

背臥位における僧帽筋下部線維 の選択的収縮を促す新規エクササイズの新規筋活動

Muscle activity of a novel exercise to selectively contract
the lower trapezius in the supine position

樋口一斗*1, 光井康博*2, 坂井周一郎*1

キー・ワード：Overhead athletes, Y-exercise, Modified Y-exercise

オーバーヘッドアスリート, Y-エクササイズ, Modified Y エクササイズ

〔要旨〕 本研究の目的は、男子高校野球選手 13 例 13 肩の Y-エクササイズ (Y-ex) と Modified Y-エクササイズ (MY-ex) の僧帽筋の筋活動を比較することである。被験筋は、利き手の僧帽筋上部線維 (UT)、中部線維 (MT)、下部線維 (LT) とした。Y-ex は腹臥位にて肩甲骨面最大挙上を行った。MY-ex はストレッチポール上で仰臥位となり、肩甲骨面挙上 120° からセラバンドを把持して最大挙上を行った。Y-ex と MY-ex の最大随意等尺性収縮の割合 (%MVIC) を比較した。また、UT・MT の %MVIC を LT の %MVIC で除した値 (UT/LT 比, MT/LT 比) を Y-ex と MY-ex で比較を行った。Y-ex の %MVIC は、UT : 40.2%・MT : 31.1%・LT : 58.8%, MY-ex の %MVIC は、UT : 17.3%・MT : 23.1%・LT : 27.1% であり、Y-ex の %MVIC が MY-ex より、それぞれで有意に高値を示した。UT/LT 比は、Y-ex : 73.2%・MY-ex : 55.9% であり、MY-ex が有意に低値を示した。MY-ex は LT を選択的に収縮させるエクササイズであることが示唆された。

はじめに

投球障害肩の要因として、肩甲骨運動異常 (scapular dyskinesis : SD) が挙げられ、肩関節痛発症リスクを高めることが報告されている¹⁻³⁾。そのため、リハビリテーションにおいて SD に対するアプローチが必要である。

これまでオーバーヘッドアスリートに対する肩甲骨周囲筋のエクササイズは多数報告されている⁴⁻⁶⁾。Oyama ら⁶⁾は、肩甲骨周囲筋の代表的なエクササイズとして、Y・W・I・T-エクササイズを挙げている。その中でも Y-エクササイズ (Y-ex) は、特に僧帽筋下部線維 (lower trapezius : LT) に対するエクササイズとされている⁷⁾。一方で Arlotta ら⁸⁾は、LT に対するエクササイズを筋電図学

的に検討した結果、Y-ex において LT の活動よりも僧帽筋上部線維 (upper trapezius : UT) の過剰な活動を認めたと述べている。我々も臨床において、Y-ex を行った際に UT の過剰な収縮を訴える患者を多く経験している。また LT の活性化と肩甲骨後傾⁹⁾ や体幹伸展 (胸椎伸展)¹⁰⁾ は関連することが報告されている。Kim ら¹¹⁾は、Y-ex 中に肩甲骨後傾を促すと UT の筋活動が低値を示した一方、肩甲骨後傾と体幹伸展を同時に行うと UT の筋活動は高くなると述べている。しかしその報告において、体幹伸展は C7 を起点に伸展しており、頸椎の伸展が影響することが考えられる。頸椎伸展と UT の筋活動の関連がある⁸⁾ ことから、UT の筋活動が反映される可能性がある。これらのことから、肩関節挙上位または投球動作の近似肢位にて肩甲骨後傾・胸椎伸展を促し、より UT の収縮を抑制するエクササイズが必要と考え、modified Y-エクササイズ (MY-ex) を新たに考案した。しかし、MY-ex が Y-ex よりも UT・僧帽筋

*1 百武整形外科・スポーツクリニックリハビリテーション部

*2 百武整形外科病院

Corresponding author : 光井康博 (y.mitsui0711@gmail.com)

