

原 著

## 下肢動作の制限がハンドボール投球動作に及ぼす影響 － 腹筋群筋活動分析による検討 －

山下裕之<sup>\*1,2</sup> 藤野雅広<sup>\*3</sup> 長尾光城<sup>\*3</sup> 種本翔<sup>\*4</sup> 宮川健<sup>\*3</sup>

### 要 約

本研究の目的は、下肢動作制限下でのハンドボール投球動作における体幹筋の腹筋群筋活動を明らかにし、その役割について検討することである。対象は、成人男子ハンドボール選手8名（年齢24.1±2.8歳）である。投球条件は、1) 投球方向に向かって3歩移動する3 step shot (3SS), 2) 投球方向に左足を1歩踏み出す1 step shot (1SS), 3) 的にに向かって正対した両下肢固定投げ (No step shot : NSS) とした。それぞれの投球条件実施時のボール速度を測定し、右左腹直筋、右左腹斜筋群の活動を、筋電図を用いて計測した。各4筋の筋活動量 (%MVC/s) とピーク時間を算出した。そして、各計測値とボール速度との相関を調べた。また、3条件間で比較した。その結果、ボール速度 (m/s) は3SS : 22.34±1.23, 1SS : 20.93±1.35, NSS : 19.13±1.77であった。筋活動量 (%MVC/s) については、3条件いずれにおいても左腹斜筋群は他の3筋と比較して最も高値を示した。右左腹直筋は3条件全てにおいて左腹直筋の方が高値を示した。また、3SS, 1SSと比較してNSSでは高値を示した。特に右腹直筋は統計学的に有意に高値となった (F=4.98, p=0.02)。ボール速度との関係では、統計学的に有意な相関を示す変数は認められなかった。ピーク時間については、3条件いずれにおいても最初にピークを示したのは左腹斜筋群であり、3SSと1SSでは踏み出し足全面接地直前にピークを示した。NSSでは、3SSおよび1SSと比べると遅れてピークを示した。3条件いずれも次にピークを示したのは左腹直筋であった。次の段階では、3SSと1SS共に右腹直筋および右腹斜筋群が、ボールリリースの直前にはほぼ同期してピークを示していたが、NSSでは右腹直筋、次いで右腹斜筋群の順にピークを示した。これらの結果から、下肢動作の制限が大きくなるのに伴い、回旋力より屈曲力が強調されていることが考えられた。特に右腹直筋の活動は、ボール速度の決定要因として関与している可能性が示された。

### 1. 緒言

ハンドボール競技における投球動作は、ステップシュートやジャンプシュート、助走なしでのシュート、投球方向とは異なる方向へジャンプしてのシュートなど多彩である。多彩であるがゆえに基本的な投球動作を確実に習得しておくことが重要である。

基本的に投球方向へのステップ動作を伴う上手投げ動作では、下肢で生み出されたエネルギーを体幹から上肢、ボールへと伝達していく並進運動と回転運動が組み合わされた運動連鎖で成り立つ<sup>1-11)</sup>。そして、下肢から上肢への連結部位となる体幹部の役

割が重要視されている。

野球の投手を対象とした上手投げ動作の研究では、下肢から体幹への運動連鎖が非効率な状態で速いボールを投げる場合には、体幹が過剰に前傾、傾斜して肩水平内転トルクを大きく生じさせてしまう、いわゆる“身体がひらいた”フォームになることが報告されている<sup>12-19)</sup>。加えて、上肢の筋力に過剰に依存した“手投げ”になることがある。その結果、肩や肘関節に大きな負担を生じさせる要因になることが指摘されている<sup>12-19)</sup>。

また、下肢のエネルギーを制約された水球競技の投球動作では、体幹と上肢によってエネルギーを生

\*1 川崎医科大学附属川崎病院 リハビリテーションセンター \*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

\*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 \*4 岩崎整形外科 リハビリテーション科

(連絡先) 山下裕之 〒700-8505 岡山市北区中山下2-1-80 川崎医科大学附属川崎病院

E-mail : y.yamashita@hp.kawasaki-m.ac.jp

み出し、ボールへ伝達する<sup>20,21)</sup>。そして、より速いボールを投げる際に、肩と肘関節運動によって生み出されるエネルギーに過剰に依存する傾向となることがあり、肩や肘関節の障害の要因となる<sup>21-23)</sup>。

これらの報告から、投球動作では、体幹が力源・伝達装置として機能することが重要となる。Matsuoら<sup>24)</sup>は、熟練した投手ほど、非熟練の投手と比較して骨盤と体幹上部の速度が速いことを示している。Stoddenら<sup>4,5)</sup>は、体幹部（骨盤と体幹上部）を強化することで、ボール速度は向上することを示している。加えて、肩と肘関節周囲の筋組織に求められる力を軽減する可能性があるとしている。槍投げ競技における報告では、体幹機能が投擲距離の重大な決定要因となっていることが示されている<sup>19,25,26)</sup>。

