

原 著

MRIによる野球投手の回旋腱板筋と三角筋の形態的分析

長谷川 伸*・館 俊 樹**・斎 藤 正 男***
斎 藤 恵 一***・王 力 群***・加 藤 清 忠****

要 旨

本研究の目的は野球投手の肩関節における回旋腱板筋（棘上筋、棘下筋、小円筋、肩甲下筋）と三角筋の筋体積と生理学的断面積の特性を明らかにすることである。

5名の大学野球投手（PG）と5名の一般男子大学生（CG）が研究に参加した。全ての投手は撮影時に肩痛を持たない者とした。各被験者の両肩における筋体積（MV）はMRIを用いて測定した。筋体積は解剖学的断面積の平均値と筋長から算出し、生理学的筋断面積は筋体積と筋線維長から算出した。棘下筋と小円筋は区分することができなかつたため、1つの筋（棘下筋）として分析を行った。

PGとCGの比較において、三角筋の筋体積はPGがCGに対して有意に高い値を示したが（ $p < 0.05$ ）、すべての回旋腱板筋の筋体積では2群間に有意な差は見られなかつた。三角筋／回旋腱板筋体積比率はPGがCGに対して有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。投球側／非投球側比率では棘下筋においてはPGがCGに対して有意に低い値を示したが（ $p < 0.01$ ）、三角筋では投球側が有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。生理学的断面積（PCSA）では全ての回旋腱板筋において2群間に有意な差は見られなかつた。

以上のことから、野球投手の投球側では非投球側に対して三角筋のみに筋肥大の傾向が見られ、反復的な投球動作によるトレーニング効果が三角筋に対しては見られるが、回旋腱板筋に対しては見られないことが示唆された。

キーワード：回旋腱板筋、三角筋、筋体積、生理学的断面積

1. 緒 言

Rotator cuff（回旋筋蓋¹⁹、回旋腱板²¹）は上腕骨頭を覆う棘上筋（supraspinatus）、棘下筋（infraspinatus）、小円筋（teres minor）、肩甲下筋（subscapularis）の停止腱で構成され

る共同腱であり²⁰、このrotator cuffに関連するこれらの4つの筋はrotator cuff muscles¹⁾と呼ばれる。本論文ではこの筋群の和文名として坂井²¹に従い回旋腱板筋の名称を用いる。

投球動作中の回旋腱板筋の筋活動についてはウィンドアップ相、初期コッキング相、後期コッ

*早稲田大学大学院人間科学研究科博士後期課程

**早稲田大学大学院人間科学研究科修士課程（現所属：早稲田大学大学院人間科学研究科博士後期課程）

***東京電機大学超電導応用研究所

****早稲田大学人間科学部・人間科学研究科

キング相、加速相、フォロースルー相の5つの局面に分けて分析が行われているが、その主な役割は、初期コッキング相において三角筋と協同して働く外転作用 (abductor)、加速相における回旋作用 (rotator)、フォロースルー相において上腕骨頭を関節窩に引きつける作用 (stabilizer) であるとされている^{13, 27)}。

野球投手の回旋腱板筋の機能的評価としては外転筋力や内旋、外旋筋力の測定が行われているが、その多くは、投球側と非投球側の比較から、内旋筋力は投球側が優位な傾向にあるが、外旋筋力や外転筋力では同等か、投球側において低下することを指摘している^{3, 5, 24, 30)}。

また、形態的には投球側の腕には筋肥大が見られ、その程度は特に前腕の屈筋群では顕著であることが報告されており¹⁸⁾、この筋肥大は投球動作に伴う一定の反復的な筋活動によるものと考えられている。しかし、回旋腱板筋にも同様の肥大傾向が見られるかどうかについては明らかではない。

野球選手の回旋腱板筋に関するこれまでの報告では、プロ野球選手の45.8%、大学生野球選手の32.4%に棘下筋萎縮が見られ、競技経験年数が長いほどその発現頻度は高いことが報告されている^{10, 28)}。しかし、これらの研究における筋萎縮の判断は視診に基づいたものであり、定量的な評価は行われていない。また近年では超音波法やMRI法を用いて野球投手の回旋腱板筋の筋厚を測定した報告も見られるようになったが、投球側と非投球側の間に顕著な差は認められていない^{9, 20, 31)}。

