

## スポーツ選手の利き手・非利き手における 筋線維組成と作業性肥大

勝 田 茂・田 渕 健 一\*・田 中 守\*\*・宮 尾 英 俊\*\*\*

### Lateral Dominance of Fiber Composition and Size in M. Deltoideus for Baseball and Tennis Players

Shigeru KATSUTA, Ken-ichi TABUCHI\*, Mamoru TANAKA\*\*  
and Hidetoshi MIYAO\*\*\*

The purpose of this study was to investigate the laterality of human skeletal muscle fibers by means of histochemical method. Biopsy samples were taken from the right and left deltoideus muscles of six subjects consisted of three baseball and three tennis players. The results were as follows.

The differences of muscle fiber composition (%FT fibers) between right and left sides varied from 0.3% to 16.3% and the mean value was 7.5% (SD 4.6%). Muscle fiber compositions of baseball and tennis players indicated the moderate type and slow type, respectively. In both FT and ST fibers, cross-sectional area of muscle fibers in the handedness side was larger than that in non-handedness. But the difference was not significant because of large variation among six subjects. Handedness/Non-handedness fiber area ratios, which were mean values calculated in each subject, were 1.21 ( $p < 0.05$ ) in FT fibers and 1.12 in ST fibers. FT/ST fiber area ratios were 1.25 ( $p < 0.05$ ) in the handedness side and 1.14 in non-handedness. In both fiber area ratios, tennis players indicated larger values than baseball players.

From these results, it was suggested that such differences in the sport events which frequently used one limb side were brought about by exercise hypertrophy as a result of adaptation in each sport activity.

#### I 緒 言

人間の手や足は機能的には非対称で、筋力、敏捷性、器用さといった点で左右差があるのが普通である。この左右差に関する研究は種々の分野において数多くなされてきている。木村ら<sup>1)</sup>は上、下肢の一侧優位性について検討し、アンケート調査の結果からは、上肢では明かに、運動、動作のと

きに自覚的な利き手が主働的な働きをしているが、下肢では、利き手と反対側が支持的、同側が機能的な役割を果していること、また、測定の結果からは、形態的、機能的に上、下肢とも非対称を示し、一般に非対称は長径よりも関節部の幅径、最大周囲で、さらに皮脂厚や機能的測度でより大きい。すなわち一侧優位性の分化は、骨部より軟部で、形態よりも機能で、より大きいと報告している。

また、亀口<sup>2)</sup>はラテラルリティ現象の発生や利き手の発達、脳機能とラテラルリティの関係、それに

\* 筑波大学臨床医学系（整形外科）

\*\* 筑波大学大学院修士課程体育研究科

\*\*\* 愛知県立瀬戸南高校

ラテラリティが学習、運動場面においてどのような意味を持つのかなどについて検討している。さらに万井ら<sup>17)</sup>は、人の作業特性としてのラテラリティについて研究し、多種の機器を設計、製作する際にラテラリティをどのように考慮すべきかを報告した。一方、浅見ら<sup>18)</sup>はスポーツ選手の一側優位性の比較検討を行なった結果、自覚的にも、あるいは腕力、タッピング、針糸通し、狙準検査といった項目の測定値上からも、利き手意識の強い種目と、比較的そうでない種目に分れることを報告している。とくに投擲が最も右手優位を示し、ラグビー選手には左右差が認められないということである。

このように左右差に関する研究は多岐にわたっているが、運動のパフォーマンスに大きく関与する筋に関して、とくに細胞レベルからみた骨格筋線維の利き手、非利き手間の差異に関する研究はほとんど行われていない。そこで、利き手・非利き手の明瞭なボールゲームのスポーツ選手を対象にして、ニードル・バイオプシー法により、三角筋を用いて、筋線維の組成や肥大の仕方について、利き手・非利き手という観点から検討を試みた。

## II 研究方法

### 1. 被検者

被検者には、筑波大学体育会に所属する19~20才男子学生6名(硬式野球・投手3名, 硬式テニス3名)を選んだ。被検者はいずれも全日本学生選手権大会(硬式テニス), 首都大学リーグ(野球)出場程度の実力の持ち主であり, その身体的特徴, 筋力, 競技歴等については, Table 1 に示す通り

