

肩関節内旋, 外旋における等尺性収縮時の 肩甲骨周囲筋活動

The Activities of the Scapular Muscles during Isometric Contraction of Internal and External Shoulder Rotation

井尻 朋人¹⁾ 高木 綾一^{1,2)} 鈴木 俊明³⁾

TOMOHITO IJIRI, RPT, MS¹⁾, RYOICHI TAKAGI, RPT, MA^{1,2)}, TOSHIKI SUZUKI, RPT, DMSc³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Kiba Hospital: 4-2-8 Iwata town, Higashiosaka city, Osaka 578-0941, Japan.

TEL+81 72-961-6888 E-mail: tomohito316@hotmail.co.jp

²⁾ The Administrative Office of a Medical Corporation, Juzankai

³⁾ Clinical Physical therapy Laboratory, Faculty of Health Sciences, Kansai University of Health Sciences

Rigakuryoho Kagaku 27(2): 141-146, 2012. Submitted Sep. 21, 2011. Accepted Nov. 8, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] The activities of the scapular muscles during isometric contraction were measured to examine the mechanism of scapular stability. [Method] The activities of the scapular muscles were measured during isometric contraction of internal and external shoulder rotation at 0 degrees and 90 degrees abduction with three kinds of resistance loads. Scapular muscles were classified into agonists and antagonists of each motion, and the changes in each muscle activity were analyzed. [Results] The integrated electromyograms of both agonists and antagonists increased significantly with increasing resistance load in internal and external rotation at 0 degrees and 90 degrees abduction. In the case of the strongest resistance load at 0 degrees abduction, the integrated electromyograms of the agonists showed from 14 to 24 times as much as the start position and those of antagonist showed from 3 to 5 times that of the start position. At 90 degrees abduction, the integrated electromyograms of agonists showed from 2 to 12 times and those of antagonists showed from 2 to 7 times. [Conclusions] All scapular muscles needed to be active during concentric contraction of shoulder rotation. We consider that the agonists might work against external force and the antagonists might contribute to the stability of the scapula and trunk, in light of a previous study.

Key words: scapular muscle, isometric contraction, muscle activity

要旨:〔目的〕肩甲骨の安定をもたらすメカニズムを分析するために、等尺性収縮時の肩甲骨周囲筋活動を測定した。〔方法〕肩関節第1, 第2肢位における内旋, 外旋等尺性収縮時の肩甲骨周囲筋活動を3種類の負荷を与えて測定した。肩甲骨周囲筋を動作筋, 拮抗筋に分類し, 活動の変化を調べた。〔結果〕第1, 第2肢位の内外旋共に, 負荷量増加に伴い動作筋, 拮抗筋の筋電図積分値相対値は有意に増加した。最も強い負荷の場合, 第1肢位では動作筋は開始肢位の14から24倍, 拮抗筋は3から5倍となった。第2肢位では動作筋は2から12倍, 拮抗筋は2から7倍となった。〔結語〕等尺性収縮時には動作筋, 拮抗筋両者の活動が生じる必要がある。過去の研究と併せて考えると, 動作筋は外的負荷に抗し, 拮抗筋は肩甲骨や体幹の安定に関与している可能性がある。

キーワード: 肩甲骨周囲筋, 等尺性収縮, 筋活動

¹⁾ 医療法人寿山会 喜馬病院 リハビリテーション部:大阪府東大阪市岩田町4-2-8 (〒578-0941) TEL 072-961-6888

²⁾ 医療法人寿山会 法人本部

³⁾ 関西医療大学保健医療学部 臨床理学療法学教室

I. はじめに

肩関節は肩甲上腕関節や肩甲胸郭関節、肩鎖関節、胸鎖関節など、複数の関節で構成されている関節である¹⁾。そのため、肩関節に運動が生じる際は、その複数の関節及び体幹が協同して動き、肩関節全体の運動を作り上げている^{2,3)}。この複数ある関節の中で、特に肩甲上腕関節や肩甲胸郭関節は大きな可動性を有している。過去にはこの肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節に関して、運動の比率や生じる筋活動など、さまざまな条件で多くの研究が行われてきた⁴⁻¹⁰⁾。その中で肩甲胸郭関節の重要性が認知され、注目されてきた。近年では屈曲や外転などの拳上運動のみならず肩関節内外旋運動での肩甲骨の動きに関して研究が行われており¹¹⁾、肩甲骨の担う役割に関して分析が行われている。

