

[原 著]

## 棘上筋の筋断面積，肩関節外転筋力に関する横断的研究

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

### The cross-sectional study of cross-sectional area of supraspinatus muscle and shoulder abduction strength

Shin HASEGAWA<sup>1)</sup> and Kyotaro FUNATSU<sup>1)</sup>

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate age-related changes in muscle cross-sectional area (CSA) of supraspinatus, shoulder abduction strength, and specific tension. Forty male subjects participated in this study, and were divided into 4 age groups (10-12G, 13-15G, 16-18G, and 19-21G). Cross sectional images of supraspinatus muscle were obtained with B-mode ultrasound apparatus. Shoulder abduction strength in the plane of the scapula was measured bilaterally with a hand-held dynamometer. Specific tension of supraspinatus was calculated by dividing shoulder abduction strength in CSA. In the comparison of each group, CSA of supraspinatus and shoulder abduction strength in 19-21G were significantly greater than those in 10-12G and 13-15G ( $p<0.05-0.01$ ). Specific tension of supraspinatus in 19-21G was significantly greater than those in 10-12G ( $p<0.01$ ). This study suggested that shoulder abduction strength increased by specific tension of supraspinatus in the early phase, and by muscle hypertrophy in the next phase.

**KEY WORDS :** specific tension, supraspinatus, CSA

#### 1. 緒言

棘上筋，棘下筋，小円筋，肩甲下筋の4筋は肩関節の回旋筋腱板を構成し，肩の動的安定性を維持するために重要な役割を果たしている。棘上筋は肩甲骨の棘上窩に起始を持ち，上腕骨の大結節に停止する筋であり，三角筋と協力して肩関節を外転させる作用を持つ。

棘上筋については肩関節障害予防の観点から多くの研究が行われている。形態学的な研究においては，視診や超音波法，MR法を用いて筋厚，筋断面積，筋体積などを指標とし，投球など片側優位に肩関節を使用するスポーツ選手においても，肩関節に障害を持たない場合，利き腕側が非利き腕側を下回ることはないと

されている<sup>1-6)</sup>。

また，機能的な研究においても肩関節の外転筋力は，一般成人やプロ野球選手では利き腕と非利き腕の間に差がみられないことが報告されている<sup>4,5,7,8)</sup>。

これまでの研究は棘上筋の形態と機能を別々に扱ったものが多く，総合的に評価したものが見られない。この原因は筋力と最も関連の高い棘上筋の筋断面積の測定法にあり，MR法を用いるとコストがかかり，超音波法では筋断面積の撮影が難しいという点が問題とされてきた。しかし近年，超音波法により棘上筋断面積の測定法が提案され，その妥当性や再現性が高いことが報告されるようになった<sup>9-11)</sup>。そこで，本研究ではスポーツ選手を対象に少年期から成人に至るまでの

1) 九州共立大学スポーツ学部

1) Kyushu Kyoritsu University Faculty of Sports Science

棘上筋の筋断面積，ならびに棘上筋の機能を示す肩関節外転筋力を測定し，筋断面積と筋力，筋断面積あたりの筋力として求めた固有筋力指数について年齢による相違を検討することにより，棘上筋機能の発達過程を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 1) 対象

対象者は肩関節障害の既往歴を持たない10歳から21歳までの男子40名であり，肩関節を片側優位に用いるスポーツ種目を現在および過去に専門に行っていない者とした。全ての対象者は年齢別に10-12歳群（10-12G），13-15歳群（13-15G），16-18歳群（16-18G），19-21歳群（19-21G）の4群に分類された（Table1）。対象者には本研究の趣旨，安全性について十分に説明し，事前実験参加の同意を得た。

Table 1. Subject characteristics.

Group	n	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)	LBM(kg)
10-12G	10	10.9±0.7	144.2±6.1	33.9±4.6	30.7±3.6
13-15G	10	13.9±0.7	169.0±9.8	58.0±11.2	48.6±10.9
16-18G	10	17.2±0.8	172.8±7.0	62.0±7.2	57.0±5.9
19-21G	10	20.2±1.0	173.3±5.0	64.3±4.3	57.6±4.0

Mean±SD. LBM : Lean body mass

### 2) 棘上筋の筋断面積測定

棘上筋の筋断面積の測定には7.5MHzの探触子を使用して，Bモード超音波診断装置（SSD-900，アロカ社）により画像を取得した。測定姿勢は椅座位とし，上肢を下垂した状態で肩関節中間位をとらせた。撮像方法はKatayoseら<sup>10)</sup>の方法に準じて，肩甲棘長の中点で肩甲棘に対する垂線よりプローブを外側へ傾け，棘上筋の横径が最短となる画像が得られる角度を採用した（Fig.1）。筋断面積の算出には撮影された画像をコンピュータに取込み，画像解析ソフトウェア（Scion Image, Scion Corporation）を用いて，筋の輪郭をトレースすることにより面積を算出した。また，筋断面積は各群間で比較を行なうため，除脂肪量の2/3乗を用いて除することにより標準化を行なった。