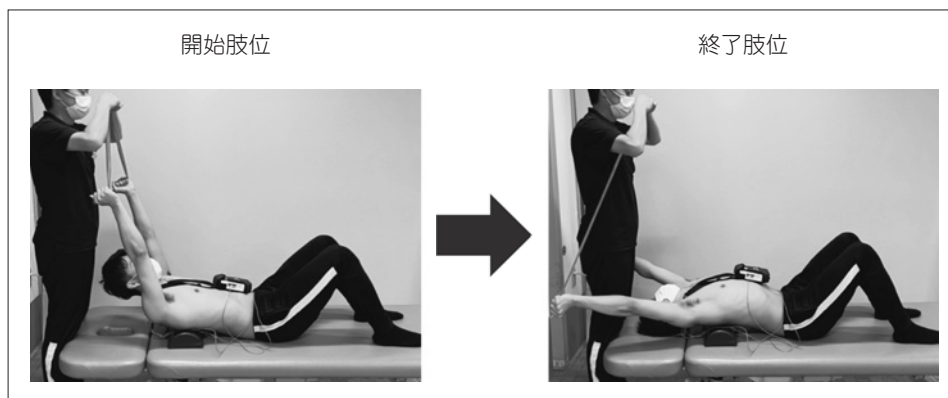


図1 Modified Y-エクササイズ (MY-ex)
被験者をハーフストレッチポール上で仰臥位とし、肩甲骨面挙上 120° で験者が吊りした赤色のセラバンドを把持し、肩甲骨面最大挙上する。

中部線維 (middle trapezius : MT) に対して LT を選択的に収縮させることができるエクササイズとなり得るかは不明である。

本研究の目的は、Y-ex と MY-ex 中の僧帽筋の筋活動を比較し、MY-ex が LT を選択的に収縮させるエクササイズとして有用であるかを検討することである。

対象および方法

対象は、肩・肘関節およびその他の関節に疼痛などの愁訴がなく、全力投球可能で硬式野球部に所属する男子高校生 13 例 13 肩とした。平均年齢は 16.4 ± 0.5 歳、身長 171.0 ± 6.3 cm、体重 67.6 ± 9.9 kg、競技歴 7.7 ± 1.5 年、ポジションは投手 5 例、野手 8 例とした。本研究に際し、倫理的配慮はヘルシンキ宣言に則り、全対象者や指導者に個人情報保護について文書及び口頭にて説明し、同意を得た。また当院の倫理審査委員会の承認を得た (承認番号 : 230921)。

筋電図測定は表面筋電計 (NORAXON 社 TELEMyoG2 <1000Hz>) を用い、被験筋を投球側の UT, MT, LT とした。電極の貼付位置は Arlotta ら⁸⁾ の方法に準じて、UT : 肩関節外転 90° にて、第 7 頸椎棘突起と肩峰外側の中点から 3cm 内側、MT : 第 4 胸椎棘突起のレベルに位置する肩甲棘から 5cm 内側、LT : 肩関節 90° 屈曲位にて、肩甲骨下角から 10cm 内側とした。電極貼付後に被験筋を収縮させ、波形の確認を行った。

UT, MT, LT の最大随意性等尺性収縮 (Maximal Voluntary Isometric contraction : MVIC) は、Avers ら¹²⁾ の Manual Muscle Testing (MMT) に

準じて行い、本番前に、数回練習を行った後に 5 秒間収集した。

Y-ex の開始肢位は、被験者をベッド上で腹臥位とし、上肢をベッドから外に出した肢位とした。運動課題はメトロノームを用いて上肢下垂位から肩甲骨面最大挙上までを 5 秒、最大挙上から上肢下垂位までを 5 秒かけて行った。なお、重錘等は用いなかった (図 1)。

MY-ex の開始肢位は、被験者をベッド上で両膝関節屈曲位にて仰臥位とし、第 5~7 胸椎とベッドの間にハーフストレッチポールを設置した。験者は、立位にてベッドの端に位置し、肩関節屈曲 90° 、肘関節屈曲 90° にて長さ 1m の赤色のセラバンドを把持した。運動課題は、肩甲骨面挙上 120° で験者が持つセラバンドを把持し、メトロノームを用いて肩甲骨面挙上 120° から肩甲骨面最大挙上までを 5 秒、最大挙上位から肩甲骨面挙上 120° までを 5 秒かけて行った (図 2)。各エクササイズとも数回練習した後に、3 回実施した。なお測定の手順はランダムに行い、測定間に休息を 60 秒設けた。

