肩腱板断裂修復術後のlow row法の適応時期についての検討
- scapular retraction法との筋活動量の比較から -

齊藤 明¹, 松本 仁美², 立松 加寿子², 南谷 晶², 若狭 正彦¹, 岡田 恭司¹

An adequate period for the low row procedure after rotator cuff repair
-Comparison of the muscle activity during scapular retraction procedure-

Akira Saito¹, Hitomi Matsumoto², Kazuko Tatematsu², Akira Nanya²,
Masahiko Wakasa¹ and Kyoji Okada¹

¹ 秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻理学療法学講座, 〒010-8543 秋田県秋田市本道1-1-1 (Department of Physical Therapy, Akita University Graduate School of Health Sciences, 1-1-1 Hondo, Akita, Akita 010-8543, Japan)

² 東海大学医学部付属病院リハビリテーション技術科, 〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋143 (Rehabilitation Services Department, Tokai University Hospital, 143 Shimokasuya, Isehara, Kanagawa 259-1193, Japan)

Received: March 22, 2013 / Accepted: August 7, 2013

Abstract We investigated muscle activities of the scapular muscles during low row procedure (LR) usually used 12 weeks after a rotator cuff repair, and evaluated its effective application period comparing with scapular retraction procedure (SR) used for early postoperative period. Twelve healthy adults (mean age, 26.8 years) were enrolled in the current study. %MVICs (maximal voluntary isometric muscle contractions) of middle trapezius, lower trapezius, serratus anterior, posterior deltoid, and infraspinatus were calculated from the surface electromyography during both LR and SR. The %MVIC of either the middle trapezius or lower trapezius was not significantly different between during the LR and the SR. The %MVIC of the serratus anterior, posterior deltoid and infraspinatus during the LR was significantly higher than those during the SR ($p=0.018$, $p<0.001$, $p<0.001$, respectively). Additionally, the %MVIC of the posterior deltoid and infraspinatus in the SR was less than 20%. In training phase after rotator cuff repair, LR was considered to be effective procedure for most of the scapular muscles 12 weeks after a surgical repair of the rotator cuff. However, LR earlier than 12 weeks after the surgery is considered to yield a risk of re-tear of the rotator cuff, and SR may be a preferred training procedure in this early phase.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 62(5): 361-364 (2013)

Keywords : scapular muscles, electromyography, rotator cuff repair

緒 言

肩関節周囲の運動療法では、腱板機能を重視したトレーニング方法が多く報告^{1,2)}されている。しかし近年、肩甲骨周囲筋群の機能も注目され、その機能低下は肩甲上腕リズムの破綻³⁾や肩関節外転時の肩峰下腔の狭小化⁴⁾、腱板の機能低下⁵⁾の原因と考えられている。Kiblerら⁶⁾は特に僧帽筋下部線維と前鋸筋は肩甲骨の固定作用を有するため、肩甲骨機能のkey muscleであると述べている。僧帽筋下部線維や前鋸筋では術後や外傷後の安静により、正常な筋機能や神経系の調整機能が低下するため⁷⁾、肩腱板断裂修復術後の運動療法では腱板機能だけでなく、肩甲骨周囲筋群の筋活動を促していく必要がある。

僧帽筋下部線維や前鋸筋をターゲットとしたトレーニ

ングの一つにLow row法(以下LR)があり、その適応時期は術前または術後に上肢の運動が安全に行える時期⁸⁾とされている。Kiblerら⁶⁾は、LR時の肩甲骨周囲筋群の筋電図を検討し、LRは特に前鋸筋のトレーニングとして有効であると報告しているが、腱板構成筋である棘下筋については示されていない。LRが広く実施されている術後12週以降のトレーニング期においては腱板と肩甲骨周囲筋群の協調性や同時収縮が重要⁹⁾であるため、棘下筋の筋活動についての検討が必要と思われる。またLRは等尺性収縮であり関節運動も制限される⁶⁾ため、一般的に腱板の等尺性トレーニングが開始される時期である術後6～8週の固定解除期から可及的早期に開始出来る可能性も考えられる。