その肩甲骨の有する役割として、骨頭を支持すること¹²⁾や、肩関節の可動域の一部を生み出すこと¹⁾、さまざまな筋の付着部となっていること、付着している筋の長さをコントロールすること¹³⁾などがあげられる。そのうち、力が発揮される場面においては、筋の起始部としての安定性や筋長のコントロールという役割を果たすために、肩甲骨は胸郭上で安定しておく必要がある。しかし、過去の研究をみても、どのような筋群が活動して、どのようなメカニズムで肩甲骨の安定性が保たれているかは明確にされていない。その中で、実験研究は行われていないが、肩甲骨に安定性を与える戦略として、「胸郭に肩甲骨を固定して安定させる」と述べている文献が存在する^{14,15)}。臨床現場でもしばしば、肩甲骨の胸郭への固定性が足りないなどといった表現で説明されることを経験する。しかし、筆者は臨床の中で、肩関節第1肢位の外旋時に僧帽筋中部のみに強い活動が生じるなど、肩甲骨を胸郭に固定して安定性を得ているとは考えにくい場面を経験してきた。このことから、肩甲骨の安定性を得る方法として、外的負荷により肩甲骨にかかる力の向きに応じて各筋が個別に活動し、外的負荷を打ち消す方向に力を発生させて安定性を得ているのではないかと考えている。また、このように活動が生じていたとすれば、肩甲骨周囲筋にも動作筋、拮抗筋といった関係性を有する可能性があるのではないかと考える。

以上のことより、本研究では肩関節等尺性収縮時の肩甲骨周囲筋活動を測定することで、どの筋群の活動により肩甲骨の安定性がもたらされているかを明らかにし、肩甲骨安定のメカニズムを考察することを目的とした。先述したように、2つの肩甲骨安定化のメカニズムが考えられるが、筋電計での測定を行うことによりどちらのメカニズムで肩甲骨の安定性が得られているかを判断できる可能性があると考え。1つ目に述べたメカニズムである肩甲骨の胸郭への固定にて安定性を確保している場合には、胸郭に対して肩甲骨を圧迫する力を生み出す

必要がある。その力をより効率よく生み出すためには各筋単独の活動ではなく、肩甲骨周囲にある全体の筋が収縮することにより、その場で肩甲骨を胸郭に強く押し付けることが重要である。そのため、等尺性収縮時の肩甲骨周囲筋活動としては、すべての筋に強い活動が生じている必要がある。一方、もう1つのメカニズムである個別の筋の活動により肩甲骨を安定させる方法に関しては、外的負荷により肩甲骨にかかる力の方向を考える必要がある。その力の方向に対し、抗する方向の作用を有する筋群のみに活動が生じることが考えられる。したがって、等尺性収縮時の肩甲骨周囲筋活動としては、負荷に抗する筋群を動作筋と定義すると、動作筋にのみ強い筋活動が生じることが考えられる。

