

[原 著]

## 大学生スポーツ選手の棘上筋の固有筋力指数

長谷川 伸<sup>1)</sup>, 船津 京太郎<sup>1)</sup>, 仲里 清<sup>1)</sup>

### Specific tension index of supraspinatus in collegiate athlete

Shin HASEGAWA<sup>1)</sup>, Kyotaro FUNATSU<sup>1)</sup>, and Kiyoshi NAKAZATO<sup>1)</sup>

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate shoulder abduction torque, cross-sectional area (CSA), and specific tension of supraspinatus in collegiate athlete groups. Forty-five male collegiate athletes participated in this study. Shoulder abduction torque and cross-sectional area of supraspinatus were measured in baseball pitcher group (PG, n=9), baseball fielder group (FG, n=9), javelin thrower group (TG, n=9), sprinter group (SG, n=9), and gymnastic group (GG, n=9). Isokinetic and isometric shoulder abduction torque were measured by isokinetic dynamometer (Cybex NORM, CMSI solutions). Cross-sectional image of supraspinatus was obtained with a B-mode ultrasound apparatus (SSD-900, Aloka).

CSA of supraspinatus was calculated using image analysis software by tracing the outline of muscle. Specific tension of supraspinatus was calculated by dividing shoulder abduction torque with CSA. In the comparison of both shoulders, there was not a significant difference in shoulder abduction torque, cross-sectional area, and specific tension in all athlete groups. In the comparison between athlete groups, TG had significantly greater isokinetic shoulder abduction torque than PG ( $p < 0.05$ ). Cross-sectional area of supraspinatus was a significantly greater in TG than PG, FG, and GG ( $p < 0.05$ ). But specific tension of supraspinatus was not significantly different among all athlete groups. These result showed that collegiate athletes have a regular value in specific tension of supraspinatus. Shoulder abduction torque was depended on CSA of supraspinatus.

**KEY WORDS** : specific tension, supraspinatus, collegiate athlete

#### 1. 緒言

棘上筋は肩関節の回旋筋腱板を構成する筋の1つであり、その機能や形態については肩関節障害予防の観点から多くの研究が行なわれている。

形態学的な研究においては、視診<sup>1,2)</sup>や、超音波法<sup>3-6)</sup>、MR法<sup>7,8)</sup>を用いて筋厚や筋断面積、筋体積を指標とした研究が行なわれてきた。投球など片側優位に肩

関節を使用するスポーツ選手を対象とした研究では、肩関節に障害を持たない選手の場合、利き腕側に優位性（筋肥大）がみられるとする報告<sup>3-5)</sup>と優位性はみられないとする報告<sup>6-8)</sup>が見られるが、利き腕側が非利き腕側を下回るとするものは見られない。一方、肩関節障害のある選手の場合は、利き腕側の棘上筋に筋委縮が生じる場合もあることが報告されている<sup>1,2,6)</sup>。

また、機能的な側面から肩関節の外転筋力を測定し

1) 九州共立大学スポーツ学部

1) Kyushu Kyoritsu University Faculty of Sports Science

た研究では、肩関節に障害を持たないプロ野球選手の場合、投球側と非投球側の間に差が見られないことや<sup>9-11)</sup>、肩痛やインピンジメントテスト陽性者の場合には、肩甲平面上において肩関節を外転させる棘上筋筋力テスト (Supraspinatus test) において投球側の筋力低下が示されることなどが報告されている<sup>11)</sup>。