筋活動解析は、全波整流化し、MVIC において各筋で得られた 5 秒間の波形の中間 2~4 秒を解析に使用した。各エクササイズにおいては収縮開始から最大挙上までの波形を解析に用いた。なお収縮開始の定義は、安静時の 1 秒平均の標準偏差を算出し、3 倍を足した電位を超えた時間とした。積分筋電図 (Integrated Electromyogram : IEMG) は、収縮開始から最大挙上で得られた筋活動を 1 秒平均に換算し、3 回の平均値を解析に使用した。筋活動量は、IEMG を MVIC で正規化した値 (%MVIC) を算出した。さらに UT および

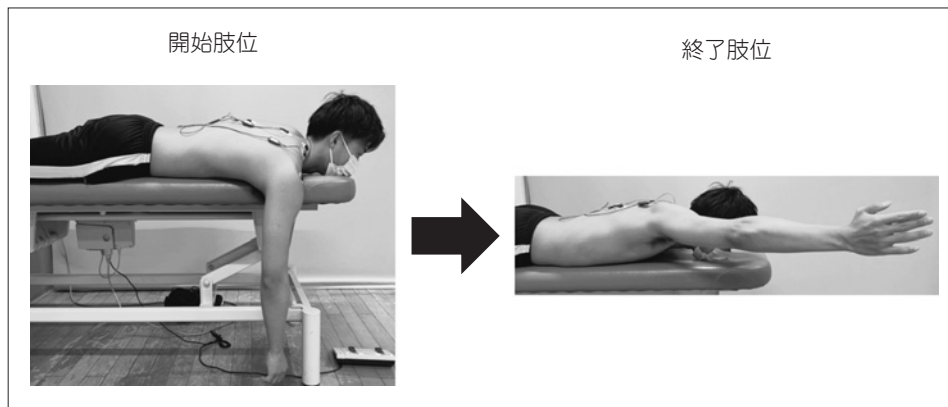


図2 Y-エクササイズ (Y-ex)

被験者をベッド上で腹臥位とし、上肢をベッドの外に出した肢位から肩甲骨面最大挙上する。

MTの%MVICをLTの%MVICで除した値(UT/LT比, MT/LT比)を算出し、その値が低いほどLTが活動していると定義した。

評価項目は、UT・MT・LTの%MVICおよびUT/LT比・MT/LT比とし、Y-exとMY-exで比較検討を行った。

統計学的評価には、Y-exとMY-exのUT・MT・LTそれぞれの%MVICおよびUT/LT比・MT/LT比の正規性を確認するためにShapiro-Wilk検定を行い、正規分布が認められた2群比較にはpaired t-test、正規分布を認めない2群比較にはWilcoxon符号付順位和検定を用いた。危険率5%未満を有意差ありとした。

結果

統計学的検討において、正規性はY-exのLTの%MVICおよびUT/LT比、MY-exのUT・MTの%MVICおよびMT/LT比に認め、Y-exのUT・MTの%MVICおよびMT/LT比、MY-exのLTの%MVICおよびUT/LT比は正規性を認めなかった。

Y-exにおける%MVICの中央値(最小—最大)は、UT:40.2%(24.5%-55.9%)・MT:31.1%(8.9%-67.6%)・LT:58.8%(23.4%-80.0%)であった。MY-exにおける%MVICの中央値(最小—最大)は、UT:17.3%(4.4%-38.1%)・MT:23.1%(4.8%-55.6%)・LT:27.1%(18.9%-56.2%)であった。Y-exはMY-exより有意に高値を示した(それぞれ $P<0.01$, $P<0.05$, $P<0.01$)(図3-A, 3-B, 3-C)。

