

バスケットボールのワンハンドショットにおける 出力発揮に関する筋電図的研究

— ショット距離の変化に伴う技術的要因について —

市谷浩一郎* 岡 秀郎**

Electromyographic Study of Output force in Onehandshot-Basketball

— On skill factors with Change of Shot Distance —

Koichiro Ichitani* Hideo Oka**

要 約

バスケットボールのワンハンドショットにおけるリリース時の上肢に着目し、各拮抗筋群の協調活動における出力発揮について動作筋電図を用いて定性的・定量的に解析し、ショット距離の変化に伴う技術的要因を検討し、競技選手の指導に際しての基礎的資料を得ることを目的とした。方法は被験者7に対し、3種類の距離からワンハンドショットを行わせ、筋電図記録、肘関節の角度変化記録、動作映像記録を行った。動作筋電図の定性的・定量的解析結果よりみたワンハンドショットの技術については、リリース前半の手関節を固定した状態でのセットアップ動作、リリース後半の肩関節の固定によるリリースであった。筋出力からみたワンハンドショットについては、短・中距離では肘関節と手関節の出力系でショット動作を行い、長距離では肩関節を出力系としてショット動作を行っていた。これらのことより、ショット距離に応じて力の発揮関節を変化させ、ある一定の距離まではより少ない関節で制御する方が誤差の修正が容易であると考えられた。

* 大阪電気通信大学 非常勤講師
Osaka Electro-Communication University

** 兵庫教育大学 生活・健康系教育講座 教授
Hyogo University of teacher Education

緒 言

攻防相乱型であるバスケットボール競技において、個々の選手は瞬時に周りの状況を的確に判断し行動することが要求される。それ故、時々刻々と変化する状況に的確に対応する状況判断能力は、このような対人型のスポーツにおいては必要不可欠なものであり、その状況判断に基づきショットがなされ勝敗が決定される。つまり、状況判断能力に基づいた身体支配能力、とりわけショット能力は勝敗を決定づける大きな要因といえる。

バスケットボールのショット動作の中で、高度で多用されるものとしてワンハンドショットがある。このワンハンドショットはボールを保持する位置が高いため、ショットをブロックされにくいという利点などがあるが^{4) 10)}、バスケットボール独特の投げ方であるため、初心者の多くはまずこのショットに戸惑い、習得するまでに多くの時間を費やしてしまう。ワンハンドショットの指導に際しては、各指導者の考えや理念などに基づく努力や創意工夫によって行われているのが現実であるが^{1) 4) 10)}、ワンハンドショットの明確な指導を行うためには、先ず、ワンハンドショットの運動構造を明確にし、次に、その中から技術的要素について探求し、指導者の経験等を加味し、指導法の創意工夫がなされることが望ましいと考えられる。

そのような観点からワンハンドショット動作の運動構造をみると、利き腕を中心としてボールを押し出す運動であり、力学的には下肢の伸展で得られた運動エネルギーを躯幹に伝達し、上肢による押し出し動作でボールコントロールを行っているものと考えられる⁷⁾。また、この際、ショット側の上肢は肩関節・肘関節・手関節が直列に連なった直列多関節運動系を構成している。この直列多関節運動系の制御機構としては、一つの関節に一つの筋が存在すればその筋出力によって動作が可能となる。しかし、生体にはこの動力源としての機能だけでなく特有の働きを持つ二関節筋が存在する^{3) 5)}。この二関節筋群の制御機構として、藤川ら²⁾は二関節筋のモデルを用いて拮抗二関節筋が四肢末端のCompliance Controlに深く関わっていることを示し、拮抗筋が筋の出力のつり合いに働きかけ位置を制御できると述べている。また、熊本ら⁸⁾のグループはヒトを対象として、歩行・走行の運動を始めさまざまな動作を筋電図により解析し、その動作筋電図学的解析結果にロボット工学的解析を加え、拮抗二関節筋はそれ自身の機能によって四肢の運動に貢献するというよりも二関節筋が関与する二つの関節の一関節筋群と共に、協調した活動をすることによって運動の制御に貢献することを示し、Coordination Control Model を提唱した。それにより拮抗二関節筋と拮抗一関節筋群が協調活動をすることで、四肢末端の出力と方向の制御・剛性の制御・位置と力の制御に貢献して、動物特有の安定した姿勢制御ならびに滑らかに迅速な運動を可能にすることを報告している。

そこで、今回、バスケットボールのワンハンドショット動作を上肢を中心とした直列多関節運動系としてとらえ、パフォーマンス発揮の技術的要素について動作筋電図を用いて解析し、筋の作用機序より拮抗二関節筋と拮抗一関節筋群の協調活動における筋出力がショット動作にどのよ

うに関連しているか検討し、バスケットボールの競技選手に対する指導に際しての基礎的資料を得ることを研究の目的とした。

方 法

1. 動作方法

正規の高さ（3.05m）のバスケットリングに向けて、ショット動作を短距離（S・ショット）としてエンドラインから5.8m離れた地点（フリースローライン）、中距離（M・ショット）としてエンドラインから7.82m離れた地点（3ポイントライン）、長距離（L・ショット）としてエンドラインから14m離れた地点（ハーフウェイライン）より各々10回ずつ計30回のワンハンドショットを行わせた。尚、ハーフウェイラインからのL・ショットは実際の競技において使われることは殆どないが、ショット距離の増加に対するパフォーマンス獲得の方法を比較検討するため設定した。

2. 被 験 者

被験者は表1に示すように、熟練者として西日本学生選抜チームの選手1（O.S.）、全関西学生バスケットボール選手権大会準優勝チームの選手1（S.H.）、関西バスケットボール新人戦優勝チームの選手1（S.T.）の3、経験者として関西4リーグ所属チームの選手4（W.D.、F.Y.、S.S.、K.S.）のそれぞれ習熟度の異なった計男子7名を選んだ。

表1 被験者の特長

被 験 者	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	競 技 歴 (年)	備 考
O. S.	22	180	71	13	西日本選抜
S. H.	22	189	80	10	大阪選抜
S. T.	20	184	79	8	大阪選抜
W. D.	20	183	70	8	
F. Y.	21	175	62	9	
S. S.	19	170	55	7	
K. S.	19	172	62	8	

3. 被 験 筋

上肢の基本動作に関する筋電図解析結果^{14) 15) 16)}、上肢二関節筋群の制御機構に関する筋電図解析結果^{2) 8) 17) 19)}ならびに投げる・打つ等の上肢の運動を伴うスポーツの筋電図解析結果^{6) 11) 13) 20)}より11筋を選択した。

ショット側

橈側手根屈筋	Flexor carpi radialis
短橈側手根伸筋	Extensor carpi radialis brevis
上腕筋	Brachialis

上腕二頭筋 長頭	Biceps brachii Long head
上腕三頭筋 外側頭	Triceps brachii Laterale head
上腕三頭筋 長頭	Triceps brachii Long head
三角筋 前部	Deltoideus Anterior
三角筋 後部	Deltoideus Posterior
大胸筋 鎖骨部	Pectoralis major Clavicularis

反 対 側 (フリーハンド側)