筋の形態的評価では、筋厚のほかにも筋断面積や筋体積などの測定が行われるが、これらは筋の発揮筋力や関節トルクと高い相関があることが知られている^{7, 12)}。特に平行する筋線維の断面積総和として定義される生理学的筋横断面積 (physiological cross-sectional area, PCSA) は、筋の発揮張力を規定する基本的な指標となる⁶⁾。回旋腱板筋についても一般成人女性を対象にMRI法による筋体積や生理学的

筋断面積が求められ、その妥当性、再現性が高いことが報告されている¹⁴⁾。

そこで本研究では、野球投手の回旋腱板筋と三角筋について、MRI法を用いてこれまでの超音波法による筋厚の測定では困難であった筋体積、生理学的断面積を求め、一般大学生と比較することにより、野球投手の肩関節周囲筋における形態的特徴を明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

A. 被験者

被験者は硬式野球部に所属する大学野球投手5名 (pitcher group : PG、年齢 20.2 ± 0.8 歳、身長 177.2 ± 9.7 cm、体重 75.8 ± 7.0 kg) と一般男子大学生5名 (control group : CG、年齢 23.6 ± 1.1 歳、身長 173.8 ± 3.0 cm、体重 74.9 ± 7.8 kg) である。大学野球投手はいずれも小学生時代に競技を開始し、8年以上の競技歴を持つ者である (競技歴 11.4 ± 2.4 年、投手歴 8.9 ± 3.5 年)。また一般男子大学生は片腕のみを頻繁に用いるスポーツ種目を行なっていない者とした。いずれの被験者も測定に先立って行なわれたメディカルチェックにおいて肩関節障害が認められず、測定時において肩痛がなく、利き腕と投球側の一致する者であった。全ての被験者には事前に測定内容を十分に説明し、書面による実験参加の同意を得た。

B. 筋体積の測定

本研究において対象とした筋は、棘上筋 (supraspinatus : SUP)、棘下筋、小円筋、肩甲下筋 (subscapularis : SUB)、三角筋 (deltoid : DEL) の5筋であるが、棘下筋と小円筋は画像上では区分することができないため、同一グループとしてとらえ、棘下筋 (infraspinatus : INF) として扱った。

はじめにMRI (Stratis II、日立メディコ、1.5T) を用いて筋の長軸方向に垂直な筋断面積を表す解剖学的断面積の測定を行なった。被験者の測定姿勢は仰臥位で肩関節内転位、回旋中

間位とし、体重による筋の変形を緩和するため肩甲骨の下にはウレタン製のマットを敷いた。撮影に先立ち肩峰後角、肩甲骨内側縁、肩甲骨下角に脂溶性カプセルをマーカーとして取り付け、これらの3点のマーカーを目印に、肩上部(肩峰上皮肉表面)から肩甲骨下角まで、肩外側から肩甲骨内側縁までが撮影範囲内に入るように設定した。

撮影では、まず肩部の水平断面の撮影を行ない、得られた画像から肩甲骨内側縁より遠位方向へスライス厚5mm、スライス間隔3mmで連続的な斜矢状断像(oblique sagittal plane)にてT1強調画像を撮影した(Fig.1)。スライス数は被験者により異なるが、25~28枚の範囲であった。全ての画像はマトリクス256×256、FOV

(Field of view) 240mmとし、撮影により得られた斜矢状断像はコンピュータに取り込み、肩甲骨下筋、棘上筋、棘下筋、三角筋の輪郭を画像解析ソフト(Scion Image, Ver. Beta4.0.2)を用いてトレースして面積を算出し、スライスごとに各筋の解剖学的断面積を算出した。

さらに、Juul-kristensenら¹⁴⁾の方法に基づき、筋体積(muscle volume: MV)を各筋の起始部から停止部までの全スライスの平均解剖学的断面積と筋長の積として算出した。各筋の筋長はMRIにより得られた連続斜矢状断像において、識別可能な最も近位と最も遠位のスライスの距離とし、スライス数×8mm(5mmスライス厚と3mm間隔の合計値)として算出した。

