

僧帽筋下部線維を賦活化させる エクササイズのリテラチュア

A systematic review of optimal exercises for the lower trapezius

齋藤裕美*^{1,2}, 大久保雄*^{1,2}, 杉本真郷*², 原田 健*²
乙戸崇寛*², 赤坂清和*², 金岡恒治*¹

キー・ワード : Electromyography, muscle activity, muscle activity ratio
筋電図, 筋活動量, 筋活動比

【要旨】 【目的】 僧帽筋下部線維 (LT) を賦活化させるエクササイズ (Ex) をリテラチュアレビューで明らかにする。【方法】 PubMed・医学中央雑誌刊行会で文献を収集し、選出した論文でLTの%MVCが高いEx, 僧帽筋上部線維 (UT) との筋活動比 UT/LT が低いEx, 両者を加味したExをまとめた。【結果】 %MVCは肩関節挙上位でのリトラクションが多く、報告数では腹臥位肩関節外旋運動が5件と最も多かった。UT/LTでは肩関節挙上位でないExが低値を示した。UT/LTが低くLTの%MVCが高いExは肩甲骨リトラクションExが多く、重錘を用いたExはなかった。また、肩甲骨リトラクションに体幹同側回旋を加えたExはUT/LTをより低下させた。【結語】 UTを抑制させLTを賦活化させるExは肩甲骨リトラクションが有用であり、重錘の必要性が低いことも示唆された。しかし、報告件数は少なくさらなる研究が必要である。

1. 緒言

上部交差性症候群に代表されるように、肩関節の機能低下には僧帽筋下部線維 (LT) の筋力低下、僧帽筋上部線維 (UT) の過活動が大きくかかわっている場合がある¹⁾。2011年の肩関節周囲炎の理学療法診療ガイドラインによると、UTの筋活動はLTの筋活動よりも高くなる傾向があり、凍結肩患者のリハビリテーションを行う上でLTの活動不足は考慮すべき重要な点であると述べられている²⁾。そのため一般的な理学療法としてもこれらに対しアプローチを行うことがあり、LTの筋力強化とUTの筋活動の抑制は密接な関係にある³⁾。

スポーツ分野において、田中らはプロ野球選手においてスプリングキャンプ開始3週間以降の投手81%、野手35%にLTの筋力低下を認め、筋力

低下を認めた投手の64%でシーズン中の肩・肘障害が発生していたと報告している⁴⁾。これらの先行研究から、スポーツ分野においてもLTの筋力強化は非常に重要な役割を果たすと言える。

僧帽筋機能の評価指標の1つとして、UTに対するLTの筋活動比 UT/LT が用いられている。UT/LTが1以下であることがUTを抑制しながらLTの活動を高める有用なエクササイズ (Ex) である³⁾とされており、肩関節疾患患者では、このUT/LTは上昇するとの報告がある⁵⁾。さらにUT/LTは肩関節患者の回復過程としての指標としても用いられており、肩疾患におけるリハビリテーションの場面で広く利用されている。

以上から、様々な文献によりUT/LTを低下させるExは複数確認されているが、筋活動量の値を考慮していない^{1,6,7)}。筋力強化には40%MVC以上の活動量が必要とされている⁸⁾ことから、有用な僧帽筋エクササイズを検討するためには、UT/LTだけでなく筋活動量の値も同時に確かめる必要がある。そこで本研究では、筋活動量とUT/LT

*1 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

*2 埼玉医科大学保健医療学部理学療法学科

の両者をアウトカムにして、LTに対する有効な Ex をシステマティックレビューで明らかにする事とした。

2. 方法

(1) 臨床疑問の形成

本研究の臨床疑問を『LTに最も効果的な Ex は何か?』とし、筋電図学的データから考察することとした。

(2) 論文の検索・選択方法

英語のデータベースとして PubMed, 日本語のデータベースとして医学中央雑誌刊行会 web (以下: 医中誌 web) を用いた。検索式は PubMed では“Lower trapezius” and (exercise or electromyography) とし、医中誌 web では僧帽筋下部 and (運動 or 筋電図) とした。

(3) 取り入れ基準

本研究では、エクササイズ実施中に僧帽筋の筋電図を計測している文献を収集し、以下の包含および除外基準に基づき、スクリーニング作業を行った。包含基準は、①被験者が18~64歳の健常人である、②Ex時(ヨガなどの特異的 Ex, 肩関節の基本動作を含む)のLTの筋電図をとっている、③最大随意収縮時の活動量で正規化した%MVCを算出していることとした。除外基準は、①レビュー研究、②治療効果(介入、テーピング、器具などを含む)に関する研究、③最大徒手抵抗を用いた Ex, ④5kg以上の重錘を用いた Ex とした。