UT/LT比における中央値(最小—最大)は、Y-

ex:73.2%(45.8%-184.6%)・MY-ex:55.9%(26.6%-114.9%)であり、MY-exが有意に低値を示した($P<0.05$)(図4-A)。MT/LT比における中央値(最小—最大)は、Y-ex:72.7%(36.4%-88.1%)・MY-ex:62.4%(17.5%-225.7%)であり、両群間に統計学的有意差は認められなかった($P=0.24$)(図4-B)。

考察

本研究では、MY-exにおいてY-exよりもUT/LT比が有意に低値を示した。またMY-exにおけるUT・MT・LTの%MVICはY-exよりも有意に低値であった。これらの結果からMY-exは、挙上位で肩甲骨周囲筋に対するエクササイズを開始する段階で使用できる可能性がある。

肩痛を有するオーバーヘッドアスリートの僧帽筋の筋活動について、Coolsら¹³⁾は、UT/LT比が高値を示し、僧帽筋間にアンバランスが存在すると報告している。また肩関節外転90°で保持した状態から保持を外した際の僧帽筋の反応時間を調査した研究において、UTに対するLTの反応時間が低下していたことが述べられている¹⁴⁾。これらのことから、肩痛を有するオーバーヘッドアスリートに対してLTを選択的に収縮させるエクササイズが必要である。本研究結果より、MY-exはY-exよりUT/LT比が低値を示したことから、MY-exはY-exよりもLTを選択的に収縮できるエクササイズとなり得る可能性が示唆された。

LTの筋活動に関してLeeら¹⁵⁾は、肩甲骨後傾を促すストレッチを行うと、肩甲骨後傾角度が増加し、LTの活性化を認めたと報告している。ま

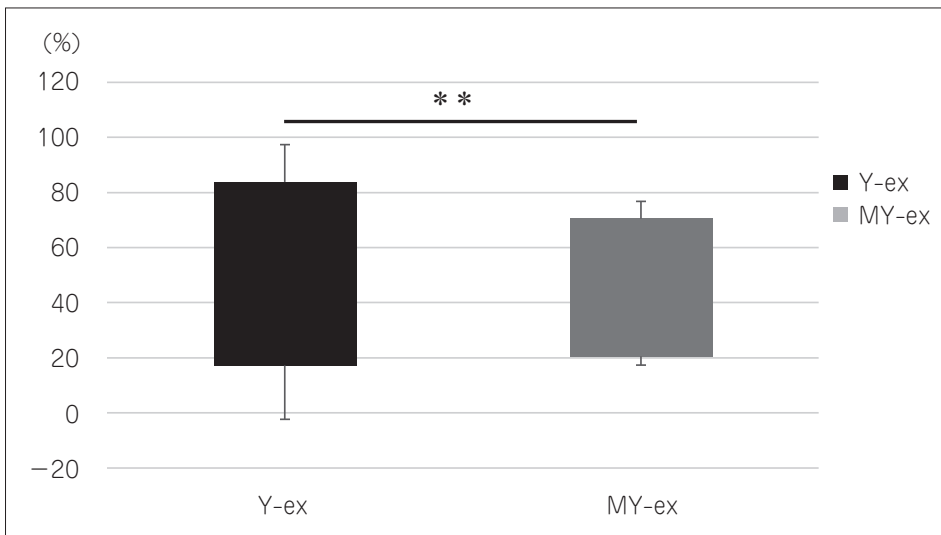


図 3-A UT における %MVIC の比較
 UT の %MVIC において、Y-ex は MY-ex より有意に高値を示した (** : P<0.01).

