

原 著

年齢の異なる野球選手の肩関節回旋筋力、可動域、回旋腱板筋の筋厚に関する比較

長谷川 伸*・館 俊 樹*・久保田 潤**
秋 山 裕 介**・加 藤 清 忠***

要 旨

本研究の目的は野球選手の肩関節の回旋筋力、後部回旋腱板筋（棘上筋、棘下筋）の筋厚、回旋可動域を両側差という観点から年齢別に比較することである。被験者は12歳から21歳までの男子野球選手である。Hand-held dynamometerを用いた肩関節内旋、外旋筋力の測定(n=243)、Bモード超音波検査装置による棘上筋、棘下筋の筋厚の計測(n=312)、角度計を用いた内旋、外旋可動域の測定(n=109)を行った。筋力においては、外旋筋力では13歳群、18~21歳群において非投球側が投球側に対して有意に高い値を示した($p < 0.05-0.001$)。同様に外旋/内旋筋力比率では19~21歳群において非投球側が投球側に対して有意に高い値を示した($p < 0.05$)。筋厚においては棘上筋と17~19歳を除く棘下筋では両側間に有意な差は見られなかった。肩関節の可動域においては、いずれの年齢群においても投球側が非投球側に対して有意に外旋可動域が大きく、内旋可動域が小さいという共通したパターンが見られた($p < 0.05-0.001$)。これらの結果は、競技歴が長く年齢の高い野球選手の投球側では、非投球側と比較して外旋筋力の低下とそれに伴う外旋/内旋筋力比率の低下が見られることを示している。また、野球選手に共通して見られる関節可動域の共通パターン（内旋可動域の減少、外旋可動域の増加）は12歳未満の段階ですでに生じていることが示唆された。

キーワード：肩関節回旋筋力、関節可動域、回旋腱板筋、筋厚

1. 緒 言

投球動作における腕の主要な関節運動は、リリース前後の肩関節の水平位内転と内旋、肘関節の伸展、橈尺関節（前腕部）の回内、手関節の掌屈であるがいずれもそれに先行して、リリースに向かうのと逆の方向への運動（肩の水平位外転と外旋、肘関節の屈曲、橈尺関節の回外、手関節の背屈）が見られる³⁴⁾。関節運動別

に見た投球速度への貢献度では肩関節の内旋が34.1%と最大の値を示すとともに^{8, 27)}、回旋筋力は投球速度と正の相関があることが報告されている^{16, 31)}。また、投球動作中の肩関節最大外旋角度においても投球速度と正の相関がみられ、プロ野球投手では160~178度以上の外旋が生じることが報告されており^{8, 12, 30, 40)}、肩関節の内旋と外旋は投球動作における重要な関節運動と考えられる。このため競技力との関連ばかりで

*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

***早稲田大学人間科学部・スポーツ科学部

なく障害予防の観点からも肩関節の回旋筋力^{1, 4, 9, 11, 13~15, 23, 25, 28, 35, 41)}や関節可動域^{2~4, 6, 9, 10, 24, 29, 32)}には関心が集まっており、1980年代後半から野球選手の競技レベル別に高校生、大学生、プロの選手を対象とした数多くの報告が行われてきた。

これらの先行研究において、内旋筋力では投球側と非投球側の比較から、同等か投球側の方が高いことが報告されているが、外旋筋力については投球側の方が高いとするものから低いとするものまで見られ、一致した見解は得られていない。外旋筋力は棘下筋、小円筋をはじめ後部回旋腱板筋群の機能を示す指標と考えられており²³⁾、慢性的な肩関節障害を持つ選手では筋力が低下傾向にあって、棘下筋萎縮など回旋腱板筋の形態にも変化が見られることが報告されている^{14, 39)}。

一方、関節可動域については競技レベルに関わらず一致した結果が得られており、投球側では外旋可動域は非投球側と比較して大きく、反対に内旋可動域については非投球側の方が大きいことが報告されている。一般成人を対象とした同様の研究においては両側間に差は見られないことから⁶⁾、野球選手に見られる肩関節可動域の変化は投球を反復することにより生じるも

のと考えられている。

しかし、野球選手の投球側の肩関節筋力や関節可動域については、競技レベル別の報告が多く見られるが、同一の測定方法による横断的研究は行われていないため、投球側と非投球側の間に見られる筋力や可動域の両側差が年齢や競技歴と関連するものなのか、また競技に関連する両側差があるならばどの時期に形成されるものなのかという点については明らかではない。本研究では小学生の時期に競技を開始し、継続している中学生から大学生までの野球選手の肩関節の回旋筋力、回旋腱板筋(棘上筋と棘下筋)の筋厚、肩関節回旋可動域を測定し、成長過程において生じる投球側と非投球側の肩関節の機能的、形態的相違について検討することを目的とした。

II. 方 法

A. 被験者

被験者は12歳から21歳までの男子野球選手であり、小学生の時期に週1回以上の練習を行うチームに所属して野球を開始し、継続的に競技を実施している者であり、いずれも利き腕と投球側が一致する者である。肩関節回旋筋力、

Table1. Physical characteristics of subjects.

