スポーツ科学研究, 8, 166-175, 2011 年

投球動作における肩甲骨周囲筋群の筋活動特性
Electromyography Analysis of Scapular Muscles in Baseball Pitching

橘内基純 [1], 金子文成 [2], 福林徹 [3]

[1] 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科, [2] 札幌医科大学保健医療学部,
[3] 早稲田大学スポーツ科学学術院

キーワード: 菱形筋, 肩甲骨周囲筋, 投球動作, ワイヤ筋電図
Key words: Rhomboid muscle, Scapular muscles, Pitching, Fine Wire Electromyography,

要 約

本研究の目的は, 投球動作中の肩甲骨周囲筋群の筋活動特性を検討することとした. 対象は, 肩関節に既往のない健常男子大学生 9 名とした. 適切なウォーミングアップの後, 被験者はオーバーヘッドスローにて 10 球全力投球を行った. ピッチング相については, ハイスピードデジタルカメラを用いて分析し, 5 相を分析対象とした. 対象筋は, ワイヤ筋電図にて, 大菱形筋, 小菱形筋 , 棘上筋, 棘下筋, 表面電極にて, 僧帽筋上部／中部／下部, 前鋸筋を計測した. 小菱形筋および大菱形筋はいずれも deceleration phase にて early cocking や late cocking phase よりも有意に高い筋活動であった($P<0.05$). また, 前鋸筋は late cocking phase が early cocking や deceleration phase よりも有意に高い筋活動であった($P<0.05$). これらの結果から, 大・小菱形筋, 前鋸筋などの肩甲胸郭関節が投球動作中の肩関節や肩甲骨の安定性保持に貢献していることが示唆された.

スポーツ科学研究, 8, 166-175, 2011 年, 受付日:2010 年 9 月 30 日, 受理日:2011 年 5 月 31 日

連絡先: 橘内基純 〒359−1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15 早稲田大学スポーツ科学研究科
TEL/Fax: 04-2947-6879 Mail: moto06@akane.waseda.jp

I. 緒言

投球動作における肩甲骨および肩甲骨周囲筋群には, 肩関節の位置と円滑な動きを補助するという重要な役割を担っている. 過去には, 多くの研究者が投球動作に関する研究成果を報告しているが, いずれにおいても肩甲骨周囲筋群, 特に肩甲胸郭関節の重要性が述べられている. Kibler ら(1998)は投球動作中の肩甲骨運動の役割として, ①肩甲上腕関節の安定, ②胸郭上での内転・外転運動, ③インピンジメント症候群を防ぐための肩峰の挙上, の 3 点を上げている. また, Burkhart ら(2003)も投球動作において過剰な関節運動をコントロールするために, 肩甲骨の位置とそれら周囲筋群の筋活動が重要であるとしている. 一方, 肩甲骨位置および運動の破綻は, 投球障害肩への関与も大きく(Fleisig, et al. 1996,Paletta, et al. 1997), 障害予防の観点からも肩甲胸郭関節の運動は円滑に行われる必要があるといえる.

しかし, これまでにその筋活動や筋機能特性について述べているものは少ない. 多くは, Rotator cuff の活動や障害について述べている(Altchek and Dines 1995,Blevins 1997,Glousman

1993,Laudner, et al. 2006). 肩甲骨周囲筋群に関しては, 僧帽筋や前鋸筋, 広背筋などの表層から測定可能なものに留まっており(Escamilla and Andrews 2009,Glousman, et al. 1988,Gowan, et al. 1987,Jobe, et al. 1983), 深層筋である菱形筋については, ほとんど行われていない. 過去には, Jobe et al が 1983 年に外転運動における菱形筋の筋活動を, DiGiovine et al.が 1992 年に投球動作中の菱形筋筋活動を計測しているが, いずれもワイヤ電極を使用した際のモーションアーチファクトが大きく, ノイズ混入が大きいため, 正確性に欠ける. また, 両者とも, 大・小菱形筋に分化して計測してはいない. 菱形筋を含めた肩甲骨周囲筋群は, 肩甲骨回旋運動による関与が高いとされ, 肩峰下インピンジメント症候群に代表されるような肩関節障害との関連性も高いとの報告があるが, 測定上の限界から投球動作中の筋活動についてはこれまで報告は検索する限り見あたらず, 明らかとなっていない. ワイヤ電極では, 表面電極では測定できない深層筋の筋活動を計測することが可能であり, 表層筋との活動様相との違いを比較検討する上でも, 方法の持つ有用性や新規性は高い.