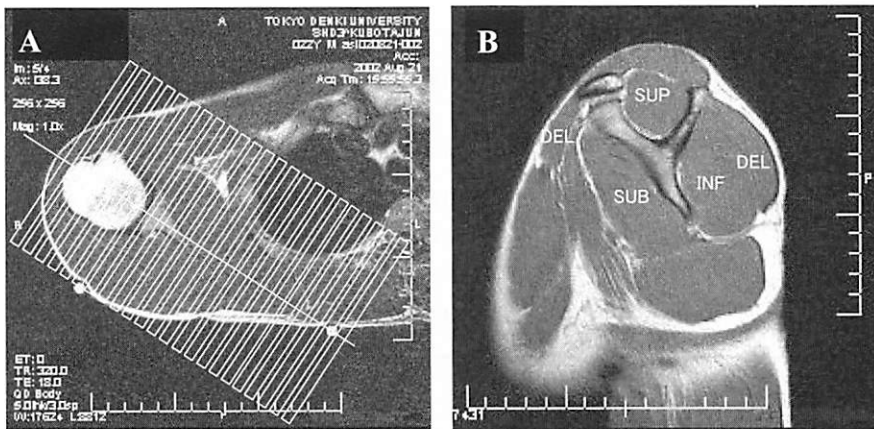


Fig.1 Photographs showing magnetic resonance imaging (MRI) scans. (A) horizontal plane, (B) oblique sagittal plane. SUP:supraspinatus, INF:infraspinatus, SUB:subscapularis, DEL:deltoid.

C. 生理学的断面積の算出

棘上筋、棘下筋、肩甲骨下筋の生理学的断面積(physiological cross-sectional area: PCSA)を筋体積/筋線維長として算出した。従来MRIを用いて生理学的断面積を算出した研究の多くが筋線維長については屍体のデータを採用していることから、本研究においてもJuul-kristensenら¹⁴⁾の示す屍体データに基づき、筋線維長は棘上筋では4.7cm、棘下筋では6.5cm、肩甲骨下筋では5.0cmとした。

三角筋については、筋の起始部が広く筋線維

の走行とその機能が前部、中部、後部では異なることが知られているが、MRI画像においてこれらの部位を区分することができないことから、PCSAの算出は行なわなかった。

D. 統計処理

全てのデータは平均値±標準偏差で表した。また得られた各筋の筋体積、生理学的筋断面積、筋体積の三角筋/回旋腱板筋比率(DEL/RC比率)、投球側/非投球側比率(DOM/NDOM比率)の両側間における比較には対応のあるt-test

を用い、両群間における比較には対応のないt-testを用いた。なお有意水準は危険率5%未満とした。

III. 結 果

A. 回旋腱板筋

回旋腱板筋（棘上筋、棘下筋、肩甲下筋）の筋体積と体重あたりの筋体積、さらに回旋腱板筋の総体積（RC）に対する各筋体積の比率（%RC）をTable 1に、回旋腱板筋全体の生理学的

断面積（PCSA）に対する各筋のPCSAの比率をTable 2に示した。

筋体積では、両側間の比較においてCGの棘下筋が投球側で有意に高い値を示したが（ $p < 0.05$ ）、PGではいずれの筋においても差は見られなかった。

両群間の比較では、投球側、非投球側ともに筋体積、体重あたりの筋体積、%RCに差は見られなかった（Table 1）。

投球側と非投球側における各筋の筋体積の比

Table 1. Muscle volume of rotator cuff and deltoid muscles.

	PG (n=5)		CG (n=5)	
	DOM	NDOM	DOM	NDOM
<i>Supraspinatus m.</i>				
VL (cm ³)	64.8±6.5	66.4±8.2	61.3±6.5	64.0±10.3
VL/BW (cm ³ /kg)	0.9±0.1	0.9±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1
SUP/RC (%)	15.1±1.2	15.3±0.9	13.8±1.0	14.7±0.9
<i>Infraspinatus m.</i>				
VL (cm ³)	179.8±21.3	189.2±24.1	191.4±17.2 [#]	171.9±21.0
VL/BW (cm ³ /kg)	2.4±0.2	2.5±0.2	2.6±0.3 [#]	2.3±0.3
INF/RC (%)	41.7±0.8	43.7±2.9	43.0±1.4	39.7±2.3
<i>Subscapularis m.</i>				
VL (cm ³)	186.3±26.5	177.0±13.9	193.4±27.7	196.8±24.7
VL/BW (cm ³ /kg)	2.5±0.2	2.3±0.2	2.6±0.3	2.6±0.4
SUB/RC (%)	43.2±1.3	41.0±3.3	43.2±2.3	45.6±2.6
<i>Deltoid m.</i>				
VL (cm ³)	516.7±21.9 ^{**}	492.3±28.8	462.6±64.2	465.1±75.9
VL/BW (cm ³ /kg)	6.8±0.4 ^{**}	6.5±0.6	6.2±0.5	6.2±0.7

Mean±SD

DOM:dominant side,NDOM:nondominant side.

VL:volume,BW:body weight,RC:rotator cuff muscles(=supraspinatus+infraspinatus+subscapularis).