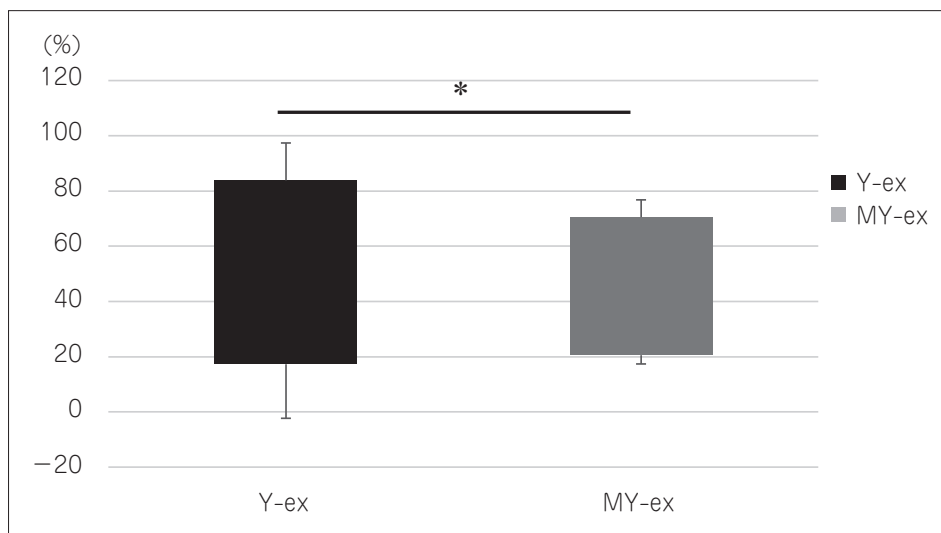


図 3-B MT における %MVIC の比較
 MT の %MVIC において、Y-ex は MY-ex より有意に高値を示した (* : P<0.05).

た、肩甲骨後傾や胸椎伸展を促すストレッチやエクササイズを8週間行うことで、肩関節挙上時のLTの活性化を認めたとされている¹⁶⁾。これらのことから、LTの活性化と肩甲骨後傾・胸椎伸展が関連していることが予想される。今回、MY-exにおいて、Y-exよりLTの比率が低値を示した要因として、肩甲骨面最大挙上する際にハーフストレッチポールをT5-7胸椎とベッドの間に設置したことで、より肩甲骨後傾・胸椎伸展を促せた可能性があり、LTの筋活動が活性化したと考えた。

本研究において、UT・MT・LTの%MVICは

MY-exがY-exよりも低値を示した。これは一つにはY-exとMY-exで負荷量が一定でなかったことが考えられる。Y-exでは重錘等の負荷を用いておらず、MY-exではセラバンドを使用している。このことから各エクササイズにおいて負荷量を一定にできていないことが影響している可能性がある。また、Babulら¹⁷⁾は、肘関節屈曲運動を抗重力位と除重力位で行った場合、抗重力位において主動作筋の筋活動が増加したことを報告しており、本研究においてもY-exが抗重力位にあるのに対し、MY-exが除重力位となることから、エク