三角筋 前部 (F-三角筋前部)	Deltoideus Anterior
三角筋 後部 (F-三角筋後部)	Deltoideus Posterior

4. 記録方法

1) 筋電図記録

筋電図は14チャンネル多用途万能型脳波計(三栄測機製1A12-14型)を用い、通常の皮膚表面双極誘導法により記録した。同時に筋活動様式を14チャンネルデータレコーダ(TEAC製RX-510)を用い、電位変化として記録した。尚、生体増幅器の時定数は0.003秒とし、データレコーダのテープ走行速度は19cm/sec.とした。

2) 動作記録

a. フォームの記録

ワンハンドショットのフォームを鮮明な静止画面として観察するため、被験者の側面(ナショナル製NV-M90)及び前面(ソニー製VX1)より電子シャッター付きビデオカメラを用いて撮影し特殊映像効果装置を介して同一画面上に合成・録画した。この際、ビデオシンクロナイザーによりビデオ映像のフィールド毎のシグナルパルスの数値をビデオ映像と共に記録すると同時に、シグナルパルスの電位変化を筋電図記録紙上およびデータレコーダのテープ上に記録した。

b. 肘関節角度の記録

ワンハンドショット実施中の肘関節の角度変化を連続して記録するため、肘関節の尺骨側に電気角度計を貼付し、ショット時の肘関節の屈曲・伸展動作の電位変化を、筋電図記録紙上及びデータレコーダのテープ上に同時記録した。

c. ボールリリース時の記録

リリース時の瞬間は自作のリリーススイッチを第3指の末節骨内側に貼付し、自作の出力電圧調整装置を介して図1に示す如くビデオ映像のシグナルパルス電位と合成させ同時記録した。

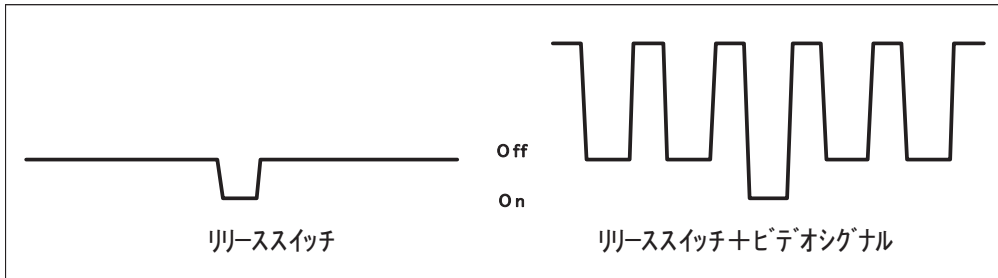


図1 リリーススイッチとビデオシグナルとの合成

リリース時の瞬間は自作のリリーススイッチを自作の出力電圧調整装置を介して記録し(図中・左)、ビデオ映像のシグナルパルス電位と合成させ同時記録した(図中・右)。

5. データ処理

筋活動電位変化の処理方法として、パフォーマンス発揮の技術要素について筋の作用機序の面より動作筋電図を定性的ならびに定量的解析処理を行った。

1) 定性的処理

定性的処理としてデータレコーダに記録された筋活動電位変化、シグナルパルス・電気角度計・リリーススイッチの電位変化をA/D コンバータボードを用いて、デジタル信号に変換してパーソナルコンピュータに入力し自作のプログラムにより各々の電位変化を計算させ、それらの計算結果をプリンタにより定性的な波形として描写させ考察の資料とした。

2) 定量的処理

定量的処理として、動作ならびに定性的解析結果より、ショット動作時のパフォーマンス発揮に直接関与していると考えられる筋群の筋活動電位変化を自作のプログラムにより積分し、その数値を定量的なグラフとして描写させ考察の資料とした。また、ショット間における放電量の有意差の検定は、1要因分散分析を用いて5%水準で有意と判定した。

尚、リリース時に直接関与していると考えられる筋放電の算出は、肘関節伸展筋の一関節筋である上腕三頭筋外側頭の放電の立ち上がりから、肘関節の尺骨側に貼付した電気角度計の立ち上がりをタイムラグとしてとらえ、リリーススイッチからタイムラグ分を逆算し、今回は50msec.の筋放電を積分した。(図2参照)

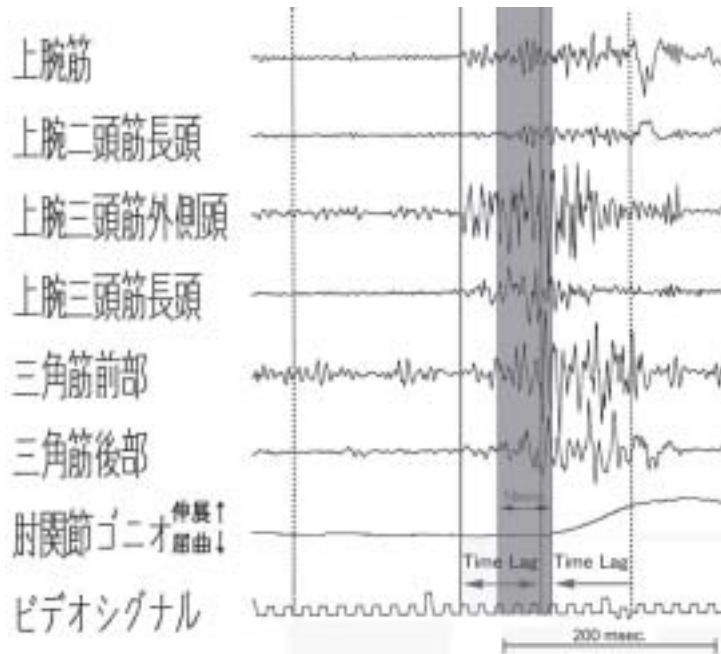


図2 リリース時における筋放電の算出

肘関節伸展筋である上腕三頭筋外側頭の放電の立ち上がりと電気角度計からの肘関節伸展の立ち上がりをタイムラグとしてとらえ、リリーススイッチからタイムラグ分を逆算し50msec.の筋放電を積分した。

結果

1. 動作観察

図3は、今回用いた被験者の中で最も習熟度が高いと考えられる熟練者の側面のビデオ画像を連続写真として描写したものである。上段はS・ショット時、中段はM・ショット時、下段はL・ショット時を示している。これらの動作より、ボールに対しての運動エネルギーの伝達は膝関節伸展より起こり、それが躯幹に伝達され上肢による押し動作でボールコントロールを行っているものと考えられる。動作様式の面ではS・ショットならびにM・ショットでは、上体は直立位でショット動作がなされていたが、L・ショットでは上体が前傾位の姿勢よりショット動作がなされていた。これはL・ショット時になると、ショット距離を獲得するため股関節が出力系として参画しているものと考えられるが、今回は下肢の筋電図を記録していないので考察の対象外とした。