これらの研究から、肩関節に障害を持つスポーツ選手では利き腕側の棘上筋が形態、機能ともに低下する傾向が見られるのに対し、健常な選手の場合、形態、機能の両面において両側がほぼ同等の値を示すことが示唆されている。しかし、棘上筋に関する研究の多くは形態と機能の面から独立して行われており、棘上筋の筋量と筋力の関係についてはいまだ明らかではない。ヒトの骨格筋における筋断面積と対応する筋力との関係については、単位断面積あたりの発揮筋力を示す固有筋力を指標とした研究がみられ、肘関節屈筋群<sup>13)</sup>、膝関節伸筋群<sup>14-17)</sup>、膝関節屈筋群<sup>16)</sup>、足関節底屈筋群<sup>17)</sup>、足関節背屈筋群<sup>17)</sup>において筋の種類、年齢や性別、トレーニング効果などの影響が検討されている。肩関節の外転筋力は棘上筋の機能だけではなく、三角筋の機能も同時に含んだ指標であると考えられるが、外転筋力や棘上筋テストに見られる棘上筋筋力が棘上筋の機能評価に用いられてきたことを考えると、外転筋力と棘上筋断面積の関係から求めた指数は、棘上筋の質的特性を示す指標と考えることができる。そこで、本研究では肩関節障害の既往のない大学生スポーツ選手

を対象に棘上筋の固有筋力指数を求め、その競技特性と投動作が棘上筋の固有筋力指数に及ぼす影響について検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 1) 被験者

被験者は肩関節障害の既往のない大学生スポーツ選手45名であり、肩を片側優位に使用する野球投手群 (PG) 9名、野球野手群 (FG) 9名、陸上競技投擲群 (TG) 9名、片側優位に使用しない陸上競技短距離群 (RG) 9名、体操競技群 (GC) 9名である。各グループの年齢、身体特性はTable1に示す通りである。全ての被験者には本研究の趣旨、安全性について十分に説明し、実験参加の同意を得た。

### 2) 肩関節外転トルクの測定

本研究では棘上筋の機能を評価する目的で、肩関節外転トルクの測定を行なった。測定には等速性ダイナモメーター (Cybex NORM,CSMI solutions) を用い、肩関節外転0度から90度までの可動域において角速度180deg/secの条件で5回の等速性トルクの測定を行ない、5回ピークトルクの平均値を分析に用いた。

また、肩関節45度外転位において5秒間の等尺性外転トルクの測定を行い、連続する1秒間の最大値を分析に用いた。

Table 1. Subject characteristics.

	n	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	LBM(kg)
PG	9	19.8±1.3	177.8±4.7	73.2±6.2	63.3±4.5
FG	9	20.2±1.6	172.7±4.4	69.2±6.6	61.3±4.1
TG	9	19.2±1.5	173.7±6.7	78.6±8.8	67.1±7.4
RG	9	19.6±1.1	168.0±5.0	60.1±5.1	54.3±3.7
GG	9	19.1±1.1	169.3±5.9	61.7±5.3	56.6±4.8

Mean±SD.

LBM: lean body mass, PG: pitchers group, FG: fielders group, TG: throwers group, RG: runners group, GG: gymnastics group

### 3) 解剖学的筋断面積

棘上筋の筋断面積は7.5MHzの探触子を使用して、Bモード超音波診断装置 (SSD-900,Aloka) により測定した。被験者は椅子に座らせ、上肢を下垂した状態で肩関節中間位をとらせた。撮像はKatayoseらの方法<sup>18,19)</sup>に準じて肩甲棘の中央部において肩甲棘に対す

る垂線よりプローブを外側へ傾けた位置で描出し、棘上筋の横径が最短となる画像を分析に用いた (Fig.1)。筋断面積の算出には記録された画像をコンピューターに取り込み、画像解析ソフト (Scion image, Scion corporation) を用いて筋の輪郭をトレースすることにより、その面積を算出した (Fig.2)。