Fig.1 The location of the measurements taken by ultrasonography

### 3) 肩関節外転筋力の測定

肩関節外転筋力の測定には徒手筋力測定器（ミュータスF1，アニマ社）を使用し，Kellyら<sup>12)</sup>の推奨する肢位である肩甲平面における肩関節90度外転位にて，同肢位における等尺性最大外転筋力を測定した。測定に際しては，反動をつけないように指示を与え，5秒間の最大努力での筋力発揮を行わせた。測定は休息をはさんで2回行い，最大値を採用した。

### 4) 体組成測定

体重，除脂肪量の測定には体成分分析装置（InBody720，バイオスペース社）を用いた。測定前に被験者を5分程度，座位での安静状態に置いたのち測定を行なった。

### 5) 固有筋力指数

棘上筋の筋断面積と肩関節外転筋力の関係から，固有筋力指数を以下の式で算出した。

$$\text{固有筋力指数 (N/cm}^2\text{)} \\ = \text{肩関節外転筋力 (N)} / \text{棘上筋の筋断面積 (cm}^2\text{)}$$

### 6) 統計処理

全てのデータは平均値±標準偏差で示した。年齢と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Dunnett法を用い19-21歳群の値（成人値）との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) 棘上筋断面積

超音波法によって得られた棘上筋の筋断面積の年齢別の例をFig.2に示した。棘上筋の筋断面積(絶対値), ならびに除脂肪量の2/3乗で補正された筋断面積(補正值)は利き腕と年齢の間に交互作用はなく, 利き腕には主効果が認められなかった(Table2)。年齢群間の比較では筋断面積の絶対値, 補正值ともに0-12歳群, 13-15歳群が本研究において成人値とした19-21歳群に対して有意に低い値を示した( $p < 0.05-0.01$ )。

Table 2. Comparison of cross-sectional area of supraspinatus.

Group	CSA (cm <sup>2</sup> )			CSA/LBM (cm <sup>2</sup> /kg <sup>0.67</sup> )		
	DOM	NDOM		DOM	NDOM	
10-12G	4.7±0.6	4.5±0.6	**	0.48±0.05	0.46±0.05	**
13-15G	7.0±1.3	6.5±1.2	**	0.52±0.05	0.49±0.06	*
16-18G	8.5±0.8	7.8±1.0		0.58±0.04	0.53±0.06	
19-21G	8.2±0.8	8.4±0.8		0.55±0.06	0.56±0.05	

Mean±SD. CSA: cross-sectional area, LBM: lean body mass. DOM: dominant side, NDOM: nondominant side. \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ . Significant difference from 19-21G.

#### 2) 肩関節外転筋力

肩関節外転筋力の結果をTable3に示した。利き腕と年齢の間に交互作用はなく, 利き腕には主効果が認められなかったが, 年齢群間の比較では10-12歳群, 13-15歳群は19-21歳群に対して有意に低い値を示した( $p < 0.01$ )。

#### 3) 固有筋力指数

固有筋力指数の結果をTable3に示した。利き腕と年齢の間に交互作用はなく, 利き腕には主効果が認められなかった。年齢群間の比較では10-12歳群のみが19-21歳群に対して有意に低い値を示した( $p < 0.01$ )。

Table 3. Comparison of abduction strength and specific tension index.

Group	ABD (N)			ABD/CSA (N/cm <sup>2</sup> )		
	DOM	NDOM		DOM	NDOM	
10-12G	35.6±6.8	30.8±8.3	**	7.4±1.6	7.3±1.9	**
13-15G	65.9±25.8	56.3±22.5	**	9.0±2.1	9.0±2.0	
16-18G	88.6±28.7	84.5±20.8		9.4±2.8	9.0±2.9	
19-21G	89.3±26.5	83.2±21.5		9.9±2.5	9.7±2.4	

Mean±SD. ABD: abduction strength. CSA: cross-sectional area. DOM: dominant side, NDOM: nondominant side. \*\*:  $p < 0.01$ . Significant difference from 19-21G.