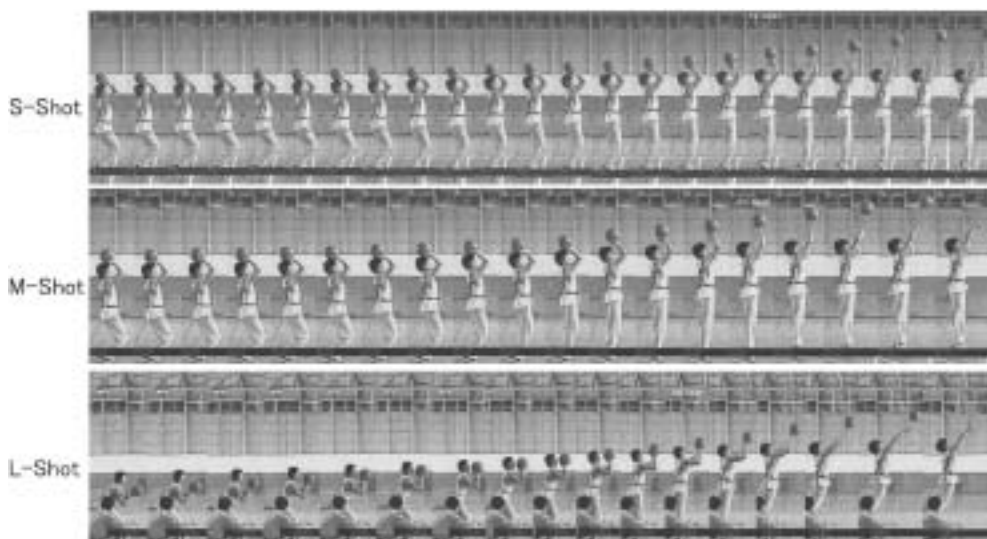


図3 ワンハンドショットの連続写真

上段のS・Shotは短距離としてフリースローラインからのショット、中段のM・Shotは中距離として3ポイントラインからのショット、下段のL・Shotは長距離としてハーフウェイラインからのショットを示す。(L・Shotは実際の競技において使われないが、ショット距離の増加に対するパフォーマンス獲得の方法を比較検討するため設定した。)

2. 筋電図学記録

1) 定性的分析

熟練者・経験者のワンハンドショットにおいて、S・ショット、M・ショット、L・ショットの各ショット間で、被験者の習熟度の差異に起因すると考えられる放電様相が観察された。特に、S・ショット、M・ショット時のリリース動作において、肩関節の放電様相にはいくつかのパターンがあり、三角筋前部および同筋後部が同時放電しながらリリース動作を行うものが熟練者で1名(被験者O.S.)、三角筋前部のみの放電によってリリース動作を行うものが熟練者で2名(被験者S.H.、S.T.)、経験者で2名(被験者W.D.、F.Y.)、三角筋前部と同筋後部の放電が交代し、リリース動作を行うものが経験者で2名(被験者S.S.、K.S.)であった。そこで、それぞれのパターンより熟練者O.S.、経験者W.D.、経験者S.S.のワンハンドショットを代表例として取り上げ、放電様相の詳細について記述する。

図4は、熟練者O.S.の代表的な筋電図であり、左の図はS・ショット時、中央の図はM・ショット時、右の図はL・ショット時を示している。また、図中の点線は、ビデオ画像からそれぞれ、1.膝関節伸展開始時 (pose1)、2.リリース (pose2)、3.フォロースルー終了時 (pose3) を示しており、図中上部の写真は、それぞれの局面に対応した動作である。(以下、図5および図6も同様)

図4の熟練者O.S.のS・ショット時(左の図)の筋活動様式についてみてみると手関節に関与

する筋群では、橈側手根屈筋はpose1の膝関節伸展開始時から放電を開始し、pose2のリリースにかけて顕著な放電の増大が認められた。短橈側手根伸筋も橈側手根屈筋と同時期より放電を開始し、橈側手根屈筋との顕著な同時放電が認められたが、肘関節伸展時には顕著な放電の減少傾向が認められた。肘関節に関与する筋群では、上腕筋はpose1の膝関節伸展開始時後半よりpose2のリリース前後にかけて出現がみられた。また、同じ肘関節屈曲筋で肩関節屈曲にも関与する二関節筋の上腕二頭筋長頭も同時期に放電の出現がみられた。上腕三頭筋外側頭はpose1の膝関節伸展開始時後半から放電を開始し、pose2のリリースの前まで出現がみられた。同じ肘関節伸展筋で肩関節伸展にも関与する二関節筋の上腕三頭筋長頭も上腕三頭筋外側頭と同様の出現傾向が認められた。肩関節に関与する筋群では、三角筋前部はpose1の膝関節伸展開始時後半から放電を開始し、pose2のリリースにかけて出現がみられた。三角筋後部も三角筋前部と同様、pose1の膝関節伸展開始時後半から放電を開始し、pose2のリリースにかけて放電が出現し、三角筋前部との同時放電が観察された。大胸筋鎖骨部はpose1からpose3にかけての顕著な放電の出現がみられなかった。次に、フリーハンド側の筋活動様式についてみるとF-三角筋前部はpose1の膝関節伸展開始時から放電を開始し、pose3のフォロースルー終了時にかけて持続放電が観察された。しかしながら、F-三角筋後部にはこの間、顕著な放電の出現は認められなかった。M・

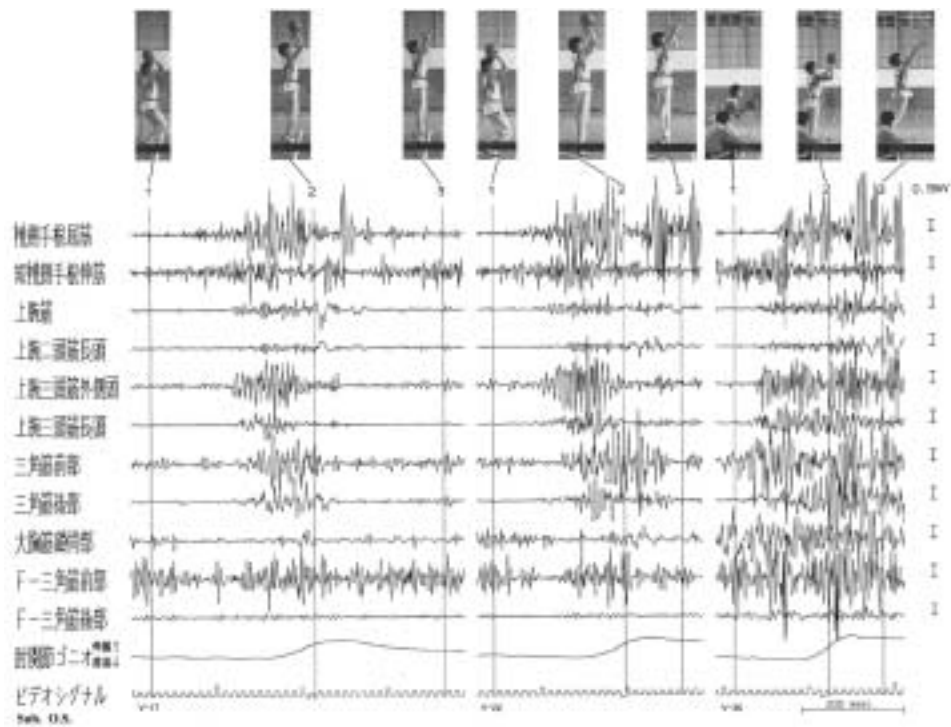


図4 熟練者 (O.S.) の筋電図

左の図はS・ショット時、中央の図はM・ショット時、右の図はL・ショット時を示す。図中の点線はビデオ画像とリリーススイッチからそれぞれ、膝関節伸展開始時、リリース、フォロースルー終了時を示し、図中上部の写真は、それぞれの局面に対応した動作である。