ハンドボール競技の投球動作を対象とした研究では、Toyoshimaら<sup>27)</sup>は、下肢動作の制限がボール速度を低下させることを報告しているが、体幹と上肢の活動の分析は行っていない。Wagnerら<sup>28)</sup>は、ジャンプスローにおいて体幹屈曲角度、体幹回旋角速度、肩内旋角速度が大きくなると、リリース時のボール速度が増大すると報告している。また、Tillaarら<sup>3)</sup>はステップスローにて、ボール速度と肩内旋角速度および骨盤回旋角度ピーク時間との間に相関を認め、ボール速度が速い程、骨盤回旋が早期に起こると報告している。これらの報告は、体幹機能の重要性を示していると考えられる。しかし、これらの報告は3次元動作分析の結果であり、ハンドボール投球動作における体幹の筋活動については明らかになっていない。

そこで、下肢より生み出されるエネルギーの変化による、体幹筋群の活動について把握することが重要であると考えられる。その結果は、体幹、特に投球方向への推進力となる屈筋、回旋筋群を力源装置として機能させるための有益な情報になると考えられる。そして、基本的なハンドボール投球動作を習得させるための指導方法の確立につながることを期待できる。

そこで本研究の目的は、ハンドボール投球動作における下肢動作の制限が腹筋群の活動に及ぼす影響を明らかにし、腹筋群の役割について検討することとした。

## 2. 方法

### 2.1 対象

成人男子ハンドボール選手8名（年齢 $24.1 \pm 2.8$ 歳、身長 $175.4 \pm 4.6$ cm、体重 $73.9 \pm 6.1$ kg、競技歴 $11.9 \pm 2.9$ 年、全員右利き）で、国体出場レベル（全国大会優

勝経験等）の選手とした。関節可動域や筋力の簡易的な評価および練習状況観察により、投球動作に影響を及ぼすような障害や不調のないことを確認して実施した。対象者にはヘルシンキ宣言の趣旨に基づいて、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認（承認番号250）を得た実験計画書および同意書を用いて研究の目的や内容を説明し、実験への協力の同意を得た。

### 2.2 測定および算出方法

十分なウォーミングアップを行った後、投球方向に向かって3歩移動する3 step shot（以下3SS）、投球方向に左足を1歩踏み出す1 step shot（以下1SS）、的に向かって正対した両下肢固定投げ（No step shot:以下NSS）の3条件の投球動作を実施した。

ボールは男子公式3号球（約435g）を使用した。床面からの高さ1.65mの位置に $0.5 \times 0.5$ mの正方形の的を設置し、6m離れた位置から投球した。各3条件の安定した動作を測定するためにランダムではなく条件毎に連続して、3SS、1SS、NSSと難易度の低い順に実施した。可能な限り速いボール速度で投球するよう指示した。それぞれ5回的に当てることとし、各試技の間に適度な休憩をとることを許可した。解析にはそれぞれ2, 3, 4回目の3試技を用いた。3試技で得られた値の平均値を測定値とした。

### 2.3 筋電図（EMG）の誘導および記録

表面筋電図電極を以下の部位に貼付した。

- 1) 腹直筋：臍の外側2cmで臍画にかからない位置
- 2) 腹斜筋群：左右外内腹斜筋重層部：腸骨稜頂上と上前腸骨棘と結ぶ線の中央より上方2cm上記部位右左の計4ヵ所とした。

十分に皮膚処理をし、プリアンプ付表面電極（日本光電社製）を貼り付けた。得られた電気信号は、マルチテレメータシステム（WEB-5000、日本光電社製）から、AD変換器PowerLab（ADInstruments Japan Inc）に送られ、サンプリング周波数1000Hzでデジタル変換されPCに記録された。解析ソフトには、Chart Ver. 5.0 Macintosh（ADInstruments Japan Inc）を用いた。

全波整流し、筋電図積分値を得た。そして、最大随意収縮を100%として規格化した。

試技は4台の高速度カメラにて撮影した。撮影速度は200Hz（毎秒200コマ）とした。各カメラの映像は、筋電図計測と同期させて記録した。

### 2.4 計測項目

#### 2.4.1 ボール速度

ボールリリース直後のボール速度（m/s）を計測した。

#### 2.4.2 筋活動量

右左腹直筋および右左腹斜筋群それぞれについて、%MVCをボールが投球方向へ動き始めた時間からボールリリースまでの時間(図1)で除して%MVC/sを算出した。

### 2.4.3 ピーク時間

得られた筋電図データを全波整流した後、ローパスフィルター(5Hz)にかけて平滑化して各4筋のピーク時間を計測した。

### 2.5 統計学的処理

計測値は平均値±標準偏差で示した。各計測項目について一元配置分散分析とBonferroniの多重比較を用いて3条件間で比較した。また、各計測項目とボール速度との相関をPearsonの相関係数を算出して調べた。統計ソフトはSPSS(Ver. 22)を用いた。有意水準は5%未満とした。