Group	Total n	ST n	MT n	ROM n	Playing career(yr)	Body height(cm)	Body weight(kg)
12 yr	14	8	6	8	4.0±1.2	158.4±8.7	48.9±12.0
13 yr	20	15	5	15	5.5±1.1	159.9±6.9	49.1± 7.7
14 yr	25	14	11	14	5.8±1.2	168.6±6.0	56.7± 8.1
15 yr	48	37	36	14	5.9±2.0	171.0±6.0	61.5± 7.4
16 yr	65	30	59	11	6.6±1.9	171.7±5.7	64.1± 8.8
17 yr	58	33	49	8	8.4±1.9	172.2±5.2	64.0± 7.6
18 yr	54	22	46	9	9.6±1.7	174.3±5.7	72.4± 7.1
19 yr	63	38	38	8	10.6±2.2	175.9±6.1	73.3± 9.1
20 yr	53	29	39	6	11.0±1.6	175.8±6.0	74.1± 5.7
21 yr	28	17	23	9	11.6±2.5	175.3±6.3	74.0± 6.2

Mean±SD.

ST : strength, MT : muscle thickness, ROM : range of motion

回旋腱板筋（棘上筋、棘下筋）の筋厚、肩関節回旋可動域はそれぞれ243名、312名、109名の被験者を対象としたデータであり、各年齢群の被験者全体の競技歴と身長、体重はTable 1の通りである。各被験者には事前に実験内容に関する説明を十分に行い参加の同意を得た。

B. 筋力測定

肩関節回旋筋力の測定にはHand-held dynamometer (Power Track II, Jtech社製) を用いた。測定姿勢は仰臥位にて肩関節90度外転、回旋中間位、肘関節90度屈曲位とした (Fig.1)。被験者には等尺性最大筋力を3秒間発揮するように指示した。Hand-held dynamometerの測定では尺骨茎状突起遠位端にその測定部の中心が位置するように設定して測定した。測定回数は2回とし、その平均値を測定値として採用した。また1回目と2回目の値が10%以上異なる場合には3回目の測定を行い、近似した2つの値の平均値を測定値とした。全ての測定は同一検者が行なった。また、測定された筋力値は肘関節中心から測定時のHand-held dynamometerの接触部位までの距離を乗じてトルクに換算し、体重による基準化を行った。本研究に用いたHand-held dynamometerによる内外旋筋力の測定法に関する妥当性と再現性は



Fig.1 Manual muscle testing of shoulder rotational strength

確認されている³⁷⁾。

C. 筋厚測定

棘上筋 (SSP ; supraspinatus m.) 棘下筋 (ISP ; infraspinatus m.) の筋厚の計測はBモード超音波検査装置 (SSD-500, Aloka社製) により5 MHzの探触子を使用して行った。測定姿勢は椅座位で上肢を下垂させた姿勢とし、肘関節は屈曲90度、肩関節は回旋中間位とした。棘上筋、棘下筋の測定部位の決定は、肩峰角から肩甲骨内側縁を結ぶ直線の中央部における30mm上方および下方とした。ビデオ録画した画像はコンピュータに取り込み、画像解析用ソフト (Scion Image, Ver.Beta4.0.2) を用いて筋厚の計測を行なった。棘上筋の筋厚は僧帽筋との境界から肩甲骨までの距離とした (Fig.2)。同法による筋厚測定の妥当性と再現性については著者らが先に示した通りである¹⁴⁾。

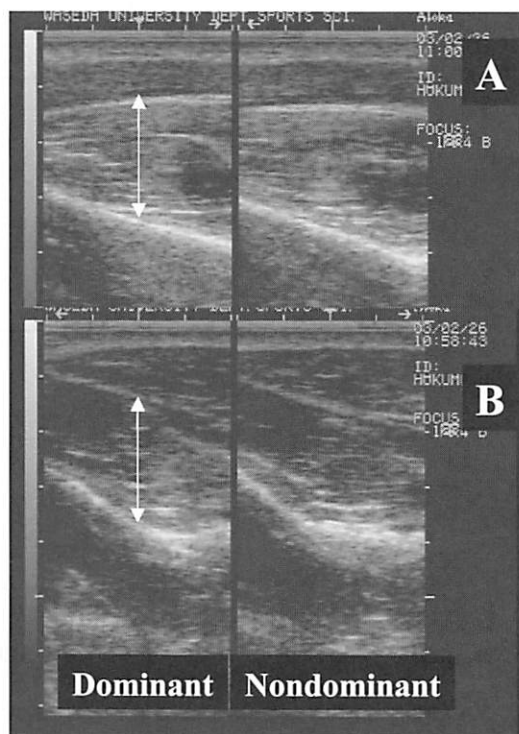


Fig.2 Ultrasound images of supraspinatus (A) and infraspinatus (B) muscles

D. 関節可動域測定

関節可動域の測定にはアーム式角度計を用いた。測定姿勢は仰臥位、肩関節外転90度、回旋中間位とし、肘部と前腕がベッドの外側に出るように位置を決定した。角度計の支点は肘頭上に合わせ、近位アームは床に対して垂直、遠位アームは尺骨茎状突起に当て、内旋可動域、外旋可動域ともに肩甲骨の動きが生じない範囲での受動的可動域を測定した。関節可動域の測定はいずれも同一検者が行った。