ショット時（中央の図）の筋活動様式についてみると、ショット側の手関節、肘関節、肩関節に参与する筋群及びフリーハンド側の被験筋群も、前述したS・ショット時の場合と同様の出現傾向が観察された。L・ショット時（右の図）になると、前述のS・ショット、M・ショット時とは異なり、ショット側の肩関節に参与する筋群の放電様相に顕著な差異が観察されるようになった。すなわち、ショット側の三角筋前部の放電は肘関節伸展時、顕著な放電の減少傾向を示し、それに呼応して三角筋後部に顕著な放電の出現が観察されるようになりS・ショットおよびM・ショット時に観察された三角筋前部と同筋後部の同時放電は観察されなくなった。またS・ショットおよびM・ショット時に観察されたフリーハンド側のF-三角筋前部の持続放電も顕著な放電の増加傾向が観察された。

図5は、経験者W.D.の代表的な筋電図であり、S・ショット時（左の図）における筋活動様式についてみると、橈側手根屈筋は肘関節伸展開始時から放電を開始し、pose2のリリース前後にかけて顕著な放電の増大が認められた。短橈側手根伸筋はpose1の肘関節伸展開始時からpose3のフォロースルー終了時まで持続放電が認められたが、拮抗筋である橈側手根屈筋との同時放電は観察されなかった。肘関節に参与する上腕筋、上腕二頭筋長頭、上腕三頭筋外側頭、上腕三頭筋長頭およびフリーハンド側の肩関節に参与する筋群のF-三角筋前部、F-三角筋後部には、

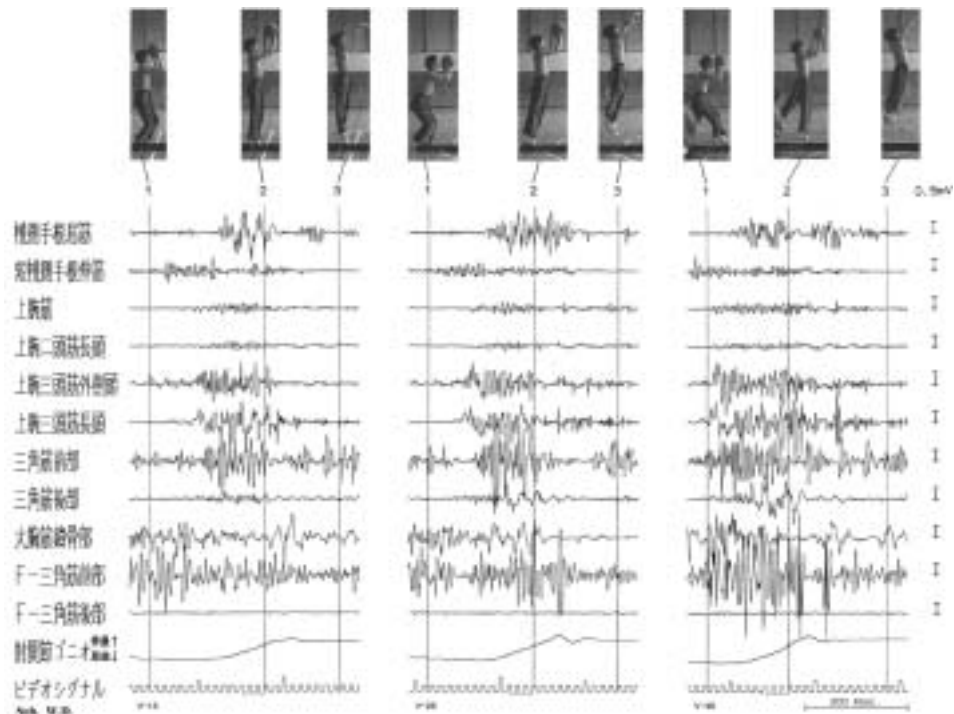


図5 経験者（W.D.）の筋電図

左の図はS・ショット時、中央の図はM・ショット時、右の図はL・ショット時を示す。図中の点線はビデオ画像とリリーススイッチからそれぞれ、肘関節伸展開始時、リリース、フォロースルー終了時を示し、図中上部の写真は、それぞれ的局面に対応した動作である。

熟練者O.S.の場合と同様の出現傾向が観察された。しかしながら、肩関節筋群の三角筋前部と三角筋後部の放電様相には差異が観察された。すなわち、三角筋後部には顕著な放電の出現は認められず三角筋前部との同時放電は認められなかった。大胸筋鎖骨部はpose1からpose3にかけて持続放電が観察された。M・ショット時（中央の図）の筋活動様式についてみると、いずれの被験筋にも前述のS・ショット時の場合と同様の出現傾向が観察された。L・ショット時（右の図）になると、S・ショット、M・ショット時とは異なり、ショット側の肩関節に関与する筋群の放電様相に顕著な差異が観察されるようになった。すなわち、ショット側の三角筋前部の顕著な放電は肘関節伸展時、顕著な放電の減少傾向を示し、それに呼応して三角筋後部に顕著な放電が出現し、熟練者O.S.の場合と類似した放電様相が観察された。大胸筋鎖骨部においてはpose1の膝関節伸展開始時前後に顕著な放電の出現が観察されるものの、熟練者O.S.にみられたリリース後までの持続放電は認められなかった。また、S・ショットおよびM・ショット時に観察されたフリーハンド側のF-三角筋前部の持続放電も放電の増加傾向が観察された。

図6は、経験者S.S.の代表的な筋電図であり、S・ショット時（左の図）における筋活動様式についてみると、橈側手根屈筋および短橈側手根伸筋は経験者W.D.の場合と同様の出現傾

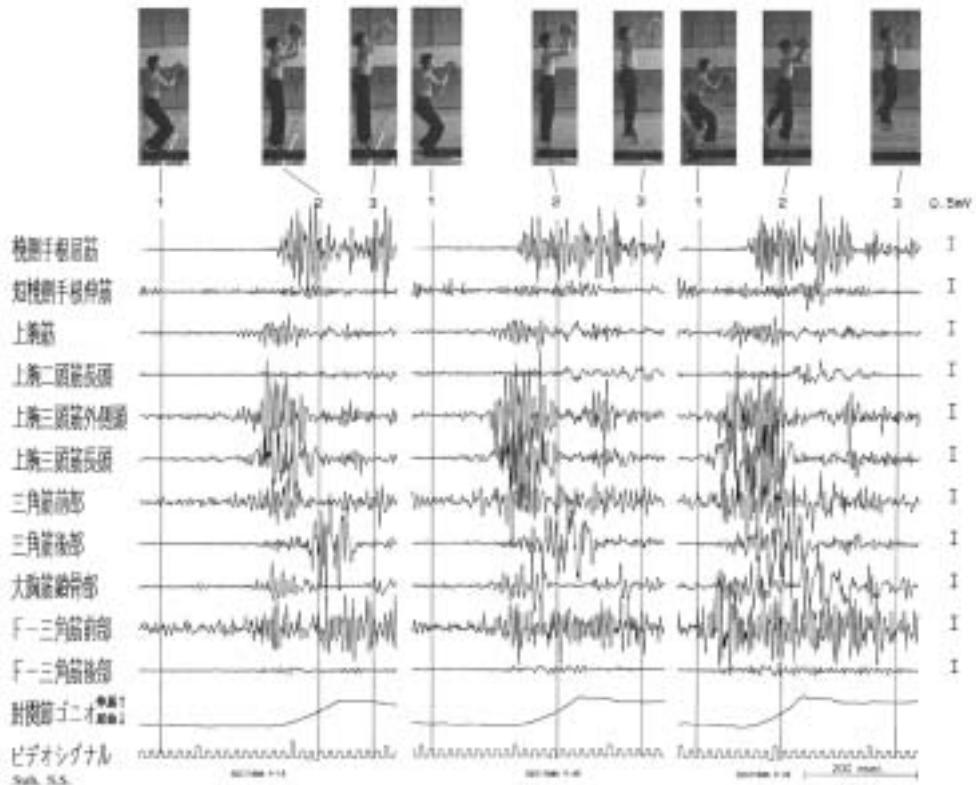


図6 経験者（S.S.）の筋電図

左の図はS・ショット時、中央の図はM・ショット時、右の図はL・ショット時を示す。図中の点線はビデオ画像とリリーススイッチからそれぞれ、膝関節伸展開始時、リリース、フォロースルー終了時を示し、図中上部の写真は、それぞれの局面に対応した動作である。

