

生体内動態解析による肩関節外転運動時の 肩甲骨上方回旋角度の男女間比較検討

昭和大学藤が丘病院 整形外科

西 中 直 也・鈴 木 一 秀
牧 内 大 輔・松 久 孝 行
山 口 健・上 原 大 志
永 井 英

昭和大学藤が丘リハビリテーション病院 スポーツ整形外科

三 原 研 一・筒 井 廣 明

Comparison of in vivo scapular motion during arm abduction between males and females

by

Naoya Nishinaka, Kazuhide Suzuki, Daisuke Makiuchi, Takayuki Matsuhisa, Ken Yamaguchi,
Taishi Uehra, Suguru Nagai

Department of Orthopaedic Surgery, Showa University Fujigaoka Hospital

Kenichi Mihara, Hiroaki Tsutsui

Department of Orthopaedic Surgery and Sports Medicine, Showa University Fujigaoka Rehabilitation Hospital

Background: The scapulohumeral rhythm is considered important to understand the function of shoulder, and is indicative of correct neuromuscular stabilization of the scapula as the basis for dynamic upper extremity activity. The goal of this study was to determine, in vivo, the influence of loading weights on scapular upward rotation on males and females.

Methods: Ten healthy shoulders in ten subjects (5 men, 5 women) were studied. 3D models of the shoulder were created from CT images. The subject was positioned in front of a fluoroscope and motions were recorded during active scaption from 0° - 120° with a 3kg weight loaded and unloaded. 3D motions of the scapula and humerus were determined using model-based 3D-to-2D registration. The measured 3D kinematics of the humerus and scapula were analyzed to determine scapular upward rotation and arm abduction relative to the ground to compare the incremental data between loaded and unloaded trials.

Results: Scapular upward rotation was significantly less during the loaded trial in males. There were no statistically significant differences in scapular upward rotation between the loaded and unloaded trials in females of arm abduction.

Discussion: This study showed that, in males, scapular upward rotation decreased over the range of abduction angles while loaded, suggesting that the scapula is relatively fixed to the torso, providing a stable fulcrum for the rotator cuff. Conversely, women show some trends towards greater scapular upward rotation with a weight than without, suggesting scapular rotation may compensate for weakness of the muscles.

Key words : 肩甲上腕リズム (scapulohumeral rhythm), 肩関節動態解析 (shoulder kinematics),
3D-to-2D レジストレーション (3D-to-2D registration)

はじめに

Codman は上腕骨の挙上時、肩甲骨が連動して回旋する動きを観察し、これを肩甲骨上腕リズムと名づけ、Inman はこの肩甲骨上腕リズムは2:1と報告しこれが広く周知されている³⁾⁴⁾。近年の研究では、より精密なデータを得られるようになり挙上角度による相違や挙上運動の速度、上肢への負荷などによる影響でこの値は大きく異なってくるのが分かっているが体格や筋力の異なる男女間での検討は見られない⁶⁾⁸⁾¹⁰⁾¹²⁾。本研究の目的は6自由度パラメーターが推定可能な3D-to-2D レジストレーションを用いて肩関節外転時の肩甲骨上方回旋角度を男性群、女性群それぞれで検討することである。

対象と方法

対象は肩に故障歴や愁訴のない男性5人(27-38歳、平均32.2歳)、女性5人(24-34歳、平均29.0歳)であった。X線透視画像(BRANSIST safire; SHIMADZU CORPORATION)は前後1方向から自然な一定の速度での肩甲骨面上外転運動を撮像した。被験者はそれぞれ3kg 負荷および無負荷での運動を行った。被験者のCT画像(1.25mmのスライス厚、0.75mmギャップ LightSpeed VCT; GE MEDICAL SYSTEMS)から三次元モデルを作成(ITK-snap software Penn Image Computing and Science Laboratory)し、上腕骨、肩甲骨それぞれに座標系を設定した(Rhinoceros; Robert McNeel & Associates)。上腕骨の座標の原点は上腕骨頭を球と見立てその中心とし、肩甲骨の座標の原点は、肩甲骨関節窩面の長軸の二等分点と定義した¹⁰⁾(図1)。

この三次元モデルとX線透視画像の輪郭をコンピュータ上でマッチングさせ6自由度パラメーターが推定可能な3D-to-2D レジストレーションを行った¹⁾。外転運動時の肩関節の地面を基準とした外転角度(上腕骨Y軸)および各外転角度における地面を基準とした肩甲骨の上方回旋角度(肩甲骨Y軸)を男性群、女性群でそれぞれ算出し Bonferroni t-test にて検定した($p < 0.05$)(図2)。負荷による頭上までの最大挙上は自然な運動が妨げられると考え、外転120°までの計測とした。

