研究報告

中学生野球選手の側腹筋厚と肩甲骨周囲筋筋力との関係 *

武田和之 [1) 2)]・加藤洋一 [1)]・中嶋友哉 [1)]・井部沙紀 [1)]・小澤武光 [1)]
前川真太郎 [3)]・萩尾光咲 [4)]・加藤芳司 [5) 6)]

【要　旨】

【目的】本研究は，中学生における側腹筋厚（外腹斜筋（以下，EO）内腹斜筋（以下，IO）腹横筋）の投球側と非投球側の差異を明らかにすることと，側腹筋厚と投球側肩甲骨内転筋ならびに投球側肩甲骨下制・内転筋の筋力との関係を明らかにすることを目的とした．【方法】対象者は中学生野球選手 24 名である．側腹筋厚を超音波診断装置で測定し，肩甲骨周囲筋筋力をハンドヘルドダイナモメーターで測定した．左右の側腹筋厚との差異は，対応のある t 検定を用い，側腹筋厚と肩甲骨周囲筋筋力との関係は線形回帰分析を行った．【結果】側腹筋厚は，EO（投球側 0.213 ± 0.044 mm/kg, 非投球側 0.236 ± 0.047 mm/kg）において有意差を認めた．投球側 EO 厚は投球側肩甲骨内転筋と正の相関（R^2 = 0.410）を示し，両側の IO と EO は投球側肩甲骨下制・内転筋と負の相関を認めた（IO：R^2 = 投球側 0.404，非投球側 0.263，EO：R^2 = 投球側 0.410，非投球側 0.371）．【結論】中学生野球選手は EO 厚に左右差を認め，また IO 厚ならびに EO 厚は肩甲骨周囲筋筋力との関係を認めた．

キーワード：野球，側腹筋厚，肩甲骨周囲筋筋力

はじめに

投球動作は下肢－体幹－上肢を連動して行うため，肩や肘の機能だけでなく，体幹機能も重要である [1)]．技能面に関しては，ボール初速度と骨盤の角速度が関係しており，障害面では，投球障害と胸椎伸展角度や体幹回旋可動域が関係するため，両面において投球動作と体幹機能の関係を指摘する報告がある [2-4)]．

体幹筋群である側腹筋を構成する 3 つの筋の作用は異なり，腹横筋（Transversus abdominis muscle；以下，TrA）は体幹回旋と腹壁の緊張，内腹斜筋（Internal oblique muscle；以下，IO）は両側にて体幹屈曲，片側にて同側の体幹側屈と回旋，外腹斜筋（External oblique muscle；以下，EO）は両側にて体幹屈曲，片側にて同側の体幹側屈と対側回旋である [5)]．側腹筋厚は一般成人にお

＊ The relationship between the thickness of the abdominal muscles and the muscles strengths around the scapula in a junior high school baseball players

1）医療法人高羽会　マジマ整形外科
（〒 464-0092　愛知県名古屋市千種区茶屋が坂 1 丁目 12-1）
Kazuyuki Takeda, RT, Yoichi Kato, PT, Tomoya Nakashima, PT, Saki Ibe, PT, Takemitsu Ozawa, PT: Medical Corporation Takawakai Majima Orthopedic Surgery

2）中京大学大学院　スポーツ科学研究科
Kazuyuki Takeda, PT: Graduate School of Sport Sciences, Chukyo University

3）医療法人大人会　高木整形外科・内科
Shinntaro Maekawa, PT: Medical Corporation Daijinkai Takagi Orthopedics, Internal Medicine

4）医療法人桂名会　重工記念病院
Misaki Hagio, PT: Medical corporation Keimeikai Heavy Industries Memorial Hospital

5）名古屋平成看護医療専門学校　理学療法学科
Yoshiji Kato, PT, PhD: Department of Physical Therapy, Nagoya Heisei College of Nursing and Medical Care

6）社会医療法人宏潤会　大同病院
Yoshiji Kato, PT, PhD: Social Medical Corporation Kojunkai Daido Hospital

＃ E-mail: continuance.0325@gmail.com

いて左右の差を認めないが，成人のオーバーヘッド競技選手においては左右差が存在する[6) 7)]．しかしながら，オーバーヘッド競技選手において，それぞれの側腹筋厚の左右差に関しては一定の見解を得られていない．この理由において，側腹筋厚の測定には超音波診断装置または磁気共鳴画像法（MRI）を用いる方法がある．後者のMRIでは個別の側腹筋厚の測定が困難であり，超音波診断装置を用いた先行研究だけでは乏しいため一定の見解を示すまでに至ってないことが考えられる．