そこで本研究では肩腱板断裂修復術後の固定期から固

定解除期に実施され, 僧帽筋下部線維や前鋸筋をターゲットとしたScapular retraction法^{10,11)} (以下SR)を比較対象とし, LRが棘下筋に及ぼす影響を明らかにし, また固定解除期からの実施が可能であるか検討することを目的とした。

方 法

対象 健康成人12名 (男性6名, 女性6名; 年齢 26.8 ± 4.8 歳, 身長 164.8 ± 8.0 cm, 体重 58.6 ± 12.4 kg) の利き手12肢を対象とし, 上肢に整形外科疾患の既往のある者, 半年以内に頸部や肩関節に疼痛や外傷があった者は除外した。本研究は東海大学医学部附属病院臨床研究審査会(受付番号 09R114号)の承認を得て実施した。なお対象者には研究目的や意義を十分に説明し, 書面にて同意を得た。

測定 測定肢位はKiblerら⁶⁾の方法を参考に, LR (Fig. 1) は立位, 肩関節屈曲伸展0度にて手掌を固定した台に接触させた後, 脊柱伸展, 肩甲骨下制・内転運動を行い, 手掌で後方の台を押すよう指示した。SR (Fig. 2) は立位にて, 肩関節屈曲伸展0度・外旋位, 肘関節最大屈曲位, 前腕回内位, 手指屈曲位から脊柱伸展および肩甲骨内転運動を実施した。いずれの動作も5秒間最大努力で3回施行し, このときの肩甲骨周囲筋群の筋活動量を測定した。各施行間の休憩は3分間とした。表面筋電図は表面筋電計Telemetry2400 (Noraxon社製)を用いて計測し, 被験筋は僧帽筋中部線維, 僧帽筋下部線維, 前鋸筋, 三角筋後部線維, 棘下筋の5筋とした。表面筋電図を双極誘導するために, 銀-塩化銀電極2個を各筋の

走行に沿って電極間距離20mmで貼り付けた。各筋の筋電図導出部位はSENIAMが推奨する位置¹²⁾ (Table 1)とし, アース電極は第7頸椎棘突起とした。なお, 皮膚の電気抵抗が $10\text{k}\Omega$ 以下となるよう皮膚前処理剤(スキンプーア, 日本光電社製)で十分に処理した。手順はLR, SRの各動作課題を行う前に各筋の最大等尺性収縮(maximal voluntary isometric muscle contractions; MVIC)時の筋活動量を測定した。測定肢位は諸家らの方法^{13,14)}を参考に設定し (Table 1), 5秒間の筋活動量を3回計測し, 各測定間の休憩は3分間とした。その後, LRおよびSRをランダムに実施した。

解析 表面筋電図は周波数帯20~50Hz, サンプリング周波数1500Hzにてパーソナルコンピュータ (Dell社製)に取り込み, 解析は解析ソフト・マイオリサーチXP (Noraxon社製)を用いて行った。得られた生波形は, root mean square (時定数100msec)で平滑化処理を行い, 開始後および終了前の各1秒間を除いた中間の3秒間を解析対象とした。各筋とも3回の平均振幅を求め, MVIC時の平均振幅で除して正規化し, %MVICを算出した。

統計学的解析にはSPSS Statistics 19 (IBM社製)を使用した。LRとSRにおける各筋活動量を比較するため, 対応のあるt検定を用い, 有意水準は5%未満とした。

結 果

LRおよびSR時の各筋の%MVICをTable 2に示した。僧帽筋中部と下部線維ではLR時とSR時で有意差は認めなかった。前鋸筋, 三角筋後部線維, 棘下筋ではLR時%MVICがSR時に比べ有意に高値を示した。またSR時,