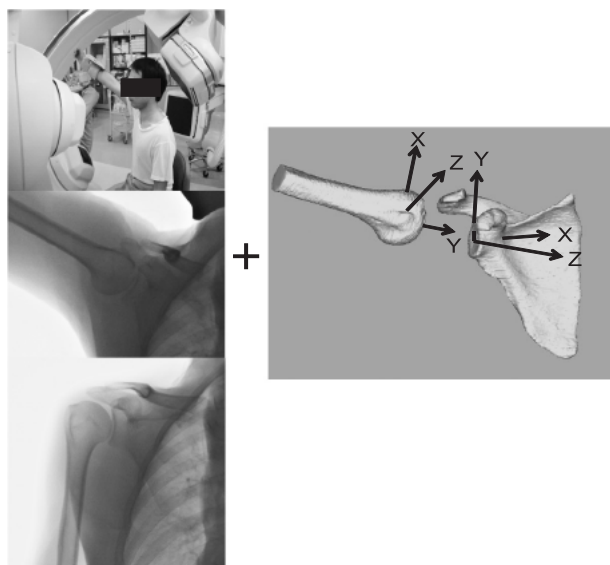


図1：3次元モデルとX線透視画像の輪郭をコンピュータ上でマッチングする。

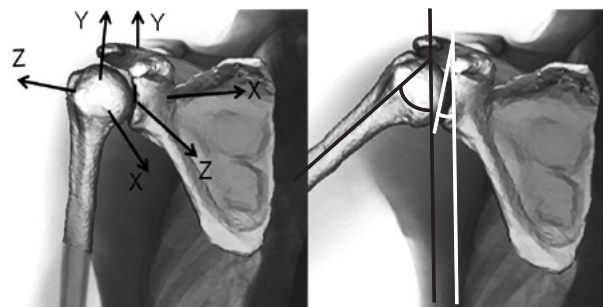


図2：肩甲骨面上での上腕骨の角度と肩甲骨の上方回旋角度を算出が可能である。

結果

男性群では、無負荷に対して3kg 負荷により下垂位から100°まで有意に肩甲骨上方回旋角度が少なくなっていた(図3)。これに対して女性群では下垂位から100°まで負荷、無負荷いずれにおいても同様の肩甲骨上方回旋角度であった(図4)。

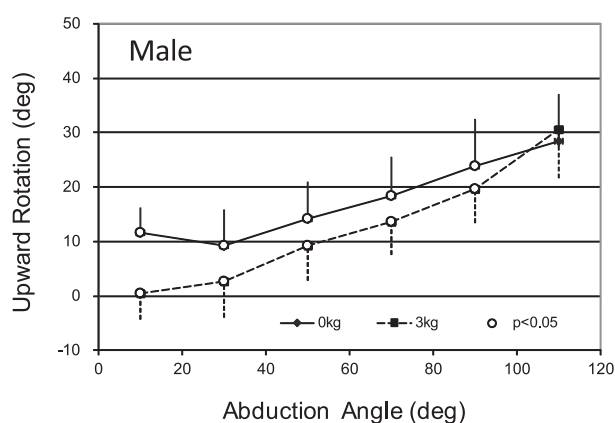


図3：男性群の肩外転時における肩甲骨上方回旋角度。
無負荷に対して3kg 負荷により下垂位から100°まで有意に肩甲骨上方回旋角度が減少している。

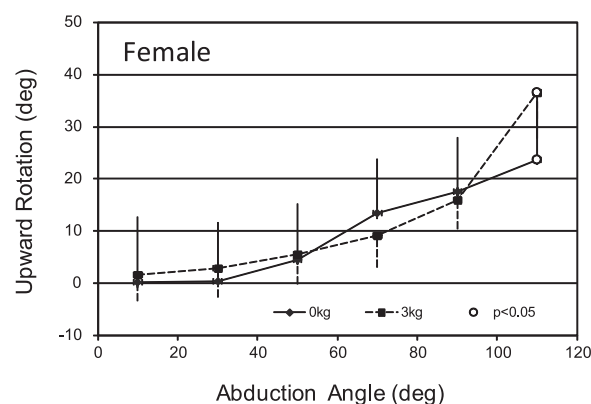


図4：女性群の肩外転時における肩甲骨上方回旋角度。
負荷、無負荷いずれにおいても同様の肩甲骨上方回旋角度であった。

考 察

Inman は上肢挙上の初期を“setting phase”と名づけ、肩関節の安定化を得るために肩甲帯の筋群が動員されるとしている⁴⁾。McClure らも electromagnetic tracking device を用いて肩甲上腕リズムは平均 1.7:1 という結果を出したが、初めの 30° 外転までは肩甲骨の動きは少ないと報告した⁸⁾。他にも運動の速度、上肢への負荷、拳上と下降、利き手非利き手での相違など様々な条件下での上腕骨と肩甲骨の関係が検討されるようになった。また、インピンジメント症候群などの病態肩では肩甲上腕リズムの乱れがあることが報告されている⁵⁾。これらのことから上腕骨と肩甲骨の関係は肩関節の神経筋協調運動の指標とされ肩のバイオメカニクスの基礎とされている。