そこで, 本研究においては, 菱形筋を中心とした肩甲骨周囲筋群の投球動作中の筋活動の特性をワイヤ電極を用いて明らかとすることを目的とする. 本研究により, 投球動作中の肩甲骨周囲筋群の筋活動特性と肩甲骨周囲筋群内それぞれと活動の関連性について知見を得ることが出来ると考える.

II. 方法

1. 対象

肩関節に既往のない健常な男子大学生 9 名(年齢＝20.5±1.2 歳, 身長＝170.0±7.5cm, 体重＝68.3±4.4kg：平均±標準偏差)の右肩を対象とした. 被検者はすべて右利きであり, 野球経験は平均 8.5 ± 2.1 年であった. 被験者のポジションは, 投手3名, 野手6名であった. 被験者には, 事前に早稲田大学学術研究倫理委員会により承認された説明書により文書及び口頭にて実験に関する十分な説明を行い, 同意後署名を得た.

2. 運動課題

被験者は十分なウォーミングアップの後, 5m前方のネットに向かって全力投球を行った. 投球方法は, 全例オーバーヘッドスローとした. ボールは硬式球を使用し, 球種はストレート, 10 球を全力投球した.

投球動作時ハイスピードデジタルカメラ1台(210fps, Hi-Speed EXLIM, CASIO, Tokyo, JAPAN)を用いて全身の動作を撮影することができる3塁方向より撮影を行い, 投球相の分類を行った. 相分類については, Jobe et al(1983)や Fleisig et al(1995)., 金子ら(2005)の方法をもとに, 6 相(wind up, early cocking, late cocking, acceleration, deceleration, follow through)に分類し, early cocking から follow through までの 5 相を分析対象とした(**図 1**).

動作は疲労の影響を除去するため, 試技毎に十分な休息時間を設けた. また, 筋電図と動画を同期させるために, 光および電気信号発生装置を用いた. この装置は, 検者がスイッチを押すと LED が点灯し, その光信号と同期して 5V 振幅の矩形波を発生させるものであった. 光信号は, ビデオカメラの画角に収まるように設置し, 矩形波の電気信号は, 筋電図と共に Analogue to Digital 変換ボード(NI SCXI 1000, National Instruments, Japan)を経由してパーソナルコンピュータ(Windows XP, HP, JAPAN)に取り込んだ(**図 2**).

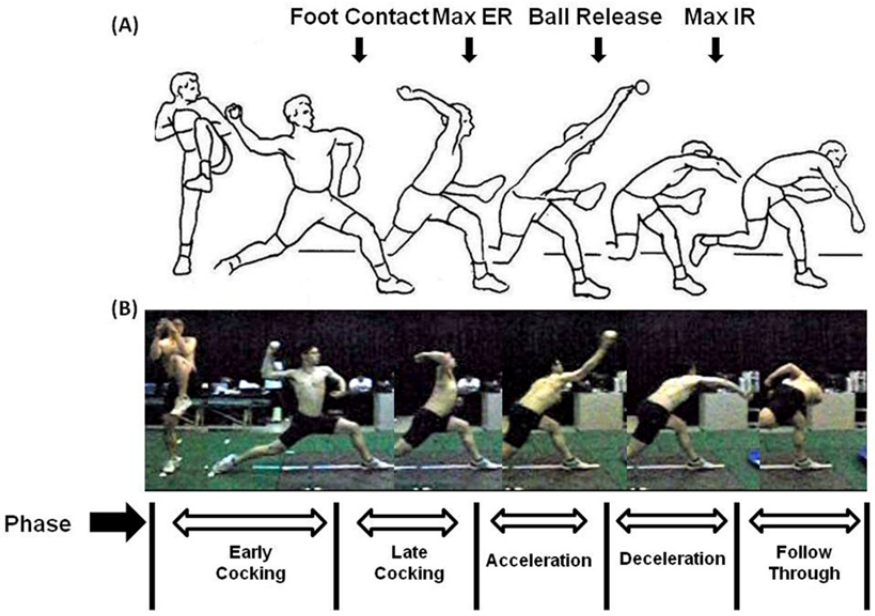

図 1. 5 相に分割された Pitching phase: (A)分割イメージ、(B)撮像画像により判別した pitching phase (Modified of Fleisig el al.(Fleisig, et al. 1996))