Fig. 1 Low row

Fig. 2 Scapular retraction

Table 1. Electrode placement and MVIC test position

Muscle	Electrode placement ¹²⁾	Position ^{13,14)}
Middle trapezius	50% between the medial border of the scapula and spine, at the level of T3	Shoulder horizontally abducted and externally rotated in the prone position
Lower trapezius	2/3 on the line from the trignonum spinea to the 8th thoracic vertebra	Arm raised above the head in line with the lower trapezius muscle in the prone position
Serratus anterior	Below the axilla, at the level of the inferior angle of the scapula	Shoulder flexed to 125° in the sitting position
Posterior deltoid	Center the electrodes in the area about two fingerbreaths behind the angle of the acromion	Shoulder horizontally abducted in the prone position
Infraspinatus	Approximately 4cm below and parallel to the spine of scapula, over the infrascapular fossa	Shoulder externally rotated in the sitting position

MVIC : maximal voluntary isometric muscle contractions

Table 2. Normalized EMG activity (%MVIC) of scapular muscles

Muscle	LR	SR	p value
Middle trapezius	41.32 ± 14.39	44.81 ± 18.64	p= 0.680
Lower trapezius	32.06 ± 14.39	36.29 ± 20.93	p= 0.490
Serratus anterior	38.85 ± 30.35	22.69 ± 20.32	p= 0.018
Posterior deltoid	78.19 ± 23.72	15.45 ± 10.02	p<0.001
Infraspinatus	31.72 ± 7.33	18.88 ± 8.31	p<0.001

Mean ± standard deviation (%), EMG : electromyography
 %MVIC : % maximal voluntary isometric muscle contractions
 LR : Low row, SR : Scapular retraction

三角筋後部線維と棘下筋の%MVICは20%未満であった。

考 察

僧帽筋下部線維、前鋸筋はLR時およびSR時ともに20～40%MVICの筋活動量であった。DiGiovineら¹⁵⁾はトレーニングにおいて、20%MVIC未満の筋活動量は臨床的な意義が低く、20～40%MVICの筋活動量が最適であるとし、Kiblerら⁶⁾はこの筋活動量でのトレーニングが肩甲骨周囲筋群の神経筋コントロールの再教育に適していると述べている。したがって両トレーニングとも僧帽筋下部線維、前鋸筋のトレーニングとして有効であると考えられる。特に前鋸筋では、LRがSRに比べ有意に高い筋活動量であったことから、LRは前鋸筋のトレーニング

方法としてより有効であり、積極的な筋力増強が求められるトレーニング期に適していると考えられる。

棘下筋の筋活動量はLR時20～40%MVICであり、LRは棘下筋のトレーニングとしても有効であると考えられる。棘下筋の停止部については近年、大結節の後面のみでなく、棘上筋腱だけが付着していると考えられていた部位である大結節上面の前端部近くまで達している¹⁶⁾ことが報告されている。よって腱板断裂が好発する大結節の上面部の断裂には棘上筋腱と棘下筋腱の両者が関与している例も多いと考えられ、肩腱板断裂修復術後のトレーニングを行う上で棘下筋の筋活動量を考慮することは重要と考えられる。またLRはSR時に比べ有意に棘下筋の筋活動量が高く、僧帽筋下部線維や前鋸筋との同時

収縮による協調性の再教育も可能であるなど, 肩腱板断裂修復術後12週以降のトレーニング法として有用であると考えられる。

LRは等尺性収縮であるため, 腱板の等尺性トレーニングが開始される術後6~8週の固定解除期に適応となる可能性がある。しかし, 術後12週以内は腱板の再断裂を起こしやすい時期¹⁷⁾であること, LR時には三角筋後部線維の筋活動量が高く等尺性収縮ではあるものの肩関節伸展位となる可能性が考えられることなどから, 術後12週以内のLRは避けるべきと考えられる。特に大断裂の修復術後においては, 固定解除期でのLR施行は再断裂の危険性が高いことから, 術後12週以降での施行が適していると考ええる。一方SR時, 棘下筋の筋活動量は20%MVIC未満であった。術後のトレーニングにおいては, 腱板縫合部の再断裂予防の観点から20%MVIC未満の筋活動量が安全⁷⁾とされている。したがって僧帽筋下部線維や前鋸筋の筋活動を早期から促すことが必要となった場合, SRは棘下筋に過度の負荷を与えず肩腱板断裂修復術後の固定期より安全に行えるトレーニング法であると考えられる。しかし, 腱板の等尺性トレーニングが開始される固定解除期においては, SRのみでは棘下筋の筋活動量が不十分であるため, 肩関節外旋運動などの棘下筋の等尺性トレーニングを併用していく必要があると考ええる。

