群の比較

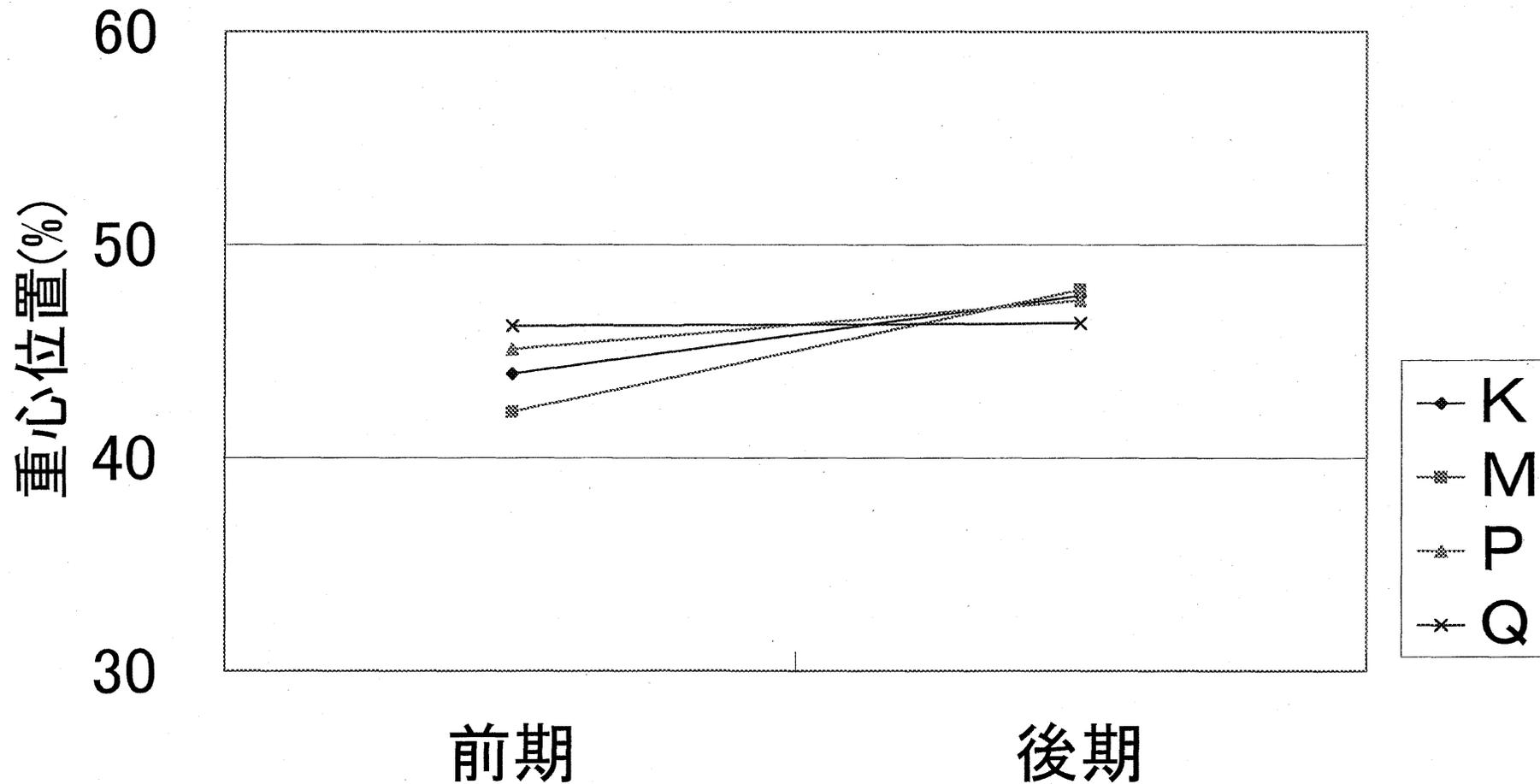


図10 向上群・B群の重心位置

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 河野 良平 殿

### 実験参加同意書

わたしは、貴殿が実施する「陸上競技長距離走者の重心動揺と下肢筋群のバランス、重心動揺との関連性について」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諾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