である。

### 2. 組織化学的方法および試料作成

ニードル・バイオプシー法<sup>2)</sup>により両肩の三角筋(M. deltoideus)の中央部, 深さ3cm前後から10~20mgの筋組織を摘出し, OCT compound (Ames社製)で包埋し, 液体窒素で冷却されたインペタン中で凍結後, クリオスタット(Bright社製)により厚さ10ミクロンの連続切片を作成した。これを酵素組織化学的方法により, Myosin ATP ase 染色<sup>20)</sup>およびDPNH-diaphorase 染色<sup>18)</sup>を施した。

### 3. 写真資料の解析

得られた標本から, Nikon 顕微鏡写真撮影装置(HFM-35A)によって顕微鏡写真を撮影した。顕微鏡写真は原倍率20倍および50倍の2通りの撮影を行ない, 前者は約120倍に引き伸ばして筋線維の構成比算出に供した。また後者は, 300倍に引き伸ばされた後, 面積算出に供された。Fiber Typeの同定は, Gollnickら<sup>8)</sup>の方法にしたがい, Myosin ATP ase 染色に基づいて, FT線維(Fast twitch muscle fibers, 以下FT線維と略す)およびST線維(Slow twitch muscle fibers, 以下ST線維と略す)に分類した。構成比算出に用いられた筋線維数は $186.8 \pm 106.3$ 本(平均±標準偏差,  $n=12$ ), また面積算出は最低19本, 最高65本で測定し, その算定にはFilm解析装置(ナック社製, スポーティアスGP-2000)を用いた。

得られた写真資料をもとに, 筋線維の組成(% FT), 各fiber type 1本当りの横断面積, 全体に

Table 1. Physical characteristics, strength and career of subjects.

Events	Subjects	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Handedness	Back strength (kg)	Arm* strength		Grip strength		Age of onset	Career		
							H (kg)	Non-H (kg)	H×100 (%)	Non-H (kg)			H×100 (%)	
	M.H.	20	174.0	64.0	Right	173.0	15.0	13.0	115	62.0	47.0	132	16	全日本学生庭球選手権大会 ベスト32 (シングル)
Tennis	E.U.	20	172.0	65.0	Right	140.0	15.0	11.0	136	51.0	38.0	134	16	同上 ベスト16 (ダブルス) ベスト32 (シングル)
	M.T.	20	169.0	64.0	Right	130.0	12.0	10.0	120	62.0	41.0	151	12	同上 ベスト16 (ダブルス)
Baseball	H.K.	20	174.0	76.0	Left	147.0	15.0	12.0	125	46.0	43.0	107	12	高校野球九州地区大会準優勝
	I.S.	20	177.0	75.0	Left	155.0	11.0	11.0	100	45.0	50.0	90	12	高校野球全国大会ベスト32
	T.S.	19	182.0	70.0	Right	144.0	11.0	9.0	122	53.0	43.0	123	9	軟式高校野球全国大会優勝
Total	Mean	19.8	174.7	69.0		148.2	13.2	11.0	119.7	53.2	43.7	122.8		
	S.D.	0.4	4.5	5.5		14.7	2.0	1.4	11.9	7.5	4.3	21.6		

H : Handedness

Non-H : Non-handedness

\* : 肩水平位における上肢外転力

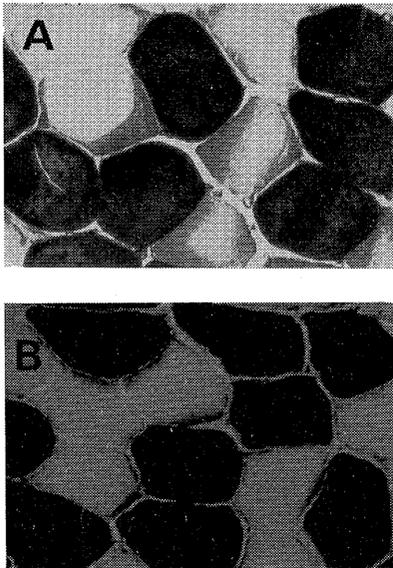


Figure 1 Sections from deltoid muscle in the same subject stained for myosin ATP ase. (dark : FT, light : ST)  
A : Handedness, B : Non-handedness. X200