[#]p<0.05 significant different from nondominant side.

^{**}p<0.05 significant different from control group.

Table 2. Physiological cross-section area of rotator cuff muscles.

	PG (n=5)		CG (n=5)	
	DOM	NDOM	DOM	NDOM
<i>Supraspinatus m.</i>				
PCSA(cm ²)	14.1±1.4	14.4±1.8	13.3±1.4	13.9±2.2
SUP/RC(%)	17.9±1.4	18.2±1.1	16.4±1.2	17.4±1.1
<i>Infraspinatus m.</i>				
PCSA(cm ²)	27.7±3.3	29.2±3.7	29.4±2.6	26.4±3.2
INF/RC(%)	35.0±0.7	36.9±2.7	36.2±1.3	33.2±2.1
<i>Subscapularis m.</i>				
PCSA(cm ²)	37.3±5.3	35.4±2.8	38.7±5.5	39.4±4.9
SUB/RC(%)	47.1±1.4	44.9±3.4	47.4±2.4	49.5±2.6

Mean±SD

DOM:dominant side,NDOM:nondominant side.

PCSA:Physiological cross-sectional area, RC:rotator cuff muscles(=supraspinatus+infraspinatus+subscapularis).

率 (DOM/NDOM比率) をFig. 2 に示した。棘下筋ではCGが $112.2 \pm 6.6\%$ であり、PGの $95.2 \pm 10.1\%$ に対して有意に高い値を示したが ($p < 0.01$)、他の筋では両群間に差は見られなかった。

生理学的断面積においても、筋体積と同様に棘上筋、棘下筋、肩甲下筋のPCSA、%RCにおいて両群間の差は見られなかった (Table 2)。

B. 三角筋

三角筋の筋体積では、両側間の比較においてPGでは投球側が有意に高い値を示したが ($p < 0.05$)、CGには差が見られなかった (Table 1)。

両群間の比較では、投球側の筋体積、体重あたりの筋体積、DOM/NDOM比率はいずれもPGがCGに対して有意に高い値を示したが ($p < 0.05$)、非投球側では差が見られなかった (Fig. 2)。

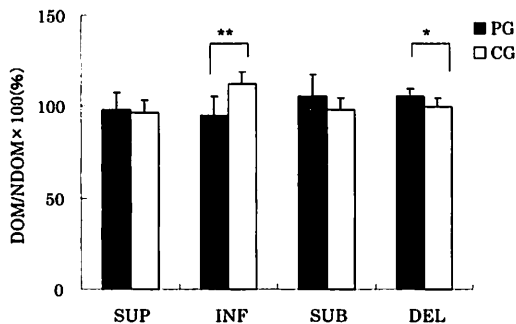


Fig. 2 Dominant/Nondominant muscle volume ratio.

SUP: supraspinatus, INF: infraspinatus, SUB: subscapularis, DEL: deltoid.

Significantly different from control group. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

また、回旋腱板筋体積に対する三角筋体積の比率 (DEL/RC比率) では、両群間の比較において、投球側ではPGが $121.0 \pm 13.0\%$ であり、CGの $103.7 \pm 8.5\%$ に対して有意に高い値を示したが ($p < 0.05$)、非投球側では両群間に差は見られなかった (Fig. 3)。

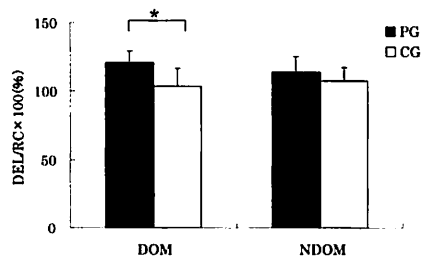


Fig. 3 Deltoid/Rotator cuff muscle volume ratio. DOM: dominant side, NDOM: nondominant side.

DEL: deltoid, RC: rotator cuff (subscapularis + supraspinatus + infraspinatus). Significantly different from control group. *: $p < 0.05$.