E. 統計処理

各測定値は平均値±標準偏差で表した。投球

側と非投球側の比較には対応のあるt検定を用いた。投球側における測定値の年齢群ごと比較には一元配置の分散分析を行い、有意性が認められたときにはScheffe法による多重比較を行った。いずれも危険率は5%未満とした。

III. 結 果

A. 肩関節回旋筋力

年齢群別にみた肩関節外旋筋力、内旋筋力、外旋／内旋筋力比率をFig. 3に示した。

投球側 (DOM) と非投球側 (NDOM) の比較において、外旋筋力では13歳群、18～21歳群においてNDOMがDOMに対して有意に高い

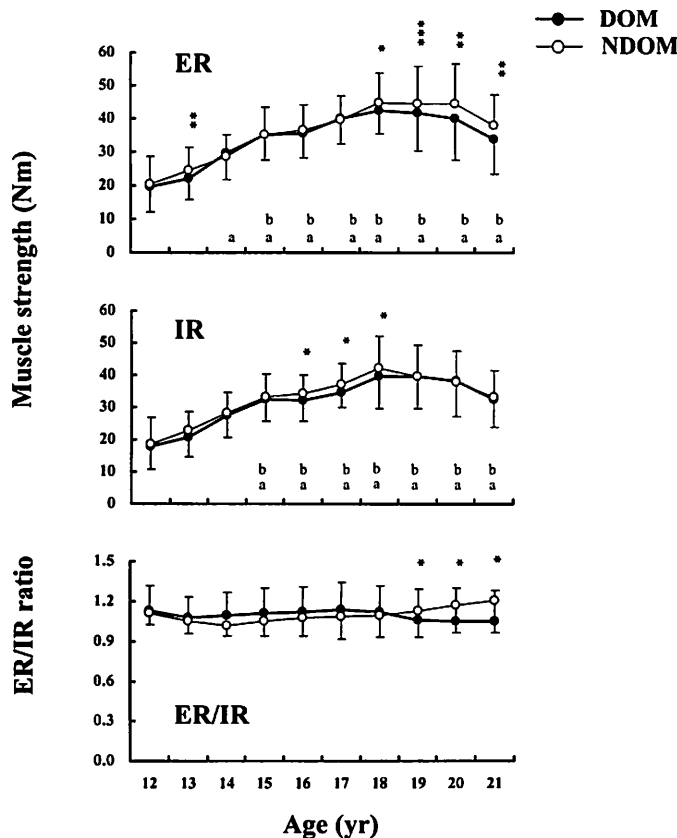


Fig.3 External rotation and internal rotation torques and ER/IR ratio.

SSP:supraspinatus muscle, ISP:infraspinatus muscle.DOM:dominant side, NDOM:nondominant side

•:p<0.05,••:p<0.01,•••:p<0.001. Significant difference from nondominant side.

a: p<0.05. Significant difference from 12 years groups in dominant side.

b: p<0.05. Significant difference from 13 years groups in dominant side.

値を示し ($p < 0.05-0.001$) たが、16～18歳における内旋筋力、19～21歳群におけるER/IR比率ではNDOMがDOMに対して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

投球側における回旋筋力の年齢間の比較において、外旋筋力では14～21歳群と12歳群ならびに13歳群、内旋筋力では16～21歳群と12歳群ならびに13歳群の間に有意な差が示された ($p < 0.05$) が、外旋／内旋筋力比率ではいずれの年齢群間にも差は見られなかった。

B. 回旋腱板筋の筋厚

年齢別にみた棘上筋、棘下筋における筋厚の

値をFig. 4に示した。両側間を比較すると棘下筋では17～19歳群においてDOMがNDOMに対して有意に高い値を示したが ($p < 0.05-0.01$)、その他の年齢群では両側間に差は見られなかった。また、棘上筋では両側間の差はいずれの年齢群においても見られなかった。

投球側における回旋腱板筋筋厚の年齢間の比較では、棘上筋では、21歳群が12歳群に対して、19歳群と21歳群が13歳群に対して有意に高い値を示した。一方、棘下筋では18～21歳群が12, 15, 16歳群に対して、21歳群が13歳群に対して有意に高い値を示した。 ($p < 0.05$)。

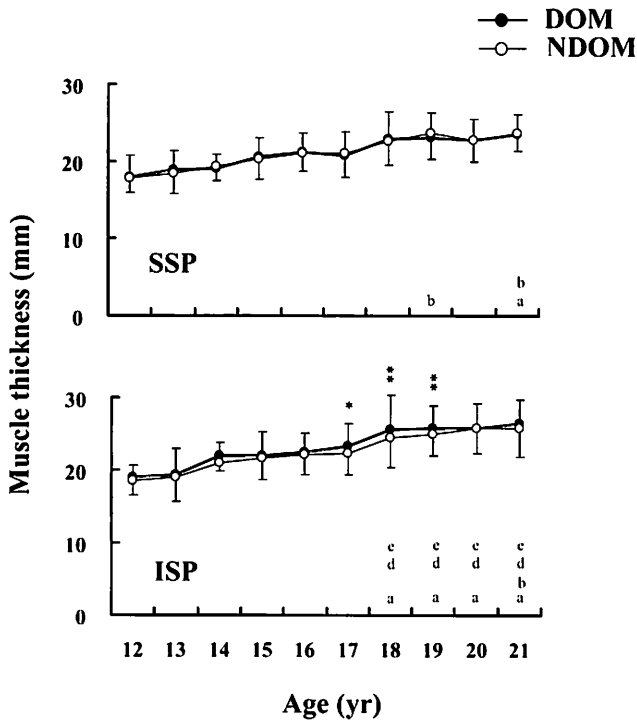


Fig.4 Thickness of supraspinatus and infraspinatus muscles.