上肢に負荷がかかると、僧帽筋、前鋸筋などの肩甲骨周囲筋群の協調された収縮が起こることが、運動位置覚、筋電図などの研究により報告されているがその変化についての報告は様々である。McQuade らは肩甲骨上方回旋角度が他動的に拳上させた時に比べ、自動運動で負荷をかけると小さくなるとしている⁹⁾。一方、Pascoal らは、肩甲骨面で拳上では 0~4kg までの負荷で影響を受けない¹¹⁾。Wootten らは 2.2kg 負荷では肩甲上腕関節リズムはおおよそ変化しなかったとそれぞれ述べている¹²⁾。

これらの相違は研究方法が単純 X 線の 2 次元解析から、体表面マーカーを用いたもの³⁾、electromagnetic tracking device を用いたものなど様々であることも考慮すべきである。今回我々が用いた 3D-to-2D レジストレーションは in vivo に神経筋活動を反映した連続運動を観察できる方法である¹⁶⁾¹⁰⁾。精度においても松木らにより誤差は translation 0.4mm, rotation 0.6° と十分な値が得られている⁷⁾。Kon らは被験者 10 人（男性 8 人、女性 2 人）で同じ手技、研究デザインで検討した。結果は外転角度が 40°~90° までで肩甲骨の上方回旋角度が負荷群で減少した⁶⁾。これは外転運動時の初期に肩甲骨が体幹に固定され、腱板機能が発揮されるための支点を形成する働きが定量的に評価されたとしている。これまでは意外にも体格や筋力の異なる男女間での検討はなされていないようである。今回の結果では男性群と女性群とで明らかに肩甲骨上方回旋角度に差がみられた。女性は男性に比べて体格や筋力が異なることの表れと思われる。仮説として女性は男性に比べて筋力に乏しい分、負荷に対して筋力を発揮するためには肩甲骨が体幹へ固定される必要があり、上方回旋角度に差が出ると考えられたが結果は逆であった。3kg の負荷に対して外転角度を保持しようとして肩甲骨が上方回旋して代償しているのかもしれない。男女問わず負荷量によって肩甲骨の動きが変化すると予想していたが、今回の結果で男女差がみられた。これについてはより詳細な検討が必要である。本研究の限界として、対象が少ないこと、被爆の問題、各個人の筋力や体格の評価が成されていないことが挙げられる。

ま と め

1. 6 自由度パラメーターが推定可能な 3D-to-2D レジストレーションを用いて男性群、女性群それぞれの肩関節外転運動時における上腕骨および肩甲骨上方回旋角度を検討した。
2. 男性群では負荷により肩甲骨上方回旋角度が小さくなり、女

性群では負荷によっても変化しなかった。

3. 肩関節外転時における肩甲骨上方回旋角度は負荷量や、体格、筋力の違いにより変化することが示唆された。

文 献

- 1) Banks SA, et al.: Accurate measurement of three-dimensional knee replacement kinematics using single-plane fluoroscopy. IEEE Trans Biomed Eng. 1996; 43: 638-649.
- 2) Codman EA: The Shoulder. Thomas Todd, Boston, 1934.
- 3) de Groot JH, et al.: Effect of different arm loads on the position of the scapula in abduction postures. Clin Biomech Bristol, Avon. 1999; 14: 309-14.
- 4) Inman VT, et al.: Observation on the function of the shoulder joint. J Bone Joint Surg Am. 1944; 26: 1-30.
- 5) Kibler WB: Scapular involvement in impingement: signs and symptoms. Instr Course Lect, 55: 35-43, 2006.
- 6) Kon Y, et al.: The influence of handheld weight on the scapulohumeral rhythm. J Shoulder Elbow Surg. 2008; 17: 943-6.
- 7) 松木圭介ほか: 肩関節における 2D/3D レジストレーション法の精度. 肩関節, 2011; 36: S84.
- 8) McClure PW, et al.: Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. J Shoulder Elbow Surg. 2001; 10: 269-77.
- 9) McQuade KJ, et al.: Dynamic scapulohumeral rhythm: the effects of external resistance during elevation of the arm in the scapular plane. J Orthop Sports Phys Ther. 1998; 27: 125-33.
- 10) Nishinaka N, et al.: Determination of in vivo glenohumeral translation using fluoroscopy and shape-matching techniques. J Shoulder Elbow Surg. 2008; 17: 319-22.
- 11) Pascoal AG, et al.: Effects of different arm external loads on the scapulo-humeral rhythm. Clin Biomech. 2000; 15: S21-4.
- 12) Wootten ME, et al.: On the measurement of scapulohumeral rhythm. Transactions of the annual meeting of the Orthopaedic Research Society. 1991; 646.