IV. 考 察

A. 回旋腱板筋

筋体積は関節トルクを決定する主要な解剖学的因子とされている⁷⁾。本研究ではMRIを用いて回旋腱板筋を構成する棘上筋、棘下筋 (棘下筋と小円筋の合算値)、肩甲下筋の筋体積を算出し、大学野球投手 (PG) と一般大学生の対象群 (CG) との比較を行った。

本研究で用いた回旋腱板筋の筋体積、生理学的断面積 (PCSA) の測定方法については、Juul-Kristensenら¹⁴⁾により屍体との比較からその信頼性と妥当性が高いことが報告されている。同時に筋体積は生体では屍体よりも1.4~1.7倍大きいものの、回旋腱板筋全体に対する各構成筋の体積比率では生体と屍体のデータはともにほぼ一定の範囲内に入ることが示されている^{2, 11, 14, 17, 29)}。すなわち筋体積では棘上筋が11.4~17.2%、棘下筋・小円筋が42.6~44.1%、肩甲下筋が39.6~44.9%の範囲であり、生理学的断面積では棘上筋が15.6~22.1%、棘下筋・小円筋が33.1~40.8%、肩甲下筋が37.1~48.4%の範囲である。

本研究の測定値においても、PG、CG両群に属する被験者全ての回旋腱板筋の比率がこの範囲内に入るものであった (Table 1, 2)。

本研究において「棘下筋」とした棘下筋と小円筋については、投球動作のフォロースルー相初期（減速相）に高い活動を示すことが知られており、特に小円筋は回旋腱板筋の中でも最大の活動を示すことが報告されている^{4,13)}。このように後部回旋腱板筋には反復的に伸張性ストレスが加わることから、筋損傷や神経障害によって筋萎縮が生じる場合も少なくないと考えられる。視診に基づいた研究から、大学野球選手では32.4%に棘上筋あるいは棘下筋の萎縮が見られることや²⁹⁾、さらにポジションを投手に限定すると70.8%という高頻度で棘下筋萎縮が見られることが報告されている¹⁰⁾。また、超音波法を用いた山田ら³¹⁾の研究においても野球選手の棘下筋筋厚は投球側が低い傾向にあることが報告されている。

一方、野球の指導現場では、投手の「投げ込み」に対して技術面の向上という目的以外に、多くの球数を投げることにより肩や腕などの投球に関連する筋群の形態的、機能的向上を図るというトレーニングとしての目的も持たされてきた^{19,26)}。投球に対する形態的適応については、Kingら¹⁸⁾により野球投手の投球側では肩甲帯部から広背筋、前腕部にかけて筋肥大がみられることが報告されている。しかし、投球動作の反復が回旋腱板筋を初めとした肩関節周囲筋に対していかなるトレーニング効果を持つかという点については明らかにされていない。

本研究の棘下筋では両側間の比較においてCG群の投球側、すなわち利き腕側が非投球側に対して高い値を示したが ($p < 0.05$)、PGでは両側間に差は見られなかった。また、DOM/NDOM比率においてもPGはCGに対して有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。これらの結果について投球により生じた筋体積増加と利き腕として日常的に高頻度で用いることにより生じた筋体積増加とを区別するため、CGに見られるDOM/NDOM比率よりも高いものを投球により生じた筋肥大、低いものを筋萎縮として考えてみると、PGでは投球側において一般

大学生が持つ利腕側の優位性に対して低い値が見られることから、本研究のPGは肩関節に障害を持たない投手であるが、投球による筋肥大が生じることはなく、障害を発生するには至らないまでも、投球側に萎縮傾向が見られることが示唆される。

棘上筋では筋電図学的研究からコッキング相における肩関節外転と、フォロースルー相における関節窩への上腕骨頭の牽引が投球動作中における主な作用と考えられている¹³⁾。形態的には一般成人の棘上筋断面積は年齢や性別に関係なく利き腕側が大きいとする報告が見られるが¹⁵⁾、著者ら⁹⁾は超音波法を用いて肩関節に障害を持たない大学野球選手の棘上筋筋厚では、両側間に差が見られないことを確認している。MRI法を用いた本研究においても棘上筋体積ではDOM/NDOM比率に両群間の差は見られなかった。このことから、肩関節に障害を持たない大学生投手では、投球側の筋肥大は生じないものの、両側間において一般大学生と同様の棘上筋体積のバランスが維持されているものと考えられる。

肩甲下筋は機能的には肩関節の内旋作用を有しており、投球動作では後期コッキング相から加速相にかけて高い活動が見られ、特に上部1/3の線維ではその活動が顕著であることが知られている^{4,13)}。また、加速相における筋の活動水準はプロ野球投手がアマチュア投手よりも高いとする報告や⁸⁾、肩関節内旋筋力が投球速度と高い相関を示すとした報告から²⁹⁾、棘上筋や棘下筋が投球動作において腕の減速のために作用するのは異なり、肩甲下筋は腕の加速に貢献する筋であると考えられている。また、プロ野球投手の肩関節内旋筋力は投球側が非投球側と同水準か上回る傾向にあることも報告されている^{3,5)}。