仮説として、臨床現場では肩関節外旋等尺性収縮時の僧帽筋中部など、ある特定の肩甲骨周囲筋のみに強い活動が生じることを経験することから、負荷が増加した際にすべての筋群が活動するのではなく、動作筋と考えられる筋群の活動のみが増加すると予測した。つまり、後者のメカニズムであり、外的負荷により肩甲骨にかかる力の向きに応じてそれぞれの筋が活動し、肩甲骨にかかる力を打ち消すことで肩甲骨の位置を保ち、安定性を得ていると考えた。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は肩関節の疾患の既往がない健常男性17名とした。平均年齢は 26.0 ± 3.6 歳 (mean \pm SD)、身長は 172.9 ± 4.3 cm、体重は 65.8 ± 9.1 kgであった。なお、対象には測定の方法を十分に説明し、同意を得て行った。また、研究の趣旨に関しては、測定前に伝えることで測定結果に影響を与える可能性があると考えたため、測定終了後に説明した。

2. 方法

測定姿勢は約40 cmのベッド上端座位とし、股関節内外転、内外旋中間位、膝関節屈曲90度位とした。測定課題は肩関節第1肢位及び第2肢位での内外旋等尺性収縮とし、等尺性収縮時の肩甲骨周囲筋活動を筋電計(キッセイコムテック社、MQ-8)を用いて測定した。等尺性収縮の際、内外旋ともに徒手筋力計(OG技研社、GT-300)を用いてそれぞれ3種類の強さの抵抗を与えた。抵抗量に関して、各対象で負荷の強さを標準化するために体重に対する割合とし、内旋では体重の5、10、15%とし、外旋では体重の3、5、10%とした。これらの負荷量に設定した理由について、内旋の方が外旋より筋力が強く、さらにそれぞれにおいて低負荷から中等度の負荷まで異なる強度で課題を設定したかったため、段階を分けたこれらの負荷量に設定した。体重は測定開始前に計測し、

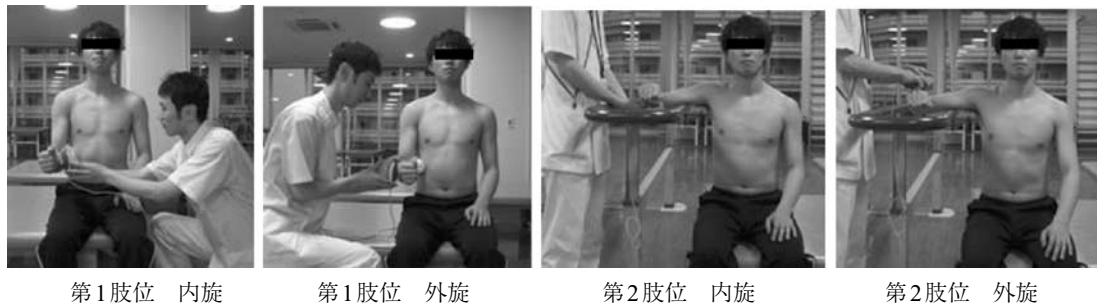


図1 各運動における測定肢位

計測された体重 (kg) に 9.8 を乗じて力 (N) へ変換したのちに各パーセンテージを乗じて負荷量を決定した。測定は疲労を考慮してそれぞれ 1 回ずつとし、測定中に随時休憩時間を与え行った。課題の測定肢位に関して (図 1)、第 1 肢位は肩関節内外転、内外旋中間位、肘関節屈曲 90 度位、手関節掌背屈、橈尺屈中間位、手指軽度屈曲位と規定した。第 2 肢位は肩関節外転 90 度、内外旋中間位、肘関節屈曲 90 度位、手関節掌背屈、橈尺屈中間位、手指軽度屈曲位とした。外転 90 度位保持のために筋収縮が生じないように、上腕骨内側上顆近位約 5 cm の部分を平行棒上に置き、他動的に外転 90 度位を保持するよう設定した。抵抗を当てる部位に関しては、第 1、第 2 肢位とも前腕遠位端とし、内旋では掌側、外旋では背側とした。筋電計を用いて測定する肩甲骨周囲筋は僧帽筋上部、中部、下部、大、小菱形筋、前鋸筋、肩甲挙筋とした。電極貼付位置は Ekstrom らと Delagi らの方法を参考に貼付した^{16,17)}。

