研究報告

オーバーヘッド競技選手における膝前十字靭帯再建術後の体幹機能について＊

武田和之[1)]・加藤洋一[1)]・都竹周作[1)]・馬島雅高[2)]

【要　旨】

【目的】膝前十字靭帯再建術（以下，ACL-R）後のスポーツ復帰を目的とするリハビリテーションにおいて股関節・体幹機能の改善は重要である．また，ACL損傷は肩甲骨・胸郭を含む上部体幹を多用するオーバーヘッド競技に多いが，ACL-R後の上部体幹機能について調査をおこなった報告は少ない．よって，本研究はオーバーヘッド競技選手におけるACL-R後の上部体幹機能を調査することを目的とした．【対象】ACL-Rを施行した男性3名，女性10名，全員オーバーヘッド競技選手である．【方法】床肩峰間距離，肩甲骨脊椎間距離，左右の胸郭拡張評価，上部体幹機能の非対称性とフォワードランジ（以下，FL）との関係をみた．【結果】患側と比較し健側肩甲骨下方回旋，健側胸郭拡張性低下を認めた． ACL-R後の上部体幹機能の非対称性とFLに関係性は認めなかった．【結語】オーバーヘッド競技選手におけるACL-R後は，全荷重歩行が可能になった時点で上部体幹機能の健患差が存在した．

キーワード：膝前十字靭帯，肩甲骨，胸郭

はじめに

膝前十字靭帯再建術（以下，ACL-R）後のリハビリテーション（以下，リハビリ）は，膝関節機能改善のみならず，スポーツ復帰を目的とする全身機能の改善が重要である[1)]．また，ACL受傷機転である膝の回旋・外反・後方重心のマルアライメントの発生要因に股関節周囲の筋や体幹の機能不全が挙げられる[2)]．

また，福井ら[3)]は体幹を第7～9胸椎に位置する上半身重心を境に上部体幹と下部体幹に区分しており，上部体幹に位置する胸郭と下部体幹に位置する骨盤は，建築物の屋根と基礎に例えられ，これらは相互関係にありながら異なった作用を持つ[4)]．つまり，一方の非対称なアライメントは，他方の非対称なアライメントを生じさせる．また，上部体幹の後方化は後方重心となり，膝関節伸展モーメントを増大するなどACL損傷のリスクを高めると考える[3)]．

一方で，ACL損傷の発生率を競技種目別にみると，頭上にて上肢を使用するオーバーヘッド競技であるバレーボールやバスケットボール等が上位に挙げられる[5) 6)]．また，片側型のオーバーヘッド動作や利き手 - 非利き手の存在は，肩甲骨・胸郭を含む上部体幹を非対称にすることで上部体幹機能不全を惹起すると報告されている[4)]．

そして，ACL損傷はジャンプ着地やストップ・ターン動作時に多い[7)]．これらはオーバーヘッド競技において，スパイク・パスカット・ドリブル動作等になることでACL損傷関連動作に加え，更に上肢や上部体幹の参加する割合が大きくなる[8) 9) 10)]．以上より，オーバーヘッド競技はその他の競技と比べると，上部体幹機能がACL損傷に多

＊ The function of trunk muscles in overhead sports athletes who underwent anterior cruciate ligament reconstruction surgery.

1）マジマ整形外科　リハビリテーション科
（〒454-0092　愛知県名古屋市千種区茶屋が坂1-12-20番地）
Kazuyuki Takeda, RPT, Yoichi Kato, RPT, Shusaku Tsuzuku, AT: Department of Rehabilitation, Majima Orthopaedics.