しかし、肩甲下筋は体表からの観察や触診、超音波法を用いた測定等が難しいこともあり、これまで研究対象にはなりにくかった。本研究において肩甲下筋の体積はPG、CGともに両側

間で差は見られなかった。Miniaciら²⁰⁾はMRIを用いてアメリカのプロ野球投手の肩甲下筋筋厚を測定し、両側間に差が見られないことを報告している。この結果は、測定対象者の競技レベルや測定指標は異なるものの、野球投手の肩甲下筋のサイズには左右差が見られないという点において本研究を支持するものである。また、筋体積やDOM/NDOM比率は両群間においても差は見られなかったことから、肩甲下筋においても投球動作に伴う筋肥大は生じないことが示唆される。

以上のことから、大学野球投手を対象とした投球側と非投球側との比較、一般大学生のDOM/NDOM比率との比較から、投球動作それ自体が回旋腱板筋を構成する各筋に及ぼすトレーニング効果は、ほとんど見られないものと考えられる。また、棘下筋など後部回旋腱板筋では一般大学生が持つ利腕側の優位性が失われており、筋萎縮の傾向が示された。

B. 三角筋

投球動作の前期コッキング相とフォロースルー相では三角筋の前部、中部、後部の全てが最大の活動を示す¹⁹⁾。前期コッキング相における活動はテイクバック時にみられる肩関節外転に伴うものと考えられるが、フォロースルー相の前期(減速相)でも三角筋中部、後部には顕著な活動が見られる⁴⁾。これは三角筋前部よりも中部、後部の方が前方へ振り出された腕に対して拮抗的に作用するためであり、三角筋の中部、後部線維は回旋腱板筋と協力して腕の減速に働いていると考えられる。

Miniaciら²⁰⁾はMRIにより三角筋前部の筋厚を測定し、投球側が35.6mm、非投球側が31.6mmと投球側がやや高い値を示すことを報告しているが、中部、後部については明らかにしていない。本研究においても、PGでは投球側が非投球側に対して有意に高い値を示すとともに($p < 0.05$)、三角筋体積に関するDOM/NDOM比率においてもPGがCGに対して有意に高い値

を示しており($p < 0.05$)、投球側における筋肥大傾向が見られた。しかし、MRI画像上においては三角筋を前部、中部、後部に分けて分析することはできないため、本研究では部位別の差については明らかにすることができなかった。

また、DEL/RC比率では、PGが $121.0 \pm 13.0\%$ であり、CGの $103.7 \pm 8.5\%$ に対して有意に高い値を示した($p < 0.05$)。このように、PGの投球側ではCGと比較して回旋腱板筋に対して相対的に三角筋が大きい傾向にあることが示された。

投球動作に関連して回旋腱板筋を構成する4筋をインナーマッスル、三角筋、僧帽筋、広背筋、大胸筋などをアウトマッスルと呼ぶ場合がある²⁹⁾。三角筋などのアウトマッスルの過度な発達は肩峰下面でのインピンジメントの原因となりうるとする意見があるが²⁷⁾、これは回旋腱板筋がいずれも上腕骨の大結節や小結節に停止するのに対して、三角筋はより遠位の三角筋粗面に停止することから、三角筋の肥大とそれに伴う筋張力増加は上腕骨頭を関節窩から逸脱させる力を高めることになるとされている。したがって、本研究PGに見られるような、回旋腱板筋に対する相対的な三角筋の体積増加傾向は、形態的には肩関節障害の発生を引き起こしやすい構造への変化とも考えられる。

しかし、本研究では対象とした野球投手の数が5名と少数であったので、形態的な差の有意性は得られにくいものであったと考えられる。今後サンプル数を増やすとともに、三角筋の部位別の形態的变化についても明らかにすることが、投球負荷に対する肩関節関連筋の形態的適応を検討する上で必要と考えられる。

V. 結論

本研究では、野球投手の回旋腱板筋と三角筋の形態的特徴を明らかにすることを目的とし、大学生野球投手を対象に棘上筋、棘下筋、肩甲下筋の筋体積、生理学的断面積と三角筋の筋体積の測定を行なった。その結果、野球投手の投