SSP:supraspinatus muscle, ISP:infraspinatus muscle.

DOM:dominant side, NDOM:nondominant side

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$. Significant difference from nondominant side.

a : $p < 0.05$. Significant difference from 12 years groups in dominant side.

b : $p < 0.05$. Significant difference from 13 years groups in dominant side.

d : $p < 0.05$. Significant difference from 15 years groups in dominant side.

e : $p < 0.05$. Significant difference from 16 years groups in dominant side.

C. 肩関節回旋可動域

年齢別にみた肩関節外旋可動域、内旋可動域、全回旋可動域の値をFig. 5 に示した。

外旋可動域はいずれの年齢群においてもDOMがNDOMに対して有意に高い値を示し、内旋可動域ではNDOMがDOMに対して有意に高い値を示した ($p < 0.05-0.001$)。内旋可動域と外旋可動域を合わせた全回旋可動域は

15、16歳群ではNDOMがDOMより高い値を示したが ($p < 0.05-0.01$)、その他の年齢群では両側間に差は見られなかった。

投球側における回旋可動域の年齢群間の比較では、外旋可動域は16～21歳群では12歳群、13歳群に対して、16～18歳群と21歳群では14歳群に対して、16歳群では15歳群に対して有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

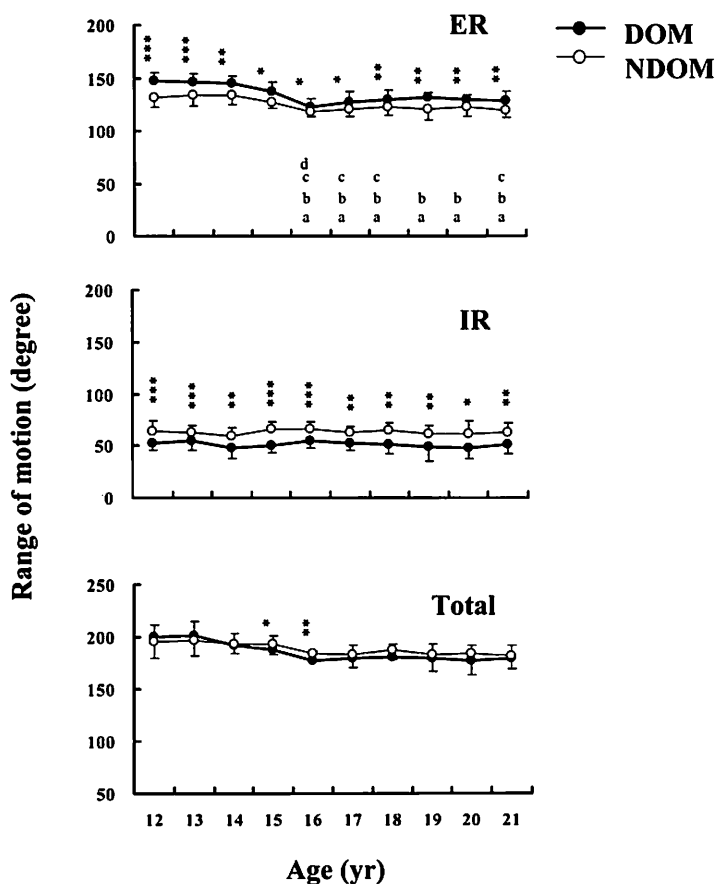


Fig.5 Shoulder range of motion.

ER : External rotation, IR:Internal rotation, DOM:dominant side, NDOM:nondominant side
 *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$.Significant difference from nondominant side.

a: $p < 0.05$. Significant difference from 12 years groups in dominant side.

b: $p < 0.05$. Significant difference from 13 years groups in dominant side.

c: $p < 0.05$. Significant difference from 14 years groups in dominant side.

d: $p < 0.05$. Significant difference from 15 years groups in dominant side.

