

# ランニング速度を基にした大学生および高校生 スポーツ選手の筋線維組成の推定

大石康晴・有村浩介・小澤雄二・井福裕俊  
谷口紘八・松元尚大

## Fiber Type Composition in University and High School Athletes Estimated by Running Performance

Yasuharu OISHI, Kosuke ARIMURA, Yuji OZAWA, Hirotoshi IFUKU  
Kohachi TANIGUCHI and Hisahiro MATSUMOTO

(Received September 1, 1999)

The purpose of this study was to estimate the fiber type composition of the vastus lateralis muscle on the University and High school athletes by 50m and 12min running test. A total of 237 students, University male athletes, University male and female non-athletes, and High school Rugby player, were subjected in the test. The mean ratio of fast-twitch (FT) fibers of all subject was 62.1%, ranged 30.9–89.8%. In the University athletes, the sprinter of the track and field had high percentage of FT fibers (mean FT ratio was 72.7%, ranged 60.0–89.8%), inversely the percentage of FT fibers in long-distance runner was very low (mean FT ratio was 45.9%, ranged 36.3–57.0%). The other ball-game player on the University athletes, and University male and female non-athletes had slightly high percentage of FT fibers. No differences on the fiber type composition were observed between any position of the High school Rugby player.

Our results suggested that this running test was useful to estimate the fiber type composition not only adult male, but also the University non-athlete female and High school athletes.

**Key words :** fiber type composition, fast-twitch fiber, vastus lateralis

### 1. 緒 言

スポーツ場面において、疾走距離の長・短に関わらず、また陸上競技選手のみならず球技種目などの選手にとっても、より速く走ることは非常に関心が高く重要なことであろう。多くのスポーツ種目の競技者は、より速く走るため、あるいはより力強いプレーを行うため様々な工夫されたトレーニングを積んでいるが、そのために重要な身体的・生理的要因の一つとして、私たちの身体を構成する筋肉(骨格筋)の量と質が挙げられる。たとえば、重量挙げや柔道、相撲、陸上・投てき種目など、瞬間的あるいは短時間に爆発的な力を発揮するような場合、より多くの筋量を有する者が有利と考えられ、また実際に大きな力を発揮できる。一方、筋肉の質とは、それを構成する筋線維の特性を意味している。私たちの骨格筋は、多数の筋線維が集合したものであり、この筋線維は、収縮速度が速く疲労しやすい速筋線維 (fast-twitch fiber, FT) と収縮速度が遅く疲労しにくい遅筋線維 (slow-twitch fiber, ST) に大別される。通常、私たちの骨格筋はこの速筋線維と遅筋線維がモザイク状にほぼ等しい割合で存在している。しかしながら、一流のスポーツ競技選手では、その競技種目に適した筋線維の割合が極端に多いことが明らかになっている<sup>2)</sup>。た

例えば、陸上競技選手の外側広筋を調べると、短距離・瞬発型の選手では速筋線維の割合が非常に高く、逆に長距離・持久型の選手では遅筋線維の割合が高い。一方、球技選手や特別なスポーツを行っていない一般成人男子<sup>3)</sup>では、陸上競技選手ほど極端な例は少なく、若干の偏りはあるもののほぼ中庸型を示す。トレーニングにより、骨格筋はダイナミックな適応変化を示す<sup>6,9)</sup>。ヒトの骨格筋において、長年のトレーニングにより、その筋線維組成(速筋線維と遅筋線維の構成比)が変化するかどうかは、議論の分かれるところであるが、少なくともより高いパフォーマンスを発揮するためには、その種目に適した筋線維組成を有することが必要条件と考えられる<sup>5)</sup>。

これまで、ヒトの筋線維組成を調べるいくつかの方法が報告されているが、大きく分けて、直接的に微量の筋肉を取り出して調べる直接法<sup>1)</sup>と、間接的・非侵襲的に調べる間接法に分けられる<sup>2,7)</sup>。前者は正確に調べることができるが、痛みや苦痛を伴う。後者は、痛みや苦痛はないが、直接法に比べ精度が落ちる。したがって、筋線維組成を調べるための目的や対象者に応じて、その方法を選択する必要がある。

勝田らは<sup>4)</sup>、筋線維組成を調べる最も簡便でかつ信頼性の高い方法として、50m走と12分間走の走速度比を用いた推定法を提唱している。それによると、走速度比の値をある一定の推定式に代入することにより外側広筋に占める速筋線維の面積比(%area FT)を算出できると報告している。