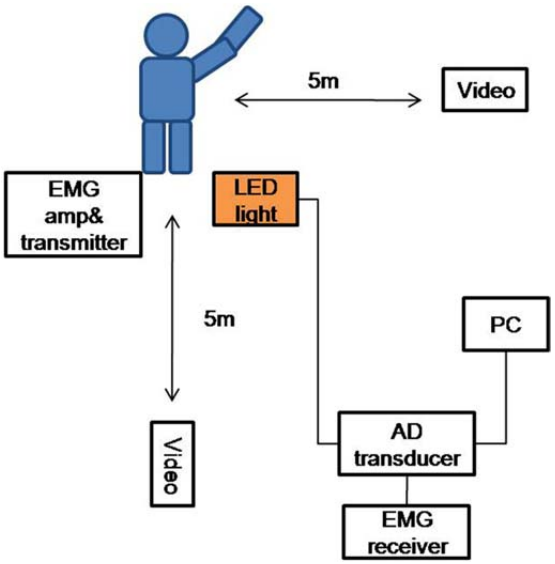

図 2. EMG 及び映像計測の設定

3. 筋電図計測及び処理

本研究で対象とした筋は，ワイヤ電極にて大・小菱形筋(rhomboid major/minor: RMJ/RMN)，棘上筋 (suprasupinatus:SSP) ，棘下筋 (infrasupinatus:ISP)，表面電極にて僧帽筋上部・中部・下部 (upper/middle/lower trapezius: UT/MT/LT)，前鋸筋(serratus anterior:SA)の計 8ch とした．

ワイヤ電極の刺入については，金子 (2009)の方法を元に，双極誘導によりそれぞれの筋活動を導出した．刺入後にファインワイヤ電極を留置した後に，針のみを抜去した．そして，ワイヤ電極の刺入の後に超音波エコー像(Volson I, G.E., Japan)により刺入の位置と刺入された針先の位置を確認した．刺入位置の決定については，一般的に述べられている解剖学的位置を参考に，標的筋の起始，停止

と肩甲骨の位置を体表から確認した後に，超音波エコー像にて筋腹を特定した．刺入に際しても，超音波画像を確認しながら行うことで，針の先端部分の位置を確認することができる．刺入後は，電気刺激装置(EMG Electronic Stimulator SEM-42D1，日本光電，Japan)を使用して，電極に電気刺激を加える事により大・小菱形筋それぞれが単独で収縮することを確認した．これによりワイヤ電極の刺入位置が適切であるかどうかを判断した．また，大・小菱形筋の表層には僧帽筋中部線維が横方向に走行しているとされるが，刺入後の超音波画像および電気刺激により，深層部の大・小菱形筋のみが単独収縮していることを確認していることから，本実験において大・小菱形筋は僧帽筋のモーションアーチファクトを受けていないものとする．

また，ファインワイヤ電極には，金子ら(2009)の方法をもとに，スプリングクランプを用いて能動型に固定した．2 本のスプリングクランプの間には絶縁体を用いて，それぞれの干渉を受けないようにしている．本方法により，視覚的にモーションアーチファクトが激減することを確認した(**図 4**)．

表面電極貼付時にはアルコールによる除菌，皮膚研磨材 skin pure を用いた皮膚抵抗の除去を行った．そして，能動型表面電極（Harada Electronics lab. Sapporo, Japan）を用い，僧帽筋上部／中部／下部，前鋸筋より双極誘導にて筋活動を導出した．

電極の装着後，徒手筋力検査法(MMT：Manual Muscle Test)を行い，各筋から適切な筋活動が記録されるかどうかを確認した．本研究における菱形筋の MMT は，肩関節内旋・肘関節 90[°]屈曲位で前腕が肩甲骨後面に位置する肢位にて，肩甲骨内転運動を行う方法により計測した(**図 3**)．