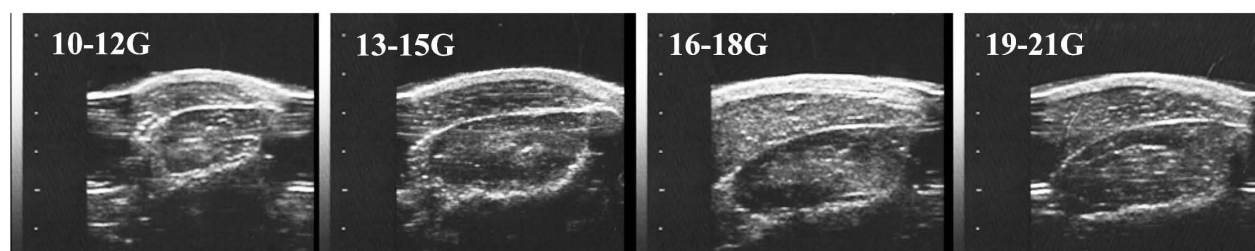
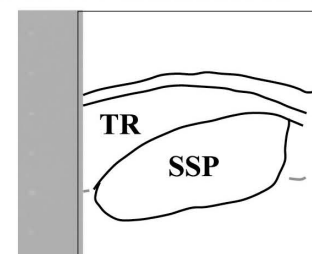


Fig.2 Ultrasound image of supraspinatus muscle. 10-12G:10-12years group,13-15G:13-15years group, 16-18G:16-18 years group,19-21G:19-21 years group. SSP: supraspinatus muscle, TR: trapezius muscle.



## 4. 考察

本研究では棘上筋の機能の発達過程を明らかにするため、筋横断面積、肩関節外転筋力、固有筋力指数について、10歳から21歳までの男子を年齢別に4群に分け比較を行なった。

### 1) 棘上筋の筋断面積

棘上筋の筋断面積は絶対値においても補正值においても10-12歳群と13-15歳群が成人値である19-21歳群の値に対して低い値を示した。Katayose et al<sup>10)</sup>は棘上筋の筋断面積については20歳代から70歳代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。本研究の結果とKatayose et al<sup>10)</sup>の結果を比較したものをFig.3に示したが、棘上筋の筋断面積は20歳代を頂点としたカーブを示すことが示唆される。同様の結果は身体各部位の筋厚についても見られることが報告されている<sup>13)</sup>。また、発育発達期の筋断面積についても、12歳～22歳までのサッカー選手の大腿部の筋や大腰筋の場合、大腿筋断面積がU17（16～18歳未満）以降、大腰筋断面積がU15（14～16歳未満）以降の年齢では成人であるU22（20～23歳未満）と差が見られないことが報告されており<sup>14)</sup>、筋厚や筋断面積は身体部位が異なっても20歳代で最大値を示し、10歳代の後半で成人値に達するという点については同様の傾向があるものと考えられる。

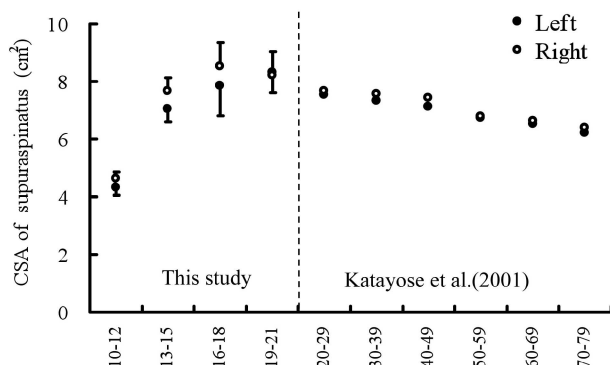


Fig.3 Mean CSA of supraspinatus for the right and left sides

### 2) 肩関節外転筋力

棘上筋の機能評価を目的とした筋力測定はさまざまな肢位で行なわれている<sup>12,14-18)</sup>。しかしながら、いずれの方法を用いても棘上筋のみが発揮する筋力を他の筋が発揮する筋力と分離して測定することは困難である。そのため、棘上筋の機能評価においては棘上筋の筋活動が高く、他の筋の筋活動が抑制される肢位を見出すことが1つの課題となってきた<sup>12,17)</sup>。Kellyら<sup>12)</sup>はさまざまな肢位の中から棘上筋の機能評価に最もふさわしい肢位として肩甲平面において肩関節を90度外転した状態での外転筋力の測定を提案している。光金ら<sup>18)</sup>は同肢位におけるハンドヘルドダイナモメーターによる筋力測定の再現性が高いことを報告している。

肩関節外転筋力は10-12歳群と13-15歳群の最も年齢の低い2群が成人値に対して低値を示した。肩関節外転筋力については若年者群（26～36歳）と高齢者群（55～66歳）を比較した研究において、若年者群が高い値を示すことが報告されているが<sup>19)</sup>、発育・発達期における研究が見られない。しかし、握力、背筋力などの筋力一般については、20歳代で最高値を示すことはよく知られており<sup>20)</sup>、本研究においても同様の結果が示されものと考えられる。