本研究は、この推定法を用いて大学生男子スポーツ選手、一般大学生男女、および高校生ラグビー部員の外側広筋の筋線維組成を推定することを目的とした。なお、勝田らの推定方法は成人男子のみを対象としたものであり、これが一般大学生女子や高校生スポーツ選手にも適用できるかどうかは検討されていないが、本研究ではこのことについても分析・検討を試みた。

## 2. 方 法

### 1) 被験者

被験者には、K大学に在学し体育会のスポーツ競技種目に属する男子スポーツ選手37名、特に定期的な運動は行っていない一般大学生男子61名と一般大学生女子35名、およびK県内の高校のラグビー部に所属する高校男子ラグビー選手104名を用いた。大学生男子スポーツ選手37名の競技種目と被験者数は、陸上競技・短距離走者11名、陸上競技・長距離走者9名、陸上競技・投てき選手1名、ラグビー部9名、サッカー部3名、バスケットボール部2名、空手部1名、剣道部1名であった。高校男子ラグビー部104名の内訳は、フォワード(FW)が50名、バックス(BK)が54名であった。表1には全被験者の年齢と身体的特性を示した。なお、全被験者には事前に本研究の主旨および実験方法についての詳細な説明を行い、本研究への参加の同意を得た。また、

表1 被験者の年齢と身体的特性 (平均±標準偏差)

	人数	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)
大学生スポーツ選手	37	19.87±1.13	172.53±5.73	66.08±7.82
高校生ラグビー選手	104	16.47±0.81	171.37±5.28	67.28±9.16
一般大学生男子	61	18.53±0.68	171.49±5.66	62.83±7.95
一般大学生女子	35	18.48±0.76	159.44±4.94	51.98±6.42

より正確なデータを得るため 50m 走, 12 分間走ともに各個人の全力を出し切るよう十分な説明と注意がなされた。

## 2) 実験方法

50m 走, 12 分間走ともに大学または各高校の 300m 陸上競技用トラックを用いて測定した。測定に先立ち, 被験者全員または各個人で入念な準備運動・ストレッチ・ジョギング等を行い, 50m 走前には数本の試走を行った。50m 走は 100m 走用直線コースのスタート地点から中間の 50m 地点までをゴールとし, 被験者には, スタンディングまたはクラウチングスタートの姿勢から 1 人につき 2 回または 3 回のランニングを全力で行わせ, 1/100 秒単位で測定したうちの最も良いタイムを採用した。測定誤差を防ぐためタイム測定は常に同一検者が行った。50m 走測定終了後, 十分な休息をとった後, 12 分間走を行った。被験者は, 10-15 人を 1 グループとしてスタートの合図により一斉にスタートし, 12 分後の停止の合図とともにランニングを中止し, 走行距離の算出が終わるまでその場から離れないように指示された。走行距離を正確に算出するため, 300m トラックを 10m 間隔でマーキングし, ランニング周回数とマーカー数により 5m 単位で走行距離を算出した。被験者は, 2 人 1 組のペアを組み, ペアの 1 人が走行中, 残りの 1 人がかけ声などにより常に励まし, 12 分間のランニング終了後に走行距離を確認・記録した。

## 3) 筋線維組成の推定

測定結果をもとに, 50m 走と 12 分間走それぞれの疾走速度 (m/min) から, その速度比 (50m 走速度/12 分間走速度) を求めた。得られた値を, 勝田ら<sup>4)</sup>によって提唱された外側広筋の筋線維組成 (%area FT) の推定式:  $Y=69.8X-59.8$  ( $r=0.876$ ) に代入し, 被験者それぞれの外側広筋の筋線維組成 (%area FT) を推定した。

なお, この推定式により得られた外側広筋の筋線維組成の値は, 本来, 「外側広筋に占める速筋線維の面積比」を意味する %area FT で表されるが, 本論文では日本語として表現する便宜上, %area FT を「速筋線維の割合」という表現で用いた。