占める FT・ST 線維の面積比 (%area FT) および FT/ST の面積比などについて、被検者の種目別に利き手、非利き手間の検討を行なった。

### III 研究結果

Figure 1 は同一被検者の三角筋から得られた顕微鏡写真の 1 例であり、濃染している細胞は FT 線維、淡染しているのは ST 線維である。写真上側 (A) は利き手側、下側 (B) は非利き手側の試料から得られたものである。

同一被検者から得られた三角筋の左右の筋線維組成に、どれくらいの差 (一致度) があるかについて検討したのが Figure 2 である。個人内の左右三角筋に占める FT 線維の割合の差は、0.3% ~ 16.3% と広範囲にわたっており、平均で 7.5% (S. D. 6.3%) の差が認められた。

Table 2 は各被検者の筋線維組成を種目別、利き手、非利き手別に示したものである。利き手についてみると、テニス選手の場合、遅筋型の傾向が見られたが、野球選手では遅筋型から速筋型にわたり広範囲であった。非利き手においても同様

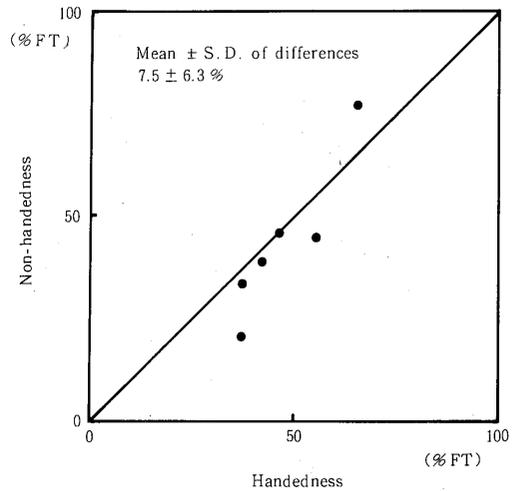


Figure 2 Relationship between %FT fibers of handedness and non-handedness

の傾向が見られ、全員の平均では利き手側の %FT 線維は 47.0%、非利き手側は 43.5% であり、有意な差は認められなかった。なお、全体に占める FT・ST 線維の相対的な面積比 (% area FT) は、野球選手 1 名の非利き手を除いて、残り 5 名の被検者において、ST 線維より FT 線維の面積が大きい傾向を示したために、利き手、非利き手ともに、%FT 線維の値よりも数% 大きな値を示した。

Table 3 は FT 線維と ST 線維各々 1 本当りの平均横断面積を、種目別、利き手・非利き手別に示したものである。全員の平均値でみると、FT 線維では利き手側 4487  $\mu\text{m}^2$ 、非利き手側 3706  $\mu\text{m}^2$ 、ST 線維では利き手側 3599  $\mu\text{m}^2$ 、非利き手側 3263  $\mu\text{m}^2$  と、両線維とも利き手の方が大きい値を示したが、統計的には有意ではなかった。種目別にみても、同様のことが認められたが、全体的に野球選手よりもテニス選手の方が大きい値を示した。また、利き手、非利き手のいずれにおいても、ST 線維より FT 線維の方が大きな値を示したが、同様に有意ではなかった。

しかし、Figure 3 に示すように、非利き手を基準にした利き手側の面積比 (肥大率) を各被検者毎に算出し、種目毎に平均してみると、テニス選手の FT 線維および全員の FT 線維において、各々 25%、21% の利き手側の有意な肥大が認めら

Table 2. Distribution of FT fibers in each subject

Events	Subjects	%FT fibers			%areaFT fibers		
		H	Non-H	Diff	H	Non-H	Diff
Tennis	M.H.	36.9	34.0	2.9	47.2	39.3	7.9
	E.U.	55.4	45.1	10.3	58.7	51.9	6.8
	M.T.	37.1	20.8	16.3	42.3	21.7	20.6
	Mean	43.1	33.3		49.4	37.6	
	S.D.	10.6	12.2		8.4	15.2	
Baseball	H.K.	64.7	76.9	12.2	65.5	76.4	10.8
	I.S.	46.0	45.7	0.3	52.3	50.4	1.9
	T.S.	41.9	38.7	3.2	47.1	38.4	8.7
	Mean	50.9	53.8		55.0	55.1	
	S.D.	12.2	20.3		9.5	19.4	
Total	Mean	47.0	43.5	7.5	52.2	46.4	9.5
	S.D.	11.1	18.7	6.3	8.6	18.3	6.2