筋電図記録・処理に関しては，金子ら(2003)の方法に基づいて行った．サンプリング周波数は 1000Hz とし，フィルタ処理及び整流平滑化(ARV：Average Rectified Value)はオフラインで行った(Lab View 2009, National Instruments Corp, USA)．フィルタは低域通過フィルタを使用し，低域遮断周波数を 10Hz，次数を 4 とした．フィルタ処理後，5Hz の低域通過フィルタ(2 次の低域通過フィルタ)により平滑化し ARV を算出した．結果はそれぞれの筋において，5 秒間の最大随意収縮(MVC：Maximum Voluntary Contraction) 時に記録した筋電図について，中間の 1 秒間の ARV を 100%とし，正規化した．規格化された EMG データ(n ARV：Normalized ARV)を個人内で試技毎に平均し，計測値とした．

図 3．大・小菱形筋の MMT 測定方法

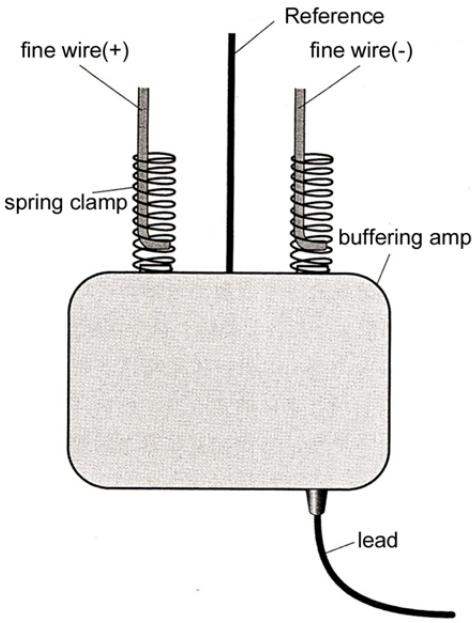

図 4. 小型アンプシステム概要

4. 統計学的手法

n ARV の記載は, すべて平均±標準偏差(mean ±SD:Standard Deviation)とした.

また本実験によって得られた nARV に関し, 各筋における相の種類を要因とした, 一元配置分散分析を行い, 多重比較検定として Turkey 法を行った. また, 有意水準は 5%未満とした.

III. 結果

あるストレート投球時のフィルタ処理後の EMG 生データと平滑化した波形の 1 例を**図 5** に示す. 目視観察ではモーションアーチファクトの影響は見られなかった.

大・小菱形筋の筋活動については, early cocking phase において, 小菱形筋のほうが大菱形筋よりも早期に筋活動を開始する傾向が観察された.

また, ストレート投球時の筋活動の変化を**図 6** に示す.

小菱形筋は, deceleration phase (114.00±80.9) で最も筋活動が大きく, late cocking phase と follow through phase (25.62±16.6, 42.98±26.6)に対して有意に筋活動が大きかった($p<0.05$). 大菱形筋は, 小菱形筋同様 deceleration phase (94.37±64.5)の活動が最も大きく, early cocking phase, late cocking phase (58.88±35.4, 21.41±22.7)に対して有意に高い筋活動を示した. 両筋間では, early cocking phase を除きその他の phase すべてで大菱形筋の筋活動が小菱形筋に対して大きかった($p<0.05$).

僧帽筋では, 中部で deceleration phase (92.64±59.7) の筋活動量が late cocking (22.91±19.2)に対して有意に大きく, 下部においても deceleration phase (48.27±24.9)が early cocking (17.14±10.4)に対して有意に大きな活動を示した($p<0.05$).

前鋸筋は, late cocking phase (63.24±43.1)での筋活動が最も大きく, early cocking phase, deceleration phase, follow through phase (16.64±6.7, 18.73±12.0, 28.91±15.4)に対して有意に高い筋活動を示した($p<0.05$).