2）マジマ整形外科
Masataka Majima, MD: Majima Orthopaedics

＃ E-mail: orthomedical@majima-seikei.com

いジャンプやストップ・ターン動作時に身体重心（以下，COG）や膝関節に影響すると考えられる．

このような背景から，オーバーヘッド競技選手は上部体幹機能に非対称性があり，前後方向のCOGに影響すると仮定した場合，ACL-R後の競技復帰に向けた上部体幹機能の改善は重要であると考える．

しかし，ACL-R後の上部体幹機能とCOGについて着目した報告は見当たらない．以上より，本研究の目的はオーバーヘッド競技選手におけるACL-R後の上部体幹機能に着目して，非対称性を検討する．特に，利き手－非利き手と健側－患側の両非対称性を検討することにより，ACL損傷との関連も検討する．つまり，上部体幹機能の非対称性が利き手－非利き手でなく健側－患側にある場合，何らかのACL損傷との関連が示唆される．また，ACL損傷の関連のある後方重心の評価としてフォワードランジ（以下，FL）時のCOGと上部体幹機能の非対称性との関連を調査することとした．

対象

対象は，ACL-Rを施行された13名（男性3名，女性10名），平均術後経過日数53.8 ± 13.1日，平均年齢20.5 ± 9.9歳であり，競技種目はバスケットボール8名，野球2名，ハンドボール1名，テニス1名，バレーボール1名，損傷側右6名，左7名，受傷機転はコンタクト2名，ノンコンタクト11名，全員右利きであった．既往歴に肋骨骨折，肺疾患など肩甲帯，胸郭の機能に影響を及ぼす者は除外した．なお対象者にはヘルシンキ宣言に基づいてあらかじめ本研究の内容，危険性，個人情報の保護を十分に説明し，参加に同意の上で行なった．術式は，ACL-Rにて半腱様筋または薄筋も含めた再建靭帯である．

方法

本研究では，非対称性の評価として利き手－非利き手と健側－患側との両方の関係を検討した．

1．肩甲骨アライメント評価

床肩峰間距離は仰臥位にて床と肩峰との距離を計測した．数値が高いほど肩甲帯屈曲を示す．肩甲骨脊椎間距離scapula spine distance（以下，SSD）は坐位にて脊椎－肩甲棘（TH3レベル）及び肩甲骨下角（TH9レベル）との垂直距離を計測した．SSD値の左右差と一側の各レベルの値を比較して肩甲骨内・外転と肩甲骨上・下方回旋をもとめた．

2．胸郭拡張評価

胸郭拡張差は岩崎ら[11]によって信頼性が証明されているテープメジャーを用いた方法で周径を計測した．測定肢位は椅子坐位より，腋窩レベル，剣状突起レベル，第10肋骨角レベルにおいて，腹側では胸骨頸切痕の垂直線と背側では脊椎棘突起にて左右に分けた後，最大吸気時と最大呼気時を3回測定して平均値を採用した．

図1．胸郭拡張評価

3．フォワードランジ時重心評価

両脚立位を開始肢位とし，片脚による前方への踏み込みと踏み込んだ姿勢から開始肢位に戻るまでを一連の動作とし，両上肢は胸の前で組みステップ幅は1mとした．同時に矢状面からデジタルビデオカメラ（DCR − SX41，ソニー社製）で撮影した後，2次元動作解析ソフト（ローカスMA1000，アニマ社製）にて動作解析をおこなった．得られたデータから上半身重心点と下半身重心点の中点に位置するCOGを求め，ステップ時における膝関節最大屈曲時の腓骨外果とCOGの距離を測定した．また，その距離の平均値を境に前方重心群と後方重心群の2群に分けた．そして，前方重心群のCOGの距離と前方重心群のSSD TH3レベル，胸郭拡張評価における健患差との関係をみた．マーカの貼付位置は，上半身重心（TH7 ～ 9），大転子，下半身重心（大腿部1/2と中上1/3に分けた間），膝関節裂隙外側，腓骨外果とした．なお，患側をステップ足として計測した．

4. 統計解析

検討項目は，上記パラメータを利き手－非利き手，健側－患側間で比較し，ノンパラメトリック検定を用いて分析した．また，上部体幹機能の非対称性とFLの関係をみるためスピアマン順位相関係数を用いて分析した．危険率5%未満を有意とした．

結果

各評価項目に利き手－非利き手に有意差は認めず，表1に示すごとく多項目にて有意な健患差を認めた．また，前方重心群のCOGとの距離と前方重心群のSSD TH3レベル，胸郭拡張評価に相関関係は認めなかった．