(4) 論文の選出

1次スクリーニングでは検索結果から包含および除外基準に基づき、論文タイトルとアブストラクトから臨床疑問に合致しない論文を除外した。1次スクリーニングで残った論文は全文をダウンロードまたは図書館から手配し、包含および除外基準に基づき2次スクリーニングを行った。なお、1次・2次ともにスクリーニング作業は2名が独立して行い、意見が分かれた場合は第3者の最終決定で判断した。さらにその中から以下の%MVCおよびUT/LTの抽出基準に基づきそれぞれ選別作業を行った。

(5) %MVC および UT/LT の抽出基準

2次スクリーニングで残った論文の中からLTの筋活動量が筋力強化に必要な%MVC>40%の Ex⁸⁾, UT/LT<1の Ex³⁾に基準を設定し、それぞ

れ上位10個の Ex をランキング化してまとめた(表1, 2)。それぞれの表には Ex 名・被験者人数・論文の数・平均値・範囲・重錘の有無を記載し、上位に挙がった Ex の共通点などについて検討した。また、LTの%MVC>40%かつUT/LT<1を満たす Ex を選定し Ex 名・平均値・重錘の有無を記載した(表3)。表3ではUTの筋活動を抑制した中でよりLTの筋活動量が高い Ex について検討した。

3. 結果

(1) 論文選出の結果

データベース検索により抽出された合計383件の論文(PubMed: 315件, 医中誌: 68件)について、上記の基準を用いてスクリーニングを行った。論文タイトルとアブストラクトから合致しない論文を除外した。1次スクリーニングでは、合計176件の論文(PubMed: 127件, 医中誌: 49件)が除外された。続く2次スクリーニングでは、論文全文を読んで判断した結果、合計109件の論文(PubMed: 90件, 医中誌: 19件)が除外された。3次スクリーニングではLT%MVC>40, UT/LT<1の Ex の記載がある論文を採択し、最終的に46件の論文が採択された。その内、LT%MVC>40の Ex を含んだ論文は32件、UT/LT<1の Ex を含んだ論文は11件、%MVC>40%, UT/LT<1の両者を満たす Ex を含んだ論文は3件であり(図1)、合計169試技、875人の被験者が比較対象となった。

(2) 筋活動量 (%MVC) の抽出結果

LTの%MVCが高い上位10個の Ex を表1に示した。%MVCが最も高値を示した Ex は、Y exercise (LT: 94.9±29.0%, UT: 64.6±26.0%, 平均値±標準偏差)⁹⁾であり、続いてL exercise (LT: 91.5±26.5%, UT: 44.6±17.9%)⁹⁾となった。最も報告件数の多かった Ex は Prone ER (external rotation) at 90° abduction with soft weight で5件であった¹⁰⁻¹⁴⁾。これらの Ex の共通動作は、重錘を用いた肩関節挙上90°以上での肩甲骨リトラクション動作であった。また Ex の特徴としてLTとUTの筋活動量が両者とも高かった(表1)。

(3) 僧帽筋活動比 (UT/LT) の抽出結果

UT/LTが低い上位10個の Ex を表2に示した。UT/LTが最も低い Ex は、1st ER with trunk rotation (UT/LT: 0.20±0.20, LT: 12.5±8.7%,

表 1 LT の筋活動量 (%MVC) 上位 10 個のエクササイズ

Rank	Exercise	Number of studies	Number of subject	LT* %MVC*	Range LT %MVC	UT* %MVC	Weight
1	Y exercise (9)	1	27	94.9±29.0	—	64.6±26.0	○
2	L exercise (9)	1	27	91.5±26.5	—	44.6±17.9	○
3	Prone forward flexion with soft weight (11)	1	32	91.4±35.6	—	—	○
4	T exercise (9)	1	27	88.3±26.3	—	59.8±21.0	○
5	W exercise (9)	1	27	86.3±33.2	—	39.5±20.0	○
6	Pull up (Pronated single-limb support) (22)	1	26	77.7±48.0	—	67.1±28.8	—
7	Isometric shoulder abduction 45° in the scapular plane (23)	1	106	75.6±14.6	—	83.5±11.1	—
8	Prone ER* at 90° abduction with soft weight (10) (11) (12) (13) (14)	5	128	75.2	32.1-133.0	28.6	○
9	Pull up (Pronated double-limb support) (22) (24)	2	73	74.4	35.7-127.8	72.3	—
10	120° abduction and external rotation (thumb pointing toward ceiling) (20)	1	25	71.9±27.4	—	72.2±39.2	—