向が観察され、橈側手根屈筋と短橈側手根伸筋の同時放電は認められなかった。肘関節に関与する上腕筋、上腕二頭筋長頭、上腕三頭筋外側頭、上腕三頭筋長頭およびフリーハンド側の肩関節に関与する筋群のF-三角筋前部、F-三角筋後部には、熟練者O.S.および経験者W.D.の場合と同様の出現傾向が観察された。しかしながら、肩関節筋群の三角筋前部と三角筋後部の放電様相には差異が観察され、三角筋前部はpose1の膝関節伸展開始時後半から放電を開始したが、肘関節伸展時より放電が減少傾向を示し、それに呼応して三角筋後部に顕著な放電の出現が観察されるようになり、熟練者O.S.および経験者W.D.のL・ショット時と類似した放電様相が観察された。大胸筋鎖骨部はpose1の膝関節伸展開始時後半よりpose2のリリースにかけて出現がみられた。M・ショット時（中央の図）の筋活動様式についてみると、熟練者O.S.および経験者W.D.と同様に、いずれの被験筋にも前述のS・ショット時の場合と類似した放電の出現傾向が観察されたが、経験者S.S.の場合、L・ショット時（右の図）の筋活動様式においても、S・ショット時の場合と同様の出現傾向が観察された。

2) 定量的分析

ワンハンドショットを各拮抗筋群の協調活動における筋出力の面から検討するため、ショット動作時のパフォーマンス発揮に直接関与していると考えられる筋群の数量化を試みた。具体的には全被験者を対象に手関節屈曲筋である橈側手根屈筋（FC）、肘関節伸展筋である上腕三頭筋外側頭（T1a）、二関節筋で肩関節伸展にも関与する上腕三頭筋長頭（T1o）、および、肩関節筋群の三角筋前部（Da）、三角筋後部（Dp）についてリリース時の放電を積分した。以下定性的分析の場合と同様、3種類の典型例よりそれぞれ熟練者O.S.、経験者W.D.、経験者S.S.のワンハンドショットを代表例として取り上げ、放電量の詳細について記述する。

図7は、熟練者O.S.におけるショットリリース時の放電量である。手関節屈曲に関与する橈側手根屈筋（FC）はS・ショットからL・ショットの間に、観察上、放電量の増減がみられたが有意な差は認められなかった。肘関節伸展に関与する上腕三頭筋外側頭（T1a）においても橈側手根屈筋（FC）と同様の傾向が認められた。しかしながら、肘関節伸展、肩関節伸展に関与する二関節筋の上腕三頭筋長頭（T1o）においては、S・ショットの放電量に比べてM・ショット、L・ショットの放電量は有意に増加した。肩関節屈曲に関与する三角筋前部（Da）はS・ショットに比べてM・ショットの放電量は有意に増加し、またL・ショットにおいても有意な増加が認められた。肩関節伸展に関与する三角筋後部（Dp）においてはS・ショットに比べてM・ショット、L・ショットの放電量は有意に増加した。

図8は、経験者W.D.におけるショットリリース時の放電量である。W.D.の場合、橈側手根屈筋（FC）は熟練者O.S.の場合と同様な傾向が観察された。上腕三頭筋外側頭（T1a）はS・ショットの放電量に比べてM・ショットは有意に増加し、L・ショットにおいても有意な増加が認められた。上腕三頭筋長頭（T1o）は熟練者O.S.の場合と同様にS・ショットの放電量に比べてM・ショット、L・ショットの放電量は有意に増加した。三角筋前部（Da）においては、L・ショット