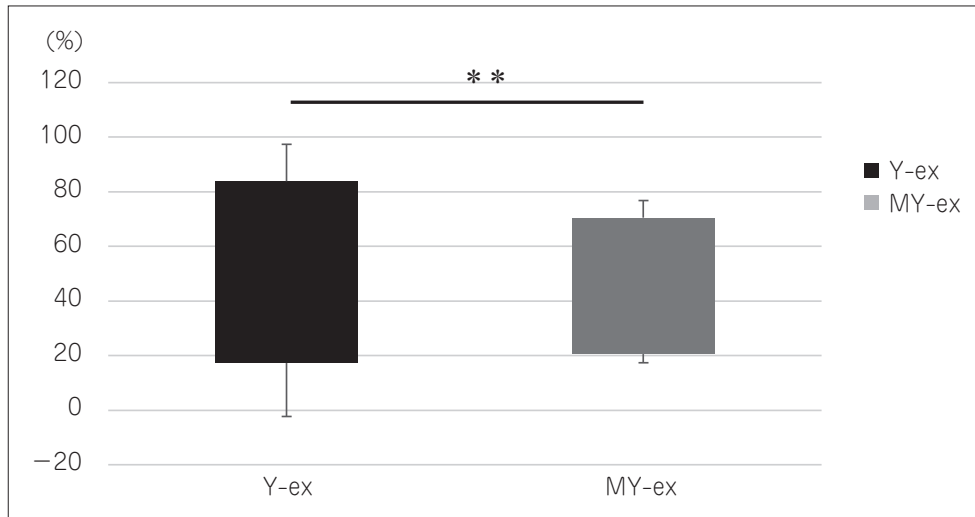


図 3-C LT における %MVIC の比較
LT の %MVIC において、Y-ex は MY-ex より有意に高値を示した (** : P<0.01)。

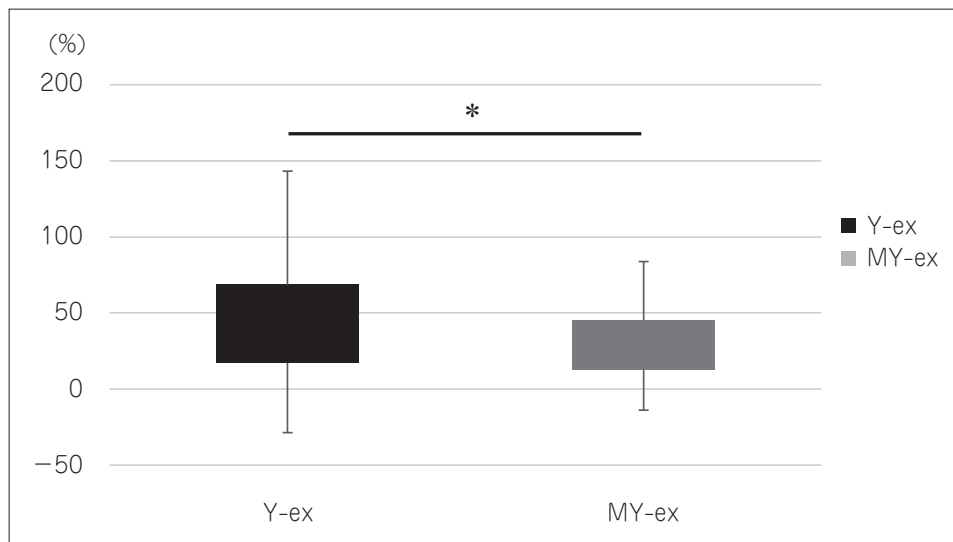


図 4-A Y-ex と MY-ex の UT/LT 比
UT/LT 比において、MY-ex は有意に低値を示した (* : P<0.05)。

エクササイズ中の肢位が各筋群の筋活動に影響を及ぼした可能性も考えられる。

Kibler ら¹⁸⁾は、肩甲骨のエクササイズにおいて、筋活動が 20~40%MVIC のエクササイズは、リハビリテーションの初期段階に肩甲骨周囲筋と上腕筋群の神経筋制御を再トレーニングするのに有用であると報告している。また、筋活動が 35%MVIC 程度のエクササイズであれば、肩上方関節唇修復術後患者の初期の肩甲骨エクササイズとして用いることができるとの報告もある¹⁹⁾。本研究において、LT の %MVIC は MY-ex で平均 34.6% であることから、MY-ex は肩関節の Tightness が改善

し、挙上位で肩甲骨周囲筋に対するエクササイズを開始する段階で使用できる可能性が示唆された。

本研究の限界として、MT/LT 比に統計学的有意差が認められなかった要因が不明であり、これは 1 つにデータのばらつきが大きいことが考えられる。また MY-ex においてセラバンドを持つ介助者が必要であり、介助者がいない場合に、セルフでエクササイズができない可能性がある。今後セルフで行えるエクササイズ等も検討が必要と考える。UT/LT 比が低値を示すエクササイズについて多数報告されており、これらのエクササイズ