また，発達段階にある子供の投球動作は，体幹回旋が少なく側屈の大きい上肢に依存した投げ方である[8) 9)]．このような投球動作はボールリリース時に肘を突き出すような投げ方になることやフォロースルー時に肩関節の可動性がより求められることから肘関節や肩関節への過負荷につながると考えられる．先行研究においても，このような投球動作は障害のリスクが高いため，成長期の野球選手に対する体幹機能のコントロール指導は重要であると報告されている[9) 10)]．しかしながら，中学生における側腹筋の左右差についての先行研究はない．これらが明らかになれば成長期野球選手の野球復帰に向けたリハビリテーションがより明確になる可能性がある．

投球動作における肩甲骨の役割は，肩甲上腕関節の安定，胸郭上での内転・外転運動，インピンジメント症候群を防ぐための肩峰挙上である[11)]．そのため，肩甲骨の位置および運動の破綻は，投球障害へ繋がる可能性が高い[12)]．よって，側腹筋の投球に関する役割を検討するうえで，肩甲骨の運動や安定性の役割を担うとされる肩甲骨周囲筋との関係を検証することは重要といえる．

以上の背景より，本研究の目的は中学生の投球側－非投球側の側腹筋厚との差異について明らかにすることと，左右の側腹筋厚と投球側肩甲骨内転筋と投球側肩甲骨下制・内転筋の筋力との関連について調査することとした．

対象および方法

1．対象

メディカルチェックに参加した硬式野球の選手，中学生24名（年齢13.0 ± 0.8歳，身長159.8 ± 8.7 cm，体重46.2 ± 7.1 kg，BMI18.0 ± 1.6 kg/m²）を対象とした．対象者は全て「右投げ右打ちまたは左投げ左打ち」であった．

取り込み基準は，過去1年以内に投球動作にて肩・肘・腰部の痛みが出現していないこと，側弯や肋骨骨折などの運動器系の現病や既往がない選手とした．

対象が未成年のため本人に加え保護者および指導者に本研究の目的と内容に関して文書ならびに口頭にて説明し，書面にて研究の同意を得た．また，本研究は名古屋平成看護医療専門学校倫理委員会の倫理審査を受け，承認を得ている（承認番号2019-01）．

2．測定項目

a) 身体特性・基本情報

身長と体重を測定し，BMIを算出した．現病歴と既往歴はアンケートを用いて聴取した．

b）側腹筋厚の測定

超音波診断装置（日立メディコ社，My Lab Five 10 MHz）を用いてTrA，IO，EOを測定した．プローブはリニア式にてBモードを使用し，測定は同一検者にて撮影した．測定の方法，肢位，プローブの位置は，信頼性が証明されている布施らの方法［級内相関係数（intraclass correlation coefficients；以下，ICC）（1，1）は0.99］に準じて実施した[13)]．背臥位にて一回換気量の影響を受けにくいとされている呼気終末時の筋厚を撮影した[14)]．プローブの位置は，上前腸骨棘と上後腸骨棘間の上前腸骨棘側1/3点を通り，床と平行な

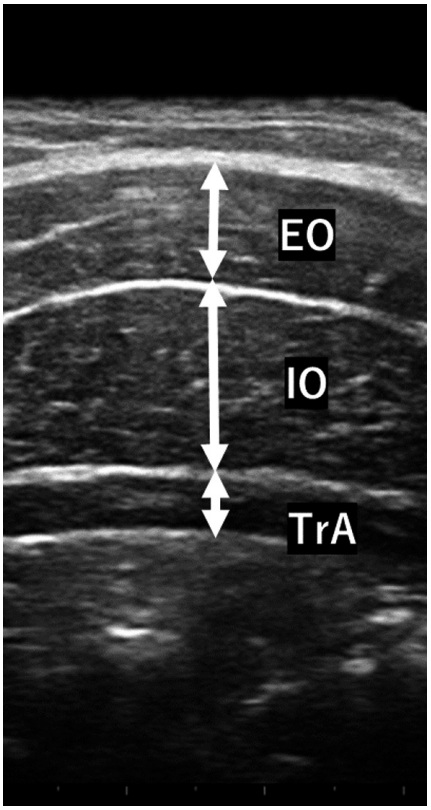

図1．側腹筋厚の超音波画像

TrA：Transversus abdominis muscle, IO：Internal oblique muscle, EO：External oblique muscle