## 4) 統計処理

3 グループ以上の比較には分散分析 (ANOVA) を用い, 多重比較テスト (Post-Hoc Test) により, 危険率 5%未満を有意とした。

# 3. 結 果

## 1) 50m 走および 12 分間走速度

大学生男子スポーツ選手, 高校ラグビー選手および一般大学生男・女それぞれの 50m 走速度と 12 分間走速度を図 1 に示した。50m 走速度 (平均±標準偏差, m/min) は, 大学生男子スポーツ選手  $440.1 \pm 24.6$ , 高校ラグビー選手  $427.4 \pm 20.8$ , 一般大学生男子  $417.4 \pm 22.2$ , 一般大学生女子  $332.7 \pm 21.0$  で 4 グループ間すべてに有意な差が認められた。一方, 12 分間走速度 (平均±標準偏差, m/min) は, 大学生男子スポーツ選手  $253.4 \pm 26.2$ , 高校ラグビー選手  $240.0 \pm 16.4$ , 一般大学生男子  $244.5 \pm 29.7$ , 一般大学生女子  $196.3 \pm 24.7$  で, 大学生男子スポーツ選手が高校ラグビー選手と一般大学生女子に対し有意に高い値であった。

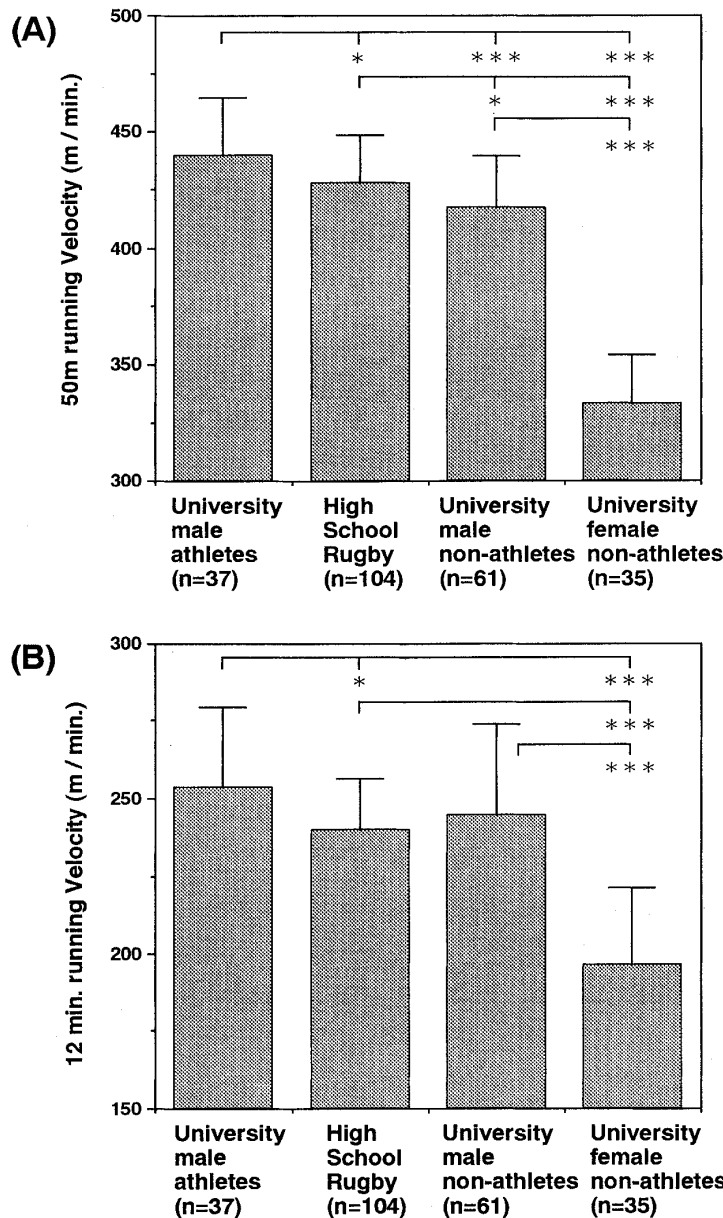


図1. 各グループにおける50m走(A)と12分間走(B)の走速度。(平均±標準偏差, m/min). \* p<0.05, \*\*\* p<0.001

2) 外側広筋の速筋線維の割合

図2には、50m走および12分間走速度を基にした大学生男子スポーツ選手(図2A)、高校ラグビー選手(図2B)、一般大学生男子(図2C)、一般大学生女子(図2D)および全被験者(図2E)の速筋線維の割合の分布を示した。各グループの平均値は、大学生男子スポーツ選手62.8%、高校ラグビー選手64.8%、一般大学生男子59.1%、一般大学生女子58.4%であり、グループ間には差はなくほぼ等しい値が得られた。また、すべてのグループの分布形態は類似した正規分布がみられた。高校ラグビー選手(図2B)では、他のグループと比較して速筋線維の分布の幅が狭いという特徴がみられ、104名の被験者のうち8割(83名)の学生が55-75%の範囲内であった。全被験者237名の速筋線維の割合(図2E)の平均値は62.1%であり、最も低い値は一般大学生男子の30.9%、最も高い値は大学生男子スポーツ選手の89.8%であった。

## 3) 競技別大学生男子スポーツ選手の筋線維組成

図3には大学生男子スポーツ選手のうち陸上競技・短距離, 陸上競技・長距離, ラグビー部およびサッカー部に属する学生の速筋線維の割合を示した。陸上競技・短距離選手(11名)の平均値は72.7%(60.0-89.8%), 長距離選手(9名)では45.9%(36.3-57.0%)であった。ラグビー部とサッカー部員では陸上競技・短距離と長距離の中間値を示し, それぞれ62.7%(48.5-76.4%), 63.4%