H --- Handedness  
 Non-H --- Non-handedness  
 Diff --- Difference, |H-Non-H|

れた。また、野球選手の FT 線維および何れの種目の ST 線維にも 7~18%の肥大を示したが有意ではなかった。

Figure 4 は、FT/ST の面積比を示したものである。全体の平均でみると、利き手側  $1.25 \pm 0.17$ 、非利き手側  $1.14 \pm 0.14$  を示し、利き手側に FT 線維の有意な高値が認められた ( $P < 0.05$ )。種目別では、利き手・非利き手の何れの種目においても、1.06~1.30 の比を示したが、FT 線維が有意に大きい値を示すほどではなかった。

#### IV 考察

健康なヒトからの筋バイオプシー（筋生検）が行なわれるようになり、健康な非鍛練者やスポーツ選手の細胞レベルでの筋の特性が明らかにされてきた。また、トレーニングにともなう様々な変化について確認され、現在トレーニング処方あるいはスポーツ適性などの一資料として応用されるまでに至った。この過程において筋バイオプシー、特にニードルを用いたバイオプシーの信頼性について、いろいろ予備的な研究がなされている。すなわち、バイオプシーはオートプシー（剖検）のように全筋についての観察が可能なわけではなく、全筋から微量 (10~20 mg) の筋サンプルを取り出して観察しているため、部位による差、左右

Table 3. Muscle fiber area of each fiber type in each subject ( $\mu\text{m}^2$ )

Events	Subjects	Handedness		Non-handedness	
		FT	ST	FT	ST
Tennis	M.H.	6248	4084	4981	3964
	E.U.	4676	4086	3826	2910
	M.T.	4256	3433	3351	3184
	Mean	5060	3868	4053	3353
	S.D.	1050	376	838	547
Baseball	H.K.	3940	3811	2881	2824
	I.S.	4254	3305	3746	3108
	T.S.	3548	2872	3453	3586
	Mean	3914	3329	3360	3173
	S.D.	354	470	440	385
Total	Mean	4487	3599	3706	3263
	S.D.	941	482	709	434

の差などについての研究が必要となる。トレーニングにともなう経時的変化を観察するために、同側の同じ筋から何回もサンプリングしたり、組織化学的分析と生化学的分析のために 2~3 回サンプリングされている。また、動物実験において、観察する筋によってはきわめて小さいものもあり、左右の筋を各々組織化学用、生化学用に用い