球側に見られる形態的特徴について以下のような結論を得た。

- 1) 筋体積、体重当たり筋体積の比較では、棘上筋、棘下筋（棘下筋+小円筋）、肩甲下筋など回旋腱板筋では両群間に差は見られなかったが、三角筋では大学野球投手が一般大学生に対して有意に高い値を示した。
- 2) DEL/RC体積比率では大学野球投手が一般大学生に対して有意に高い値を示した。
- 3) DOM/NDOM比率では棘下筋において大学野球投手が一般大学生に対して有意に低い値を示したが、三角筋では有意に高い値を示した。
- 4) 生理学的断面積では棘上筋、棘下筋、肩甲下筋ともに有意な差は見られなかった。

以上のことから、野球投手の投球腕では三角筋の肥大が見られるのに対して、回旋腱板筋にはそのような特徴が見られないため、相対的に三角筋が大きいアウトマッスル優位の傾向が示された。また、投球動作の反復による回旋腱板筋の筋肥大や筋力向上をもたらす効果は見られないことが示唆された。

文 献

- 1) Basmajian, J.V. (1974) Muscle alive. The Williams & Wilkins company.
- 2) Bassett, R. W., Browne, A. O., Morrey, B. F. and An, K. N. Glenohumeral muscle force and moment mechanics in a position of shoulder instability. *J Biomechanics*. (1990), 23, 405-415.
- 3) Brown, L.P., Niehues, S.L., Harrah, A., Yavorsky, P., and Hirshman, H.P. Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotation in major league baseball players. *Am. J. Sports Med.* (1988), 16, 577-585.
- 4) DiGiovine, N.M., Jobe, F.W., Pink, M., and Perry, J. An electromyographic analysis

- of the upper extremity in pitching. *J. Shoulder Elbow Surg.* (1992), 1, 15-25.
- 5) Ellenbecker, T.S., and Mattalino, A.J. Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* (1997), 25, 323-328.
- 6) 福永哲夫編. 筋の科学辞典. 初版, 骨格筋の機能を決定する形態学的要因, 朝倉書店, (2002), 37-114.
- 7) Fukunaga, T., Miyatani, M., Tachi, M., Kouzaki, M., Kawakami, Y. and Kanehisa, H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta physiol. Scand.* (2001), 172, 249-255.
- 8) Gowan, I. D., Jobe, F. W., Tibone, J. E., Perry, J. and Moynes, D. R. A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching. *Am. J. Sports Med.* (1987), 15, 586-590.
- 9) 長谷川伸, 館俊樹, 佐々木宏, 加藤清忠. 大学生野球選手の回旋腱板筋群（棘上筋、棘下筋）における形態および筋力特性, ヒューマンサイエンスリサーチ, (2002), 11, 111-123.
- 10) 林原明郎, 野球投手の投球側棘下筋萎縮に関する研究, 大阪大学医学雑誌, (1957), 10, 83-90.
- 11) Howell, S. M., Imobersteg, M., Seger, D. H. and Marone, P. Clarification of the role of the supraspinatus muscle in shoulder function. *J. Bone and Surg.* (1986), 68A, 398-404.
- 12) Ikai, M., and Fukunaga, T., Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z Angew. Physiol.* (1968), 26, 26-32.
- 13) Jobe, F.W., Tibone, J.E., Perry, J., and Moynes, D.R. An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching: a