直線上で，肋骨下縁と腸骨稜間の中点とした．この部位は，内腹斜筋と腹横筋が完全に 2 つの個別の層として観察可能である [13]．本研究の各側腹筋厚における測定の信頼性は ICC（1，1）が 0.97 − 0.99 であった（図 1）．

c）投球側の肩甲骨内転筋および肩甲骨下制・内転筋筋力

ハンドヘルドダイナモメーター（ANIMA 社，μ TasF-1）を用いて，徒手筋力テスト（Manual Muscle Test；以下，MMT）の段階 5 に準じた測定肢位にて行った．肩甲骨内転筋筋力は，腹臥位で肩関節 90°外転位，肘関節 90°屈曲位とし，測定パッドの位置は上腕骨遠位端の上で行った．肩甲骨下制・内転筋筋力は，腹臥位で肩関節 145°外転位，前腕中間位とし，測定パッドの位置は上腕骨遠位端の上で行った．また，測定方法は被験者に一定の肢位を保持させ，検者がセンサー部を測定すべき部位に当て，肢位保持が不能になったときの力を記録するブレーク・テストとした．1 回練習を行った後に 2 回測定を行い，最大の値を代表値とした．肩甲骨周囲筋筋力測定の信頼性は先行研究における ICC（1，1）は 0.98, 0.99 [15] であり，本研究における ICC（1, 1）は 0.86, 0.97 であった．

3．統計解析

得られた側腹筋厚と肩甲骨周囲筋筋力の値は体重で除して正規化した後に解析を行った．対象者の投球側 − 非投球側の側腹筋厚の差を明らかにするために，各側腹筋厚（TrA・IO・EO）をそれぞれ対応のある t 検定を行った．また，側腹筋厚と肩甲骨周囲筋筋力との関係を明らかにするために，従属変数を肩甲骨内転筋筋力と肩甲骨下制・内転筋筋力，独立変数を左右の各側腹筋厚とした．重回帰分析である線形回帰モデルを用いて解析を行った．有意水準は 5% とし，統計ソフトは EZRver1.40 を使用した [16]．

結果

投球側と非投球側の側腹筋厚については，EO 厚は投球側 0.21 ± 0.04 mm/kg，非投球側 0.24 ± 0.05 mm/kg となり，投球側と比較して非投球側が有意に高値であった．その他の項目には有意な左右差を認めなかった（表 1）．

左右の側腹筋厚と肩甲骨内転筋筋力ならびに肩甲骨下制・内転筋筋力の関係性は，投球側 IO 厚と肩甲骨下制・内転筋筋力は有意に負の相関（回帰係数 −0.054, 95%CI：−0.082 − −0.025, p = 0.002, R^2 = 0.404），非投球側 IO 厚と肩甲骨下制・内転筋筋力は有意に負の相関（回帰係数 −0.050,95%CI：−0.083 − −0.017, R^2 = 0.263）を認めた．投球側 EO 厚は肩甲骨内転筋筋力と正の相関（回帰係数 0.040, 95%CI：0.016 − 0.062, p = 0.002），肩甲骨下制・内転筋筋力と負の相関（回帰係数 −0.042, 95%CI：−0.066 − −0.018, R^2 = 0.410）を認めた．投球側 EO 厚は肩甲骨下制・内転筋筋力と負の相関（回帰係数−0.050, 95%CI：−0.076 − −0.023, p = 0.03, R^2 = 0.371）を認めた．これらの有意差が認められた項目の R^2 は 0.2 − 0.4 であり軽度から中等度の相関であった（表 2）．

表 1．腹横筋・内腹斜筋・外腹斜筋における投球側と非投球側の差

筋厚（mm / kg）	投球側	非投球側	p
TrA	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.02	N.S
IO	0.25 ± 0.05	0.26 ± 0.05	N.S
EO	0.21 ± 0.04	0.24 ± 0.05	p = 0.002

Mean ± SD
TrA : Transversus abdominis muscle, IO : Internal oblique muscle, EO : External oblique muscle

考察

本研究結果より，中学生野球選手において EO 厚にて左右差を認め，投球側と比較して非投球側の筋厚が高値であった．また，側腹筋厚と投球側の肩甲骨周囲筋群との関係について，投球側 EO 厚は肩甲骨内転筋筋力と正の相関を認め，両側の IO 厚および EO 厚は肩甲骨下制・内転筋筋力と負の相関を認めた．