測定後の分析は次のように行った。最初に、測定した 5 秒間の筋電図波形より安定した 3 秒間の波形を取り出し、その時の各筋の筋電図積分値 (mV sec) を算出した。そして、第 1、第 2 肢位それぞれの開始肢位における各筋の筋電図積分値 (mV sec) でその値を除し、筋電図積分値相対値 (倍: 以下、筋電図積分値相対値の単位を「倍」とする) を計算した。今回は、外旋及び内旋等尺性収縮によってどのように肩甲骨周囲筋活動が変化するかを純粹に示したいと考えたため、開始肢位の筋電図積分値で標準化した。次に、第 1、第 2 肢位内外旋のそれぞれにおいて、肩甲骨周囲筋を動作筋、拮抗筋に分類した。この分類方法は、肩関節運動に伴って生じる肩甲骨の運動方向に従って分類するものであり、次のような運動学的な文献をもとに筆者らが定めた分類である。なお、動作筋とは外的負荷より肩甲骨に加わる力の方向に対して、抗する方向の作用を持つ筋群を示し、拮抗筋は動作筋の反対の作用を有する筋群を示すものである。初めに、第 1 肢位の肩関節内旋運動には肩甲骨の外転運動が伴って生じることから¹⁸⁾、第 1 肢位内旋の動作筋を肩甲骨外転筋 (前鋸筋) とした。逆に、それに相反する作用をもつ肩甲骨内転筋 (僧帽筋中部、小、大菱形筋) を拮抗筋と

設定した。同様に、第 1 肢位外旋では肩甲骨内転が伴うことから¹⁸⁾、動作筋を肩甲骨内転筋 (僧帽筋中部、小、大菱形筋)、拮抗筋を肩甲骨外転筋 (前鋸筋) とした。第 2 肢位に関しては、内旋では主に肩甲骨の前傾が生じることから¹⁹⁾、動作筋を肩甲骨前傾に作用する筋群 (僧帽筋上部、肩甲挙筋) とし、拮抗筋を肩甲骨後傾作用を持つ筋群 (僧帽筋下部、大菱形筋、前鋸筋) と設定した。第 2 肢位外旋では肩甲骨の後傾が主に生じることから¹⁹⁾、動作筋を肩甲骨後傾筋 (僧帽筋下部、大菱形筋、前鋸筋) とし、拮抗筋を肩甲骨前傾筋 (僧帽筋上部、肩甲挙筋) とした。

その後、統計処理として、各筋内で各負荷量の筋電図積分値相対値をフリードマン及び多重比較検定にて比較を行った。これにより各筋における負荷量増加に対する活動の変化を明らかにした。統計ソフトは StatView Version 5.0 を使用し、危険率 5% 未満を有意とした。

III. 結果

最初に、筋電図積分値相対値 (単位: 倍) の結果を示した (表 1)。第 1 肢位内旋において、負荷が 5、10、15% となるにしたがって、動作筋の前鋸筋は 5.1 ± 3.0 , 8.3 ± 4.9 , 13.8 ± 8.5 となった。一方、拮抗筋の僧帽筋中部は 1.4 ± 0.8 , 1.7 ± 0.8 , 2.6 ± 1.4 、小菱形筋は 1.4 ± 0.3 , 1.8 ± 0.5 , 2.7 ± 0.6 、大菱形筋は 1.4 ± 0.4 , 2.0 ± 1.0 , 3.1 ± 1.8 となった。動作筋、拮抗筋すべての筋において、5% 負荷、10% 負荷時に比べて 15% 負荷時の筋電図積分値相対値は有意に増加していた ($p < 0.05$)。小菱形筋ではこれに加え 5% 負荷時に比べて 10% 負荷時でも有意な増加がみられた ($p < 0.05$)。