## 3. 結果

### 3.1 ボール速度(m/s)

3SSは $22.34 \pm 1.23$  m/s, 1SSは $20.93 \pm 1.35$  m/s, NSSは $19.13 \pm 1.77$  m/sであった。NSSは3SSと比較して有意に低値を認めた( $F=8.41, p=0.002$ ) (表1)。

### 3.2 筋活動量(%MVC/s)

3SS, 1SS, NSSいずれにおいても左腹斜筋群は他の3筋と比較して高値を示した。次に高値を示したのは3SSでは右腹斜筋群, 1SS, NSSでは左腹直筋であった。3条件いずれにおいても右腹直筋は最も低値を示した。

右腹直筋のみ3SSと1SSと比較してNSSでは有

意に高値を示した( $F=4.98, p=0.02$ )。左腹直筋も3SS, 1SSと比較してNSSでは高値を示したが、統計学的有意差は認められなかった( $F=2.57, p=0.10$ )。

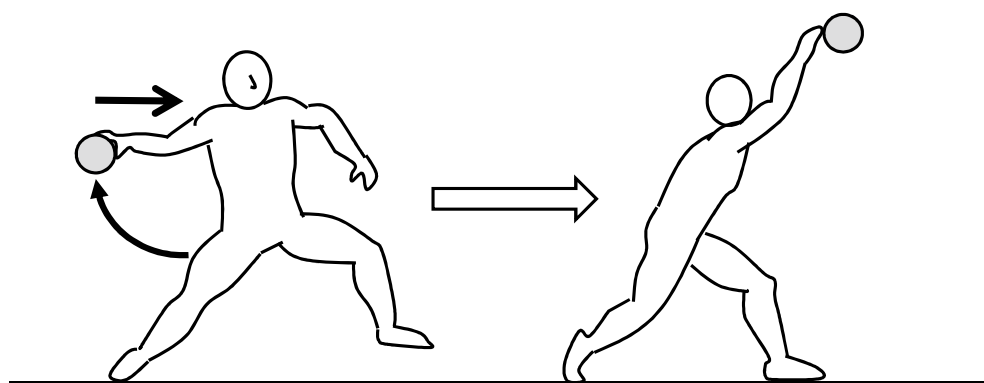
ボール速度との関係では、3SSの右腹斜筋群( $r=0.69, p=0.06$ )と、NSSの右腹直筋( $r=0.70, p=0.06$ )において相関の傾向は認められたが、統計学的に有意な相関を示した変数は認められなかった(表1, 表2)。

### 3.3 ピーク時間

3SSと1SS, NSSいずれにおいても最初にピークを迎えるのは左腹斜筋群であり、3SSと1SSにおいては踏み出し足全面接地の直前にピークを示した。NSSでは、3SSと1SSと比べると遅れてピークを示した。3条件いずれも次にピークを示したのは左腹直筋であった。次の段階では、3SSと1SS共に右腹直筋と右腹斜筋群が、ボールリリースの直前にほぼ同期してピークを迎えていたが、NSSでは右腹直筋、次いで右腹斜筋群の順にピークを示した(図2, 図3, 表3)。

## 4. 考察

予備実験として、Ngら<sup>29)</sup>の報告に準じて、外腹斜筋、内腹斜筋単独部位に電極を貼付して実施を試みた。しかし、安定したデータを得ることが困難であった。ステップ時の衝撃や急激な捻じれや曲げによる影響であると考え、本実験では外内腹斜筋重層部位で、安定してデータを採取できる部位を選



テークバック中、X軸投球方向に対して負の方向の速度であったボールが正の方向の速度に転じた瞬間からボールリリースまでの時間

	3SS	1SS	NSS
ボール速度が投球方向へ正となった時間～ボールリリース時間(秒)	$0.283 \pm 0.061$	$0.266 \pm 0.055$	$0.285 \pm 0.059$

Mean±SD

図1 筋活動量の分析対象期間

表1 各条件のボール速度および筋活動量

	3SS	1SS	NSS	多重比較
ボール速度 (m/s)	22.34 ± 1.23	20.93 ± 1.35	19.13 ± 1.77	<0.002 <sup>3N</sup>
右腹直筋 (%MVC/s)	18.17 ± 8.31	19.92 ± 12.88	43.84 ± 25.15	<0.03 <sup>3N</sup> <0.047 <sup>1N</sup>
左腹直筋 (%MVC/s)	35.37 ± 20.39	43.54 ± 30.14	72.85 ± 43.07	NS
右腹斜筋群 (%MVC/s)	54.85 ± 55.52	38.89 ± 18.51	49.62 ± 16.52	NS
左腹斜筋群 (%MVC/s)	116.98 ± 51.75	95.13 ± 54.38	105.72 ± 50.40	NS