先行研究 [2) 6) 17-25)] において非投球側の側腹筋厚が高値であることは一定の見解を得られており，本研究結果も同様であった（表 3）．また，片側の側腹筋には左右方向のいずれかの回旋作用があるため，オーバーヘッド競技特性の 1 つである 1 方向性への回旋動作により左右差が生じている可能性は低いことが考えられる．よって，投球側より非投球側の筋厚が高値である理由として，踏み込み脚への負荷が関係すると考える．投球動作における最大床反力は軸脚が体重の 1.0 倍であり，踏み込み脚は 1.7 倍との報告がある [17]．投球動作のコッキング期における踏み込み脚にかかる負荷は，投球側への骨盤下制ならびに側屈に影響する．この負荷に抵抗する筋は踏み込み脚の中殿筋だけでなく，非投球側（踏み込み脚側）の側腹筋も関与していると考えられる．反復される投球側への負荷により，制御する非投球側の側腹筋厚が

表 2. 側腹筋厚と肩甲骨内転筋ならびに肩甲骨下制・内転筋との相関関係

		回帰係数	95% CI			標準誤差	R^2	p
投球側	肩甲骨内転筋	0.001	−0.011	−	0.013	0.006	0.003	0.374
TrA	肩甲骨下制内転筋	−0.008	−0.020	−	0.004	0.006		
非投球側	肩甲骨内転筋	0.001	−0.012	−	0.014	0.006	0.046	0.234
TrA	肩甲骨内転筋	−0.011	−0.024	−	0.002	0.006		
投球側	肩甲骨内転筋	0.002	−0.027	−	0.031	0.014	0.404	0.002
IO	肩甲骨下制内転筋	−0.054**	−0.082	−	−0.025	0.014		
非投球側	肩甲骨内転筋	0.023	−0.010	−	0.056	0.016	0.263	0.016
IO	肩甲骨内転筋	−0.050**	−0.083	−	−0.017	0.016		
投球側	肩甲骨内転筋	0.040**	0.016	−	0.062	0.012	0.410	0.002
EO	肩甲骨下制内転筋	−0.042**	−0.066	−	−0.018	0.012		
非投球側	肩甲骨内転筋	0.012	−0.015	−	0.039	0.013	0.371	0.003
EO	肩甲骨下制内転筋	−0.050**	−0.076	−	−0.023	0.013		

Variance Inflation Factor : 1.172.
**p<0.01
TrA : Transversus abdominis muscle, IO : Internal oblique muscle, EO : External oblique muscle

表 3. 野球選手における体幹の筋厚　長谷川（改変）[5)]

Researcher	This study	Tsunoda et al [2)]	Sato et al [24)]	Hasegawa et al [25)]	Hasegawa et al [5)]
Year	(2020)	(2002)	(2007)	(2012)	(2017)
Subjects	n = 24	n = 8	n = 17	n = 26	n = 20
Age	12.9	20.8		19.2	20.4
Group	J	U	U	U	U
Equipment	US	MRI	MRI	US	US
RA			●	●	△
EO	●			△	●
IO	△	●	●	●	●
TrA	△			●	△
QL			△		△

J : Junior high school student, U : University student
RA : Rectus abdominis muscle, EO : External oblique muscle, IO : Internal oblique muscle
TrA : Transversus abdominis muscle, QL : Quadratus lumborum muscle
○ : 投球側 > 非投球側，△ : 投球側と非投球側の間に有意差なし，
● : 投球側 < 非投球側
US : Ultrasound method, MRI : MRI method

有意に高値になったと考えられる（図 2）.

非投球側の側腹筋厚のなかでもEOに有意差を認めたことに関して，EOは最も表層に広く起始する形状により，効果的に側屈できることで貢献度が高くなりEOに有意差を認めたと考える．度重なる投球動作中の投球側への負荷に対して，カウンタームーブメントを用いた姿勢制御をすることで非投球側EOの活動が増すことが考えられる．また，EOの作用は反対側への体幹回旋であるため，非投球側のEOは投球動作に伴う非投球側への回旋作用とは反する．そのため，結果的に成長期にある野球選手の特徴である体幹の側屈が大きく，回旋が少ないフォームになることが推察される[8)]．先行研究と本研究結果を踏まえて考察すると，大学生における側腹筋厚は，投球側と比較して非投球側が大きいことが報告されており，また，本研究でも非投球側のEO厚が大きかった．これらより，世代間の共通事項として投球動