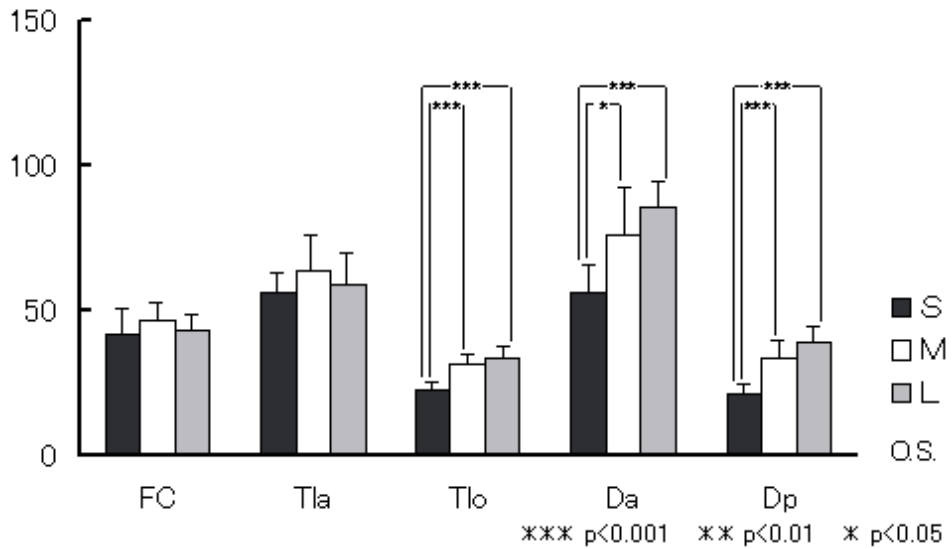


図7 経験者 (W.D.) におけるショットリリース時の放電量グラフ

SはS・ショット、MはM・ショット、LはL・ショット時を示す。

FCは橈側手根屈筋、Tlaは上腕三頭筋外側頭、Tloは上腕三頭筋長頭、Daは三角筋前部、Dpは三角筋後部である。

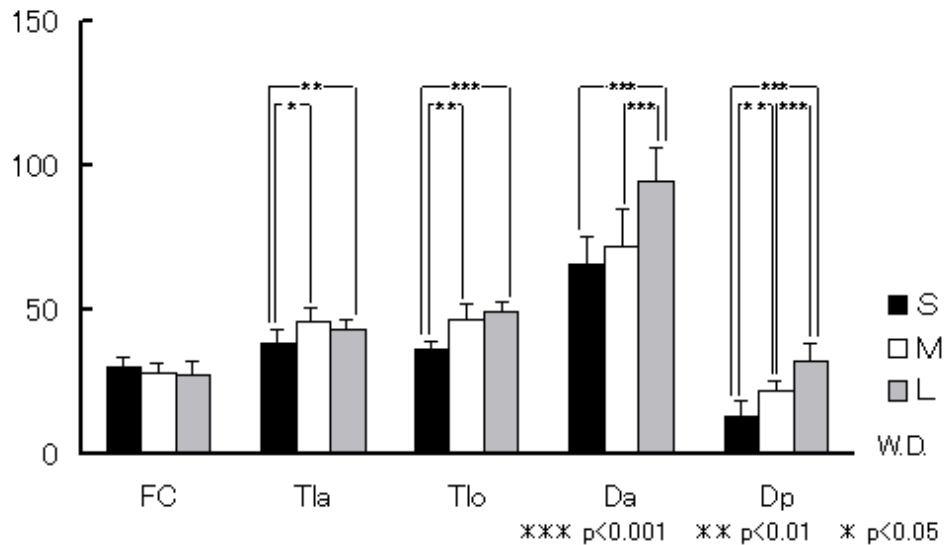


図8 経験者 (W.D.) におけるショットリリース時の放電量グラフ

SはS・ショット、MはM・ショット、LはL・ショット時を示す。

FCは橈側手根屈筋、Tlaは上腕三頭筋外側頭、Tloは上腕三頭筋長頭、Daは三角筋前部、Dpは三角筋後部である。

トに比べてS・ショット、M・ショットの放電量は有意に減少することが認められた。三角筋後部 (Dp) においてはS・ショット、M・ショット、L・ショットとなるに従い、放電量は有意に増加することが認められた。

図9は、経験者S.S.におけるショットリリース時の放電量である。S.S.の場合、橈側手根屈筋 (FC) はS・ショットに比べてM・ショットは有意に放電の減少が認められ、M・ショットに比べてL・ショットは有意に放電の増加が認められた。上腕三頭筋外側頭 (Tla) はS・ショット、M・ショット、L・ショットとなるに従い、放電量は有意に増加することが認められた。上腕三頭筋長頭 (Tlo) においては、L・ショットに比べてS・ショット、M・ショットの放電量は有意に減少することが認められた。三角筋前部 (Da) は経験者W.D.の場合と同様にL・ショットに比べてS・ショット、M・ショットの放電量は有意に減少することが認められた。三角筋後部 (Dp) においては、熟練者O.S.の場合と同様にS・ショットに比べてM・ショット、L・ショットの放電量は有意に増加した。

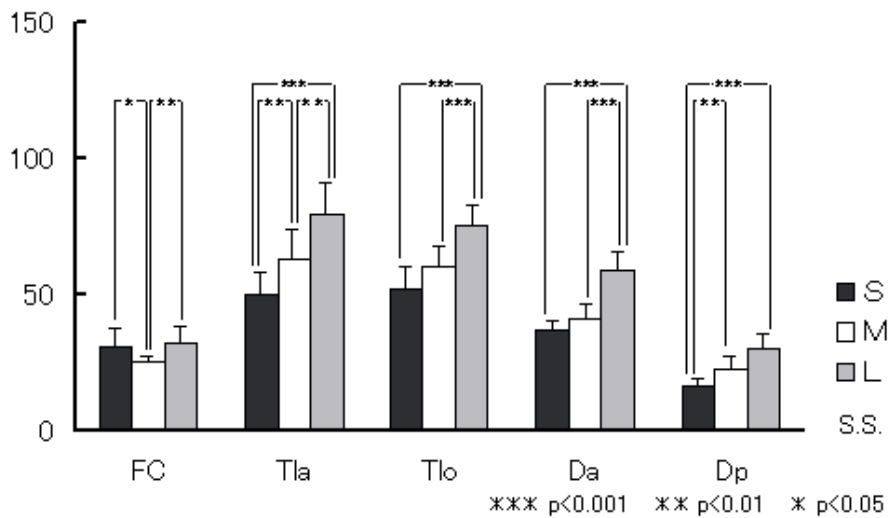


図9 経験者 (S.S.) におけるショットリリース時の放電量グラフ

SはS・ショット、MはM・ショット、LはL・ショット時を示す。

FCは橈側手根屈筋、Tlaは上腕三頭筋外側頭、Tloは上腕三頭筋長頭、Daは三角筋前部、Dpは三角筋後部である。

考 察

1) ワンハンドショットにおける筋活動電位の定性的考察

ワンハンドショットは利き腕を中心としてボールを押し出す運動であり、下肢の伸展で得られた運動エネルギーを躯幹に伝達し、上肢による押し出し動作でボールコントロールを行っているものと考えられる。今回得られた筋電図の定性的ならびに定量的解析結果から、手関節・肘関節・肩関節群には、それぞれ習熟度に起因すると考えられる変異が観測された。それ故、これらの変異はワンハンドショットを構成する運動構造の中でも、この運動の巧拙を決定づける重度な要因と考えられる。

定性的な解析結果から、手関節筋群の放電様相に関しては、最も習熟度が高いと考えられる熟練者O.S.の場合、S・ショット、M・ショットでは、肘関節伸展前（リリース前半）に短橈側手根伸筋と橈側手根屈筋の顕著な同時放電が観察された。肘関節伸展からリリース（リリース後半）にかけては短橈側手根伸筋の放電が急激に減少し、橈側手根屈筋のみに顕著な放電の出現が認められた。リリース前半、手関節はボールをセットアップした状態で積極的な関節運動は行われていない。それ故、手関節屈曲筋の橈側手根屈筋と手関節伸展筋の短橈側手根伸筋の同時放電は手関節固定に関与しているものと考えられ、リリース後半の橈側手根屈筋の放電は手関節屈曲動作、すなわち、手首のスナップ動作を行っているものである。しかしながら、L・ショットになると、橈側手根屈筋と短橈側手根伸筋との同時放電は観察されず、リリースの前・後半で顕著な放電の交代が認められた。この場合、リリース前半、手関節は伸展されているものの固定はなされておらず、リリース後半、手関節屈曲動作を行っているものと考えられる。手関節の屈曲動作は、ボールに対して最終出力を伝達するものであり、ボールコントロールに大きく関与しているものと考えられる。経験者W.D.ならびにS.S.においてはS・ショットからL・ショットを通し橈側手根屈筋と短橈側手根伸筋の同時放電は観察されず、放電の交代あるいはリリース後半の短橈側手根伸筋の顕著な放電の出現のみが観察された。これはリリース前半に手関節の固定が十分になされないまま、手首のスナップ動作が行われていることを示しているものである。

肘関節筋群に関しては、上腕筋および二関節筋で肩関節屈曲にも関与する上腕二頭筋長頭にはリリース後半に放電の出現がみられたが、顕著な放電の増減は認められず持続放電を示すのみであった。動作よりこの時期、肘関節は伸展されており顕著な放電の増減は認められなかったものと考えられる。肘関節伸展の主働筋である上腕三頭筋の場合、外側頭はリリース後半から放電を開始しリリースにかけて放電の出現がみられた。二関節筋で肩関節伸展にも関与する長頭も外側頭と同様の放電の出現傾向が認められ、リリース時まで肘関節伸展力を利用したショット動作を行っているものと考えられる。

肩関節筋群に関しては、熟練者O.S.の場合、S・ショット、M・ショットでは三角筋前部および同筋後部は、リリース後半、肘関節伸展筋群より遅れて放電を開始し、リリースにかけて同時