IV. 考 察

A. 肩関節回旋筋力

野球選手の肩関節回旋筋力については高校生^{1, 15)}、大学生^{1, 13, 14, 256, 28)}、プロ^{4, 9, 11, 23, 35, 41)}等の選手を対象とした多数の報告が行われている。これらの研究において、外旋筋力については両側間の比較から投球側が強いとするもの^{4, 15)}から、同等^{9, 11, 13, 14, 25, 28, 35)}、弱いとするもの^{1, 23, 41)}まで見られるが、対象者の年齢の違いによる顕著な傾向を報告した研究はみられない。

本研究では外旋筋力は13歳群を除く12～17歳群では両側間における差は見られなかったが、18～21歳群ではDOMがNDOMに対して有意に低い値を示した (Fig. 3)。本研究において測定に用いた90度外転位では外旋に貢献する筋のpotential momentの大きさは棘下筋、小門筋、棘上筋の順に高いことから²²⁾、外旋筋力は主に後部回旋腱板筋の機能を示すものと考えることができる。投球動作のフォロースルー相初期 (減速相) では肩関節後部には体重の約90%の牽引力が掛かり¹²⁾、筋電図学的研究からも棘上筋や棘下筋、小門筋には高い筋活動が示されると報告されている^{7, 18)}。このため、後部回旋腱板筋群は投球動作により強い伸張性ストレスにさらされ、機能的低下が生じやすく、肩関節障害を持ち保存療法や外科的治療を要する選手では投球側の外旋筋力や外転筋力が非投球側に対して低下することも報告されている^{14, 23)}。本研究の年齢が高い群においてDOMの筋力低下が示された理由としては、本研究では医学的な検査による被験者の選定は行っておらず、日常の練習を行うことができる選手の全てを対象としたため、競技続行に支障をきたさない程度の慢性化した肩関節障害を含む者が多く含まれていた可能性が考えられる。

肩関節の内旋筋力については肩関節に障害を持たない選手を対象とした研究では、投球側が強い^{4, 11, 15)} 同等^{1, 9, 13, 14, 23, 25, 28, 35, 41)}とされており、この傾向は対象が高校生からプロまでの報

告で一致している。しかし、本研究においては多くの年齢群では両側間に差は見られなかったが、16～18歳群においては投球側が非投球側よりも有意に低い値を示した (Fig. 3)。この年齢群だけがこのような傾向を示した理由については明らかではない。しかし、測定は比較的疲労の影響の少ないプレシーズンに練習開始前に実施したものであるが、前日の練習内容までコントロールすることができなかったため、100球程度の投球を行った後には疲労による内旋筋力の低下が見られ、その影響は24時間後でも低下が続く^{36, 42)}ことを考えると慢性的な疲労の影響が出た可能性も考えられる。しかし、投球側の内旋筋力低下傾向はその後の19～21歳群には見られないことから、野球を継続することにより進行するような変化ではないものと考えられる。

外旋/内旋筋力比率については高校生やプロにおいて投球側が低値を示すとした報告も見られる^{15, 41)}、多くの研究は両側間に差がないことを示している。本研究においても12～18歳群では両側間に差が見られないが、19歳以上の群では投球側の比率が非投球側に対して低値を示す傾向が見られた (Fig. 3)。該当する年齢群の内旋筋力には両側間に差が見られないことから、同比率の低下は主として外旋筋力低下によるものと考えられる。

本研究において外旋筋力、内旋筋力はいずれも18歳でピークに達し、その後は低下傾向を示した (Fig. 3)。特に、年齢が高くなり競技歴が長くなるに従い外旋筋力の低下が顕著になっていることから、後部回旋腱板筋の機能的低下については競技歴の長期化と関連がある可能性が示唆された。

B. 回旋腱板筋筋厚

棘上筋と棘下筋は肩甲上神経の支配を受け、ともに肩関節の外転、外旋作用を持つとともに肩関節の動的安定性に貢献している。しかし、高頻度でオーバーヘッド動作を繰り返す野球、

テニス、バレーボールなどの選手には肩甲上神経の障害による棘上筋や棘下筋の筋萎縮が生じやすい。肩甲上神経の障害では絞扼部位が肩甲切痕部では棘上筋、棘下筋両方の萎縮が生じ、肩甲棘基部外側縁では棘下筋単独麻痺が生じるとされている^{5,33)}。鞆田ら³⁸⁾は220名の大学生野球選手の32.4%に棘下筋萎縮を認め、棘下筋に顕著な萎縮が見られる者ほど棘上筋にも萎縮が目立ち、棘上筋と棘下筋の筋萎縮の程度は平行していることを報告しており、野球選手の棘上筋は棘下筋とともに投球動作の反復に伴う筋萎縮の生じやすい筋であると考えられている。しかし、この傾向が競技歴の長期化と関連するかどうかは明らかではない。

MRI法や超音波法を用いた研究から棘上筋の筋腹における筋厚ではプロ野球投手（投球側25.4mm、非投球側26.6mm）、大学生選手（投球側26.4mm、非投球側25.9mm）ともに両側間の差は見られないことが報告されている^{13,26)}。本研究においても棘上筋の筋厚は12歳から21歳までのいずれの群においても両側間に差は見られないことから、競技歴の長期化は棘上筋萎縮に必然的に結びつくものではないことが示唆された。

棘下筋の筋厚について著者ら^{13,14)}は本研究と同様の測定部位（肩甲棘長の50%部位）では肩関節障害を持たない大学生野球選手の場合、投球側が有意に高い値を示すことを報告した。しかし、本研究では17～19歳群では投球側が高い値を示したのに対して、20歳群、21歳群では同様の結果を得ることはできなかった（Fig.3）。この原因としては先行研究ではメディカルチェックによるスクリーニングを行い、障害を持たない選手に限定したのに対して、本研究では日常の練習を行なうことのできる選手全てを対象としたことが影響しているものと考えられる。山田ら³⁹⁾はImpingement test陽性者やLoosening test陽性者など肩関節に障害のある選手では投球側の棘下筋の筋厚は非投球側よりも低いことを報告している。また鞆田ら³⁸⁾は