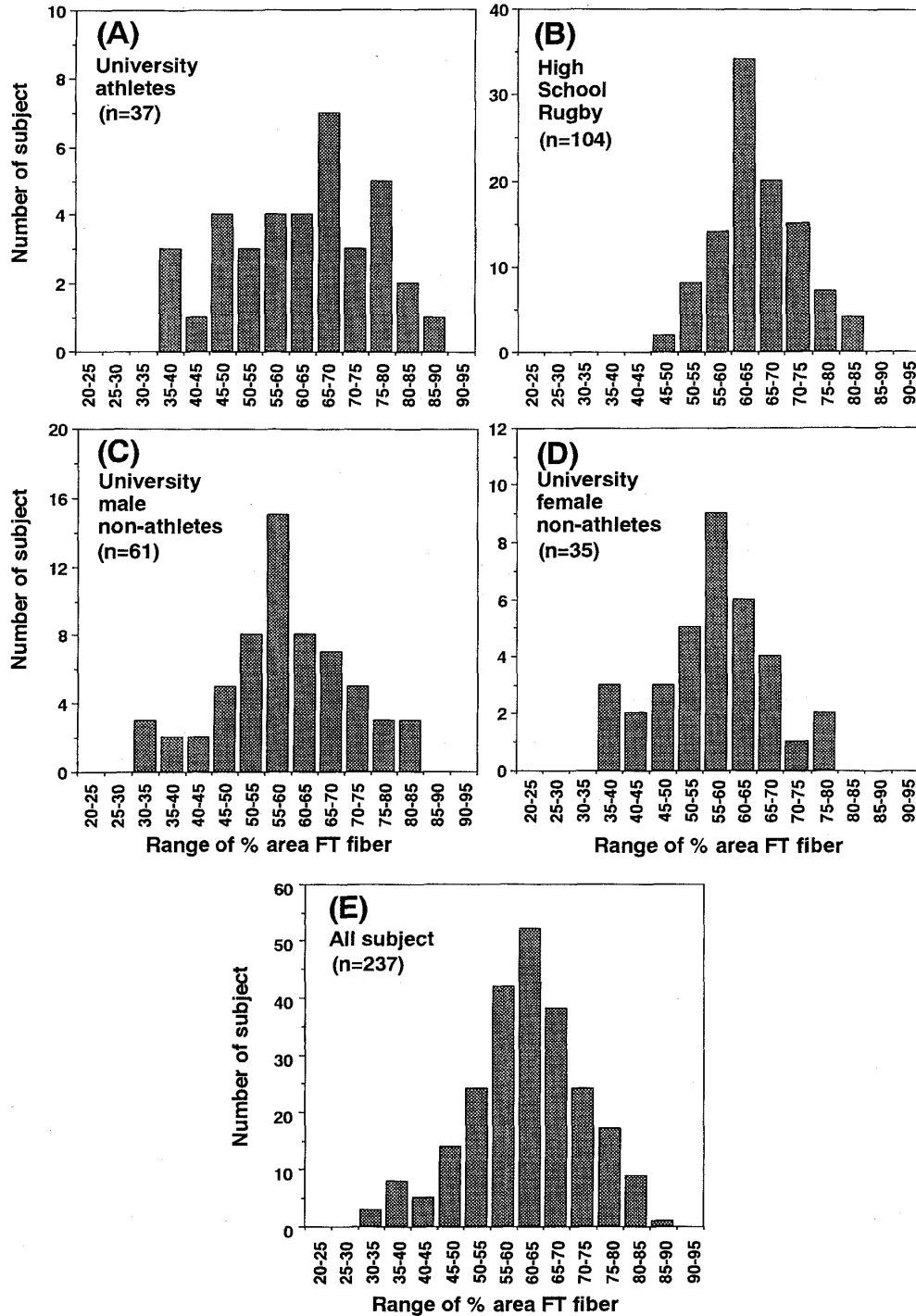


図2. 各グループおよび全被験者の速筋線維の割合(%area FT)の分布。

A: 大学生男子スポーツ選手, B: 高校生ラグビー選手,

C: 一般大学生男子, D: 一般大学生女子, E: 全被験者

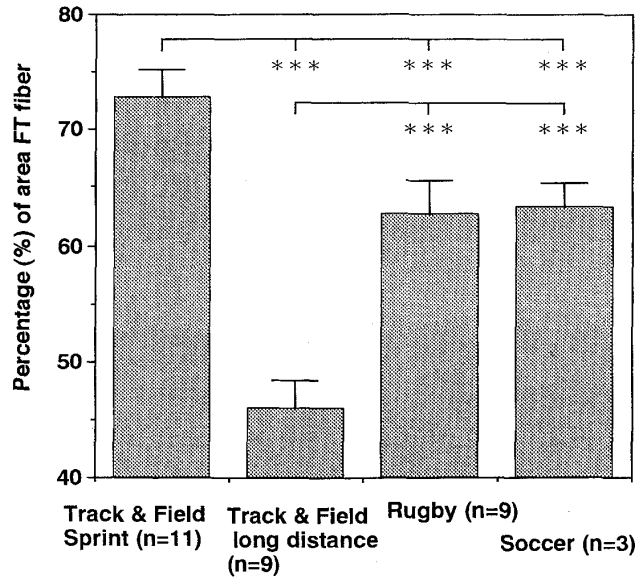


図3. スポーツ種目別大学生男子スポーツ選手の筋線維組成。(平均±標準偏差) \*\*\* p<0.001

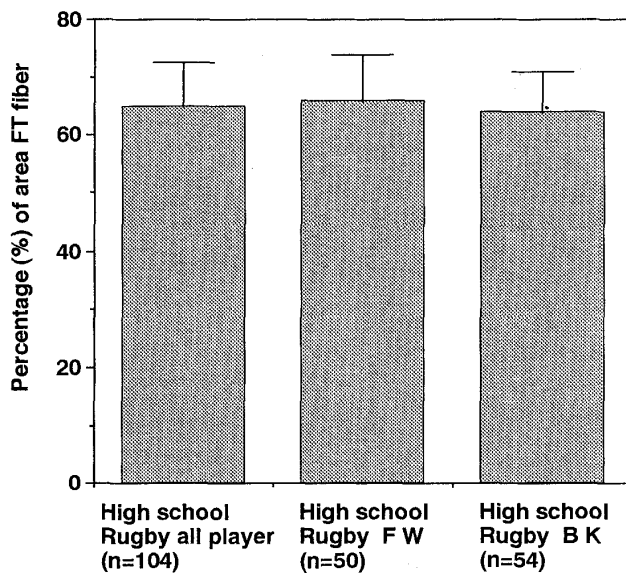


図4. 高校生ラグビー全選手およびフォワード・バックス別の筋線維組成。(平均±標準偏差) FW:フォワードプレイヤー, BK:バックスプレイヤー

(59.3-65.8%)であった。

4) 高校生ラグビー選手の筋線維組成

図4には高校生ラグビー選手の筋線維組成を、全被験者、フォワード (FW)、バックス (BK) ごとに示した。全被験者の速筋線維の割合の平均値は64.8%, FWでは65.9%, BKでは63.9%であった。さらにFW内, BK内の各ポジションについても検討したが、ポジション間での筋線維組成の差はまったく認められなかった。