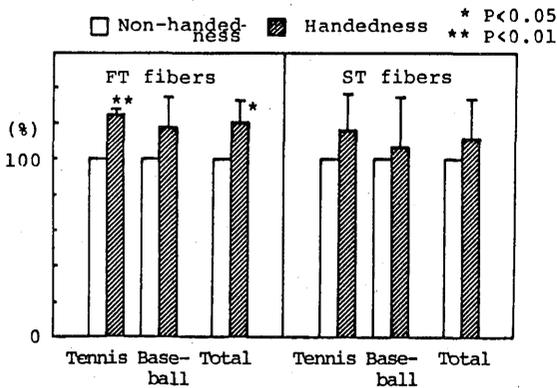


Figure 3 Handedness/non-handedness fiber area ratio in the FT and ST fibers

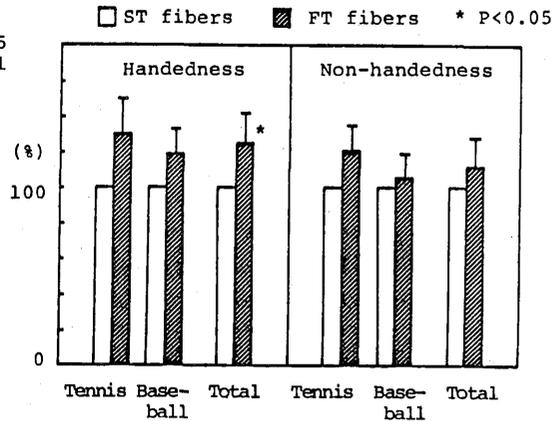


Figure 4 FT/ST fiber area ratio in handedness and non-handedness

る例も多い。これらはいずれも、先述のような予備研究に基づいて比較されなければならない。Johnsonら<sup>12)</sup>は、オートプシーによる6名の被検者について、50の部位から骨格筋サンプルを取り出し、各筋の%Type I線維および%Type II線維を算出している。これによると、三角筋については表層部と深層部とに分けてその分布度を算出しており、表層部53.1%Type I、深層部61.0%Type Iで、特に3名の被検者については、深層部より表層部の方が有意にType II線維が多い結果を得ている。同様の被検者についてPolgarら<sup>21)</sup>は、その面積に関して検討しており、Type I、Type IIのいずれの線維も、深層部より表層部の方がやや大きい傾向にあることを示した。また、Gollnickら<sup>8)</sup>は外側広筋について、深さ4cm、膝蓋骨上12~16cmの所を基準抽出位置 (standard sampling site) として、その上下4cmの位置における筋線維分布度のvariationを検討している。その結果によると、これらの抽出位置間の差の標準偏差は4.6%であるとして、基準抽出位置の必要性を指摘している。さらに、MacDougallら<sup>16)</sup>は上腕三頭筋について、トレーニング前後およびギプス固定後における3回のサンプリングの標準偏差を個人毎に算出し、7名の被検者で平均3.53%の数値を得ている。このように、同側の同じ筋について抽出位置の違いによる筋線維分布度のvariationを検べた報告はいくつか見られるが、左右の同じ筋について検べた報告はない。著者ら(未発表資料)は、この基礎的資料としてラットを用

い、左右のヒラメ筋の横断面について総線維数を数え、%ST線維を算出した結果、左右%ST線維の差の標準偏差は平均2.66%と、左右でかなり近似した数値を得ている。本研究では、被検者6名について平均7.5%の差(S.D. 6.3%)を得ており、これまでの部位による差や数回のサンプリングによる差よりも若干大きな差が左右に見られることがわかった。

スポーツ選手に関するこれまでの報告を見ると、スポーツ種目と筋線維の比率(%ST線維)との間に密接な関係があることが示されている。たとえば、陸上競技の長距離選手<sup>5)6)15)19)22)</sup>やオリエンティア<sup>8)11)27)</sup>、クロスカントリースキーヤー<sup>10)15)23)</sup>などの下肢の筋(腓腹筋、外側広筋)、あるいは水泳選手<sup>8)19)</sup>やカヌー選手<sup>8)25)</sup>などの肩の筋(三角筋)のような持久性競技種目のスポーツ選手の主働筋は、ST線維の割合がかなり多い。これに対し、陸上競技のスプリンター<sup>5)15)</sup>の下肢の筋や投擲選手<sup>7)23)</sup>の肩の筋など、短時間にあるいは瞬発的に高いパワーを必要とする種目のスポーツ選手の主働筋には、FT線維の割合が多い。球技種目では、三角筋におけるST線維の割合は、ハンドボール選手59%、卓球選手56%、アイスホッケー選手51%という報告<sup>24)</sup>があるが、いずれの種目においても、一般人と同様に相当広範囲に分布の広がりを見せており、筋線維組成に種目特性は認められない。本研究でも野球選手についてはその分布範囲が広く、速筋型、中庸型、遅筋型と分けると、中庸型に属するものと考えられる。

