

原 著

三角筋中部線維の肩関節屈曲運動への貢献の可能性の検討

宮 本 靖

四條畷学園大学 リハビリテーション学部

竹 本 昌 史

仁泉会病院 リハビリテーション科

キーワード

肩関節屈曲作用 三角筋中部線維 大胸筋鎖骨部線維 表面筋電

要 旨

肩関節屈曲運動の主動筋は三角筋前部線維及び大胸筋鎖骨部線維であるが、運動学的解釈を行うとそれ以外の筋も肩関節屈曲運動に関与する可能性がある。本研究では表面筋電測定可能な三角筋中部線維に着目し、三角筋前部線維や大胸筋鎖骨部線維との肩関節屈曲における役割及びその分担を検討した。結果、肩関節深屈曲域において三角筋中部線維は同筋前部線維と共同して肩関節屈曲運動の主動筋となりうる可能性が示唆された。また大胸筋鎖骨部線維は肩関節初期屈曲域における屈曲作用のみでなく、肩関節深屈曲域において三角筋中部線維と共に肩関節屈曲運動を成立させる共同筋となりうる可能性も示唆された。

はじめに

臨床での理学療法において肩関節周囲炎、肩関節周囲の骨折、腱板損傷等の肩関節の運動制限を伴う疾患は多く経験するが、その全てが再び正常な関節可動域を取り戻せないことも経験する¹⁾。特に他動運動においては正常に近い関節可動域までの運動を獲得できても自動運動における上肢の挙上制限を残すこともある。その原因は運動に伴う疼痛や関節構築学的な異常等については良く知られるが¹⁾、特定筋の筋力低下が原因と推察されることも経験する。

肩甲上腕関節を通過する筋の作用は成書²⁻⁵⁾により詳細に報告されているが、関節運動の起始と停止を結ぶ筋走行と関節運動軸との位置関係、主動筋の筋長の短縮に伴う筋力発揮効率の変化、共同筋の同時活動による目的関節運動への作用等については別の運動学的解釈も可能である。例えば肩関節の屈曲運動に注目すると、三角筋前部線維以外にも肩甲上腕関節の屈曲主動筋となりうる筋が存在するという仮説も成り立つ。

具体的には三角筋中部線維は肩甲骨肩峰から上腕骨三

角筋粗面に走行し、肩甲上腕関節の屈曲伸展中間位では矢状面において同筋は屈曲伸展運動軸である上腕骨頭を覆うようにを走行する(図1)⁴⁾。しかし肩甲上腕関節の屈曲運動が進むと三角筋粗面は前上方へ移動し、肩峰と三角筋粗面を結ぶ同筋の走行も矢状面において肩甲上腕関節屈曲伸展運動軸より前上方へ離れる。それは同筋の活動が肩甲上腕関節屈曲に作用するという運動学的解釈は可能であり、肩甲上腕関節屈曲作用を強化するとも考えられる。

本研究の目的は三角筋中部線維を含む肩関節周囲筋活動を表面筋電により測定し、同筋群のそれぞれの肩関節自動屈曲運動への関与を明らかにすることである。

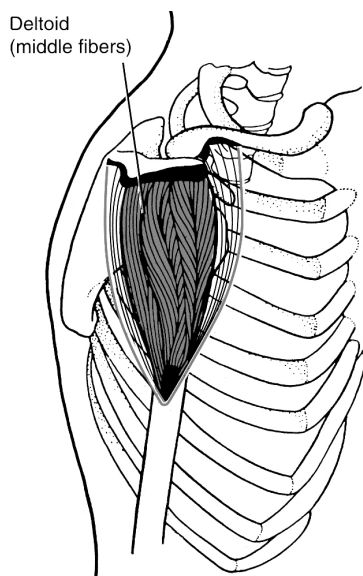


図1 三角筋中部線維と肩関節屈曲伸張運動軸（上腕骨頭）との位置関係（Helen J. Hislop ら⁴⁾より改変）

方 法

1. 対象

十分な説明により本研究への参加に同意した肩関節周囲に整形外科疾患の既往のない健常成人男性7名（年齢 21 ± 2 歳，身長 171 ± 7 cm，体重 64 ± 7 kgwt）の両側14肩とした。肩関節屈曲に作用すると考えられた筋群より表面筋電測定可能な三角筋前部線維，三角筋中部線維，大胸筋鎖骨部（上部）線維の筋電を測定した。