第 1 肢位外旋においては、負荷が 3、5、10% となるにしたがって、動作筋の僧帽筋中部は 7.1 ± 4.9 , 12.5 ± 9.1 , 24.4 ± 14.9 、小菱形筋は 5.2 ± 2.8 , 8.7 ± 4.7 , 17.6 ± 13.1 、大菱形筋は 3.4 ± 2.1 , 5.9 ± 3.8 , 13.5 ± 9.7 となった。一方、拮抗筋の前鋸筋は 1.6 ± 1.4 , 2.3 ± 2.3 , 4.5 ± 4.1 となった。動作筋の筋群は 3% 負荷、5% 負荷時に比べ、10% 負荷時の筋電図積分値相対値は有意な増加を認めた ($p < 0.05$)。拮抗筋の前鋸筋は 3% 負荷時に比べ

表1 筋電図積分値相対値の結果 ※単位：倍
第1肢位 内旋

	動作筋		拮抗筋		
	前鋸筋	僧帽筋中部	小菱形筋	大菱形筋	
5%	5.1 ± 3.0	1.4 ± 0.8	1.4 ± 0.3	1.4 ± 0.4	
10%	8.3 ± 4.9	1.7 ± 0.8	1.8 ± 0.5	2.0 ± 1.0	
15%	13.8 ± 8.5	2.6 ± 1.4	2.7 ± 0.6	3.1 ± 1.8	
第1肢位 外旋					
	動作筋			拮抗筋	
	僧帽筋中部	小菱形筋	大菱形筋	前鋸筋	
3%	7.1 ± 4.9	5.2 ± 2.8	3.4 ± 2.1	1.6 ± 1.4	
5%	12.5 ± 9.1	8.7 ± 4.7	5.9 ± 3.8	2.3 ± 2.3	
10%	24.4 ± 14.9	17.6 ± 13.1	13.5 ± 9.7	4.5 ± 4.1	
第2肢位 内旋					
	動作筋		拮抗筋		
	僧帽筋上部	肩甲挙筋	僧帽筋下部	大菱形筋	前鋸筋
5%	0.6 ± 0.5	1.0 ± 0.5	1.0 ± 0.3	0.8 ± 0.4	1.2 ± 0.7
10%	1.2 ± 1.8	1.9 ± 1.2	1.7 ± 0.8	1.5 ± 1.1	2.6 ± 1.2
15%	2.2 ± 3.2	4.2 ± 2.6	3.0 ± 1.2	2.3 ± 1.2	4.3 ± 2.0
第2肢位 外旋					
	動作筋			拮抗筋	
	僧帽筋下部	大菱形筋	前鋸筋	僧帽筋上部	肩甲挙筋
3%	2.2 ± 0.9	3.0 ± 1.3	4.8 ± 4.0	2.3 ± 0.5	2.4 ± 1.0
5%	3.3 ± 1.8	4.5 ± 2.0	6.3 ± 5.0	2.6 ± 0.7	3.1 ± 1.7
10%	5.6 ± 3.2	8.5 ± 4.7	11.8 ± 11.9	4.3 ± 1.6	6.7 ± 5.1

* p<0.05

て10%負荷時で有意に増加していた(p<0.05).

第2肢位内旋においては、負荷が5, 10, 15%となるにしたがって、動作筋の僧帽筋上部は0.6 ± 0.5, 1.2 ± 1.8, 2.2 ± 3.2, 肩甲挙筋は1.0 ± 0.5, 1.9 ± 1.2, 4.2 ± 2.6となった。拮抗筋の僧帽筋下部は1.0 ± 0.3, 1.7 ± 0.8, 3.0 ± 1.2であり、大菱形筋は0.8 ± 0.4, 1.5 ± 1.1, 2.3 ± 1.2, 前鋸筋は1.2 ± 0.7, 2.6 ± 1.2, 4.3 ± 2.0となった。大菱形筋では5%負荷時に比べて15%負荷時で、肩甲挙筋、僧帽筋下部では5, 10%負荷時に比べて15%負荷時で有意な増加を示した(p<0.05)。前鋸筋においては5, 10%負荷時に比べて15%負荷時で、さらには10%負荷時に比べて15%負荷時で有意に増加していた(p<0.05)。