棘下筋萎縮が競技歴6年以上の選手に多く見られ、競技歴の長さに関連するとしている。本研究においても18歳以上の群において投球側の外旋筋力低下傾向が見られることなどから、競技歴の長期化に伴い被験者の中に慢性的な肩関節の障害を持つものが多く含まれていた可能性があると考えられる。

本研究における棘上筋、棘下筋の筋厚は18歳以降では各群間に有意な差が見られないことから、18歳頃に成人と同水準に達するものと考えられる。また、競技歴が長くなっても投球側には非投球側を下回るような筋萎縮の傾向は見られないことが示唆された。

C. 関節可動域

野球選手の投球側が非投球側と異なる関節可動域を持つことは古くから知られている²⁰⁾。野球選手の肩関節可動域に関する研究は多く行われているが、そのほとんどは投球側における内旋可動域の減少と外旋可動域の増加、全可動域には差がみられないことを示している^{2,3,4,6,9,10,29,32)}。このような野球選手の関節可動域に非対称性が生じる原因としては軟部組織の適応や上腕骨の後捻（retroversion）^{6,29,32)}が指摘されている。

前者は投球動作中に受ける強い外旋ストレスにより肩甲上腕関節前部の関節包や筋など軟部組織が影響を受けるというものである。Yanagisawaら⁴³⁾は大学生投手を対象に98球の投球を行った後では外旋可動域が増大し、24時間後においてもその増大が続くことから、投球による前方関節包や内旋筋群の伸張の影響を指摘している。

後者については上腕骨頭軸と前額面がなす角度（後捻角）は一般的には約30度とされているが^{19,22)}、野球選手の投球側では33.2～40.0度を示し^{6,29,33)}、非投球側や一般成人の利き腕と比較しても有意に大きいことから、骨の形状変化により関節可動域が変化するというものである。さらに、野球選手の上腕骨後捻角が肩関節の外

旋可動域や投球側と非投球側の外旋、内旋可動域の差と有意な相関を示す^{29, 32)}ことや、全回旋可動域では両側間に差が見られないこと^{2, 6, 10, 32)}などから、Crockettら⁶⁾は野球選手に共通して見られる外旋可動域増加、内旋可動域低下は軟部組織の変化よりも上腕骨後捻の影響が強いとしている。

投球側の外旋可動域についてはプロ野球選手が103～141.0度の範囲^{3, 4, 6, 10, 1)}、大学生選手が116.3～131.5度の範囲^{2, 29, 32)}と報告されており、本研究の大学生選手のデータもこれらの範囲内であることから、成人選手では競技レベルにより顕著な差は見られないものと考えられる。

本研究における年齢ごとの比較では投球側の外旋可動域は16歳を境にそれ以下の年齢群に対する低下が見られた。一般に上腕骨後捻角は生下時では約14度であり¹⁷⁾、それ以降成長するにしたがい徐々に大きくなり、成人では約30度になるとされている。本研究に見られる外旋可動域低下は成長期に見られる上腕骨の後捻角増加とは逆の傾向を示すものであり、上腕骨の形状だけで説明することはできず、筋や靱帯など軟部組織の影響を受けているものと考えられる。

関節可動域については、成長に伴い両側ともに可動域低下傾向が見られるが、非投球側と比較したときの投球側の外旋可動域増加、内旋可動域減少という野球選手特有の傾向は全ての年齢で維持されていることから、肩関節可動域の特徴は競技歴の短い12歳時に既に形成されていることが示唆された。

V. 結 論

本研究では競技歴の長期化に伴ってみられる肩関節の機能的、形態的特性を明らかにすることを目的とし、12歳から21歳までの野球選手を対象に肩関節の回旋筋力、後部回旋腱板筋の筋厚、回旋可動域の測定を行った。

その結果、野球選手の肩関節に見られる回旋筋力、回旋腱板筋の筋厚、回旋可動域の特徴に

ついて以下のような結論を得た。

- 1) 外旋筋力は18歳から21歳の群では投球側が非投球側に対して低い値を示し、19歳以上の群では外旋/内旋筋力の比率も低下を見せた。
 - 2) 棘上筋の筋厚はいずれの年齢においても両側間に差は見られず、棘下筋の筋厚も17～19歳群では投球側の方が高い値を示すが、その前後では両側間に差は見られなかった。
 - 3) 関節可動域では、いずれの年齢においても外旋可動域は投球側、内旋可動域は非投球側において高値を示し、全回旋可動域は15、16歳群以外では両側間に差が見られなかった。
- 以上のことから、野球選手の投球側では、年齢の増加に伴い外旋筋力の低下とそれに伴う外旋/内旋筋力比率の低下傾向が見られるが、棘上筋や棘下筋など外旋作用を持つ筋群の筋厚は非投球側と同水準にあることから、筋の筋力発揮の能力に低下が生じている可能性が示唆された。また、関節可動域については対象とした全ての年齢群において成人野球選手の投球側にみられる外旋可動域増加、内旋可動域減少という特徴が12歳時に既に生じていることが示唆された。