Mean ± SD, NS : no significant, <sup>3N</sup> : 3SS と NSS との間, <sup>1N</sup> : 1SS と NSS との間

表2 各条件における各選手別の筋活動量

	対象者	右腹直筋	左腹直筋	右腹斜筋群	左腹斜筋群
3SS	001	10.74	28.02	27.39	71.53
	002	25.77	15.44	46.19	139.45
	003	12.56	71.74	34.33	80.02
	004	9.37	16.72	17.17	70.23
	005	18.77	57.52	26.07	130.04
	006	33.30	29.59	55.05	231.81
	007	10.34	13.83	198.78	77.02
	008	24.51	50.10	33.87	135.76
	Mean ± SD	18.17 ± 8.31	35.37 ± 20.39	54.85 ± 55.52	116.98 ± 51.75
1SS	001	22.42	111.48	31.32	47.68
	002	18.60	27.63	27.09	32.91
	003	6.97	26.39	43.23	78.92
	004	4.26	15.51	15.57	68.10
	005	16.76	52.58	25.50	92.57
	006	34.97	34.37	50.76	214.10
	007	11.09	16.40	79.63	84.14
	008	44.27	63.97	38.02	142.64
	Mean ± SD	19.92 ± 12.88	43.54 ± 30.14	38.89 ± 18.51	95.13 ± 54.34
NSS	001	25.80	115.27	49.08	63.15
	002	41.99	43.14	69.76	75.52
	003	8.44	23.39	37.44	69.95
	004	13.54	23.75	19.31	62.65
	005	42.18	145.77	38.81	102.00
	006	69.31	46.08	53.75	210.19
	007	74.71	108.12	72.75	97.64
	008	74.78	77.31	56.06	164.63
	Mean ± SD	43.84 ± 25.15	72.85 ± 43.07	49.62 ± 16.52	105.72 ± 50.40

単位 : %MVC/s

扱った。また、投球動作を分析する際には、投球相 (take back/cocking/acceleration/ball release/follow through) に分けることが通例であるが、3条件を比較する上で、同じ基準にするために分析期間を投球方向へボールが動き出した時間からボールリリースまでの時間に定めた。

#### 1) 左腹斜筋群について

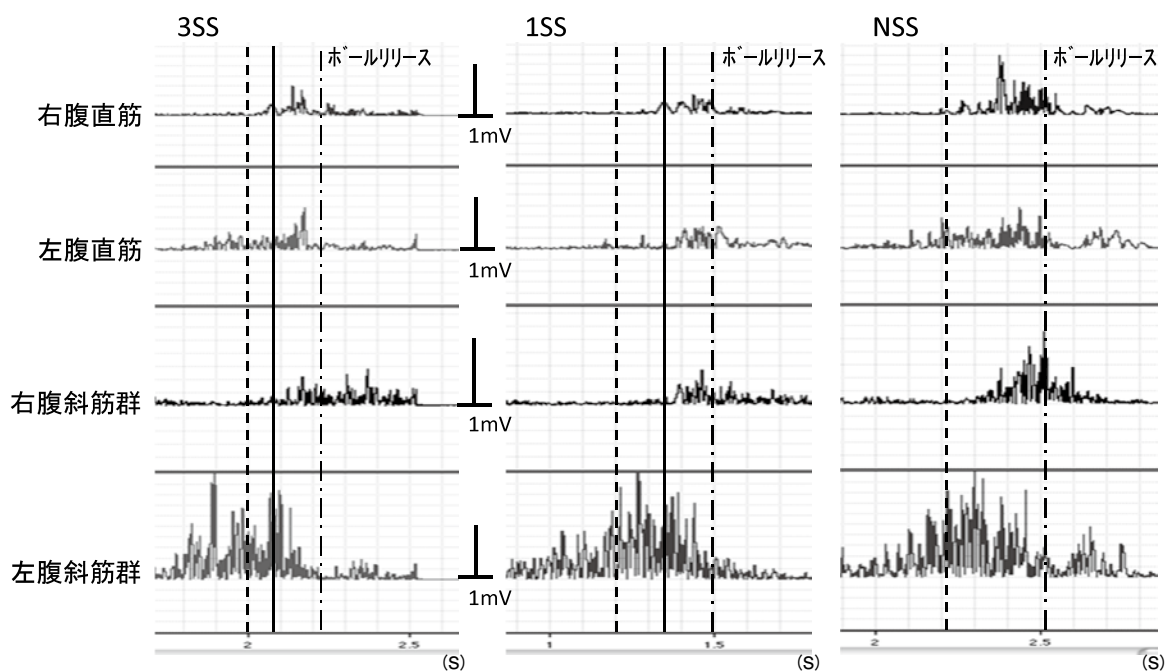
左腹斜筋群の活動は3条件いずれにおいても最も高値を示した。そして、その活動の時期は3SS (0.221s) と1SS (0.214s) とともに左踏み出し足全面接地前後であり、NSS (0.176s) では僅かに遅れて