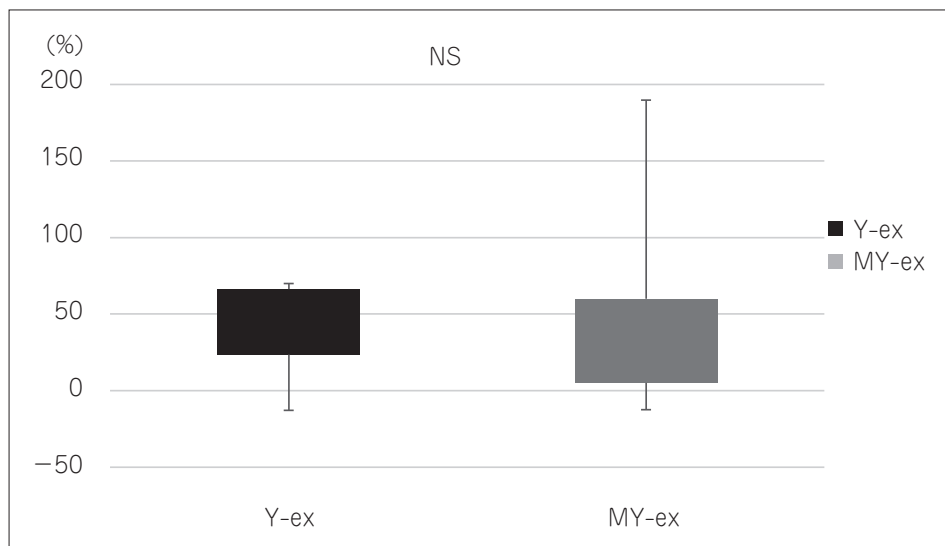


図 4-B Y-ex と MY-ex の MT/LT 比
MT/LT 比において、両群間に差は認められなかった。

との比較をできていないこと、MY-ex 中の肩甲骨の動的評価を行えておらず、肩甲骨後傾や胸椎伸展がどの程度促されているか不明なことが挙げられる。これらに関して、他のエクササイズとの比較や、MY-ex の動体解析が必要と考える。

結 語

MY-ex はリハビリテーションの初期段階において、UT の関与を減少させ、LT を選択的に収縮させるエクササイズとして有用である可能性がある。

この論文は、第 34 回日本臨床スポーツ医学会学術集会で発表した。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

Conceptualization, 樋口一斗, 光井康博, 坂井周一郎; data curation, 樋口一斗; formal analysis, 樋口一斗; funding acquisition, なし; investigation, 樋口一斗; methodology, 樋口一斗, 光井康博, 坂井周一郎; project administration, 樋口一斗, 光井康博; resources, 樋口一斗, 坂井周一郎; software, 樋口一斗, 坂井周一郎; supervision, 光井康博; validation, 樋口一斗, 光井康博, 坂井周一郎; visualization, 樋口一斗; writing-original draft preparation, 樋口一斗; writing-review and editing, 光井康博, 坂井周一郎

文 献

- 1) Huang TS, Ou HL, Huang CY, et al. Specific kinematics and associated muscle activation in individuals with scapular dyskinesis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015; 24: 1227-1234 doi: 10.1016/j.jse.2014.12.022.
- 2) Kibler WB, Ludewig PM, McClure PW, et al. Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the 'Scapular Summit'. *Br J Sports Med.* 2013; 47: 877-885 doi: 10.1136/bjsports-2013-092425.
- 3) Hickey D, Solvig V, Cavalheri V, et al. Scapular dyskinesis increases the risk of future shoulder pain by 43% in asymptomatic athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018; 52: 102-110 doi: 10.1136/bjsports-2017-097559.
- 4) Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy.* 2003; 19: 641-661 doi: 10.1016/s0749-8063(03)00389-x.
- 5) De Mey K, Danneels LA, Cagnie B, et al. Conscious correction of scapular orientation in overhead athletes performing selected shoulder rehabilitation exercises: the effect on trapezius muscle activation measured by surface electromyography. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013; 43: 3-10 doi: 10.2519/jospt.2013.4283.