図 2. 踏み込みによってかかる力と抵抗する力

作の体幹においては，非投球側の負荷が大きく，非投球側側腹筋が反対側と比較して活動することが一定の見解を得ている．また，中学生特有の事項として，非投球側 IO による支持性ではなく，非投球側 EO による非投球側への過度な側屈を主体とした姿勢制御であることが考えられる．

以上より，本研究結果は学童期の特徴的な投球動作との関係性が示唆される．また，学童期における投球障害の一要因として特徴的な投球動作が挙げられることから[9) 10)]，非投球側の中殿筋を含めた骨盤帯や非投球側への回旋動作を取り入れた腹斜筋のエクササイズは，投球障害に対するリハビリテーションの選択肢になり得ると考えられる．しかしながら，本研究では投球動作時の筋活動を測定していないため憶測の域をでない．今後は投球動作中の筋活動を測定するなど，さらなる調査が必要である．

投球側 EO 厚と投球側肩甲骨内転筋筋力における正の相関については，上肢挙上に伴う投球側の EO・肩甲骨内転筋・前鋸筋との関係による影響であると考えられる．三浦らは上肢挙上に伴い，挙上側の EO の筋活動が高くなると報告している[18)]．その理由に，上肢挙上に伴う肩甲骨の上方回旋には挙上は前鋸筋，肩甲骨内転筋，肩甲骨下制・内転筋が主動作筋であり[19) 20)]，この際に，体幹は運動側への回旋を伴うが同側の EO が制御することで体幹から肩甲骨の安定性を得ていると考察している．さらに，挙上角度が増大するに伴い肩甲骨内転筋，肩甲骨下制・内転筋の作用が増大するため，オーバーヘッド競技である投球動作においては，この働きが影響することが推測できる．以上の理由より，投球側 EO 厚が投球側肩甲骨内転筋筋力と正の相関を示したと考える．

両側の IO 厚，EO 厚と肩甲骨下制・内転筋における負の相関については，IO と EO は仙腸関節や胸郭の安定性に関与し，また両筋は筋連結しており 1 つのユニットとして体幹の安定性を担っていることが理由として挙げられる[21) 22)]．

また，肩甲骨下制・内転筋が投球動作中に最も働くのはフォロースルーであり[11)]，また投球動作は下肢－体幹－上肢と連鎖した動作のため，下位の破綻は上位への負担につながる[1)]．対して，下肢や体幹が安定した運動連鎖を遂行すれば肩甲帯を含めた上肢への負担が減少される．つまり，IO や EO を中心とした体幹の安定性は，結果的に肩甲骨下制・内転筋の筋出力を軽減することで，より効率的に投球動作を行えている可能性がある．

以上の理由より，両側の IO・EO と投球側下制・内転筋が負の相関を示したと考えられる．また，肩甲骨下制・内転筋筋力の測定時に IO や EO の体幹の安定性が低い被験者は，腰椎伸展にて上肢の挙上を代償したため高い値が記録された可能性がある．しかしながら，本研究の肩甲骨下制・内転筋筋力の測定は 2 人体制で代償動作を確認したうえで行ったため，この可能性は低いと考える．

中学生を対象とした左右の側腹筋厚と肩甲骨周囲筋厚との関係を調査した報告は渉猟する限り見当たらない．本研究において，中学生の側腹筋厚は EO に差を認め，子供の特有の投げ方を反映している可能性が示唆された．また，投球側 EO 厚は投球側肩甲骨内転筋と正の相関を示し，肩甲骨の安定性に関与することが示唆された．両側の IO ならびに EO は投球側肩甲骨下制・内転筋と負の相関を認めた．このことから，IO や EO の体幹安定性は肩甲骨下制・内転筋の過度な負担軽減に関与する可能性が示唆された．本研究の限界として，側腹筋厚の差異と，側腹筋厚と肩甲骨周囲筋筋力との関係の考察は，実際に投球時の筋活動を測定していないため推論であることと，対象人数が少ないためデータの偏りが見られる可能性がある．今後は，投球動作中での筋活動を調査することや対象者を増やして検討したいと考える．

結論

側腹筋厚の相違は，成長期の特有の投げ方に影響を与えている可能性があり，投球側EO厚と投球側肩甲骨内転筋との関係においては，肩甲骨の安定性に関与することが示唆された．IOやEOによる体幹安定性に対する役割は，肩甲骨下制・内転筋の過度な負担を軽減させる役割を有する可能性がある．