しかし、テニス選手においては、若干遅筋型の傾向が見られ、打つという動作の瞬発的な能力以上に、三角筋の持久性の必要性を示唆するものであろう。

トレーニングにともなう筋肥大の現象については、トレーニング様式により異なるタイプの筋線維を肥大させることが報告されている。たとえば、筋力トレーニング<sup>4)16)22)26)</sup>はFT線維を、持久性トレーニング<sup>3)9)</sup>はST線維を肥大させることが示されている。Princeら<sup>22)</sup>は重量挙げ選手4名について分析したところ、非鍛練者に比べてFOG線維(Fast-twitch-Oxidative-Glycolytic fibers)、FG線維(Fast-twitch-Glycolytic fibers)が著しく肥大していることを報告した。このようなスポーツ選手と非鍛練者との横断的な比較だけでなく、縦断的な研究においてもFT線維の優位な肥大は見られる。MacDougallら<sup>19)</sup>は、肘伸展による等速性の筋力トレーニングによって、ST、FT両線維とも肥大したが、FT/STの面積比が1.346から1.431に増加したと報告している。Costillら<sup>4)</sup>は膝伸展による等速性の筋力トレーニングの結果、6秒間の最大膝伸展群においてType IIB線維に、30秒間の最大膝伸展群においてType IIA線維に顕著な肥大を認めている。一流選手に関して、Costillら<sup>6)</sup>は一流陸上競技選手を、Burkeら<sup>3)</sup>は一流自転車競技選手を用いて分析したところ、非鍛練者に比べてST、FT両線維とも肥大を認めたが、とくにST線維において肥大が顕著であり、FT線維よりも大きなST線維を有していることを報告している。

本研究では、FT、STいずれの筋線維においても利き手側が大きな値を示しており、とくにST線維よりもFT線維において大きな肥大が認められた。このことは、テニスや野球のように上肢の一侧をよく使用するスポーツでは、トレーニングの結果として利き手側の筋線維を肥大させることを明らかに示している。また、テニスや野球では、“打つ”“投げる”という一動作に瞬発的な能力が必要とされ、そのために特にFT線維の肥大が顕著であったものと思われる。さらに、これらの現象はとくにテニス選手において顕著に認められている。この結果は、テニスでは利き手側のみを主として使用するのに対して、野球では“投げる”以外にバッティング等で非利き手側もよく使

用しているために、相対的にこのような差が生じたものと思われる。外見から見ても、テニス選手において利き側の筋肥大が顕著であることは明らかであろう。また、非鍛練者との比較(勝田:未発表)では、非利き手側はほぼ同様の大きさであったが、利き手側がスポーツ選手(テニス、野球選手)において高値を示しており、とくにFT線維が著しく大きい値であった。

## V 総括

骨格筋線維の左右差について検討する目的で、上肢の一侧をよく使用する、いわゆる利き手・非利き手の明瞭なボールゲームのスポーツ選手(野球選手・投手、テニス選手各3名)を対象に、ニードル・バイオプシー法により、両肩の三角筋(M. deltoideus)を用いて組織化学的検討を試みた。

結果の要約は次の通りである。

1. 6名の各被検者における左右の筋線維組成の差は、0.3~16.3%の範囲にあり、平均7.5%を示した。
2. 野球選手の筋線維構成比は中庸型を示し、テニス選手は遅筋型の傾向が認められた。
3. 筋線維横断面積は、FT、STいずれの筋線維においても、利き手側が大きな値を示し、種目別では、利き手、非利き手いずれもテニス選手の方が大きい値を示した。しかし、種目別あるいは全員の平均では、個人差が大きいので、利き手側の肥大は有意ではなかった。
4. 利き手/非利き手の面積比を個人毎に算出すると、FT線維では平均1.21( $P < 0.05$ )、ST線維では平均1.12を示した。
5. FT/STの面積比では、利き手側1.25( $p < 0.05$ )、非利き手側1.14を示した。また、いずれの面積比においてもテニス選手の方が大きかった。

これらのことから、一侧をよく使用するスポーツ種目において、そのスポーツ活動の適応の結果として生じた作業性肥大が、このような利き手・非利き手間の差を生じたものと思われる。