*LT=lower trapezius UT=upper trapezius MVC=maximum voluntary isometric contraction ER=external rotation

表 2 UT/LT 値が低い 10 個のエクササイズ

Rank	Exercise	Number of studies	Number of subject	UT/LT	LT* %MVC*	UT* %MVC	Weight
1	1st ER* with trunk rotation (15)	1	13	0.20±0.20	12.5±8.7	2.2±2.0	—
2	Forward flexion in the side-lying position isometric (13)	1	16	0.21±0.18	—	—	○
3	Triceps dips Instructions (25)	1	22	0.21±0.04	—	—	—
4	Forward flexion in the side-lying position eccentric (13)	1	16	0.29±0.51	—	—	○
5	Standing 1st ER* (13)	1	13	0.30±0.30	8.2±4.9	2.3±1.9	—
6	Retraction 45° with trunk rotation (13)	1	13	0.30±0.20	33.4±17.2	8.3±6.1	—
7	Chin up Instructions (25)	1	22	0.31±0.05	—	—	—
8	Retraction 45° (15)	1	13	0.40±0.30	35.9±18.6	11.1±10.6	—
9	Retraction 145° with trunk rotation (15)	1	13	0.40±0.20	60.2±29.9	20.2±7.2	—
10	Retraction 90° with trunk rotation (15)	1	13	0.40±0.20	52.7±27.0	18.2±11.5	—

*LT=lower trapezius UT=upper trapezius MVC=maximum voluntary isometric contraction ER=external rotation

UT : 2.2±2.0%)¹⁵⁾であった。他にも Triceps dips Instructions や Standing 1st ER など Ex 間に共通する特徴として、肩関節挙上位でない Ex が多く挙がった。%MVC に着目すると LT と UT の筋活動量は両者とも低値を示した (表 2)。

(4) %MVC>40%, UT/LT<1 の抽出結果

LT の %MVC>40%, UT/LT<1 を満たす Ex を表 3 に示した。合計で 7 個の Ex が選出され、そ

の中の 4 個の Ex が肩甲骨リトラクション Ex であった。これらの共通点として全ての Ex において重錘を用いていなかった。その中でも、肩甲骨リトラクションに体幹の同側回旋を加えた Ex は UT/LT 値が 0.40 と他の Ex と比較して低値を示し、LT の %MVC は 52.7~60.2% と高値を示した (表 3)。

表 3 LT の筋活動量 >40%MVC・UT/LT<1 を満たすエクササイズ

Exercise	LT* %MVC*	UT* %MVC	UT/LT	Weight
Retraction 145° with trunk rotation (15)	60.2 ± 29.9	20.2 ± 7.2	0.4 ± 0.2	—
Retraction 90° with trunk rotation (15)	52.7 ± 27.0	18.2 ± 11.5	0.4 ± 0.2	—
Retraction 90° (15)	53.5 ± 25.0	24.2 ± 12.2	0.5 ± 0.3	—
Pull-up (26)	69.4 ± 33.7	40.6 ± 18.9	0.6444 ± 0.3858	—
Retraction 145° (15)	56.7 ± 28.4	30.6 ± 15.9	0.7 ± 0.6	—
Pull-up with Redcord slings (26)	62.4 ± 34.9	43.0 ± 21.5	0.8019 ± 0.5354	—
Isokinetic extrnal rotation at 60°/s (1)	54.8 ± 15.7	43.1 ± 14.9	0.83 ± 0.34	—

*LT = lower trapezius UT = upper trapezius MVC = maximum voluntary isometric contraction