1. 肩甲骨アライメント

床肩峰間距離は，健側5.2 ± 1.2cm，患側4.8 ± 1.0cmであり健側の方が高値であったが有意差を認めなかった．SSDは，TH3レベルにおいて健側8.4 ± 1.3cm，患側7.8 ± 1.0cmと有意差を認めた（$p < 0.05$）．TH9レベルにおいては，健側9.9 ± 2.5cm，患側9.9 ± 2.1cmであり有意差を認めなかった．

2. 胸郭拡張評価

胸郭拡張差は，腋窩レベル健側1.4 ± 0.8cm，患側2.1 ± 1.2cm（$p < 0.01$），剣状突起レベル健側1.9 ± 1cm，患側2.6 ± 1.2cm（$p < 0.01$）第10肋骨角レベル健側2.3 ± 1.2cm，患側2.7 ± 1.0cm（$p < 0.05$）であり全てのレベルで有意差を認めた．

3. フォワードランジ時重心評価

前方重心群のCOGの距離と前方重心群の有意差のあった上部体幹機能評価との関係はSSD TH3：rs ＝ 0.23，腋窩レベルrs ＝ 0.04，剣状突起レベルrs ＝ 0.45，第10肋骨角レベルrs ＝ 0.58と相関関係は認めなかった．

考察

結果より，床肩峰間距離では健患差の有意差は認めなかった．SSDでは，TH3レベルにおいて患側が有意に低値であり（$p < 0.05$），TH9レベルにおいては健患差に有意差は認めなかった．これらは，患側肩甲骨下方回旋位を意味する．胸郭拡張差は，全ての測定レベルにおいて健側が有意に低値であった．これらは，健側の胸郭柔軟性が低いことを意味する．フォワードランジ時重心評価では，ACL-R後の上部体幹の非対称性とFL時のCOGに関係性を認めなかった．

本研究は，術後53.8 ± 13.1日である全荷重歩行が確立した時期に行った．そのため，ACL-R後は車椅子，松葉杖歩行からの非荷重，部分荷重の歩行になることや膝関節筋力低下により患側への

表1. 上部体幹機能評価　健側－患側・利き手－非利き手

	健側	患側	p値	利き側	非利き側	p値
床肩峰間距離	5.2 ± 1.1	4.9 ± 1.1	0.282	5.1 ± 1.2	4.8 ± 1.0	0.473
SSD						
TH 3レベル	8.5 ± 1.3	7.9 ± 1.0	0.041*	8.2 ± 1.0	8.0 ± 1.3	0.541
TH 9レベル	10.3 ± 2.5	10.2 ± 2.1	0.968	10.0 ± 1.9	9.7 ± 2.5	0.166
胸郭拡張差						
腋窩レベル	1.3 ± 0.78	2.0 ± 1.2	0.006**	1.7 ± 1.2	1.7 ± 0.9	0.937
剣状突起レベル	2.0 ± 1.0	2.6 ± 1.1	0.004**	2.3 ± 1.0	2.2 ± 1.3	0.569
第10肋骨角レベル	2.2 ± 1.3	2.6 ± 1.0	0.049*	2.4 ± 1.2	2.5 ± 1.1	0.586