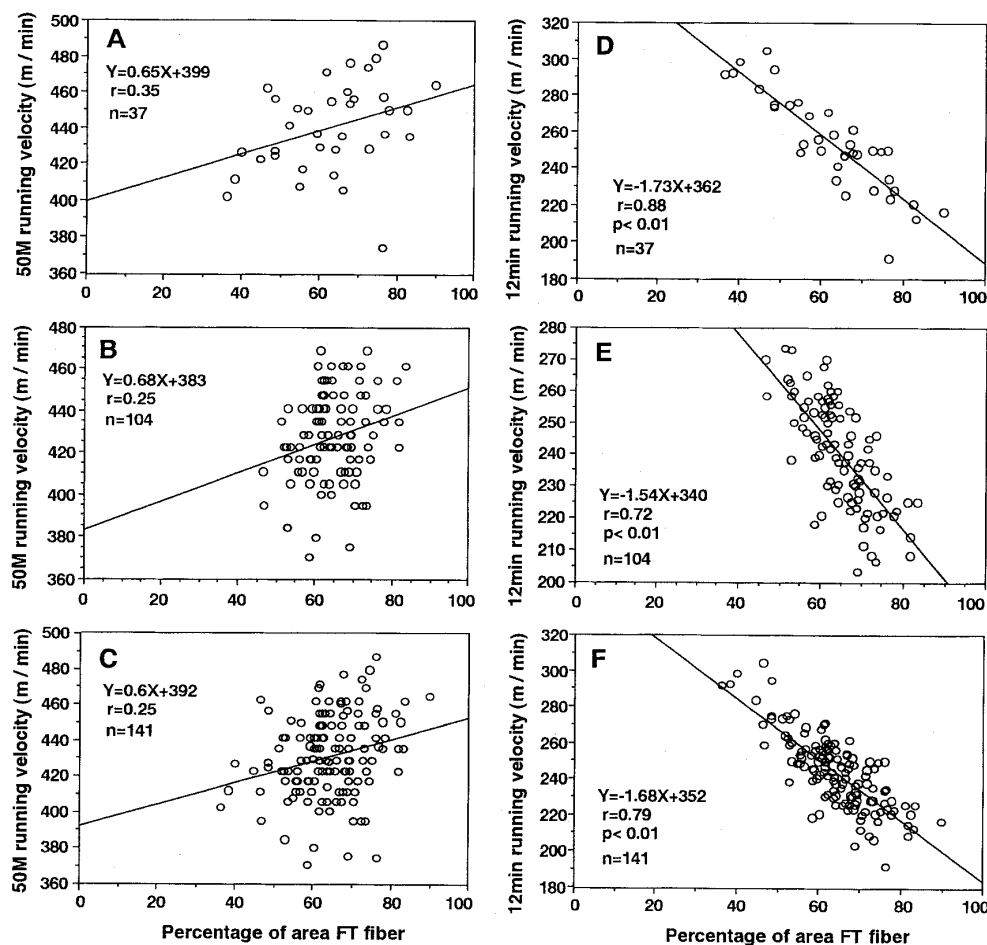


図5. 大学生男子スポーツ選手 (A, D) と高校生ラグビー選手 (B, E) における 50m 走速度 (A, B, C) および 12 分間走速度 (D, E, F) と筋線維組成の相関. パネル C と F は, 大学生男子スポーツ選手と高校生ラグビー選手をあわせたデータ. n: 人数

#### 5) 走速度と筋線維組成の関連

図5には, 50m 走速度 (A, B, C) および 12 分間走速度 (D, E, F) と速筋線維の割合の相関について, 大学生男子スポーツ選手 (A, D; 37 名) と高校生ラグビー選手 (B, E; 104 名), そしてその両グループを合わせたデータ (C, F; 141 名) を示した. どのグループにおいても 50m 走速度と速筋線維の割合には相関がみられなかったのに対し, 12 分間走速度と速筋線維の割合には有意な負の相関が認められた. また, 各グループの 50m 走速度と 12 分間走速度の関連について検討したところ (図6), 有意な相関はみられなかった.