ピークを示していた。Watkins ら<sup>30)</sup> はプロ野球投手を対象とした研究において、左腹斜筋群の活動量が最も高値であったこと、その活動時期は踏み出し足接地期から肩最大外旋時期であったことを示した。また、Hirashima ら<sup>31)</sup> は、左腹斜筋の活動は踏み出し足全面接地 (0.190s) 前より起こり、ピークは接地直前であったと報告している。そして、この活動は、骨盤から上位体幹部の早期左回旋に対する抑制の役割を果たしていると考えられている。いわゆる“身体がひらく”ことを防ぎ、“ため”を作る作業であると考えられる。投球動作では踏み出し足

表3 各条件における各筋活動ピーク時間

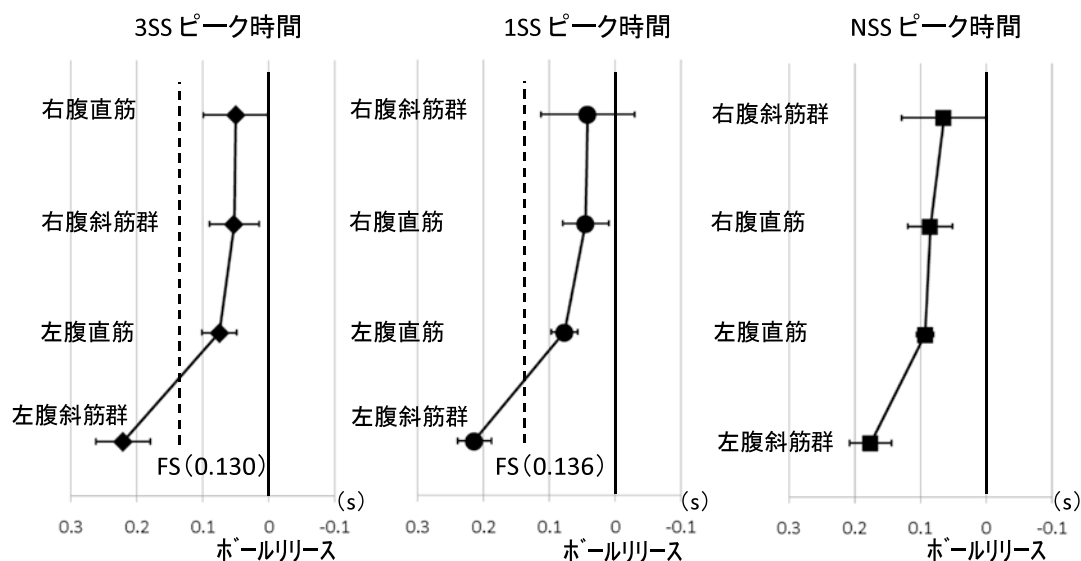
対象者	右腹直筋	左腹直筋	右腹斜筋群	左腹斜筋群	
3SS	001	0.101	0.046	0.023	0.251
	002	0.055	0.071	0.088	0.203
	003	-0.023	0.072	-0.007	0.158
	004	0.042	0.029	0.095	0.283
	005	0.032	0.087	0.063	0.229
	006	0.067	0.095	0.086	0.207
	007	0.013	0.119	0.004	0.148
	008	0.113	0.081	0.067	0.289
	Mean ± SD	0.050 ± 0.042	0.075 ± 0.026	0.052 ± 0.038	0.221 ± 0.049
1SS	001	0.026	0.093	0.071	0.131
	002	0.060	0.075	-0.033	0.154
	003	0.014	0.074	0.043	0.149
	004	0.039	0.030	0.036	0.317
	005	0.067	0.099	0.054	0.327
	006	0.068	0.078	0.012	0.250
	007	0.005	0.088	0.070	0.187
	008	0.080	0.080	0.083	0.196
	Mean ± SD	0.045 ± 0.026	0.077 ± 0.020	0.042 ± 0.035	0.214 ± 0.071
NSS	001	0.058	0.087	0.113	0.118
	002	0.065	0.111	0.109	0.042
	003	0.041	0.085	0.038	0.196
	004	0.066	0.080	0.039	0.232
	005	0.121	0.112	0.102	0.220
	006	0.096	0.076	0.037	0.163
	007	0.096	0.095	0.033	0.256
	008	0.141	0.100	0.047	0.185
	Mean ± SD	0.086 ± 0.032	0.093 ± 0.013	0.065 ± 0.034	0.176 ± 0.065