Fig.1 The location of the measurements taken by ultrasonography

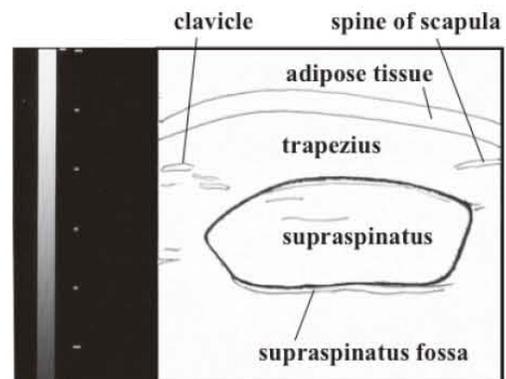
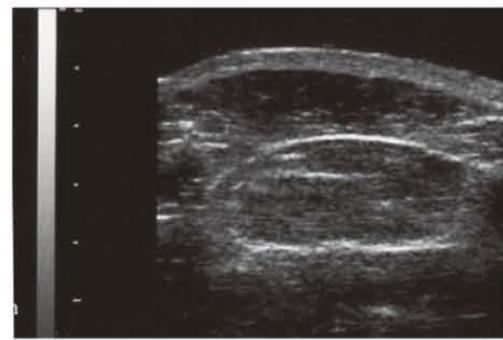


Fig.2 Ultrasound image of supraspinatus muscle

#### 4) 固有筋力指数

本研究では肩関節外転トルクを肩関節の関節中心から力点となるグリップまでの距離（アーム長）で除した値を肩関節外転筋力とし，肩関節外転筋力を筋断面積で除した値を棘上筋の固有筋力指数とした。

$$\begin{aligned} \text{固有筋力指数 (N/cm}^2\text{)} \\ &= (\text{外転トルク [Nm]} / \text{アーム長 [m]}) / \text{棘上筋断面積 [cm}^2\text{]} \\ &= \text{外転筋力 [N]} / \text{棘上筋断面積 [cm}^2\text{]} \end{aligned}$$

#### 5) 統計処理

データはいずれも平均値±標準偏差で示した。競技種目間の比較では利き腕側のみを比較の対象とした。競技種目間の比較，利き腕側と非利き腕側の比較には，競技種目，利き腕を要因とした二元配置の分散分析を行い，有意性が認められたときにはFisher's PLSD法による多重比較を行なった。いずれも統計的有意水準は5%未満とした。

### 3. 結果

#### 1) 肩関節外転トルク

肩関節外転トルクの結果をTable2に示した。各競技種目における両側の比較では，等尺性トルク，等速性トルクともに差は見られなかった。また，競技種目間の比較では，等速性トルクにおいて42.8±12.2Nmの投擲群が31.7±6.3Nmの投手群に対して有意に高い値を示した (p<0.05)。

Table 2. Comparison of shoulder abduction torque.

Group	Isometric torque (Nm)		Isokinetic torque (Nm)	
	DOM	NDOM	DOM	NDOM
PG	34.7±12.3	36.6±10.6	31.7± 6.3	34.8± 9.0 <sup>t</sup>
FG	39.7± 9.4	43.9± 8.8	33.1±14.5	39.0± 7.6
TG	43.8±12.3	49.9±14.5	42.8±12.2	49.1±13.7 <sup>p</sup>
RG	34.9±10.7	40.4±11.9	33.5± 7.3	40.7±11.8
GG	36.6± 8.9	42.6±11.1	33.9± 8.7	35.7± 7.5

Mean±SD. DOM: dominant side, NDOM: nondominant side.

PG: pitchers group, FG: fielders group, TG: throwers group, RG: runners group, GG: gymnastics group.

t: p<0.05.significantly difference from TG, p:p<0.05.significantly difference from PG

## 2) 棘上筋断面積

棘上筋断面積の結果をTable3に示した。各競技種目における両側間の比較では、いずれの群においても差は見られなかった。また、競技種目間の比較では、

10.2±1.6の投擲群が8.5±1.3cm<sup>2</sup>の投手群、8.4±1.3cm<sup>2</sup>の野手群、8.5±1.1cm<sup>2</sup>の体操競技群に対して有意に高い値を示した (p<0.05)。

Table 3. Comparison of cross-sectional area of supraspinatus.

Group	Cross-sectional area (cm <sup>2</sup> )	
	DOM	NDOM
PG	8.5±1.3	8.5±0.9 <sup>t</sup>
FG	8.4±1.3	8.5±1.8 <sup>t</sup>
TG	10.2±1.6	9.8±1.2 <sup>p,f,g</sup>
RG	9.5±1.6	8.8±1.4
GG	8.5±1.1	8.6±0.8 <sup>t</sup>

Mean±SD. DOM: dominant side, NDOM: nondominant side.