最後に、第2肢位外旋においては、負荷が3, 5, 10%と増加するに従い、動作筋の僧帽筋下部は2.2 ± 0.9, 3.3 ± 1.8, 5.6 ± 3.2, 大菱形筋では3.0 ± 1.3, 4.5 ± 2.0, 8.5 ± 4.7, 前鋸筋では4.8 ± 4.0, 6.3 ± 5.0, 11.8 ± 11.9となった。一方、拮抗筋の僧帽筋上部では2.3 ± 0.5, 2.6 ± 0.7, 4.3 ± 1.6となり、肩甲挙筋では2.4 ± 1.0, 3.1 ± 1.7, 6.7 ± 5.1となった。前鋸筋は3%負荷時に比べて10%負荷

時で、僧帽筋下部、大菱形筋、僧帽筋上部、肩甲挙筋については3%, 5%負荷時に比べて10%負荷時で有意な筋電図積分値相対値の増加を示した(p<0.05)。

IV. 考 察

まず、本研究で得られた結果をまとめる。第1肢位、第2肢位ともに負荷量増加に伴って動作筋、拮抗筋に関わらずほぼすべての筋で筋電図積分値相対値が有意に増加していた。これは、動作筋のみが負荷量増加に伴い有意に増加するとした仮説とは異なる結果であった。このことより、第1, 第2肢位での内外旋等尺性収縮には多くの肩甲骨周囲筋の活動が必要であることが明らかとなった。

今回の内外旋等尺性収縮に対する負荷として、外旋では体重の3, 5, 10%, 内旋では体重の5, 10, 15%の重さを設定した。この負荷量は今回の平均体重の65.8 kgを基準にして考えると、外旋はそれぞれ、19N, 32N, 64Nであり、内旋ではそれぞれ、32N, 64N, 97Nである。

過去の研究において、同年代の男性を対象にした同1肢位での最大筋力の測定では、第1肢位外旋の平均値が121N、第1肢位内旋が177Nであった²⁰⁾。また、第2肢位での最大筋力を徒手筋力計にて同一条件で測定した研究はなく、筆者らが事前に測定した結果では第2肢位外旋が179N、第2肢位内旋が167Nであった。これらの最大筋力と今回の研究で設定した最大負荷時の負荷量を比較すると、今回の最大負荷時の負荷量は、第1肢位外旋内旋では最大筋力の50%程度であったことがわかる。また、第2肢位外旋では最大筋力の40%程度、内旋では60%程度であったことがわかる。今回の結果と併せてみると、第1肢位外旋では最大筋力の50%程度にて外旋等尺性収縮を行かせた際、動作筋では開始肢位の14から24倍、拮抗筋では5倍の筋活動が生じる必要があるといえる。同様に、第1肢位内旋では最大筋力の50%程度の等尺性収縮時には、動作筋は開始肢位の約14倍、拮抗筋は約3倍の筋活動が必要であるといえる。さらに、第2肢位外旋では、最大筋力の40%程度での等尺性収縮にて動作筋の筋群は6から12倍、拮抗筋は4から7倍の筋活動が生じ、第2肢位内旋では最大筋力の60%程度の等尺性収縮により動作筋、拮抗筋ともに2から4倍の筋活動が生じる必要があることが明らかとなった。一般的に、他の関節における等尺性収縮時の動作筋と拮抗筋の関係は次のように報告されている。対象者に対して力に主眼を置いた指示を与えると、動作筋の活動とともに拮抗筋の活動も生じることが報告されている²¹⁾。今回の研究においても力に関する指示を与えて等尺性収縮を行わせており、同様の傾向を示した。したがって、肩甲骨周囲筋についても他の関節の動作筋、拮抗筋とある程度同様に捉えて考えることが可能であると示唆される。