単位：秒



点線: ボール速度が投球方向に対して正の値に転じた時間  
 実線: 踏み出し足全面接地時間  
 長鎖線: ボールリリース

図2 各条件の筋電図記録の典型例 (対象者008)



FS (foot strike) : 左踏み出し足全面接地

図3 各条件におけるピーク時間

接地後より急速に骨盤の左回旋が起こる<sup>3,9,10,32</sup>。そのため上部体幹の回旋に先行して起こる骨盤回旋によって引き起こされる左腹斜筋群のストレッチ-ショートニングサイクル<sup>33</sup>の影響が左腹斜筋群の活動量が高値を示した要因であると推測している<sup>31</sup>。我々の結果も同様のことと考える。また、下肢のエネルギーが減少するのに伴い活動量は低値を示すことが予測されたが、3SSと1SS、NSSの活動量に有意差は認められなかった。左腹斜筋群は力源機能を発揮し、速いボールを投げるために必要なエネルギーを維持するために、減少した下肢エネルギーを補完した結果と推測される。NSSでのピークが3SSと1SSより遅れていたことは、下肢より生み出されるエネルギーが制限されている影響に加え、投球方向に正対して両足を固定しているため、3SSと1SSと比べて骨盤が投球開始時点で左回旋した肢位であったためと推測される。

## 2) 右腹斜筋群について

右腹斜筋群の活動量は、3SSでは左腹斜筋群に次いで高値を示した。1SSとNSSでは左腹斜筋群>左腹直筋>右腹斜筋群の順となっていた。また、ピーク時間について、平均値では右腹直筋とほぼ同期し、リリース直前でピークを示していたが、明確なピークを示さないパターンや、リリース後にピークを示す選手もあり、個人差が大きい結果を示した(表1)。

右腹斜筋群の活動は野球のピッチングにおいて踏み出し足接地後より起こることが報告されている<sup>31</sup>。よって、右腹斜筋群は体幹が投球方向へ向かって回旋する時の回旋筋として作用しているものと

考えられる。3条件の間で活動量に差は認められなかったが、3SSでは右腹斜筋群の活動が1SSとNSSと比べて高値となっており、ボール速度と相関傾向( $r=0.69$ ,  $p=0.06$ )も認められることから回旋筋として有効に作用していると考えられる。そして、下肢動作が制限されても左腹斜筋群と同様に活動量に差は認められないことから力源として作用していることが考えられる。しかし、データに個人差が大きいことから、1SSとNSSでは力源としての効率性については不明瞭であり、対象者によって異なることが推測される。

## 3) 腹直筋群について

左腹直筋の活動量は、3SSでは右腹斜筋群より低値を示した。しかし、下肢動作の制限が大きくなるのに伴い活動量は増加し、1SSとNSSでは右腹斜筋群よりも高値を示した。右腹直筋は3条件いずれにおいても最も低値を示していたが、左腹直筋同様下肢動作の制限が大きくなるのに伴い活動量は増加を示した。そして、3SSおよび1SSと比較してNSSでは有意に高値を示していた。Hirashimaら<sup>31</sup>は、リリース直前で右左腹直筋がピークを迎えることを報告している。そして、Whiteleyは<sup>32</sup>、このHirashimaらの結果について体幹の回旋から屈曲への協調運動としてボール速度を向上させるための有用な活動であると考察している。右左腹直筋のピーク時間に僅かな違い(平均0.021s)はあるが、下肢動作の制限が大きくなるのに伴い、体幹の回旋よりも屈曲作用が強調されていると推測される。また、野球のピッチングやテニスサーブでの報告

<sup>30,34,35)</sup>では、リリースやインパクトに向けて非利き手側の腹斜筋と腹直筋の活動が優位であると報告されている。本研究でもほぼ同様の結果が示されると考えられる。

右腹直筋の活動量において、NSSで有意に高値となっていた。これは、ハンドボールの質量が野球のボールやテニスラケットおよびテニスボールと比較して重いことが影響していると考えられる。野球のピッチングやテニスサーブよりも上肢の筋力を発揮していることが推測され、加速期からボールリリースにかけて、右上肢が前方に向かって並進、回転運動する力に対する反作用に抵抗している結果であると考えられる。下肢動作を伴う3SSと1SSでは、下肢エネルギー分で抵抗していると考えられる。一方、NSSでは下肢エネルギーが小さいことが考えられるため、右腹直筋が有意に大きな活動量を示したものと推測される。また、ボール速度と相関傾向( $r=0.70$ ,  $p=0.06$ )も示されていることから、右腹直筋の活動は、下肢動作制限下でのハンドボール投球動作において、ボール速度の決定要因として関与している可能性が示された。