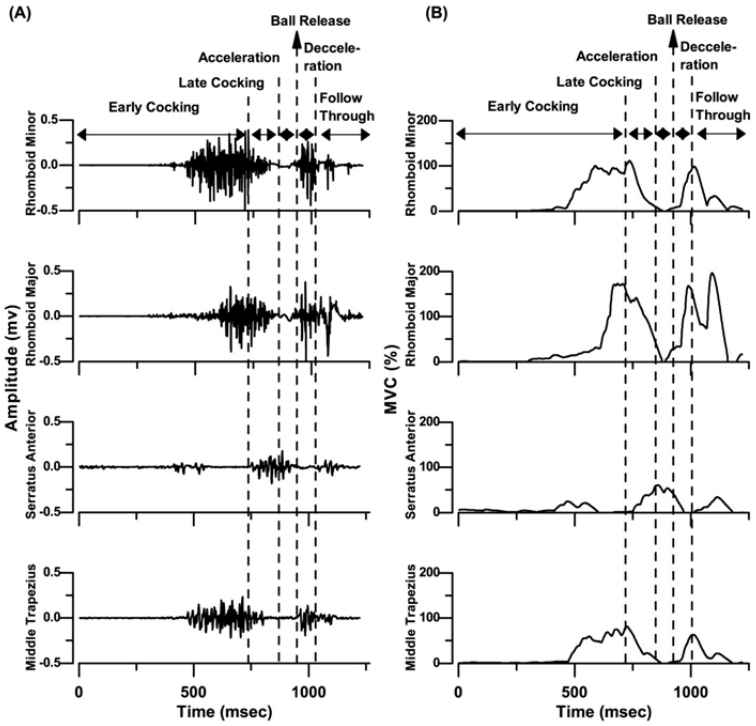

図 5. ある投球動作時の生波形(EMG)(A)と整流平滑化された EMG 波形 (ARV) (B)

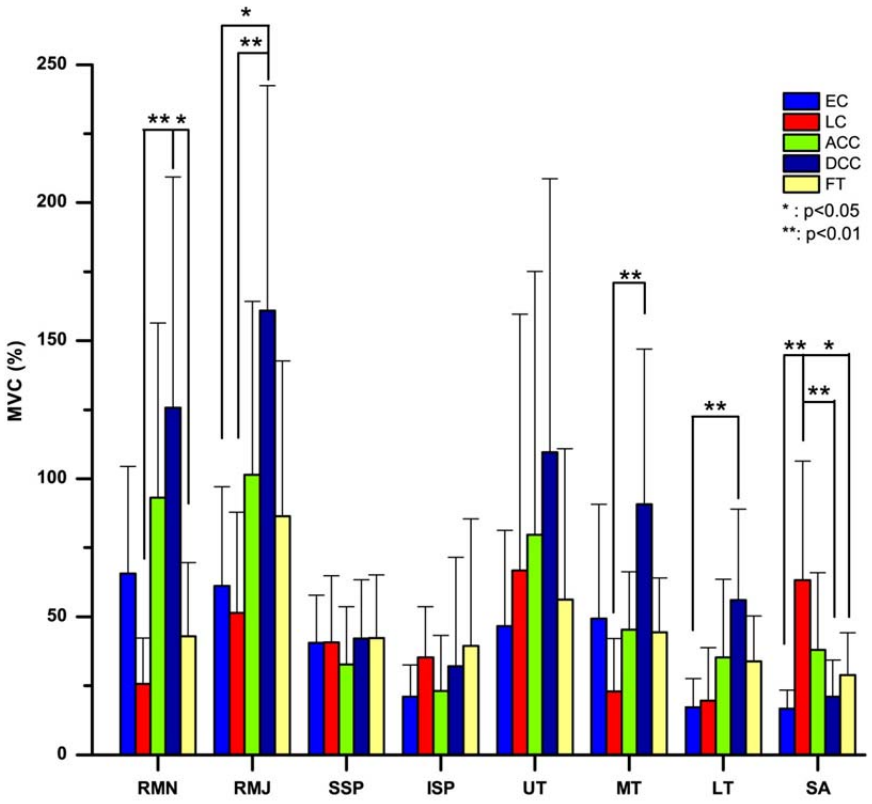

図 6. 投球動作中の各相における肩甲骨周囲筋群の筋活動変化.

EC:early cocking, LC: late cocking, ACC: acceleration, DCC:deceleration, FT:follow through.