*：p < 0.05，**：p < 0.01（単位 = cm）SSD：scapula spine distance

表2. 前方重心群と上部体幹機能評価との相関関係

	SSD TH3	腋窩レベル	剣状突起レベル	第10肋骨角レベル
前方重心群	0.23	0.04	0.45	0.58

N ＝ 7

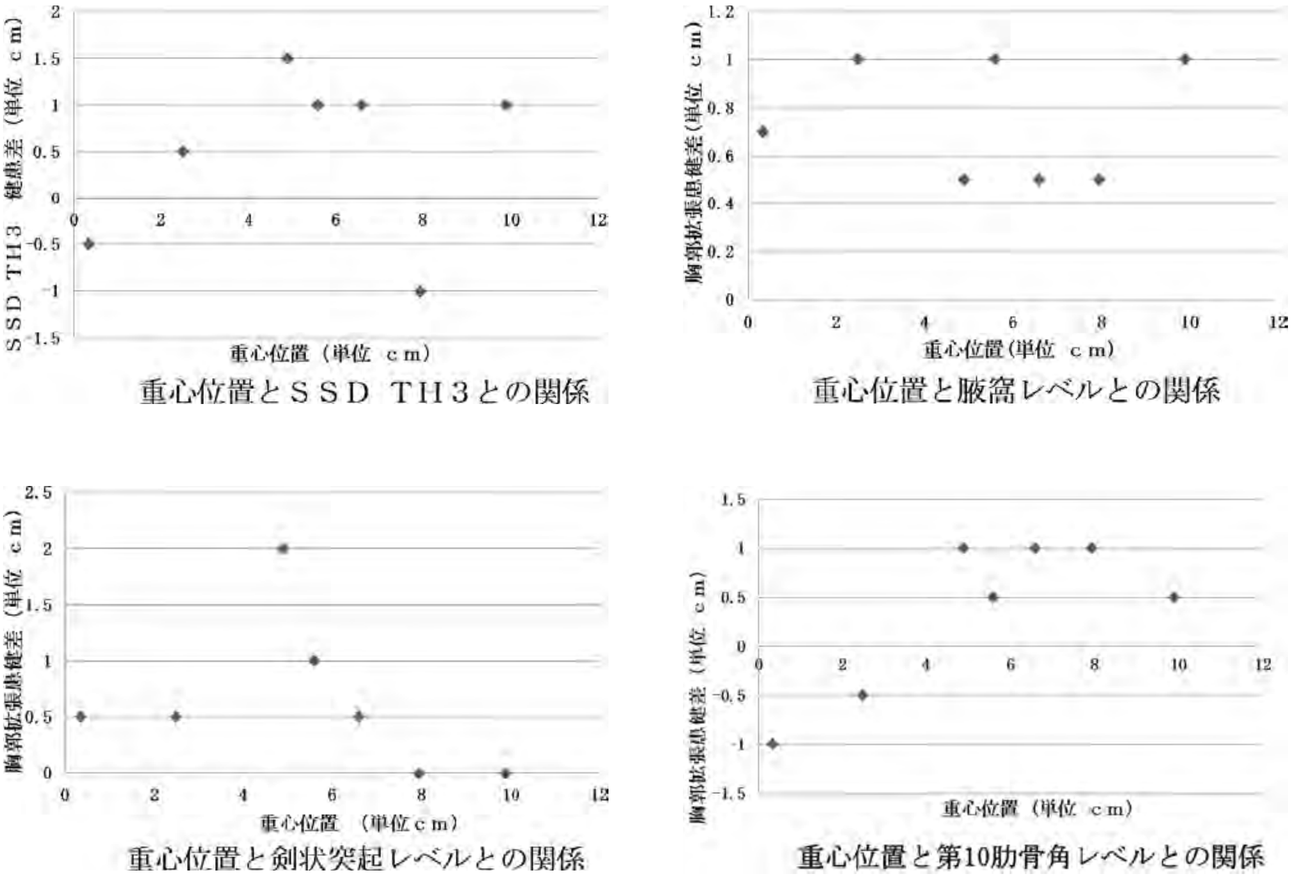

図 2.　重心位置と上部体幹機能との関係

重心位置の数値は高値でより前方重心を示す

SSD TH3（値）＝ 健側－患側　　胸郭拡張差（値）＝ 患側－健側　　SSD: 肩甲骨脊椎間距離

荷重量は低下している[12]．また，患側荷重量低下は，患側内腹斜筋の筋力低下や患側大殿筋収縮不全に伴い左右非対称の歩行となるため，本研究結果においてこれらの影響も考えられる[13) 14) 15]．上部体幹機能の健患差が ACL 受傷前に存在したのか，術後の荷重量低下による影響であるかは本研究では言及できていない．しかし，オーバーヘッド競技選手の ACL-R 後に上部体幹機能の健患差があることが示唆された．