謝辞

本研究にあたり，投球動作における捉え方・考え方を教えて頂いたライセル株式会社代表取締役の川崎 秀和先生に感謝する．

【文　献】

1) 宮下浩二，小林寛和・他：投球動作における下肢・体幹・上肢関節の連動．アスレチック・リハビリテーション．2003; 4: 39-49.
2) 角田直也，田中重陽・他：投動作パフォーマンスに及ぼす筋形態及び機能的特性．国士舘大学体育研究所報．2002; 21: 135-140.
3) 宮西智久，藤井範久・他：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.
4) 松井知之，森原徹・他：頚部・胸腰部・股関節回旋角度の左右差に着目した投球障害予測．体力科学．2013; 62: 223-226.
5) Myers TW：アナトミー・トレイン初版．松下松雄(訳)，医学書院，東京，2009, pp. 25-176.
6) 長谷川伸：野球投手の体幹筋における形態的特性．九州共立大学研究紀要．2017; 7: 43-49.
7) 平沼憲治，岩崎由崎：ーコアセラピーの理論と実践ー．蒲田和芳(編)，講談社，東京，2011, pp. 50-200.
8) 中溝寛之，橋本淳・他：子供の投球動作の特徴．肩関節．2004; 28: 355-358.
9) 田中正栄，西野勝敏・他：成長期少年野球選手の投球動作解析ー成長に伴う変化についての検討ー．スポーツ傷害．2006; 11: 39-42.
10) Kibler WB: The role of the scapula in athletic shoulder function. Am J Sports Med. 1998; 26: 325-337.
11) Fleisig GS, Barrentine SW, et al.: Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. Sports Med. 1996; 21: 421-437.
12) 橘内基純，金子文成・他：投球動作における肩甲骨周囲筋群の筋活動特性．スポーツ科学研究．2011; 8: 166-175.
13) 布施陽子，福井勉・他：超音波診断装置による腹横筋厚測定の信頼性の検討．文京学院大学保健医療技術学部紀要．2010; 3: 7-12.
14) 金子秀雄，佐藤広徳・他：超音波診断装置を用いた側腹筋厚測定の信頼性．理学療法科学．2005; 20: 197-201.
15) 川合謙太郎，斎藤昭彦：健康女性肩関節周囲筋力の加齢的変化ーHand Held Dynamometerを用いてー．理学療法学．2005; 20 (3) : 207-212.
16) Kanda Y: Investigation of the freely-available easy-to-use software “EZR” (Easy R) for medical statistics. Bone Marrow Transplant. 2013; 48: 452-458.
17) Mac Williams BA, Choi T, et al.: Characteristics ground-reaction forces in baseball pitching. Am J Sports Med. 1998; 26: 66-71.
18) 三浦雄一郎，福島秀晃・他：上肢挙上時の運動側外腹斜筋による体幹安定化メカニズム．関西理学療法．2012; 12: 29-34.
19) 三浦雄一郎，森原徹・他：肩関節屈曲と外転における鎖骨・肩甲骨の運動--座標移動分析を用いた検討．総合リハビリテーション．2008; 36 (9) : 877-884.
20) 三浦雄一郎，森原徹・他：肩関節屈曲と外転時の肩甲骨運動の特徴と肩甲帯周囲筋との関連性．総合リハビリテーション．2009; 37 (7) : 649-655.
21) Snijders CJ, Ribbers MT, et al. : EMG recordings of abdominal and back muscles in various standing postures : validation of a biomechanical model on sacroiliac joint stability. J Electromyogr Kinesiol. 1998; 8: 205-214.
22) Urquhart DM, Barker P, et al. :Regional morphology of the transversus abdominis and obliques internus and externus abdominis muscles. Clin Biomech. 2005; 20: 233-241.
23) 宮﨑茂明，石田康行・他：投球動作における身体運動と肩甲帯周囲の筋活動特性ー正常肩および投球障害肩での検討ー．臨床バイオメカニクス．2011; 32: 167-172.
24) 里隆文，白木仁・他：大学野球選手の体幹部の筋力および筋横断面積の特徴．体力科学．2007; 56 (6) : 750.
25) 長谷川伸，小野高志：野球投手の筋厚の非対称性とボールスピードの関係．体力科学．2012; 61 (2) : 227-235.