RMN:小菱形筋, RMJ:大菱形筋, SSP:棘上筋, ISP:棘下筋, UT:僧帽筋上部, MT:僧帽筋中部, LT:僧帽筋下部, SA:前鋸筋

表 1 投球動作中の肩甲骨周囲筋群の筋活動変化

Phase	*Early Cocking*[a] (%MVC)	*Late Cocking*[b] (%MVC)	*Acceleration*[c] (%MVC)	*Deceleration*[d] (%MVC)	*Follow through*[e] (%MVC)
Rhomboid Minor	65.60 (38.9)	25.62 (16.6)	93.06 (63.4)	*b,e* 114.00 (80.9)	42.98 (26.6)
Rhomboid Major	61.21 (35.9)	51.36 (36.4)	101.38 (62.9)	*a,b* 148.19 (77.1)	86.46 (56.2)
Supurasupinatus	40.55 (17.2)	40.75 (24.1)	32.62 (21.0)	44.58 (21.3)	42.25 (22.8)
Infrasupinatus	21.04 (11.5)	35.17 (18.5)	23.06 (20.1)	35.20 (41.0)	39.35 (46.1)
Upper Trapezius	46.65 (34.6)	66.80 (92.8)	79.63 (95.6)	119.34 (101.1)	56.11 (54.7)
Middle Trapezius	49.25 (41.5)	22.91 (19.2)	45.32 (21.0)	*a* 92.64 (59.7)	44.43 (19.6)
Lower Trapezius	17.14 (10.4)	19.56 (19.3)	35.27 (28.2)	*b* 48.27 (24.9)	33.75 (16.5)
Serratus Anterior	16.64 (6.7)	*a,d,e* 63.24 (43.1)	37.89 (28.1)	18.73 (12.0)	28.91 (15.4)

a: From maximum knee lift of stride leg to when lead foot of stride leg initially contacts the ground.
b: From when lead foot of stride leg initially contacts the ground to maximum shoulder external rotation.
c: From maximum shoulder external rotation to ball release.
d: From ball release to maximum shoulder internal rotation.
e: From maximum shoulder internal rotation to maximum shoulder horizontal adduction.
Data are given as means and standard deviations[mean (SD)], and expressed for each muscle as a percentage of an MVC.
MVC = maximum voluntary contraction.
$p<0.05$

IV. 考察

本研究では，全力投球時の肩甲骨周囲筋群の筋活動について計測した．深層筋である大・小菱形筋を含めた肩甲骨周囲筋群の筋活動を投球相に分類して比較検討することは，Rotator cuff を含めた肩関節周囲筋群との関連や投球動作のキネティックス・キネマティクスへの影響を考察する上では，重要な役割を持つと考えられる．

本研究で用いたファインワイヤ電極については，肩甲骨および肩関節運動に影響を与えるとされる大・小菱形筋や棘上筋，棘下筋の筋電図を計測するために用いた．しかし，Soderberg ら(1984)が述べているように従来のワイヤ電極などの筋電図記録方法では，モーションアーチファクトの混入が多いとされていた．実際，これまでも投球動作などの急速運動などでワイヤ電極が使用されてきてはいるが，亀山ら(1998)のようにモーションアーチファクトの影響により，フォロースルー期の分析を断念しているものもある．本研究においては，金子ら(2003)の方法を参考に，新たに改良された小型アンプシステムを使用することにより，投球動作のような急速運動においても従来の方法よりも正確でモーションアーチファクトの影響が少ないデータの採取に成功した．

本研究では，小菱形筋，大菱形筋，僧帽筋では deceleration phase の筋活動が最も高いという結果を得た．投球動作における deceleration phase の役割は，ボールに伝達されないような投球側の余剰な運動エネルギーを分散させ，障害のリスクを最小限にさせるということがあげられる(Dillman, et al. 1993,Pappas, et al. 1985)．この時の肩関節運動は，ボールリリースから肩関節最大内旋位までであり，約 50ms と非常に短い運動であるが，約 7000deg/sec(Dillman, et al. 1993)という極めて大きな角速度が肩関節にかかると言われている．また，肩関節腱板障害や SLAP lesion(Snyder, et al. 1990)，肩関節後方関節包不安定症などの多くの投球障害は，deceleration phase に後方関節包が急激に伸張されることなどにより発生するといわれており，障害予防の観点からも deceleration phase の運動を正確にとらえることは重要であると考えられる．正常な投球時の肩甲骨の動きとしては，内

転・下方回旋・後傾から急激に外転・上方回旋・前傾へとシフトすると述べられており(Meyer, et al. 2008), これは上腕骨頭と関節窩の間隔を最大限広げて円滑な回旋運動を促し投球を行うために自動的に行われている. このときの肩甲骨制御に関する周囲筋の筋活動については, DiGiovine ら(1992)や Gowan ら(1987)は小円筋や広背筋など肩関節後方筋群の働きが肩関節前方移動を抑制するために遠心性収縮により筋活動が高くなると報告している. 本研究で対象とした大・小菱形筋, 僧帽筋といった筋群は, 肩甲骨内転や下方回旋などの運動が主たる機能として考えられているが, deceleration phase では外転・上方回旋方向への過剰な移動を抑制するために, 筋活動量が増加したと考えられる. 特に, 大・小菱形筋は, 肩甲骨内側縁に停止部を持つため, 肩甲骨の運動制御への貢献度が大きく, 投球動作のような急速運動に対して大きな力を発揮したのではないかと考える.