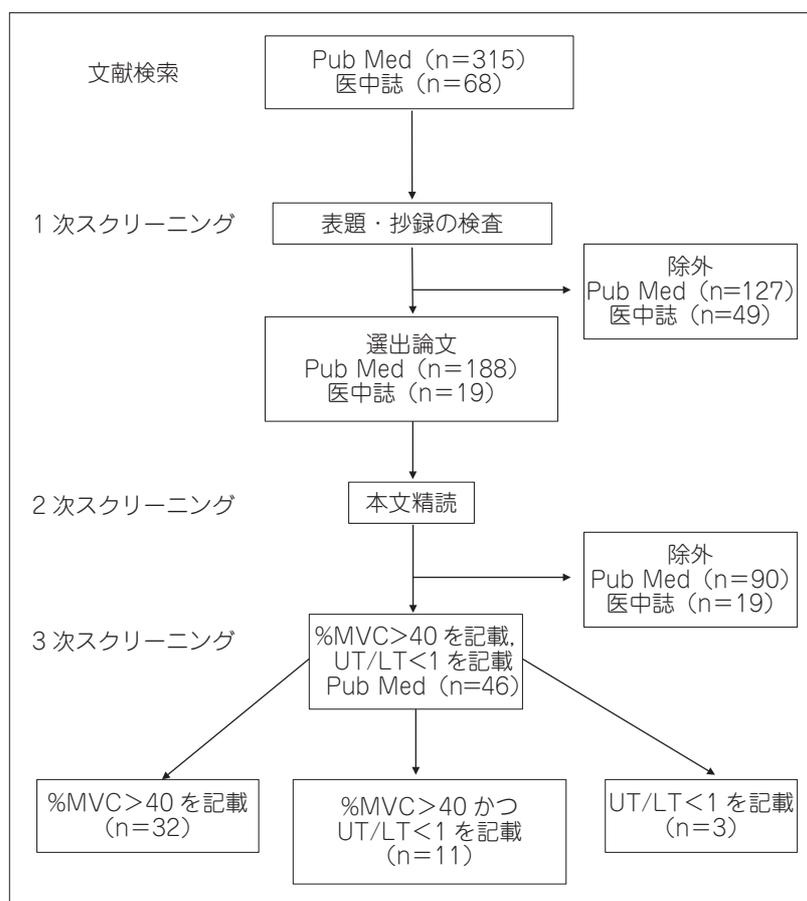


図 1 スクリーニングと論文選出の流れ
医中誌：医学中央雑誌刊行会, UT=upper trapezius, LT=lower trapezius, MVC=maximum voluntary isometric contraction

4. 考察

(1) 筋活動量 (%MVC)

筋活動量では, Y exercise (94.9 ± 29.0%) が最も高く, L exercise (91.5 ± 26.5%MVC) が続いた。最も報告が多かった Ex は Prone ER at 90 abduction with soft weight (5件)であった。これらの Ex 間での共通点として, 重錘を用いた肩関節挙上

90° 以上での肩甲骨リトラクション動作が挙げられる。肩関節挙上 90° 以降では肩甲骨リトラクション・上方回旋動作が加わり, 肩甲骨の翼状を制御(肩甲骨の固定)するために LT の筋活動量が上昇したと考える¹⁶⁾。

一方で, 肩関節挙上位での Ex は UT の筋活動量も高かった(28.6-83.5%)。LT 筋線維走行における肩関節挙上位 Ex は, LT の筋活動量だけでなく

UTの筋活動量も伴って上昇させたとの報告もあり¹⁸⁾、肩関節挙上位ではUTの機能である肩甲骨挙上動作が加わった事によりUTの筋活動量も上昇したと考える。

以上から、重錘を用いた肩関節挙上位のリトラクション動作がLTの筋活動量を高めたが、同時にUTの活動量も大きくなることが示された。

(2) 僧帽筋活動比 (UT/LT)

UT/LTでは筋活動量の結果とは異なり、1st ER with trunk rotationなどの肩関節挙上位でないExが多く抽出された。%MVCの考察と同様、肩関節挙上位で行うExはLT・UTの筋活動量の両者を上昇させ、UTの筋活動の抑制が出来ない。このことから肩関節挙上位でないExがUT/LTを低下させたと考える。

UT, LTの%MVCの値に着目すると、上位にランクインしたExのLTの筋活動量は20%未満であり、効果が低いことがうかがえる。またExの効果として有用であるのは40%以上とされており、本研究でランクインしたUT/LTが低値を示すExでLTの筋活動量が40%以上のものは2つのみであった。

UT/LTを用いて僧帽筋の筋活動を検証したレビューではProne flexionやOne-hand knee push-upを挙げており^{6,7)}、本研究と異なるExが紹介されていた。その理由として、本研究とは検索期間やデータベースが異なっていたことが考えられる。特に、本研究では英語のデータベースとしてPubMedしか用いておらず、体育や工学などを専門にしたデータベース検索を行っていない。今後は、利用するデータベースを増やした上でUT/LTの値を検証する必要があると考える。