本研究では肩甲骨を安定させるメカニズムとして、動作筋のみが活動して外的負荷に抗する力を生み出し、肩甲骨の安定を得ているという仮説を立てて実験を行った。しかし、動作筋のみではなく拮抗筋の活動も増加する結果となり、仮説を支持しなかった。したがって、肩甲骨の安定性を得る方法として、外的負荷に抗する作用を持つ肩甲骨周囲筋のみが活動して安定性を得ているメカニズムではないことが考えられる。では、どのようなメカニズムで肩甲骨の安定性が得られるかについて再度考察する。筆者は先行研究にて、主に前鋸筋に代表される肩甲骨外転筋や僧帽筋中部、菱形筋群に代表される肩甲骨内転筋のトレーニングによる肩関節等尺性筋力の変化を調べた^{22,23)}。この先行研究より、肩甲骨周囲筋における動作筋がその運動方向の力源の1つとなり、筋力的一端を担っている可能性が考えられた。本研究の動作筋においても、特に第1肢位の最大負荷では開始肢位の14から24倍と大きな筋活動が生じていた。先行研究の結果を踏まえて考えると、今回の動作筋の働きとしては、外的負荷に抗するための力を生み出す活動であった可能

性が高いと考える。また、拮抗筋の活動が増加した理由については、次のことが考えられる。まず、身体の姿勢制御の研究から、動作筋と拮抗筋の同時収縮は姿勢を一定に保ち、静的な安定性を保つことに貢献するとされている²⁴⁾。これを肩甲骨周囲筋に置き換えると、動作筋と拮抗筋がともに収縮することで、肩甲骨の位置を一定させ、安定性を得ていたと考えられる。また、今回測定した肩甲骨周囲筋は体幹の姿勢制御に関わると述べられており^{25,26)}、本研究においても体幹の制御に肩甲骨周囲筋が関与していたことも考えられる。総じて捉えると、肩甲骨周囲筋の動作筋はその筋活動により肩関節へかかる外的負荷に抗することに作用し、一方で拮抗筋の活動は、肩甲骨を安定させることや体幹の姿勢制御を行っていたと考えられる。等尺性収縮時の肩甲骨安定化のメカニズムとして、動作筋と拮抗筋の異なる役割により成り立っている可能性が示唆された。

本研究の限界としては、等尺性収縮時の肩甲骨周囲筋活動を測定したのみであり、実際の肩甲骨の動きまではとらえることができていない。肩甲骨の動きをともに測定することで肩甲骨安定化のメカニズムをより詳細に検討することができると考える。また、動作筋や拮抗筋の活動にどのような意味があるのかを検討することで、肩甲骨安定化のメカニズムのさらなる解明が可能であると考える。そのためには、他の運動方向で測定を行うことや異なる角度での測定を行うこと、それぞれの活動の意味を推察するために動作筋や拮抗筋の筋活動のタイミングを測定すること、有患者で測定を行うことなどが必要となると考える。今後はこれらの研究を行い、肩甲骨安定化のメカニズムをより明確にしていきたいと考える。

引用文献

- 1) 信原克哉:肩—その機能と臨床—(第3版)。医学書院、東京、2001、pp31, 31-47, 372-376。
- 2) 皆川洋至、井樋英二:肩関節。J Clin Rehabil, 2005, 14(7): 668-673。
- 3) Crosbie J, Kilbreath SL, Hollmann L, et al.: Scapulohumeral rhythm and associated spinal motion. Clin Biomech, 2008, 23: 184-192。
- 4) Codman EA: The Shoulder. Thomas Todd, Boston, 1934。
- 5) Inman VT: Observations on the function of the shoulder joint. J Bone Joint Surg, 1944, 26A: 1-32。
- 6) 篠田雄一:端座位において骨盤後傾が肩甲骨上腕リズムに及ぼす影響。理学療法ジャーナル, 2006, 40: 1055-1060。
- 7) Michiels I, Grevenstein J: Kinematics of shoulder abduction in the scapular plane on the influence of abduction velocity and external load. Clin Biomech, 1995, 10: 137-143。
- 8) Doody SG, Freedman L, Waterland JC: Shoulder movements during abduction in the three scapular plane. Arch Phys Med Rehabil, 1970, 51: 595-604。