また, 大・小菱形筋間では, early cocking phase にて筋活動開始時期が異なるという傾向を目視観察で得た. この傾向は, 各被験者において共通してみられていた. これまでの報告では, 大・小菱形筋を分化してとらえたものは見あたらず, 両筋の活動は同一筋としてとらえられていた. 先の我々の研究においても(橘内ら, 2010), 小菱形筋と大菱形筋の筋活動は異なっており, 小菱形筋は活動開始時期および筋活動量が大菱形筋よりも早く大きいという結果を得ている. これらの結果の要因としては, 小菱形筋の起始・停止部が肩甲骨内側縁上角に付着し, 肩甲骨回旋や挙上等の影響を受けやすいことが関与していると考えられる. しかし, 本研究においては詳細な検討をしていないため, 今後の検討材料としたい.

前鋸筋は, late cocking phase で最も筋活動量が大きくなるという結果を得た. Late cocking phase の役割としては, 大きな下肢や体幹の回旋から生まれたエネルギーを上肢のセグメントに伝達するということであり, ボールスピードなどのボールパフォーマンスを大きく左右する時期である(Fleisig, et al. 1996). この相は, フットコンタクトから投球側肩関節最大外旋位までであるが, 全身の動きとしてはフットコンタクト後 0.03-0.05 sec で骨盤の角速度が約 600deg/sec, 0.05-0.07sec で上位腰椎の回旋角速度が 1200deg/sec 近くまで達する(Escamilla RF 1998). このときの肩甲骨周囲筋群の役割として, Escamillaら(2009)は肩甲骨を安定させ, さらには肩関節の回旋と水平内転を行う時の肩甲骨を適切な位置でコントロールすることであると述べている. 前鋸筋の一般的に述べられている機能としては, 肩甲骨の前方突出および上方回旋があげられるが, late cocking phase では肩甲骨は内転方向に移動していることから, 前鋸筋は遠心性収縮をおこしているものと考えられる. この時期は肩関節最大外旋位までの運動であるが, 前鋸筋が肩甲骨下方回旋を抑制することで, 上腕骨頭と肩峰下間の距離を保ち, インピンジメントを防止しているものと考えられる. また, late cocking phase における肩関節および肩甲帯の運動は, その後の acceleration phase や follow through phase の運動を左右しており, ボールスピードやコントロールなどパフォーマンスへの関与も大きいと考えられる. 前鋸筋を始め, 前述した大・小菱形筋や僧帽筋など肩甲骨周囲筋群による肩甲骨の安定は, その後の acceleration や follow through phase への動作の移行やボールスピード, 球種の変化を左右していると推察される. 本研究では, 健常男子大学生を対象としたが、今後社会人やプロ野球選手等レベルの違いによって検討することにより, パフォーマンスと late cocking phase や acceleration phase における肩甲骨周囲筋群の活動様相の違いを知ることが可能となり, 本研究によって得られた知見が有意義なものになると考えられる.

本研究における限界としては, 肩甲骨動態が計測困難である点があげられる. 周囲を筋により覆わ

れている肩甲骨は，体表からその 3 次元的動作を計測することは難しい．近年では，磁気センサーなどによる3次元計測法が考案されているが，皮膚動揺による測定誤差が発生することや上腕骨長軸方向の測定が困難であるといった問題がある．同じく fuluoroscopy による 3 次元構築された動作計測も行われているが，投球動作のような高速運動になると環境的要因により計測ができないという問題がある．

肩甲骨，特に肩甲胸郭関節については筋によりその安定性が保持されているものである．以上を考慮すると，今回の菱形筋を含めた肩甲胸郭関節の動態を計測することは，極めて新規性が高く，パフォーマンスや障害との関連を検討する上では重要な研究であると考えられる．今後は，肩甲骨動態と周囲筋群との関係性を明らかにすることで，より詳細な投球動作における肩甲帯運動機能を解明することができると考えられる．