放電の出現が観察された。しかしながら、L・ショットでは三角筋前部の顕著な放電は肘関節伸展時、顕著な放電の減少傾向を示し、それに呼応して三角筋後部に顕著な放電の出現が観察されるようになった。経験者W.D.の場合、S・ショット、M・ショットで三角筋後部には顕著な放電の出現は認められず、三角筋前部との同時放電は認められなかった。L・ショットでは熟練者O.S.の場合と同様の放電様相の出現が認められた。経験者S.S.の場合、すでにS・ショットの時点で熟練者O.S.と経験者W.D.のL・ショット時と同様な放電様相の出現が観察された。三角筋前部は肩関節屈曲の分力を有しており、同筋後部は肩関節伸展の分力を有している。それ故、拮抗的作用を有する両筋の同時放電は肩関節固定に関与しているものと考えられる。基本動作としての上肢屈曲に関する筋電図解析結果¹⁴⁾ ¹⁵⁾より、三角筋前部の放電の減少に呼応しての同筋後部の放電は外見上同じ屈曲動作でも上腕骨が外側方向に力を入れながらなされていることを示しているものであり、投球動作に関する筋電図的研究¹³⁾の場合と同様、外見上、動作の面より大きな差異は観察されないものの、外側方向に力を入れながらの肩関節屈曲動作を行っていることを示している。また、三角筋前部のみ放電の場合は、外側方向への動作を伴わない肩関節屈曲動作を行っているものと考えられる。これらのことより、熟練者の場合、S・ショット、M・ショットでは肩関節を固定した状態で肘関節伸展、手関節屈曲によるショット動作を行っており、肩関節は力の伝達関節としての役割を果たしているのみであり、手関節・肘関節が力の発揮関節として利用され、ボールコントロールを行っているものと考えられる。バスケットボールのワンハンドショットのようにリングに対して微細な制御が要求される場合、より少ない関節による制御の方が誤差が少なく有効であると考えられる。L・ショットになると、手関節・肘関節の出力系だけでは投距離を確保することができなくなり、肩関節の出力系への参画が要求されるようになり、外転動作を伴う肩関節屈曲動作を行っているものと考えられる。経験者W.D.の場合、S・ショットの時点で肩関節は固定されておらず、手関節・肘関節・肩関節を力の発揮関節としてショット動作を行っているものと考えられる。経験者S.S.の場合、熟練者O.S.および経験者W.D.のL・ショット時と同様、投距離を確保するため肩関節の外転動作を行っているものと考えられる。

大胸筋鎖骨部に関しては、熟練者O.S.の場合、経験者W.D.、S.S.とは異なり、S・ショット、M・ショットでは顕著な放電の出現は観察されなかった。大胸筋鎖骨部は起始・停止の関係位置より、上腕骨の内転および伸展・屈曲の分力を有しており、伸展・屈曲に関しては上腕骨が水平付近までは屈曲に関与し水平位より上方においては伸展に関与する。動作の面より、S・ショット、M・ショットにおいては、上腕骨はpose1の時点ですでに水平位より挙上されており運動に直接参画する分力は有していない。L・ショットになると、リリース前半より、顕著な放電の出現が観察されるようになった。リリース前半、股関節は屈曲されており上腕骨の相対的位置も水平位以下であり、大胸筋鎖骨部の放電は肩関節の屈曲動作に関与しているものと考えられる。

フリーハンド側の肩関節筋群に関しては、熟練者・経験者のいずれの被験者においてもS・ショットからL・ショットの間、三角筋後部に顕著な放電の出現は認められなかった。投動作に関する

筋電図的研究¹³⁾、卓球のスマッシュ動作に関する筋電図的研究⁶⁾では、投げ手側およびスマッシュ側のパフォーマンス発揮に、反対側の三角筋後部の収縮による上腕骨の引き動作が利用されていた。バスケットボールのワンハンドショットにおいては、ショット距離の増加によるパフォーマンスの発揮に躯幹のひねり動作は使用されていないことを示しており、ワンハンドショット特有の動作様式に起因しているものと考えられる。

2) ワンハンドショットにおける筋活動電位の定量的考察

定量的解析結果から、手関節の屈曲動作に関与する橈側手根屈筋は、熟練者O.S.ならびに経験者W.D.の場合、ショット距離の増加に対する放電量の有意な増加は認められなかった。直列多関節運動系⁵⁾としての手関節は、肘関節・肩関節に比べ、関節を構成する筋幅の大きさから一般的に考えて筋力量は小さく、既にS・ショットの時点で筋力を使い切っているものと考えられる。経験者S.S.の場合、S・ショットに比べてM・ショットでは放電量が有意に減少し、L・ショットではM・ショットに比べて放電量は有意に増加をすることが認められ、筋力を使い切れていないものと考えられる。

肘関節伸展動作に関与する筋群では、一関節筋の上腕三頭筋外側頭は、熟練者O.S.の場合、ショット距離の増加に対する放電量の有意な増加は認められず、橈側手根屈筋の場合と同様に、S・ショットの時点で筋力を使い切っているものと考えられる。経験者W.D.、S.S.の場合、S・ショットに比べM・ショット、L・ショットになると放電量に有意な増加が認められ、筋力を使い切れていないものと考えられる。二関節筋の上腕三頭筋長頭は、熟練者・経験者のいずれの被験者においてもS・ショットからM・ショットの間、放電量の有意な増加が認められた。上腕三頭筋長頭は、肩関節伸展の分力を有しており、この筋の放電量の増加は肩関節屈曲の運動形態を有する動作に対して妨げとなるが、ショット距離の確保のため肘関節伸展筋として動員されたものと考えられる。肩関節筋群では、三角筋前部および同筋後部の放電量は、S・ショットからL・ショットの間で、熟練者・経験者のいずれの被験者においても有意な増加が認められた。一般的に考えて、手関節・肘関節・肩関節の運動系の中で肩関節が最も筋力量が大きく、手関節・肘関節に比べて筋力量に余裕がある。そのため、先ず、パフォーマンス獲得のため、出力関節としての肩関節の積極的な参画を示しているものと考えられる。しかしながら、参画の仕方は定性的解析で述べたように被験者間の放電様相に習熟度に起因すると考えられる変異が観察された。それ故、パフォーマンス獲得を定量的な面からのみ論ずることはできず、定性的な解析結果と併せて考察する必要がある。

3) 筋出力からみたワンハンドショット技術の考察

今回、行った定性的解析結果と定量的解析結果の両面より、熟練者O.S.の場合、S・ショット時のリリース前半、手関節を固定した状態でのセットアップ動作からのショット動作を行っている