## 5. まとめ

成人男子ハンドボール選手を対象に、3SS、1SS、NSSの3条件の投球動作における腹筋群（右

左腹斜筋群、右左腹直筋）の活動を分析した。

左腹斜筋群は他の3筋と比較して3SS、1SS、NSSいずれにおいても最も高値を示した。また、左腹斜筋群は最初にピークを示した筋群であった。ピーク時期は3SS、1SSでは踏み出し足全面接地期直前であり、NSSでは僅かに遅れてピークの時期を示していた。

右腹斜筋群では、3SS、1SS、NSSの活動量は同等であった。そして、ピーク時間において3SSと1SSでは右腹直筋とほぼ同期していたが、NSSでは右腹直筋に次いでボールリリース直前にピークを示していた。

左腹直筋は左腹斜筋群に次いで高値を示した。また、下肢動作の制限が大きくなるのに伴い活動量は増加していた。右腹直筋は3条件全てにおいて最も低値を示した。3SS、1SSと比べてNSSで有意に高値を示した。

リリース直前では右腹斜筋群と右腹直筋がピークを示していた。3SSと1SSと比べてNSSでは、早期にピークを示していた。

これらの結果から、下肢動作が制限されることに伴い、回旋力より屈曲力が強調されていることが示された。特に右腹直筋の活動は、ボール速度の決定要因として関与している可能性が示された。

## 文 献

- 1) Burkhart SS, Morgan CD and Kibler WB : The disabled throwing shoulder : Spectrum of pathology Part III : The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy*, **19**(6), 641 – 661, 2003.
- 2) van den Tillaar R and Ettema G : Instructions emphasizing velocity, accuracy, or both in performance and kinematics of overarm throwing by experienced team handball players. *Perceptual and Motor Skills*, **97**, 731 – 742, 2003.
- 3) van den Tillaar R and Ettema G : A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball player. *Journal of Applied Biomechanics*, **23**, 12 – 19, 2007.
- 4) Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP and Andrews JR : Relationship of biomechanical factors to baseball pitching velocity : Within pitcher variation. *Journal of Applied Biomechanics*, **21**(1), 44 – 56, 2005.
- 5) Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP, Lyman SL and Andrews JR : Relationship of pelvis and upper torso kinematics to pitched baseball velocity. *Journal of Applied Biomechanics*, **17**, 164 – 172, 2001.
- 6) Roach NT and Lieberman DE : Upper body contributions to power generation during rapid, overhand throwing in humans. *Journal of Experimental Biology*, **217**, 2139 – 2149, 2014.
- 7) Seroyer ST, Nho SJ, Bach BR Jr., Bush-Joseph CA, Nicholson GP and Romeo AA : Shoulder pain in the overhead throwing athlete. *Sports Health*, **1**(2), 108 – 120, 2009.
- 8) Young JL, Herring SA, Press JM and Casazza BA : The influence of the spine on the shoulder in the throwing athlete. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, **7**(1), 5 – 17, 1996.
- 9) Calabrese GJ : Pitching mechanics, revisited. *International Journal of Sports Physical Therapy*, **8**(5), 652 – 660, 2013.
- 10) Hong D and Roberts EM : Angular movement characteristics of the upper trunk and hips in skilled baseball pitching. *Biomechanics in Sports XI : Proceedings of the XI Symposium of the International Society of Biomechanics*