参考文献

- 1) Alderlink, G.J., and Kuck, D.J. Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, (1986), 7, 163-172.
- 2) Baltachi, G., Johnson, R., and Kohl III, H. Shoulder range of motion characteristics in collegiate baseball players. *J Sports Med Phys Fitness*. (2001), 41, 236-242.
- 3) Bigliani LU, Codd TP, Connor PM, Levine WN, Littlefield MA, Hershon SJ. Shoulder motion and laxity in the professional baseball player. *Am J Sports Med*. (1997), 25, (5) : 609-613.
- 4) Brown, L.P., Niehues, S.L., Harrah, A.,

- Yavorsky,P., and Hirshman,P. Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *Am J Sports Med.* (1988), 16 (6), 577-585.
- 5) Bryan,W.J. Isolated infraspinatus atrophy. A common cause of posterior shoulder pain and weakness in throwing athletes? *Am J Sports Med.* (1989), 17 (1), 130-131.
 - 6) Crockett,H.C., Gross,L.B., Wilk,K.E., Schwartz,M.L., Reed,J., O'Mara,J., Reilly,M.T., Dugas,J.R., Meister,K., Lyman,S., and Andrews,J.R. Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* (2002), 30, (1), 20-26.
 - 7) 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.
 - 8) Dillman,C.J., Flesing,C.S., and Andrews,J.R. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther.* (1993), 18, 2, 402-408.
 - 9) Donatelli,R., Ellenbecker,T., Ekedahl,S.R., Wilkes,J.S., Kocher,K., and Adam,J. Assessment of shoulder strength in professional baseball pitchers. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, (2000) , 30, 544-511.
 - 10) Ellenbecker,T.S., Roetert,E.P., Baillie,D.S., Davies,G.J., and Brown,S.W. Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Medicine Sci Sports Exerc.* (2002), 34 (12), 2052-2056.
 - 11) 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.
 - 12) Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, Escamilla RF. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med.* (1995), 23, (2), 233-239.
 - 13) 長谷川伸、館俊樹、佐々木宏、加藤清忠. 大学生野球選手のrotator cuff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.
 - 14) 長谷川伸、館俊樹、佐々木宏、鳥居俊、加藤清忠. 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.* (2003), 52, 4, 407-420.
 - 15) Hinton,R.Y. Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in the high school baseball pitching. *Am. J. Sports Med.*, (1988), 16, 274-279.
 - 16) 伊藤博一、中里浩一、中嶋寛之. 投球動作中における上肢の動きに関する一考察 等速性筋出力が投能力に与える影響. *日本体育大学スポーツ・トレーニング・センター.* (2000), 9, 7-14.
 - 17) Ito,N., Eto,M., Maeda,K., Rabbi,ME., Iwasaki,K. Ultrasonographic measurement of humeral torsion. *J.Shoulder Elbow Surg.* (1995), 4, 157-161.
 - 18) 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.
 - 19) Kapandji,I.A. (荻島秀男監訳) *カバンディ*

関節の生理学 I 上肢.

- 20) King, J.W., Brelsford, H.J. and Tullos, Analysis of the pitching arm of professional baseball pitcher. *H.S.Clin Orthop.* (1969), 67, 116-123.
- 21) Kronberg, M., Brostrom, M. and Soderlund, V. Retroversion of the humeral head in the normal shoulder and its relationship to the normal range of motion. *Clin Orthop.* (1990), 253, 113-117.
- 22) Kuechle, D.K., Newman, S.E.R., Itoi, E., Niebur, G.L., Morrey, B.F., and An, K.N. The relevance of the moment arm of shoulder muscles with respect to axial rotation of the glenohumeral joint in for position. *Clin Biomechanics.* (2000), 15, 322-329.
- 23) Magnusson, S.P., Gleim, G.W., and Nicholas, J.A. Shoulder weakness in professional baseball pitchers. *Med. Sci. Sports exercise.*, (1994), 22, 5-9.
- 24) 牧内大輔、筒井廣明、三原研一、鈴木一秀、大田勝弘、西中直也、小・中学生の野球選手における上腕骨後捻角の検討. *東日本震災会誌.* (2003), 15, 1, 62-65.
- 25) Mikesky, A.E., Edwards, J.E., Wigglesworth, J.K., and Kunkel, S. Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers. *Am. J. Sports Med.*, (1995), 23, 638-642.
- 26) 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.
- 27) 宮西智久、藤井範久、阿江通良、功力靖雄、岡田守彦. 野球の投球動作におけるボール速度に対する体幹および投球腕の貢献度に関する3次元的研究. *体育学研究.* (1996), 41, 23-37.
- 28) Newsham, K.R., Keith, C.S., Saunders, J.E., and Goffinett, A.S. Isokinetic profile of baseball pitchers' internal/external rotation 180, 300, 450° · s⁻¹. *Med. Sci. sports exercise.*, (1998), 30, 1489-1495.
- 29) Osbahr, D.C., Cannon, D.L., Speer, K.P. Retroversion of the humerus in the throwing shoulder of college baseball pitchers. *Am J Sports Med.* (2002), 3(3), 347-353.
- 30) Pappas, A.M., Zawacki, R.M., and Sullivan, T.J. Biomechanics of baseball pitching. *Am J Sports Med.*, (1985), 13, 216-222.
- 31) Pawlowski, D., Perrin, D.H. 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, 129-132.
- 32) Reagan, K.M., Meister, K., Horodyski, M.B., Werner, D.W., Caruthers, C., and Wilk, K. Humeral retroversion and its relationship to glenohumeral rotation in the shoulder of college baseball players. *Am J Sports Med.* (2002), 30, (3), 354-360.
- 33) Ringel, S.P. Suprascapular neuropathy in pitchers. *Am J Sports Med* (1990), 18 (1), 80-86.
- 34) 桜井伸二、池上康男、矢部京之助、岡本敦、豊島進太郎. 野球の投手の投動作の3次元動作解析. *体育学研究.* (1990), 35, 143-156.
- 35) Sirota, S.C., Malanga, G.A., Eischen, J.J., and Laskowski, E.R. An Eccentric and concentric-strength profile of shoulder external and internal ro-