#### 4 考 察

筋線維組成を調べる場合, 直接法と比較して間接法は誤差範囲が大きく精度が落ちるという短所はあるものの, 痛みや苦痛を伴わない長所を持っている. 中でも, 本研究で用いた 50m 走と 12 分間走速度比による推定は, (1) 特別な機械や熟練した手法をまったく必要としないこと, (2) いつでも, どこでも手軽に行えること, (3) 測定可能な対象者が, 子供からある程度の高齢者ま

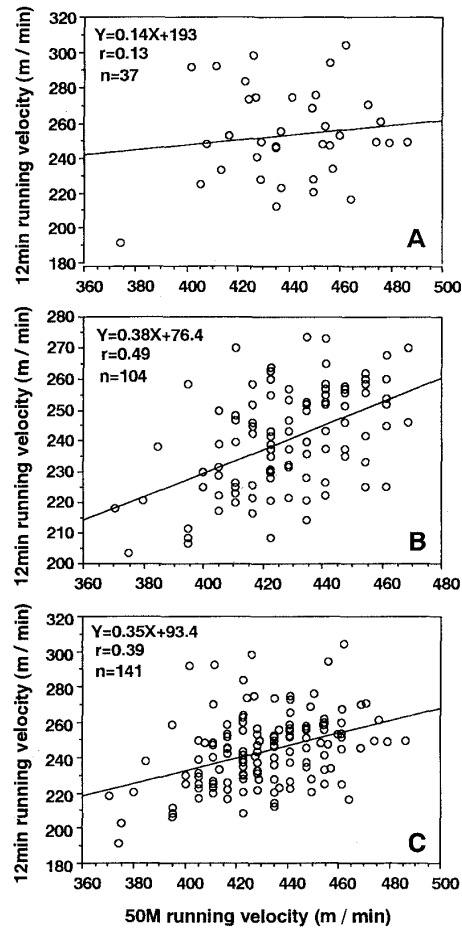


図6. 大学生男子スポーツ選手 (A) と高校生ラグビー選手 (B) における50m走速度と12分間走速度の相関。パネルCは、大学生男子スポーツ選手と高校生ラグビー選手をあわせたデータ。 n:人数

で幅広いこと, (4) 他の間接的な推定法に比べ精度が高いこと, などの理由から, スポーツタレントの発掘やスポーツ種目の適性を調べる上で, 非常に優れた推定法といえる。勝田らは<sup>4)</sup>, ニードルバイオプシーにより求めた実測値と, 走速度比により求めた推定値のあいだには相関係数  $r=0.876$  が得られ, この値は, これまでの最大酸素摂取量や無氣的作業閾値, 等速性膝伸展力などを用いた推定法の中で報告された相関係数  $r=0.5-0.7$  に比べかなり精度の高い値であったと報告している。その報告の中で, ニードルバイオプシーにより求めた速筋線維の実測値は, 体育専攻の男子大学生 (陸上競技・短距離選手 13名, 陸上競技・長距離 17名, 十種競技 1名, ハンドボール 1名) で平均 51.1% (22.6-93.6%), 一般男子大学生で 58.9% (38.4-76.1%) であった。一方, 図2に示したように, 本研究で用いた全被験者 237名の外側広筋に占める速筋線維の割合の平均値は 62.1%, 最も低い値は一般大学生男子の 30.9%, 最も高い値は大学生男子スポーツ選手 (陸上・短距離) の 89.8%であった。大学生男子スポーツ選手では, 陸上競技・短距離選手 (11名) が平均 72.7% (60.0-89.8%), 長距離選手 (9名) が 45.9% (36.3-57.0%) であり, ラグビーやサッカーなど球技選手はその中間であった (図3)。また一般大学生男子では 59.1% (30.9-84.4%) であった。これらの値およびその分布範囲・形態は, 平均値がやや高い傾向にあるものの, 勝田らの報告<sup>3,4)</sup>と



類似しており数値の妥当性がうかがえる。本研究の陸上競技選手のベスト記録は、スプリンターで100mが11秒00、長距離選手で5000mが16分台である。勝田と和田<sup>5)</sup>によると、筑波大学陸上部員のうち、100mの平均が10秒6の8名のスプリンターの速筋線維の割合の平均値は72%、5000mの平均が14分24秒の長距離選手では34%であった。このデータと比較すれば、本研究の陸上競技選手は、彼らの筋線維組成からみてその潜在能力は現在の記録よりも高く、トレーニング方法や食事・栄養、モチベーション等の改善によっては記録更新の可能性を秘めているといえよう。一方、一般大学生男子でも、陸上・長距離選手と同様に速筋線維の割合がかなり低い者や、逆に陸上・短距離選手のようにかなり高い者がみられることから、運動を行っていない人でも潜在的にかなり高い運動能力を有する可能性があることが推察された。