(3) %MVC>40%, UT/LT<1を満たすEx

表3の結果から%MVC40以上かつUT/LT1未満を満たすExは合計で7個確認され、その中で腹臥位でのリトラクションExは4個確認された。%MVCの上位にもリトラクションExが多く含まれていることからリトラクションExはLTの筋活動を上昇させるExといえる。さらに全てのExにおいて重錘を使用していないことが共通点としてあげられる。重錘を用いたExでは負荷を上げていくほどUTの筋活動は上昇すること¹⁹⁾が報告されており、本結果は重錘の未使用によってUTの活動を抑制でき、UT/LTの低下が生じたのではないかと考えられる。

さらに、リトラクションExの中でUTの筋活動を抑制できていたEx(20%未満)は、体幹の同側回旋を加えたExであった。Yamauchiらによると、肩甲骨リトラクションExに体幹の同側回旋を加えることで鎖骨・肩甲骨の運動量が減少するとの報告があり¹⁵⁾、これらの運動量の減少に伴い鎖骨と肩甲骨に付着するUTのみ筋活動量が減少した可能性がある。しかし、リトラクションに体幹の同側回旋を加えたExを報告している論文は1件のみであり、その被験者も13名と少なかつたため今後更なる検証が必要と考える。

(4) 本研究の限界と今後の課題

本研究の限界として、検索エンジンが英語(PubMed)1つと和文(医中誌)1つのみの使用であった。そのため最終的に選出された論文の件数が少なくメタアナリシスを行うことが出来なかったことが挙げられる。

本研究の結果から、よりLTに効果的なExを選出するために%MVC>40%, UT/LT<1を満たすExと設定したがその両者の条件を満たすExは7個と少なかった。今後、多数の検索エンジンの使用やLTに効果的なExの条件の見直しが必要であると考えられる。

5. 結語

LTの筋活動量が高いExとして肩甲骨リトラクションが数多く報告されており、UTを抑制した中でLTの筋活動量を上げる場合は重錘の必要性が低いことが示唆された。しかし、報告件数は少なく今後さらなる研究が必要である。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) 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.
- 2) 立花 孝, 村木 孝, 高濱 照, 他. 肩関節周囲炎診療ガイドライン. 一般社団法人日本理学療法学会連合. 2011; 1: 237-238.
- 3) Cools AM, Dewitte V, Lanszweert F, et al. Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises

- to prescribe? *Am J Sports Med.* 2007; 35: 1744-1751.
- 4) 田中 稔, 佐藤克巳, 永元英明, 他. プロ野球投手の肩甲帯機能と障害発生因子: 僧帽筋下部の重要性. *肩関節.* 2012; 36: 1023-1027.
 - 5) Michener LA, Sharma S, Cools AM, et al. Relative scapular muscle activity ratios are altered in sub-acromial pain syndrome. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016; 25: 1861-1867.
 - 6) Schory A, Bidinger E, Wolf J, et al. A systematic review of the exercise that produce optimal muscle ratios of the scapular stabilizers in normal shoulders. *Int J Sports Phys Ther.* 2016; 11: 321-336.
 - 7) Karabay D, Emük Y, Özer Kaya D. Muscle Activity Ratios of Scapular Stabilizers During Closed Kinetic Chain Exercises in Healthy Shoulders: A Systematic Review. *J Sport Rehabil.* 2020; 29: 1001-1018.
 - 8) Hettlinger T. 第3章筋力トレーニング. In: 猪飼道夫, 松井秀治 (編). *アイソメトリックトレーニング—筋力トレーニングと理論と実際—*. 第1版. 東京: 大修館書店; 96-102, 1964.
 - 9) Joseph R, Alenabi T, Lulic T, et al. Activation of Supraspinatus and Infraspinatus Partitions and Periscapular Musculature During Rehabilitative Elastic Resistance Exercises. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019; 98: 407-415.
 - 10) Werin M, Maenhout A, Smet S, et al. Muscle recruitment during plyometric exercises in overhead athletes with and without shoulder pain. *Phys Ther Sport.* 2020; 43: 19-26.
 - 11) Annelies M, Benzoor M, Werin M, et al. Scapular muscle activity in a variety of plyometric exercises. *J Electromyogr Kinesiol.* 2016; 27: 39-45.
 - 12) Alizadehkhayat O, Hawkes DH, Kemp GJ, et al. Electromyographic Analysis of the Shoulder Girdle Musculature During External Rotation Exercises. *Orthop J Sports Med.* 2015; 3: 11.
 - 13) Ishigaki T, Yamanaka M, Hirokawa M, et al. Rehabilitation Exercises to Induce Balanced Scapular Muscle Activity in an Anti-gravity Posture. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26: 1871-1874.
 - 14) Lim JY, Lee JS, Mun BM, et al. A comparison of trapezius muscle activities of different shoulder abduction angles and rotation conditions during prone horizontal abduction. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27: 97-100.
 - 15) Yamauchi T, Hasegawa S, Matsumura A, et al. The effect of trunk rotation during shoulder exercises on the activity of the scapular muscle and scapular kinematics. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015; 24: 955-964.
 - 16) 森原 徹, 小椋明子, 立入久和, 他. 肩関節屈曲・外転における肩甲骨周囲筋の筋活動パターン. *整形外科肩関節.* 2011; 35: 715-718.
 - 17) Kibler WB, Sciascia AD, Uhl TL, et al. Electromyographic Analysis of Specific Exercises for Scapular Control in Early Phases of Shoulder Rehabilitation. *J Sports Med.* 2008; 36: 1789-1798.
 - 18) Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL, et al. Surface Electromyographic Analysis of Exercises for the Trapezius and Serratus Anterior Muscles. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003; 3: 247-258.
 - 19) Nakamura Y, Tsuruike M, Ellenbecker TS, et al. Electromyographic Activity of Scapular Muscle Control in Free-Motion Exercise. *J Athl Train.* 2016; 51: 195-204.
 - 20) 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: 169-181.
 - 21) 武富由雄, 村木敏明, 市橋則明, 他. 五十肩にみる肩甲胸郭結合の筋活動分析の検討. *理学療法学.* 1990; 17: 113-116.
 - 22) Youdas JW, Keith JM, Nonn DE, et al. Activation of spinal stabilizers and shoulder complex muscles during an inverted row using a portable pull-up device and body weight resistance. *J Strength Cond Res.* 2016; 30: 1933-1941.
 - 23) Jang HJ, Kim SY, Oh DW. Effects of augmented trunk stabilization with external compression support on shoulder and scapular muscle activity and maximum strength during isometric shoulder abduction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015; 25: 387-391.
 - 24) Youdas JW, Hubble JW, Johnson PG, et al. Scapular muscle balance and spinal stabilizer recruitment during an inverted row. *Physiother Theory Pract.* 2020; 36: 432-443.
 - 25) Pozzi F, Plummer HA, Sanchez N, et al. Electromyography activation of shoulder and trunk mus-

cles is greater during closed chain compared to open chain exercises. *J Electromyogr Kinesiol.* 2019; 12: 1-9.

- 26) Mey DK, Danneels L, Cagnie B, et al. Shoulder muscle activation levels during four closed kinetic

chain exercises with and without redcord slings. *J Strength Cond Res.* 2014; 28: 1626-1635.

(受付：2021年5月27日，受理：2022年1月26日)

A systematic review of optimal exercises for the lower trapezius

Saito, H.^{*1,2}, Okubo, Y.^{*1,2}, Sugimoto, M.^{*2}, Harada, T.^{*2}
Otsudo, T.^{*2}, Akasaka, K.^{*2}, Kaneoka, K.^{*1}

^{*1} Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

^{*2} School of Physical Therapy, Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University

Key words: Electromyography, muscle activity, muscle activity ratio

[Abstract] [Purpose] The purpose of this review was to identify exercises that enhance activation of the lower trapezius (LT) through a systematic review.

[Methods] Published studies were collected from PubMed and Japan Medical Abstracts Society, and were included if LT activation was measured or activity of the upper trapezius was compared to that of the lower trapezius (UT/LT) using electromyography while exercising. We collected studies that included the following values: higher than 40% maximum voluntary contraction (MVC) of the LT, and UT/LT of < 1.

[Result] The results of the %MVC of LT showed that scapular retraction exercise at the shoulder elevation position was high, and external rotation of the shoulder in the prone position was reported in most studies. In contrast, UT/LT was lower during while performing exercises in the shoulder drooping position. Based on %MVC > 40 and UT/LT < 1, scapular retraction with ipsilateral trunk rotation was considered optimal exercise conditions for the LT.

[Conclusion] Scapular retraction with ipsilateral trunk rotation caused an increase in LT %MVC and greater decrease in UT/LT. However, the number of reports is small, and further research is required.