- tator muscles in professional baseball pitchers. *Am. J. Sports Med.*, (1997), 25, 59-64.
- 36) 杉山裕之、村上恒二、金子文成、三浦雅史、飯田朝美、大成淨志、川口浩太郎。投球動作による肩関節内旋・外旋筋力の変化について。臨床スポーツ医学。 (1998), 15, 1293-1296.
- 37) Sullivan,S.J., Chesley,A.Hebert,G., McFaul,S., and Scullion,D. The validity and reliability of hand held dynamometry in assessing isometric external rotation performance. *J Orthop Sports Phys Ther.* (1988), 10, (6), 213-217.
- 38) 梶田幸徳、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.
- 39) 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.
- 40) Wang YT, Ford HT 3rd, Ford HT Jr, Shin DM. Three-dimensional kinematic analysis of baseball pitching in acceleration phase. *Percept Mot Skills.* (1995), 80, 1, 43-48.
- 41) Wilk,K.E., Andrews,J.R., Arrigo,C.R., and Keirns,M.A., and Erber,D.J. The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am. J. Sports Med.*, (1993), 21, 61-66.
- 42) Yanagisawa.O, Miyanaga Y, Shiraki H, Shimojo H, Mukai N, Niitsu M, Itai Y. The effects of various therapeutic measures on shoulder strength and muscle soreness after baseball pitching. *J Sports Med Phys Fitness.* (2003), 43, 2, 189-201.
- 43) Yanagisawa.O, Miyanaga Y, Shiraki H, Shimojo H, Mukai N, Niitsu M, Itai Y. The effects of various therapeutic measures on shoulder range of motion and cross-sectional areas of rotator cuff muscles after baseball pitching. *J Sports Med Phys Fitness.* (2003), 43, 3, 356-66.

[2004年5月26日受理]

A comparison of shoulder rotational strength, shoulder range of motion, and rotator cuff muscle thickness between the dominant and non-dominant shoulders in baseball players of different ages.

Shin Hasegawa*, Toshiki Tachi*, Jun Kubota*, Yusuke Akiyama*
& Kiyotada Kato**

Abstract

The purpose of this study was to compare the shoulder rotational strength, muscle thickness of posterior rotator cuff muscles (supraspinatus and infraspinatus), and the shoulder range of motion between dominant and non-dominant shoulders in baseball players. The different age groups of competitive male baseball players between the ages of 12 and -21 participated in this study. The muscle strength of each subject was measured bilaterally while performing an internal rotation (IR-ST) and an external rotation (ER-ST) with a hand-held dynamometer (n=243). The thickness of the supraspinatus (SSP) and infraspinatus (ISP) muscles were measured bilaterally using B-mode ultrasonography (n=312). The internal rotation range of motion (IR-ROM) and the external rotation range of motion (ER-ROM) were measured using a goniometer (n=109). When the dominant and non-dominant sides were compared in each subject, the ER-ST was significantly greater on the non-dominant side than on the dominant side in the 13-year old and 18-to-21-year old subjects ($p < 0.05$). The ER/IR ratio was significantly greater on the non-dominant side than on the dominant side in the 19-to-21-year olds ($p < 0.05$). The muscle thickness of the infraspinatus was significantly larger on the throwing side than on the nondominant side in the 17-to-19-year olds ($p < 0.05-0.01$). The ER-ROM was significantly greater on the throwing side than on the nondominant side, while the IR-ROM was significantly greater on the nondominant side than on the dominant side in all age groups ($p < 0.05-0.001$). The results suggest that baseball players with a long career have a less significant level of ER-strength and ER/IR ratio on their dominant side compared with their non-dominant side. The range of motion characteristics of the shoulder may be formed in baseball players by the age of 12.

Key words : shoulder rotational strength, range of motion, rotator cuff muscles, muscle thickness

*Graduate School of Human Sciences, Waseda University

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