50m走と12分間走速度比による推定方法が、高校生や成人女性に適用できるかどうかは検討されていないため、その妥当性については未知である。本研究の高校生ラグビー部104名の場合、速筋線維の割合は60-65%をピークに、また一般大学生女子の場合55-60%をピークに、ともに正規分布を示した(図2)。また両群ともに、全被験者のデータと比較して、速筋線維の分布の幅が狭いという特徴を示した。これは、高校生ではラグビーという単一スポーツ種目であることに起因すると思われる。また女性の場合は、男性に比べて平均値には差はないが分布の幅は約20%狭いことが報告されている<sup>8)</sup>ことから、本結果は妥当なものといえよう。したがって、本研究結果に加え、ある程度の誤差が生じる危険性、およびそれ以上により簡便で測定可能対象者が広がる有用性を考慮すれば、本研究で用いた推定法は、高校生や成人女性に対しても十分に適用可能であると思われる。

これまで、高校生ラグビー部員の筋線維組成に関する報告はみられない。本研究では、104名についてフォワードとバックス(図4)、さらに各ポジション間での筋線維組成の比較を行ったが、まったく差はみられなかった。このことは、ラグビーでは慣例的に、身長や体重といった身体的特性、あるいは敏捷性・巧緻性などの運動能力によりポジションが決定されてきたことに起因するとともに、球技種目では瞬発的能力・持続的能力ともに必要であることから、一流の球技選手を含む多くの球技選手が中庸型の筋線維組成を有すること<sup>5,10)</sup>と一致している。また、フォワード、バックスともに若干、速筋線維の割合が高く、勝田らの分類<sup>2)</sup>に従えば中庸速筋型であった。これは被験者が、県内トップレベルのチームに所属しており、持続的能力とともにより高い瞬発的能力が要求されるラグビーの競技特性に合致していることを示唆するものであろう。

本研究は、50m走と12分間走の速度比を用いることにより、大学生男子スポーツ選手、一般大学生男子・女子および高校生ラグビー選手の筋線維組成を推定した。その結果、陸上競技選手では、その競技種目に適した筋線維を有する者が多くみられ、一方、球技選手や一般大学生男子・女子では中庸型の筋線維組成であった。さらに、4グループともに、これまでに報告された大学生男子スポーツ選手・一般大学生男子と類似した値および分布形態を示し、推定方法の有用性が示唆された。

## 5. 謝 辞

本研究を行うにあたり、被験者としてご協力いただいたK大学の学生のみなさん、およびK県内の高校ラグビー部の指導者ならびに部員のみなさんに深謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 勝田 茂 (1987) 筋バイオプシーについて. 体育の科学 11: 830-837.
- 2) 勝田 茂編著 (1993) 運動生理学 20 講. 朝倉書店. p1-7.
- 3) 勝田 茂・麻場一徳・田淵健一・高松 薫・田中 守 (1985) ニードル・バイオプシー法による日本人健康青年男子の筋線維組成. 筑波大学体育科学系紀要 8: 173-179.
- 4) 勝田 茂・高松 薫・田中 守・小泉順子・久野譜也・田淵健一 (1989) 50m 走と 12 分間走の成績による外側広筋の筋線維組成の推定. 体育学研究 34: 142-149.
- 5) 勝田 茂・和田正信 (1986) 筋線維組成と運動競技適性. デサントスポーツ科学 7: 34-43.
- 6) 竹宮 隆・石河利寛編 (1998) 運動適応の科学. 杏林書院. p76-91.
- 7) 宮田浩文・佐渡山亜兵・勝田 茂 (1985) 等尺性収縮における外側広筋の筋電位伝導速度—その筋線維組成との関連—. 体力科学 34: 231-238.
- 8) 山田 茂・福永哲夫編著 (1997) 骨格筋・運動による機能と形態の変化. ナップ. p148-160.
- 9) 山田 茂・福永哲夫編著 (1996) 生化学・生理学から見た骨格筋に対するトレーニング効果. ナップ.
- 10) 和田正信・勝田 茂 (1989) 筋線維タイプからみたスポーツパフォーマンス. Jpn. J. Sports Sci. 8: 62-68.