- in Sports*, 338–343, 1993.
- 11) Ishida K and Hirano Y : Effects of non-throwing arm on trunk and throwing arm movements in baseball pitching. *International Journal of Sport and Health Science*, **2**, 119–128, 2004.
  - 12) Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ and Escamilla RF : Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *American Journal of Sports Medicine*, **23**(2), 233–239, 1995.
  - 13) Wilk KE, Meister K and Andrews JR : Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *American Journal of Sports Medicine*, **30**(1), 136–151, 2002.
  - 14) Meister K : Injuries to the shoulder in the throwing athlete. Part one : Biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *American Journal of Sports Medicine*, **28**(2), 265–275, 2000.
  - 15) Fleisig GS, Barrentine SW, Escamilla RF and Andrews JR : Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sports Medicine*, **21**(6), 421–437, 1996.
  - 16) Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, Escamilla RF and Andrews JR : Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *Journal of Biomechanics*, **32**(12), 1371–1375, 1999.
  - 17) Jobe FW, Tibone JE, Perry J and Moynes D : An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching. A preliminary report. *American Journal of Sports Medicine*, **11**(1), 3–5, 1983.
  - 18) Dillman CJ, Fleisig GS and Andrews JR : Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *Journal of Orthopedics Sports Physical Therapy*, **18**(2), 402–408, 1993.
  - 19) Morriss C and Bartlett R : Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Medicine*, **21**(6), 438–446, 1996.
  - 20) Elliott BC and Armour J : The penalty throw in water polo : A cinematographic analysis. *Journal of Sports Sciences*, **6**(2), 103–114, 1988.
  - 21) Feltner ME and Taylor G : Three-dimensional kinetics of the shoulder, elbow, and wrist during a penalty throw in water polo. *Journal of Applied Biomechanics*, **13**, 347–372, 1997.
  - 22) Whiting WC, Puffer JC, Finerman GA, Gregor RJ and Maletis GB : Three-dimensional cinematographic analysis of water polo throwing in elite performers. *American Journal of Sports Medicine*, **13**(2), 95–98, 1985.
  - 23) 高木英樹 : 水球競技における投球速度向上要因について. *バイオメカニクス研究*, **16**(3), 162–168, 2012.
  - 24) Matsuo T, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW and Andrews JR : Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. *Journal of Applied Biomechanics*, **17**, 1–13, 2001.
  - 25) Mero AA, Komi PV, Korjus T, Navarro E and Gregor RJ : Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *Journal of Applied Biomechanics*, **10**, 166–177, 1994.
  - 26) Chow JW, Kuenster AF and Lim YT : Kinematic analysis of javelin throw performed by wheelchair athletes of different functional classes. *Journal of Sports Science and Medicine*, **2**(2), 36–46, 2003.
  - 27) Toyoshima S, Hoshikawa T, Miyashita M and Oguri T : Contribution of the body parts to throwing performance. In Komi PV ed, *Biomechanics IV*, University Park Press, Baltimore, 169–174, 1974.
  - 28) Wagner H, Buchecker M, von Duvillard SP and Müller E : Kinematic description of elite vs. Low level players in team-handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, **9**(1), 15–23, 2010.
  - 29) Ng JK, Kippers V and Richardson CA : Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, **38**(1), 51–58, 1998.
  - 30) Watkins RG, Dennis S, Dillin WH, Schnebel B, Schneiderman G, Jobe FW, Farfan H, Perry J and Pink M : Dynamic EMG analysis of torque transfer in professional baseball pitchers. *Spine*, **14**(4), 404–408, 1989.
  - 31) Hirashima M, Kadota H, Sakurai S, Kudo and Ohtsuki T : Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *Journal of Sports Sciences*, **20**(4), 301–310, 2002.
  - 32) Whiteley R : Baseball throwing mechanics as they relate to pathology and performance – A review, *Journal of Sports Science and Medicine*, **6**, 1–20, 2007.
  - 33) Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ, Wilson GJ, Kraemer WJ and Häkkinen K : Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **75**(4), 333–342, 1997.
  - 34) Chow JW, Shim JH and Lim YT : Lower trunk muscle activity during the tennis serve. *Journal of Science and*



*Medicine in Sport*, 6(4), 512–518, 2003.

- 35) Chow JW, Park SA and Tillman MD : Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology*, 1(1), 1–14, 2009.

(平成27年6月19日受理)

## Effect of Limited Lower Extremity Activity on Handball Overarm Throwing – study on EMG analysis for abdominal muscles activities

Yasuyuki YAMASHITA, Masahiro FUJINO, Mitsushiro NAGAO,  
Shou TANEMOTO and Takeshi MIYAKAWA

(Accepted Jun. 19, 2015)

**Key words** : handball throwing, abdominal muscles, no step shot, EMG analysis

### Abstract

The aim of this study was to analyze the abdominal muscles activities of overarm throwing with limited lower extremity activity in 8 male handball players (mean age :  $24.1 \pm 2.8$ ). We set subjects three throwing task, 1) 3-step shot (3SS), 2) 1-step shot (1SS), 3) no step shot (NSS). We compared 4 abdominal muscles activities in 3 type throwing. The 4 abdominal muscles were right and left rectus abdominal, right and left oblique muscles. Also, we measured peak timing of four muscles activities. Ball velocity decreased as activities of lower extremities were more limited. It was not correlated with ball velocity in the 4 muscles for 3 type throwing. It was showed the highest activity in the left oblique muscles. Both sides rectus abdominis from 3 SS, 1 SS showed in NSS highs (right rectus abdominis was significant different :  $p < 0.05$ ). The left oblique muscles was in all 3 type will peak in the first. Left oblique muscles became peak just before foot strike in 3SS, 1SS. NSS it was delayed a peak timing than 3SS, 1SS. Next peaking muscle was left rectus abdominis. Finally, right rectus abdominis and right oblique muscles Synchronized and reached a peak at just before ball release in 3SS, 1SS. But It was showed that right oblique muscles link from right rectus abdominis in NSS. The results of these showed that bending force more important than rotation power with limited lower extremity activity. Especially the right rectus abdominis activity, suggested that became a important determinants of ball velocity.

Correspondence to : Yasuyuki YAMASHITA \*1 Kawasaki Medical School Kawasaki Hospital  
\*2 Doctoral Program in Health Science  
Graduate School of Health Science and Technology  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Okayama, 700-8505, Japan  
E-mail : [y.yamashita@hp.kawasaki-m.ac.jp](mailto:y.yamashita@hp.kawasaki-m.ac.jp)  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.25, No.1, 2015 95 – 104)