### 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り、運動単位の動員など神経系の要素を反映した指標と考えられる。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>21-25)</sup>。

本研究において固有筋力指数は10-12歳群のみが成人値に対して低い値を示した。先に示した筋断面積や筋力は16-18歳群以降では成人値との差が見られないことから、この年齢でほぼ成人値に達していると考えられる。一方、固有筋力指数が成人値に達するのは13-15歳群以降であり、時期的な相違が見られる。固有筋力指数が筋断面積や筋力よりも早期に成人値に達することが示された。また、それ以降は固有筋力指数が増加していないことを意味しており、棘上筋の機能的発達においては10歳代前半では神経系の改善による筋力増加が中心になり、10歳代後半にみられる筋力増加は筋肥大に伴う筋断面積の増加を要因とするものである可能性が示唆される。

以上のことから、肩関節に既往歴をもたない一般男子では利き腕と非利き腕の間に筋断面積や筋力の差は

見られず, 両側ともに10歳代前半では固有筋力の増加に伴う筋力増加, 10歳代後半では筋断面積増加による筋力増加が起こり成人値の筋サイズ, 筋力が形成されるものと考えられる。

## 5. 結論

定期的にスポーツ活動を行なっている10歳から21歳の男性を対象に棘上筋の筋断面積とその機能を示す肩関節外転筋力, 解剖学的筋断面積あたりの筋力として示された固有筋力指数を求め, 以下のような結論を得た。

- 1) 棘上筋の筋断面積, 肩関節外転筋力, 固有筋力指数はいずれも年齢群間には差が見られたが, 利き腕と非利き腕の間には差が見られなかった。
- 2) 棘上筋の筋断面積, 肩関節外転筋力が成人値に達するのは16-19歳群以降であった。
- 3) 棘上筋の固有筋力指数が成人値に達するのは13-15歳群以降であった。

以上のことから, 棘上筋の筋断面積, 肩関節外転筋力と固有筋力指数が成人値に達する時期には差があり, 固有筋力指数は筋断面積や肩関節外転筋力よりも早期に成人値に達することが示された。

## 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。

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 長谷川伸, 館俊樹, 佐々木宏, 烏居俊, 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.3:51-56.
- 10) 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.
- 11) 福西邦素, 渡辺千聡, 大塚尚, 阿倍宗昭(2003):超音波断層法を用いた棘上筋と棘下筋の断面積の測定-検者間, 検者内での再現性-. 肩関節. 27,2:225-228.
- 12) Kelly,B.T,Kadrmaz,W.R.Speer,K.P.(1996):The manual muscle examination for rotator cuff strength.Am J Sports Med.24,5:581-587.
- 13) 安部孝,福永哲夫(1995):日本人の体脂肪と筋肉分布. 杏林書院,東京, pp.36-39.
- 14) 星川佳広(2009):日本サッカー選手の除脂肪体重と筋断面積-U13からプロまでの年齢変化. 東海保健体育科学,31:1-12.
- 15) Magnusson,S.P.,Gleim,G.W.,Nicholas,J.A.(1994):Shoulder weakness in professional baseball pitchers.Med.Sci.Sports Exerc.26,1,5-9.
- 16) Donatelli,R.Ellenbecker,T.S.,Ekedahl,S.R.,Wilkes,J.S.,Kocher,K.,and Adam,J.(2000):Assessment of shoulder strength in professional baseball pitchers.J.Orthop.Sports Phys. Ther.30,9:544-551.
- 17) Malanga,G.A.,Jenp,Y.,Growney,E.S. and An,K.(1995):EMG analysis of shoulder positioning in testing and strengthening the supraspinatus. Med.Sci.Sports Exerc.28,6:661-664.

- 18) 光金正官, 能登真一, 平田秀彦. (1999): ハンドヘルドダイナモメーターによる筋力検査— 腱板構成筋評価の再現性の検討—. 総合リハ. 27,9:861-864.
- 19) Murray, M.P., Gore, D.R., Gardner, G.M., and Mollinger, L.A. (1985): Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in two age groups. Clin Orthop and related Reseach. 192: 268-273.
- 20) 首都大学東京体力標準値研究会(2007): 新・日本人の体力標準値. 不昧堂出版, 東京, pp.162-171.
- 21) 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.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 24) 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.
- 25) Akima, H., Kubo, K., Kanehisa, H., Suzuki, Y., Gunji, A., and Fukunaga, T. (2000): Leg-press resistance training during 20 days of 6 degree head-down-tilt bed rest prevents muscle deconditioning. Eur J Appl Physiol. 82(1):30-38.