た。リリース後半の肘関節伸展時、肩関節は固定されており、肘関節と手関節の出力系でボールコントロールがなされていた。M・ショット時も基本的には同様のことを行っているが、上腕三頭筋長頭の放電量の有意な増加が認められた。この放電量の増大はショット距離の確保に貢献しているものと考えられる。L・ショットになると、肘関節と手関節の出力系だけでは、ショット距離を確保することができなくなり、肩関節の出力系への参画が必要となり、リリース前の三角筋前部と同筋後部の同時放電から、放電が交代する放電様相へと変容したものであり、投動作¹³⁾にみられるような外方向に力を入れながらの肩関節屈曲動作を行っているものと考えられる。このことは、側面からのビデオ画像から、S・ショット、M・ショットではリリース時、上体はショット方向に正対しているのに対し、L・ショットでは同時期、上体の回転が観察されることから伺いしれる。すなわち、ワンハンドショットはボールスピードよりもリングに対してどのような放物線の軌跡を描くかが要求される動作であり、この際、より少ない関節で制御する方が誤差の修正が容易と考えられる。他の被験者の場合、すでにS・ショットの時点で肩関節、肘関節、手関節を力の発揮関節としてショット動作を行っており、S・ショットあるいはM・ショットの時点で外方向に力を入れながらの肩関節屈曲動作を行っていた。S・ショット、M・ショット時の外方向に力を入れながらの肩関節屈曲動作はショット距離の獲得というよりも、動作方法に起因しているものと思われる。しかしながら、外方向に力を入れながらの肩関節屈曲動作は、熟練者O.S.のS・ショット、M・ショット時のワンハンドショットのような垂直方向の制御だけでなく、躯幹の軸回転による水平方向の制御を加えることとなり、より複雑な制御が要求され誤差の修正を困難しているものと考えられる。

まとめ

バスケットボールにおけるショット動作の中から、ワンハンドショットを取り上げ、大学バスケットボール部に所属し習熟度の異なる男子7名を被験者とし、ショット動作を上肢を中心とした直列多関節運動系としてとらえ、パフォーマンス発揮の技術的要素について動作筋電図を用いて解析を行った。

その結果、以下のことが明確となった。

1) 定性的解析結果より、手関節筋群の放電様相に関しては熟練者O.S.の場合、リリース前半、手関節屈曲筋と伸展筋に同時放電が観察され、手関節を固定した状態でセットアップ動作を行っていた。他の被験者の場合、セットアップ動作時の手関節の固定は認められなかった。肘関節筋群に関してはリリース時まで肘関節伸展筋群の顕著な放電が観察された。肩関節筋群に関しては熟練者O.S.にのみリリース後半、三角筋前部と同筋後部に同時放電が観察され肩関節の固定が認められた。

2) 定量的解析結果より、リリース後半の手首のスナップ動作に関与する手関節屈曲筋の場合、熟練者O.S.ならびに経験者W.D.の被験者においてはショット距離の増加に対する放電量の有意な増加は認められなかった。肘関節伸展動作に関与する筋群では、一関節筋の上腕三頭筋外側頭は熟練者O.S.の場合、ショット距離の増加に対する放電量の有意な増加は認められなかった。しかしながら、二関節筋の上腕三頭筋長頭はショット距離の増加に対する放電量の有意な増加が認められる場合があり、二関節筋の運動への参画を示唆させるものであった。肩関節筋群では、三角筋前部および同筋後部の放電量は、S・ショットからL・ショットの間で、熟練者・経験者のいずれの被験者においても有意な増加が認められた。

3) 定性的解析結果と定量的解析結果より、筋出力からみたワンハンドショットの技術については、熟練者O.S.の場合、S・ショット、M・ショット時のリリース前半、手関節を固定した状態でのセットアップ動作からのショット動作を行っていた。リリース後半の肘関節伸展時、肩関節は固定されており、肘関節と手関節の出力系でボールコントロールがなされていた。ワンハンドショットはボールスピードよりもリングに対してどのような放物線の軌跡を描くかが要求される動作であり、この際、より少ない関節で制御の方が誤差の修正を容易にすると考えられた。L・ショットになると、肘関節と手関節の出力系だけでは、ショット距離を確保することができなくなり、肩関節の出力系への参画が認められるようになった。他の被験者の場合、すでにS・ショットの時点で肩関節、肘関節、手関節を力の発揮関節としてのショット動作を行っていた。このことはショット距離を確保というよりも技術的差異に起因したものであったが、垂直方向の制御だけでなく躯幹の軸回転による水平方向の制御を加えることとなり、より複雑な制御が要求され誤差の修正を困難しているものと考えられた。

文 献

- 1) 浅見俊雄・宮下充正・渡辺融：「Ⅲバスケットボール選手のトレーニング」現代体育・スポーツ体系 バレーボール バスケットボール ハンドボール 第26巻、pp153-190、講談社、東京、1984。
- 2) 藤川智彦・大島徹・熊本水頼・横井信安：拮抗筋群による協調制御機能、日本機械学会論文集C編63-607、135-142、1997。
- 3) Gerrit Jan Van Ingen Schenau：ON the action of Bi-articular muscles, A review. Netherlands Journal of Zoology 40(3), 521-540, 1990.
- 4) 原田 茂：HARADA'Sバスケットボールテクニク、pp67-86、日本文化出版、東京、1986。
- 5) 橋本不二雄・山下謙智・熊本水頼：直列多関節運動系の解析—ベダリング動作について—、第8回日本バイオメカニクス学会大会論集、123-129、1986。
- 6) 生田章：卓球におけるフォアハンド技術の動作ならびに筋電図的研究、兵庫教育大学大学院学位論文、1996。

- 7) 石黒哲也・阿江通良・藤井範久：バスケットボールのワンハンドシュートにおける上肢の動きに関するバイオメカニクス的研究、日本体育学会第49回大会号、374、1998。
- 8) Minayori Kumamoto, Toru Oshima, Tomohisa Yamamoto : Control properties induced by the existence of bi-articular muscles-Mechanical engineering model analyses、Human Movement Science 13, 610-634, 1994.
- 9) 日本バスケットボール協会編：バスケットボール指導教本、pp63-78、大修館書店、東京、2002。
- 10) 荻田亮・渡辺一志・松永智・嶋田出雲：バスケット競技における攻撃行動の地域特性、大阪市立大学保健体育学研究紀要、15-20、1995。
- 11) Oka, H., Okamoto, T. and Kumamoto, M : Electromyographic and Cinematographic Study of the Volleyball Spike, Biomechanics VI-B, International Series on Biomechanics, 126-131, 1978.
- 12) 岡 秀郎・岡本 勉・吉澤正尹・熊本水頼：マット運動における前方倒立回転とびの筋電図的研究、第9回日本バイオメカニクス学会大会論集、273-277、1989。
- 13) 岡 秀郎・吉澤正尹・岡本 勉・徳山 廣・熊本水頼：筋電図による野球の三投法の比較、身体運動の科学IV、147-156、杏林書院、東京、1983。
- 14) Okamoto, T. : A Study of the Variation Discharge Pattern during Flexion of the Upper Extremity, 関西医科大学教養部紀要, 111-122, 1968.
- 15) Okamoto, T., Takagi, K. and Kumamoto, M. : Electromyographic Study of Elevation of the Arm、Journal of Physical Education, Vol.11-3, 127-136, 1967.
- 16) 岡本 勉・高木公三郎・熊本水頼：上肢の伸展動作の筋電図的研究、体力科学、15-1、37-72、1966。
- 17) 大島徹・熊本水頼：二関節筋機能を有するロボットアーム（二関節筋によるスティフネス特性とその効果）、日本機械学会論文集（C編）61-592、122-129、1995。
- 18) 鈴木繁之・徳山廣：バスケットボールのショットに関する筋電図的研究、日本体育学会第42回大会号B、684、1991。
- 19) 吉澤正尹：ヒトの上肢内転動作中にみられる活動電位の抑制現象に関する研究、関西医大誌、59-71、1993。
- 20) 吉澤正尹・熊本水頼：テニス・グランド・ストロークの動作学的ならびに筋電図学的研究、Japanese Journal of Sports Science、2-5、394-400、1983。