これらの原因による影響が，結果的に骨や筋膜によって連結する腹直筋や外腹斜筋などを含めた上部腹筋群の過剰収縮を招くことで，上部体幹の非対称性を招いたと考える[6]．しかし，今回の研究では膝関節機能低下が，どのように上部体幹機能の非対称性に至ったかまでは解明できていない．本研究結果より，オーバーヘッド競技選手における ACL-R 後は上部体幹の健側 - 患側間の非対称性が存在することが示唆された．ACL-R 後のスポーツ復帰を目的としたリハビリにおいて，股関節や体幹機能の改善は重要である[2]．その中で，オーバーヘッド競技選手における上部体幹機能は，スパイク・パスカット・ドリブル等で機能すると同時に COG に影響を与えるため上部体幹の非対称性の改善は重要であると考える．

本研究の限界として，オーバーヘッド競技選手に限定した計測，術後のみの計測，FL 時の上部体幹機能評価が行なえていないことが挙げられる．また，フォワードランジ時重心評価で関係性を認めなかったことに関して，症例数の少なさや術後のリカバリー時期による下肢機能の影響があったと考える．本研究では健側－患側間において一方が大きいのか，他方が小さいのか言及できていない．今後は，オーバーヘッド競技選手以外や術前評価を行い，症例数を増やして検討していきたいと考える．

謝辞

本研究は，ないとう整形外科スポーツ・関節鏡センターで行なった．本研究にあたり御協力 , 御助言を頂きました（故）内藤　浩一先生 , 川崎

秀和先生 , 並びにないとう整形外科スポーツ・関節鏡センター職員の皆様に深謝致します.

【文 献】

1) 原邦夫：膝前十字靭帯再建術後の早期競技復帰に対する身体能力改善を目的としたリハビリテーション膝損傷診断・治療マニュアル . 全日本病院出版会 , 東京， 2006，pp.172-183.
2) 松田直樹：トップアスリートに対するリハビリテーション－マルアライメント防止に着目したリハビリテーション . 臨床スポーツ医学 2009；24：783-791.
3) 福井勉：整形外科理学療法の理論と技術 . 第 1 版，山崎 勉，medical view，東京，2000，pp.172-188.
4) 蒲田和芳，平沼憲治・他：コアセラピーの理論と実際．第 1 版，講談社，東京，pp.30-37，74-82，182-184.
5) 岩噌弘志：非接触型膝前十字靭帯損傷の損傷頻度．臨床スポーツ医学．2002；19（9）：985-990.
6) 舘俊樹，長谷川伸・他：オーバーヘッド動作を伴う種目の肩関節回旋角度と筋力特性―大学トップアスリートの種目別の比較―東海保険体育科学．2009；31：31-39.
7) 小林寛和：膝関節における外傷発生の運動学的分析―女子バスケットボールにおける膝前十字靭帯損傷の発生機転を中心に― 理学療法学．1994；21（8）：537-540.
8) 明石正和，永都久典：バレーボールのスパイク動作に関する研究．城西大学研究年報．1984；8：19-26.
9) 和田尚，阿江通良・他：スパイク動作における体幹のひねりに関するバイオメカニクス的研究．日本体育学会大会号．2002；53：358.
10) 山田一典，青木和浩・他：ハンドボール競技シュート・ボールスピードに関わる投能力とトレーニング効果．日本体育学会大会予稿集．2008；59：208.
11) 岩崎円 , 水戸早恵・他：健常青年女性を対象とした片側胸郭拡張差計測法の検討 . 理学療法学． 2008；35（2）：573.
12) 伊藤浩充 , 丸山孝樹・他：前十字靭帯再建術後 6 カ月時の膝関節機能 . 理学療法科学．1995；10（1）：25-28.
13) Snijders CJ, Ribbers MTLM, et al: EMG recording of abdominal and back muscles in various standing postures: Validation of biomechanical model on sacroiliac joint stability. J Electromyogr Kinesiol．1998；8：205-214.
14) 佐藤由紀子：膝関節損傷後における大殿筋萎縮と代償パターン．理学療法学．第 24 巻 , 学会特別号．1997；228.
15) 川崎秀和，長壁円・他：膝前十字靭帯再建術後患者における動的アライメントに関与する体幹機能．理学療法学．2010；680.