PG: pitchers group, FG: fielders group, TG: throwers group,

RG: runners group, GG: gymnastics group.

t: p<0.05.significantly difference from TG,

p: p<0.05.significantly difference from PG

f: p<0.05.significantly difference from FG,

g: p<0.05.significantly difference from GG

## 3) 固有筋力指数

等尺性外転筋力より求めた固有筋力指数 (IMS/CSA)、等速性外転筋力から求めた固有筋力指数

(IKS/CSA)の結果をTable4に示した。固有筋力指数では各競技種目における両側間の比較、および競技種目間の比較のいずれにおいても差は見られなかった。

Table 4. Comparison of specific tension index.

Group	IMS/CSA (N/cm <sup>2</sup> )		IKS/CSA (N/cm <sup>2</sup> )	
	DOM	NDOM	DOM	NDOM
PG	7.0±2.0	7.3±1.7	6.6±1.9	7.0±1.7
FG	8.6±1.9	9.5±2.9	7.0±2.5	8.5±3.0
TG	7.4±2.1	8.7±2.5	7.3±2.2	8.6±2.5
RG	6.9±2.8	8.2±2.3	6.4±1.1	8.3±2.0
GG	7.9±1.6	9.0±1.9	7.4±1.6	7.6±1.5

Mean±SD. DOM: dominant side, NDOM: nondominant side.

IMS/CSA:isometric strength/ cross-sectional area, IKS/CSA:isokinetic strength/cross-sectional area. PG:

pitchers group, FG: fielders group, TG: throwers group, RG: runners group,

GG: gymnastics group.

## 4. 考察

スポーツ選手の肩関節筋力については肩関節障害の予防や競技特性に関する研究報告が行なわれてきた。

特に利き腕側を頻繁に使用するスポーツ (以下片側型スポーツ) では非利き腕に対してどの程度の筋力水準にあることが望ましいのかという観点から研究が行なわれている。本研究では片側性スポーツに属する野球

投手、野球野手、投擲選手に加え、利き腕と非利き腕の使用頻度に差が少ないスポーツ（両側型スポーツ）に属する陸上短距離選手、体操競技選手を用い、各競技種目における両側の比較および競技群間の比較を行なった。

### 1) 肩関節外転トルク

肩関節外転トルクについては、一般成人や片側型スポーツ選手を対象とした報告が見られる。一般成人では両肩の外転トルク発揮能力は同水準にあることが示されており<sup>7,20)</sup>、特別なトレーニングを積むことなく、肩関節障害をもたない場合、利き腕と非利き腕の間を外転トルクに差はみられないものと考えられる。

一方、片側型スポーツ選手の場合についてはTable5に示した通り、野球投手を対象とした報告が数多く見られる(6,7,9-12)。野球投手の場合、プロ、大学生、高校生などいずれの競技レベルにおいても両側間の外転トルクに差はないことが示されており<sup>6,7,9-12)</sup>、投球動作の反復は筋力を向上させるような効果は持たないことが示唆されている。本研究も同様に野球投手、野球野手、投擲選手など投動作を伴う競技種目において投球側の優位性は示されず、肩関節障害を持たない選手の場合、非投球側と同等の筋力が示されるという従来の報告を支持する結果が得られたものと考えられる。

また、陸上短距離選手や体操選手など両側型スポーツにおいては肩関節外転トルクを両側で比較した研究がみられないため、先行研究と比較を行なうことができないが、一般成人において利き腕の影響が少ないこと、片側型スポーツ選手においても両側差がみられないことから、両側の筋力はほぼ同水準にあるものと考えられる。本研究においても両側型スポーツに属する競技選手に肩関節外転トルクの両側差は認められなかったが、肩関節の外転動作がこれらの種目に特異的な運動様式ではないために生じた結果と考えられる。