本研究に要した費用の一部は、昭和55~57年度文部省科学研究費補助金、一般研究(C)、課題番号558037、研究代表者：勝田茂によるものである。

参 考 文 献

- 1) 浅見高明, 多田繁, 岡田修一: スポーツ選手の一側優位性の比較検討, 筑波大学体育科学系紀要 4 : 99-109, 1981.
- 2) Bergström, J. : Muscle electrolytes in man. Scand. J. Clin. Lab. Invest. Suppl. 68, 1962.
- 3) Burke, E. R., F. Cerny, D. Costill and W. Fink : Characteristics of skeletal muscle in competitive cyclists. Med. Sci. Sports 9 : 109-112, 1977.
- 4) Costill, D. L. : Adaptations in skeletal muscle following strength training. J. Appl. Physiol. 46 : 96-99, 1979.
- 5) Costill, D. L., J. Daniels, W. Evans, W. Fink, G. Krahenbuhl and B. Saltin : Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. J. Appl. Physiol. 40 : 149-154, 1976.
- 6) Costill, D. L., W. J. Fink and M. L. Pollock : Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. Med. Sci. Sports 8 : 96-100, 1976.
- 7) Coyle, E. F., S. Bell, D. L. Costill and W. J. Fink : Skeletal muscle fiber characteristics of world class shot-putters. Res. Quart. 49 : 278-284, 1978.
- 8) Gollnick, P. D., R. B. Armstrong, C. W. Saubert IV, K. Piehl and B. Saltin : Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. J. Appl. Physiol. 33 : 312-319, 1972.
- 9) Gollnick, P. D., R. B. Armstrong, C. W. Saubert IV, W. L. Sembrowich and R. E. Shepherd : Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. J. Appl. Physiol. 34 : 107-111, 1973.
- 10) Ingjer, F. : Capillary supply and mitochondrial content of different skeletal muscle fiber types in untrained and endurance-trained men. A histochemical and ultrastructural study. Eur. J. Appl. Physiol. 40 : 197-209, 1979.
- 11) Jansson, E. and L. Kaijser : Muscle adaptation to extreme endurance training in man. Acta Physiol. Scand. 100 : 315-324, 1977.
- 12) Johnson, M. A., J. Polgar, D. Weightman and D. Appleton : Data on the distribution of fiber types in thirty-six human muscles. An autopsy study. J. Neurol. Sci. 18 : 111-129, 1973.
- 13) 亀口憲治: ラテラルリティ, 教育心理学研究 23 : 242-249, 1975.
- 14) 木村邦彦, 浅枝澄子: ヒトの四肢の一側優位性について, 人類学雑誌 82 : 189-207, 1974.
- 15) Komi, P. V., H. Rusko, J. Vos and V. Vihko : Anaerobic performance capacity in athletes. Acta Physiol. Scand. 100 : 107-114, 1977.
- 16) MacDougall, J. D., G. C. B. Elder, D. G. Sale, J. R. Moriz and J. R. Sutton : Effects of strength training and immobilization on human muscle fibers. Eur. J. Appl. Physiol. 43 : 25-34, 1980.
- 17) 万井正人, 伊藤一生, 菊地邦雄, 谷口豊子: 人の作業特性としての右利き, 左利きの研究, 人間工学 7 : 99-105, 1971.
- 18) Novikoff, A. B., W. Y. Shin and J. Drucker : Mitochondrial localization of oxidative enzymes : staining results with two tetrazolium salts. J. Biophys. Biochem. Cytol. 9 : 47-61, 1961.
- 19) Nygaard, E. : Skeletal muscle fiber characteristics in young women. Acta Physiol. Scand. 112 : 299-304, 1981.
- 20) Padykula, H. A. and E. Hermann : The specificity of the histochemical method for adenosine triphosphatase. J. Histochem. Cytochem. 3 : 170-195, 1955.
- 21) Polgar, J., M. A. Johnson, D. Weightman and D. Appleton : Data on fiber size in thirty-six human muscles. An autopsy study. J. Neurol. Sci. 19 : 307-318, 1973.
- 22) Prince, F. P., R. S. Hikida and F. C. Hagerman : Human muscle fiber types in power lifters, distance runners, and untrained subjects. Pflügers Arch. 363 : 19-26, 1976.
- 23) Rusko, H., P. Rahkila and E. Karvinen : Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers. Acta Physiol. Scand. 108 : 263-268, 1980.
- 24) 鈴木洋児: スポーツ科学の動向(前編)——素質とトレーニング——, スポーツジャーナル No.9 : 14-17, 1978.
- 25) Tesch, P., K. Piehl, G. Wilson and J. Karlsson : Physiological investigation of swedish elite canoe competitors. Med. Sci. Sports 8 : 214-218, 1976.
- 26) Thorstensson, A., B. Hultén, W. Dübels and

J. Karlsson : Effect of strength training on enzyme activities and fibre characteristics in human skeletal muscle. *Acta Physiol. Scand.* 96 : 392-398, 1976.

27) Thorstensson, A., L. Larsson, P. Tesch and J. Karlsson : Muscle strength and fiber composition in athletes and sedentary men. *Med. Sci. Sports* 9 : 26-30, 1979.