V. 結論

本研究では，菱形筋を中心とした肩甲骨周囲筋群の投球動作中の筋活動の特性をワイヤ電極を用いて明らかとすることを目的とし，検討を行った．その結果，大・小菱形筋は，deceleration phase で，また前鋸筋は late cocking phase で筋活動が他の phase と比較し有意に高い筋活動を示していた．これらの結果から，大・小菱形筋および前鋸筋により構成されている肩甲胸郭関節は，投球動作における肩甲骨動作の安定性に貢献していることが示唆された．

参考文献

- Altchek DW, Dines DM.(1995) Shoulder Injuries in the Throwing Athlete. J Am Acad Orthop Surg;3(3):159-165
- Blevins FT.(1997) Rotator cuff pathology in athletes. Sports Med;24(3):205-220
- Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB.(2003) The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. Arthroscopy;19(6):641-661
- DiGiovine NM, Jobe FW, Pink M, Perry J.(1992) An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. Journal of Shoulder and Elbow Surgery;1(1):15-25
- Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR.(1993) Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. J Orthop Sports Phys Ther;18(2):402-408
- Escamilla RF, Andrews JR.(2009) Shoulder Muscle Recruitment Patterns and Related Biomechanics during Upper Extremity Sports. Sports Med;39(7):569-590
- Escamilla RF GF, SW. Barrentine, N Zheng, JR. Andrews.(1998) Kinematic Comparisons of Throwing Different Types of Baseball Pitches. Journal of applied biomechanics;14(1):
- Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, Escamilla RF.(1995) Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med;23(2):233-239
- Fleisig GS, Barrentine SW, Escamilla RF, Andrews JR.(1996) Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. Sports Med;21(6):421-437
- Glousman R.(1993) Electromyographic analysis and its role in the athletic shoulder. Clin Orthop Relat Res;288):27-34
- Glousman R, Jobe F, Tibone J, Moynes D, Antonelli D, Perry J.(1988) Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. J Bone Joint Surg Am;70(2):220-226

- Gowan ID, Jobe FW, Tibone JE, Perry J, Moynes DR.(1987) A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching. Professional versus amateur pitchers. Am J Sports Med;15(6):586-590
- Jobe FW, Tibone JE, Perry J, Moynes D.(1983) An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching. A preliminary report. Am J Sports Med;11(1):3-5
- Kibler WB.(1998) The role of the scapula in athletic shoulder function. Am J Sports Med;26(2):325-337
- Laudner KG, Myers JB, Pasquale MR, Bradley JP, Lephart SM.(2006) Scapular dysfunction in throwers with pathologic internal impingement. J Orthop Sports Phys Ther;36(7):485-494
- Meyer KE, Saether EE, Soiney EK, Shebeck MS, Paddock KL, Ludewig PM.(2008) Three-dimensional scapular kinematics during the throwing motion. J Appl Biomech;24(1):24-34
- Paletta GA, Jr., Warner JJ, Warren RF, Deutsch A, Altchek DW.(1997) Shoulder kinematics with two-plane x-ray evaluation in patients with anterior instability or rotator cuff tearing. J Shoulder Elbow Surg;6(6):516-527
- Pappas AM, Zawacki RM, Sullivan TJ.(1985) Biomechanics of baseball pitching. A preliminary report. Am J Sports Med;13(4):216-222
- Snyder SJ, Karzel RP, Del Pizzo W, Ferkel RD, Friedman MJ.(1990) SLAP lesions of the shoulder. Arthroscopy;6(4):274-279
- Soderberg GL, Cook TM.(1984) Electromyography in biomechanics. Phys Ther;64(12):1813-1820
- 亀山 順, 桜井 実, 半田 康, 星宮 望.(1998) 投球動作における肩関節の動作筋電図解析. 臨床スポーツ医学;15(11):1301-1305
- 橘内 基純, 金子 文成, 青山 敏之, 戸田 創, 徹. 福.(2010) 肩関節外転運動における菱形筋を中心とした肩甲骨周囲筋群の筋活動特性. バイオメカニズム 20;
- 金子 文成, 車谷 洋, 増田 正, 村上 恒二, 山根 雅仁.(2005) 投球動作における肩関節周囲筋筋電図の連続時系列変化に関する分析. 理学療法学;32(3):115-122
- 金子 文成, 増田 正, 車谷 洋, 村上 恒二, 山根 雅仁.(2003) 急速な運動の動作分析を目的としたワイヤ電極による筋電図記録方法の改良. 理学療法学;30(5):280-287