肩関節外転トルクについては競技種目間の比較を行なった研究は見られないため、競技特性は明らかではないが、本研究においては投擲群が投手群に対して高い値を示した。肩関節外転トルクのみならず、ヒトの発揮する筋力や関節トルクは筋量に強い影響を受けること、本研究において競技種目間の比較が外転トルクの絶対値で行なっていることから、体重やLBMの多い投擲群において高い値が示されたものと考えられる。

### 2) 棘上筋断面積

棘上筋の筋量に関する研究では、超音波法を用いて筋厚や筋断面積を求めた研究や、MRI法を用いて筋断面積や筋体積を求めた研究が見られる (Table6)。一般成人では棘上筋の筋厚や筋体積は利き腕と非利き腕の間に差はないことが報告されている<sup>7,21)</sup>。しかし、筋断面積を指標とした研究では、Katayoseら<sup>10)</sup>が20歳から70歳までの各年代において利き腕側の筋断面積は大きく、年齢が高くなるとともに筋断面積が小さくなることを報告している。これらのことから、一般成人における棘上筋の筋量は利き腕側が非利き腕側と同等かそれを上回る水準にあるものと考えられる。

一方、スポーツ選手を対象とした研究では体操選手と水泳選手からなる両側スポーツ選手群においては両側の筋厚に差は見られないが、バレーボール選手、ハンドボール選手、野球選手からなる片側スポーツ選手では肩関節に障害がない場合は利き腕側の筋厚が高いとした報告や、高校生と社会人の野球選手においても投球側の筋厚が非投球側に対して高い値を示すとした報告が見られる<sup>8,9)</sup>。しかし、その他の研究においては両側間に棘上筋の筋厚や筋体積に両側間の差はみられないことが報告されており、一般成人の場合と同様に片側性スポーツ選手の場合も利き腕側が非利き腕側と同等かそれを上回る水準にあるものと考えられる。本研究では片側性スポーツに属する競技種目においても筋断面積に両側間の差は示されず、投球動作の反復が棘上筋の筋量増加につながるものではないことが示唆された。

一方、競技種目間の比較では投擲群が投手群、野手群、体操群に対して有意に大きな筋断面積を示した。筋断面積は筋量に影響されることから、体重や除脂肪体重、あるいはその2/3乗値などにより標準化されることがあるが、本研究では標準化を行っていないことから、体重や除脂肪体重の大きな投擲群が他のグループに対して高値を示したものと考えられる。

Table 5. Summary of shoulder abduction strength studies.

Subject	n	Investigator	Mode	Test speed (deg/sec)	Abduction strength
Professional baseball pitchers	83	Wilk et al. <sup>9)</sup>	isokinetic	180	DOM = NDOM
				300	DOM = NDOM
		Donatelli et al. <sup>10)</sup>	isometric	0	DOM = NDOM
College baseball players	19	Magnusson et al. <sup>11)</sup>	isometric	0	DOM = NDOM
		Hasegawa et al. <sup>6)</sup>	isometric	0	DOM = NDOM
College baseball pitchers	12	Hasegawa et al. <sup>7)</sup>	isometric	0	DOM = NDOM
High school & college baseball pitchers	24	Alderlink et al. <sup>12)</sup>	isokinetic	90	DOM = NDOM
				120	DOM = NDOM
				210	DOM = NDOM
				300	DOM = NDOM
Normal male	26	Cahalan et al. <sup>20)</sup>	isometric	0	DOM = NDOM
			60	DOM = NDOM	
		isokinetic	180	DOM = NDOM	
			300	DOM = NDOM	
			Hasegawa et al. <sup>7)</sup>	isometric	0

DOM: dominant side, NDOM: nondominant side

Table 6. Summary of morphological studies in supraspinatus muscle.