以上より肩腱板断裂修復術後の肩甲骨周囲筋群の筋機能低下に対して, 術後12週以降のいわゆるトレーニング期では, LRがSRに比べ肩甲骨周囲の多くの筋のトレーニングに効果的であるが, 6週以降から12週未満の固定解除期からの実施は再断裂の危険性があると考えられた。今後は肩腱板断裂修復術の主な対象年代での調査や, 針筋電図を用いての棘上筋の筋活動量の評価など, より詳細に安全性や効果を確認するための検討が必要と思われる。

文 献

- 1) 山口光國: 肩の深部筋トレーニングの理論と実際 腱板機能に着目して, 徒手理学療法, 3: 35-38, 2003.
- 2) 筒井廣明, 山口光國, 山本龍二, 三原研一, 保刈 成, 上里元, 鈴木一秀, 大島 和, 内川友義, 菅 直樹: 筋電図を用いた腱板訓練の有用性の検討, 肩関節, 19: 310-316, 1995.
- 3) Paletta GA, Jr., Warner JJ, Warren RF, Deutsch A, Altchek DW. Shoulder kinematics with two-plane x-ray evaluation in patients with anterior instability or rotator cuff tearing. *J Shoulder Elbow Surg* 6: 516-527, 1997.
- 4) Hinterwimmer S, Von Eisenhart-Rothe R, Siebert M, Putz R, Eckstein F, Vogl T, Graichen H. Influence of adducting and abducting muscle forces on the subacromial space width. *Med Sci Sports Exerc* 35: 2055-2059, 2003.
- 5) Kibler WB, Sciascia A, Dome D. Evaluation of apparent and absolute supraspinatus strength in patients with shoulder injury using the scapular retraction test. *Am J Sports Med* 34: 1643-1647, 2006.
- 6) Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, Tambay N, Cunningham T. Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. *Am J Sports Med* 36: 1789-1798, 2008.
- 7) Smith J, Dahm DL, Kaufman KR, Boon AJ, Laskowski ER, Kotajarvi BR, Jacofsky DJ. Electromyographic activity in the immobilized shoulder girdle musculature during scapulothoracic exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 87: 923-927, 2006.
- 8) Kibler WB, McMullen J, Uhl T. Shoulder rehabilitation strategies, guidelines, and practice. *Orthop Clin North Am* 32: 527-538, 2001.
- 9) Wilk KE, Arrigo CA, Anderson JR. Closed and open kinetic chain exercise for the upper extremity. *J Sport Rehabil* 5: 88-102, 1996.
- 10) Kibler WB, Livingston B. Closed-chain rehabilitation for upper and lower extremities. *J Am Acad Orthop Surg* 9: 412-421, 2001.
- 11) McMullen J, Uhl TL. A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *J Athl Train* 35: 329-337, 2000.
- 12) 下野俊哉. 表面筋電図マニュアル 基礎編, 酒井医療株式会社, 東京, 2004.
- 13) Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *J Electromyogr Kinesiol* 15: 418-428, 2005.
- 14) Kelly BT, Kadrmas WR, Kirkendall DT, Speer KP. Optimal normalization tests for shoulder muscle activation: an electromyographic study. *J Orthop Res* 14: 647-653, 1996.
- 15) Digiovine NM, Jobe FW, Pink M, Perry J. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg* 1: 15-25, 1992.
- 16) Mochizuki T, Sugaya H, Uomizu M, Maeda K, Matsuki K, Sekiya I, Muneta T, Akita K. Humeral insertion of the supraspinatus and infraspinatus. New anatomical findings regarding the footprint of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 90: 962-969, 2008.
- 17) 田中誠人, 林田賢治: 腱板断裂修復術後の再断裂時期の検討, 肩関節, 36: 603-605, 2012.