- 9) Augusto GP, Pedro PC, Frans FC, et al.: Effects of different arm external loads on the scapulo-humeral rhythm. *Clin Biomech*, 2000, 15: 21-24.
- 10) 橋本俊彦, 福林 徹, 井上和彦: 肩関節外転位における内旋運動での肩甲骨周囲筋群の変化. *肩関節*, 2009, 33(3): 603-605.
- 11) 関展 寿, 井樋栄二, 皆川洋至: 肩関節下垂位内外旋における肩甲骨上腕リズム—磁気センサー式三次元空間計測装置を用いた動作解析—. *関節外科*, 2009, 28 (11): 22-26.
- 12) Donald AN. 著, 嶋田智明, 平田総一郎監訳: 筋骨格系のキネシオロジー. 医歯薬出版株式会社, 東京, 2005, p114.
- 13) Mottram SL: Dynamic stability of the scapula. *Man Ther*, 1997, 2(3): 123-131.
- 14) 小林靖幸: 肩関節と運動療法. *理学療法学*, 1987, 14(2): 103-106.
- 15) 田村拓也, 岡本賢太郎, 井上宣充・他: ハンドヘルドダイナモメーターを用いた肩甲骨周囲筋の筋力測定. *理学療法学*, 2006, 33 (suppl. 2): 400.
- 16) Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL: Surface electromyographic analysis of exercise for the trapezius and serratus anterior muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2003, 33: 247-258.
- 17) Delagi EF, Perotto A 著, 栢森良二訳: 筋電図のための解剖ガイド 第2版—四肢. 西村書店, 新潟, 1992, pp78-113.
- 18) Kapandji AI. 著, 塩田悦仁訳: カパンディ 関節の生理学 I 上肢. 医歯薬出版株式会社, 東京, 2006, pp70-71.
- 19) 元脇周也, 加来敬宏, 山野仁志・他: 体幹と上肢の運動連鎖. *理学療法*, 2006, 23(10): 1377-1385.
- 20) 金子 翼, 村木敏明, 長尾 徹: Micro FETによる肩・肘・手関節筋力の標準値. *神大医保健紀要*, 1996, 12: 17-24.
- 21) 灰田信英: 随意運動における拮抗筋支配について. *臨床理学療法*, 1978, 5(1): 64-65.
- 22) 井尻朋人, 宮下浩二, 浦辺幸夫・他: 肩甲骨外転筋の筋力強化に伴う肩関節の筋力の変化. *関西理学療法*, 2006, 6: 91-95.
- 23) 井尻朋人, 宮下浩二, 浦辺幸夫・他: 肩甲骨内転筋群の筋力強化が肩関節の筋力に与える影響. *理学療法の臨床と研究*, 2007, 16: 49-52.
- 24) 相馬優樹, 衣笠 隆, 漆畑俊哉・他: 重心移動課題における足関節筋の同時収縮に及ぼす加齢の影響. *体力科学*, 2010, 59(1): 143-156.
- 25) 三浦雄一郎: “体幹の協調運動”私はこう工夫する. *関西理学療法*, 2006, 6: 31-37.
- 26) 福島秀晃, 三浦雄一郎, 鈴木俊明・他: 座位での側方移動における僧帽筋の機能に関する一考察. *関西理学療法*, 2006, 6: 85-89.