Subject	n	Investigator	Method	Index	Supraspinatus m.
High school & Amateur baseball players	20	Katayose et al. <sup>5)</sup>	US	MT	DOM > NDOM
College baseball players	19	Hasegawa et al. <sup>6)</sup>	US	MT	DOM = NDOM
College baseball pitchers	12	Hasegawa et al. <sup>7)</sup>	MRI	MV	DOM = NDOM
Professional baseball pitchers	14	Miniaci et al. <sup>8)</sup>	MRI	MT	DOM = NDOM
Normal male	9	Katayose et al. <sup>21)</sup>	US	MT	DOM = NDOM
Normal female	11	Katayose et al. <sup>21)</sup>	US	MT	DOM = NDOM
Normal male	14	Katayose et al. <sup>5)</sup>	MRI	MV	DOM = NDOM
Normal male & female	72	Katayose et al. <sup>18)</sup>	US	CSA	DOM > NDOM

MT:muscle thickness, MV:muscle volume, CSA:cross-sectional area

US: ultrasonography method, MRI: magnetic resonance imaging method

### 3) 固有筋力指数

固有筋力指数は筋の単位断面積あたりの発揮筋力を示す指数である。これまでも肘関節や膝関節の伸筋群、屈筋群、足関節の底屈筋群、背屈筋群などを対象にトレーニングや加齢、筋の種類などによる比較研究が行なわれている<sup>13-17)</sup>。本研究では投動作を伴う片側型スポーツにおいても両側の値に差が見られなかった。外転トルクや筋断面積と同様に固有筋力においても両

側の差が示されなかったことから、投動作には棘上筋の固有筋力指数を高めるようなトレーニング効果はないことが示唆された。

また、利き腕側における競技種目間の比較からも差は見られず、外転トルクや棘上筋断面積において他の競技種目に対して高い値を示していた投擲群も固有筋力指数においては他の競技群と同様の値を示すことから、投擲群に見られた外転トルクの大きさは筋断面積

の大きさ（量的な要因）によるものであり、筋の単位断面積あたりの発揮筋力（質的な要因）によるものではないことが示唆された。

以上のことから、肩関節に障害のない大学生スポーツ選手の棘上筋の固有筋力指数は各種競技間においてほぼ一定値を示しており、外転トルクの大きさは筋量に依存するものと考えられる。また、長期にわたり投動作用を反復するとともに、投能力を高めるためのトレーニングを積んだ選手においても棘上筋の固有筋力指数には片側の優位性が見られないものと考えられる。

## 5. 結論

肩関節障害の既往のない大学生スポーツ選手を対象に棘上筋の固有筋力指数を求め比較を行なった結果、以下のような結論を得た。

1. 各競技種目における利き腕側と非利き腕側の比較より、いずれの競技種目においても肩関節外転トルク、棘上筋の筋断面積、固有筋力指数には差は見られなかった。
2. 利き腕側を対象とした競技種目間の比較において、外転トルクは投擲群が投手群に対して、棘上筋の筋断面積は投擲群が投手群、野手群、体操競技群に対して高い値を示したが、固有筋力指数はいずれの競技種目間にも差は見られなかった。
3. 上述の結果より、投動作用を伴う競技種目を含む各種スポーツ選手の棘上筋の固有筋力指数は両側間に差がないばかりでなく、各競技種目を通してみてもほぼ一定に保たれており、外転トルクの大きさは筋断面積（筋量）に依存するところが大きいことが示唆された。

## 謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究（C））課題番号：20500567の一部として行なわれた。

## 引用文献

- 1) 小久保勝弘 (1972) : スポーツ選手の利き腕側棘上、棘下筋萎縮に関する研究 主としてその発生機序に関する考察. 体力科学.21:16-27.
- 2) 梶田幸徳, 小久保勝弘 (1972) : 野球による棘上、棘下筋麻痺. 臨床整形外科.3 : 249-253.
- 3) 田中忍, 白木仁, 宮永豊, 下條仁士 (1996) : 各種スポーツ選手の棘上筋、棘下筋の筋厚と筋力.

体力科学.45(6):787.