- 6) Oyama S, Myers JB, Wassinger CA, et al. Three-dimensional scapular and clavicular kinematics and scapular muscle activity during retraction exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40: 169-179 doi: 10.2519/jospt.2010.3018.
- 7) Reinold MM, Escamilla RF, Wilk KE. Current concepts in the scientific and clinical rationale behind exercises for glenohumeral and scapulothoracic musculature. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009; 39: 105-117 doi: 10.2519/jospt.2009.2835.
- 8) Arlotta M, Lovasco G, McLean L, et al. Selective recruitment of the lower fibers of the trapezius muscle. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011; 21: 403-410 doi: 10.1016/j.jelekin.2010.11.006.
- 9) Worsley P, Warner M, Mottram S, et al. Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013; 22: e11-e19 doi: 10.1016/j.jse.2012.06.010.
- 10) Chopp-Hurley JN, Prophet C, Thistle B, et al. Scapular Muscle Activity During Static Yoga Postures. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018; 48: 504-509 doi: 10.2519/jospt.2018.7311.
- 11) Kim SY, Yu IY, Oh JS, et al. Effects of Intended Scapular Posterior Tilt Motion on Trapezius Muscle Electromyography Activity. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18: 9147 doi: 10.3390/ijerph18179147.
- 12) Avers D, Brown M. 新・徒手筋力検査法. 第10版. 東京: 協同医書出版社: 102-109, 2020.
- 13) Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, et al. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scand J Med Sci Sports.* 2007; 17: 25-33 doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00570.x.
- 14) Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al. Scapular muscle recruitment patterns: trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *Am J Sports Med.* 2003; 31: 542-549 doi: 10.1177/03635465030310041101.
- 15) Lee JH, Cynn HS, Yoon TL, et al. Comparison of scapular posterior tilting exercise alone and scapular posterior tilting exercise after pectoralis minor stretching on scapular alignment and scapular upward rotators activity in subjects with short pectoralis minor. *Phys Ther Sport.* 2015; 16: 255-261 doi: 10.1016/j.ptsp.2015.01.002.
- 16) Lynch SS, Thigpen CA, Mihalik JP, et al. The effects of an exercise intervention on forward head and rounded shoulder postures in elite swimmers. *Br J Sports Med.* 2010; 44: 376-381 doi: 10.1136/bjsm.2009.066837.
- 17) Virji-Babul N, Cooke JD, Brown SH. Effects of gravitational forces on single joint arm movements in humans. *Exp Brain Res.* 1994; 99: 338-346 doi: 10.1007/BF00239600.
- 18) Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, et al. Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2008; 36: 1789-1798 doi: 10.1177/0363546508316281.
- 19) Borms D, Ackerman I, Smets P, et al. Biceps disorder rehabilitation for the athlete: A Continuum of Moderate- to High-Load Exercises. *Am J Sports Med.* 2017; 45: 642-650 doi: 10.1177/0363546516674190.

(受付: 2024年2月19日, 受理: 2024年10月10日)

Muscle activity of a novel exercise to selectively contract the lower trapezius in the supine position

Higuchi, K.^{*1}, Mitsui, Y.^{*2}, Sakai, S.^{*1}

^{*1} Department of Rehabilitation, Hyakutake Orthopaedic & Sports Clinic

^{*2} Department of Orthopedic Surgery in Hyakutake Orthopedic Hospital

Key words: Overhead athletes, Y-exercise, Modified Y-exercise

[Abstract] The purpose of this study was to compare upper (UT), middle (MT), and lower (LT) trapezius muscle activity during Y-exercises (Y-ex) and Modified Y-exercises (MY-ex) in 13 healthy male high school baseball players. MY-ex was performed in the supine position on a stretch pole, with the scapula elevated 120° and the Thera-Band grasped for maximum elevation. The study items were to compare the percentage of maximum voluntary isometric contraction to integral EMG (%MVIC) between Y-ex and MY-ex, and to calculate the %MVIC of UT and MT divided by the %MVIC of LT (UT/LT ratio and MT/LT ratio) and compare them between Y-ex and MY-ex. The results showed that Y-ex had significantly higher %MVIC for UT, MT, and LT in all fibers ($P < 0.01$) ($P < 0.05$). MY-ex had significantly lower %MVIC for UT/LT ratio ($P < 0.05$). No difference was observed in the MT/LT ratio. We hypothesized that MY-ex would decrease UT involvement and selectively contract LT in baseball players during early rehabilitation.