- preliminary report. Am J Sports Med., (1983), 11, 3-5.
- 14) Juul-Kristensen, B., Bojsen-Møller, F., Finsen, L., Eriksson, J., Johansson, G., Stahlberg, Ekdahl, C. Muscle sizes and moment arms of rotator cuff muscles determined by magnetic resonance imaging. Cell tissues organs. (2000), 167, 214-222.
- 15) Katayose, M., and Magee, D. J. The cross-sectional area of supraspinatus as measured by diagnostic ultrasound. J Bone Joint Surg. (2001), 83, 565-568.
- 16) 加藤勝治編. 医学英和大辞典, 6版, 南山堂, 東京, (1979).
- 17) Keating, J. F., Waterworth, P., Shaw-dunn, J., Crossan, J. The relative strength of the rotator cuff muscles. J Bone and Joint Surg. (1993), 75, 137-14.
- 18) King, J.W., Brelsford, H.J. and Tullos, H.S. Analysis of the pitching arm of the professional baseball pitcher. Clinical Orthopaedics and related research. (1969), 67, 116-123.
- 19) Mazzone, L. and Rosenthal, J. (佐野之彦訳), マダックススタイル, chapter 1 ピッチャーのための投球プログラム, 初版, ザ・マサダ, 東京, (2001), 17-52.
- 20) Miniaci, A., Mascia, A.T., Salonen, D.C., and Becker, E.J. Magnetic resonance imaging of the shoulder in asymptomatic professional baseball pitcher. Am. J. Sports Med., (2002), 30, 66-73.
- 21) Moor, K.L. and Agur, A.M.R. (坂井建雄訳). ムーア 臨床解剖学. 上肢, 初版, メディカル・サイエンス・インターナショナル, (1999), 279-340.
- 22) 森於菟, 小川鼎三, 大内弘, 森富. 分担解剖学, 金原出版, 東京, (1972)
- 23) Pawlowski, D., Perrin, D. Relationship between shoulder and elbow isokinetic peak torque, torque acceleration energy, average power, and total work and throwing velocity in intercollegiate pitchers. Athletic Training. (1989), 24, -132.
- 24) Sirota, S. C., Malanga, G. A., Eischen, J. J., and Laskowski, E. R. (1997) An Eccentric and concentric-strength profile of shoulder external and internal rotator muscles in professional baseball pitchers. Am J Sports Med. 25:59-64.
- 25) 立花龍司. ベースボールプレーヤーズTCA理論 [肩編]. 初版, インナーマッスルとアウトマッスル, 日刊スポーツ出版社, 東京, (1996), 9-30.
- 26) 飛田穂洲. 飛田穂洲の高校野球入門-守備編. 初版, 第2章投手, ベースボールマガジン社, 東京, (1972), 39-184.
- 27) 臨床スポーツ医学会整形外科術部会編, 野球障害予防ガイドライン, 初版, メディカルチェックとその方法, 文光堂, 東京, (1998), 1-28.
- 28) 鞆田幸徳, 小久保勝弘, 野球による棘上、棘下筋麻痺, 臨床整形外科, (1972), 3, 249-253.
- 29) Veeger, H. E., VanDerHelm, F. C. T., Van Der Woude, L. H. V., Pronk, G. M., and Rozendal, R. H. Inertia and muscle contraction parameters for musculoskeletal modeling of the shoulder mechanism. J Biomechanics. (1991), 24, 615-629.
- 30) Wilk, K. E., Andrews, J. R., Arrigo, C. R., and Keirns, M. A. (1995) The abductor and adductor strength characteristics of professional baseball players. Am J Sports Med. 23:307-311.
- 31) 山田稔晃, 長谷川益己, 松本遵也, 浦辺幸夫, 原正文. 超音波検査による投球肩の棘下筋評価, 九州スポーツ医学会誌, (1996), 8, 83-88.

[2003年5月14日受理]

Morphological Analysis of the Rotator Cuff and Deltoid Muscles Using Magnetic Resonance Imaging in Collegiate Baseball Pitchers

Shin Hasegawa*, Toshiki Tachi*, Masao Saito**,
Keiichi Saito**, Liqun Wang** & Kiyotada Kato***

Abstract

The purpose of this study was to investigate the muscle volume (MV) and the physiological cross-sectional area (PCSA) of the rotator cuff (supraspinatus, infraspinatus, teres minor and subscapularis) and deltoid muscles in baseball pitchers. Five collegiate baseball pitchers (PG) and five male students (CG) volunteered to participate in the study. All pitchers reported themselves pain-free at the time of testing. Magnetic resonance imaging was used to measure the MV of these muscles on both shoulders of each subject. The MV was calculated from the mean anatomical cross sectional area and muscle length. The PCSA was calculated from the MV and muscle fiber length. The infraspinatus and teres minor were analyzed as one muscle as it is difficult to divide them into two muscles. In comparing the PG and CG, the MV of the deltoid was significantly greater in the PG than in the CG ($p < 0.05$). However, there were no significant differences between the two groups in the MV of all the rotator cuff muscles. The deltoid/rotator cuff MV ratio was significantly greater in the PG than in the CG ($p < 0.05$). The dominant/nondominant MV ratio of the infraspinatus was significantly lower ($p < 0.01$) and that of the deltoid was significantly greater ($p < 0.05$) in the PG than in the CG. There were no significant differences between the two groups in the PCSA of all the rotator cuff muscles. In conclusion, the baseball pitchers showed hypertrophy of the deltoid muscle on the dominant side in comparison with the nondominant side, suggesting that a repetitive pitching movement has a training effect on the deltoid muscle, but not on the rotator cuff muscles.

Key words : rotator cuff muscles, muscle volume, physiological cross-sectional area

*Graduate School of Human Sciences, Waseda University

**Applied Superconductivity Research Laboratory Tokyo Denki University

***School of Human Sciences · Graduate School of Human Sciences, Waseda University