- 4) 田中忍, 白木仁, 宮永豊, 下條仁士 (1997) : スポーツ選手の肩内外旋筋力, 棘上筋・棘下筋厚と肩痛. 体力科学.46(6):761.
- 5) 片寄正樹, 荻野利彦, 宮本重範, 寒川美奈, 菅靖司, 菅原誠 (1994) : 超音波画像を用いた野球選手の棘上筋の厚さの評価. 理学療法学.21:257.
- 6) 長谷川伸, 館俊樹, 佐々木宏, 鳥居俊, 加藤清忠 (2003) : 大学生野球選手の回旋腱板筋ならびに三角筋の形態および筋力特性. 体力科学.52(4) :407-420.
- 7) 長谷川伸, 館俊樹, 斎藤恵一, 王力群, 加藤清忠 (2004) : 野球投手の回旋腱板筋 (rotator cuff muscles) と三角筋のMRI法による筋量分析とその筋力特性. 体力科学53(5):483-492.
- 8) Miniaci,A.,Mascia,A.T.,Salonen,D.C.,and Becker,E.J. (2002):Magnetic resonance imaging of the shoulder in asymptomatic professional baseball pitcher.Am.J.Sports Med. 30:66-73.
- 9) Wilk,K.E.,Andrews,J.R.,and Arrigo,C.A.(1995):The abductor and adductor strength characteristics of professional baseball pitchers. Am J Sports Med.23(3):307-311.
- 10) Donatelli,R.,Ellenbecker,T.,Ekedahl,S.R.,Wilkes,J.S.Kocher,K.,and Adams,J.(2000):Assesment of shoulder strength in professional baseball pitchers.J Orthop.Sports Phys Ther.30:544-511.
- 11) Magnusson,S.P.,Gleim,G.W.,and Nicholas,J.(1994):A shoulder weakness in professional baseball pitchers.Med Sci Sports exercise.22:5-9.
- 12) Alderlink, G.J.,and Kuck,D.J.(1986):Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers.J Orthop Sports Phys Ther. 7:163-172.
- 13) Ichinose,Y.,Kanehisa,H.,Ito,M.,Kawakami,Y.,and Fukunaga,T.(1998):Morphological and functional differences in elbow extensor muscle between highly trained male and female athletes.Eur J Appl Physiol.78:107-114.
- 14) Garfinkel,S.,and Cafarell,E. (1992) :Relative change in maximal force,EMG,and muscle cross-sectional area after isometric training.Med Sci Sports Exercise.24(11):1220-1227.
- 15) 池添冬芽, 浅川康吉, 島浩人, 市橋則明 (2007) :

- 加齢による大腿四頭筋の形態的特徴および筋力の変化について. 理学療法学.34(5):232-238.
- 16) 秋間広, 久野譜也, 福永哲夫, 勝田茂 (1995) :MRIによるヒトの膝伸筋・膝屈筋における形態的特性および生理学的断面積当たりの筋張力. 体力科学.44:267-278.
  - 17) Akima,H.,Kubo,K.,Kanehisa,H.,Suzuki,Y.,Gunji,A.,and Fukunaga,T.(2000): Leg-press resistance training during 20 days of 6degree head-down-tilt bed rest prevents muscle deconditioning. Eur J Appl Physiol.82(1):30-38.
  - 18) Katayose,M.,and Magee,D. (2001) : The cross-sectional area of supraspinatus as measured by diagnostic ultrasound.J Bone Joint Surg. 83 (B) :565-568.
  - 19) Katayose,M.,and Magee,D. (2000):The intra-rater reliability of the supraspinatus cross-sectional area measurement using diagnostic ultrasound.札幌医科大学保健医療学部紀要.8:51-56.
  - 20) Cahalan,T.D., Johnson,M.E., Chao,E.Y.,(1991) :Shoulder strength analysis using the Cybex II isokinetic dynamometer. Clin Orthop Relat Res. 271:249-57.
  - 21) 片寄正樹, 荻野利彦, 宮本重範, 寒川美奈, 菅靖司, 菅原誠 (1993) :超音波画像を用いた棘上筋の厚さの評価. 理学療法学,20:86.