2. 測定肢位と筋電測定及び処理

肩関節周囲筋の筋電測定には Noraxon 社製 Myosystem 1200 を用いた。サンプリング周波数 1,000 Hz で表面筋電を測定し，信号を A/D 変換した後に解析用 PC に取り込んだ。記録周波数帯域は 15~350 Hz とした。

電極貼付は下野の方法⁶⁾を参考に表面電極設置位置となる筋腹中央部の体毛を剃毛後，皮膚研磨剤にて角質表面を除去した。更にイソプロピルアルコールにて皮膚表面を脱脂し同部の十分な乾燥を確認した後，電極中心間距離 2 cm で表面電極を貼付した。身体アースは胸骨柄部とし，筋電電極の貼付部位と同様の皮膚処理を行った後にアース電極を設置した。

測定肢位は両足底を床面に接地させ体幹を垂直に保たせた端坐位でとした。測定側肩関節を 0° 屈曲位より 180° 屈曲位まで 15° 間隔で 13 肢位に分け，それぞれの肢位で重力に抗して肩関節屈曲位を保持させた。肩関節

屈曲角度はゴニオメーターを用いて確定した。

筋電は肢位を保持させた後の 5 秒間を測定し，中間の 1 秒間を全波整流後に積分処理しその値を各肢位の積分筋電（以下，iEMG と略）とした。更に新・徒手筋力検査法⁴⁾の筋力 5（Normal）の計測方法における等尺性最大随意収縮時の筋電を 5 秒間計測し，中間の 1 秒間を全波整流後に積分処理した。その値を本研究での各筋の最大随意収縮の積分筋電と定義した。各肢位各筋の iEMG を最大随意収縮の積分筋電で正規化し百分率で表したものを %iEMG とした。

3. 筋活動量の比較と関節運動への貢献の検討

筋活動量の比較においては以下の理由により統計学的手法は用いなかった。

同一筋の各肢位間の活動量比較については，肢位変化により重力による生じる関節回転モーメントが異なるためと，仮に重力による関節モーメントを無視したとしても，肢位変化による筋長変化により筋張力と%iEMG が確実に比例関係にあるとは言い切れない。

同一肢位の各筋間の活動量比較については，それぞれの筋がもつ筋力や筋力により生じる関節モーメントが異なるため，%iEMG の比較では関節運動への貢献を明らかにできない。これらより%iEMG の平均値を用いて運動学的に各筋の関節運動への貢献を検討した。

結 果（表 1，図 2）

1. 三角筋前部線維について

三角筋前部線維の%iEMG 平均値は肩関節 45° 屈曲位より 10%を超え，0° 屈曲位から 45° 屈曲位までは肩関節屈曲 10° あたり約 2.54% の割合で直線的に増加した。45° 屈曲位より 165° 屈曲位までは肩関節屈曲 10° あたり約 0.87%の割合で直線的に増加した。また 180° 屈曲位での%iEMG 平均値は 31.38%を示した。

2. 三角筋中部線維について

三角筋中部線維の%iEMG 平均値は肩関節 75° 屈曲位より 5%を超え，肩関節 105° 屈曲位より 10%を超えた。0° 屈曲位から 165° 屈曲位までは肩関節屈曲 10° あたり 1.35%の割合で直線的に増加した。また，180° 屈曲位での%iEMG 平均値は 28.79%を示した。

3. 大胸筋鎖骨部線維について

大胸筋鎖骨部線維の%iEMG 平均値は肩関節 30° 屈

表1 肩関節屈曲角度と肩関節周辺筋の%iEMG

肩関節屈曲 角度 (°)	三角筋前部線維 (%)	三角筋中部線維 (%)	大胸筋鎖骨部線維 (%)
0	0.48± 0.28	0.41± 0.19	1.05± 1.23
15	3.22± 3.48	0.85± 0.74	1.80± 1.49
30	7.39± 4.26	1.76± 1.02	5.15± 2.72
45	11.92± 6.10	2.94± 1.34	8.87± 4.72
60	13.97± 6.58	4.42± 2.02	12.42± 6.27
75	16.22± 6.81	6.68± 1.85	14.73± 8.46
90	18.09± 5.86	9.60± 3.20	17.30±10.71
105	19.72± 6.20	12.66± 4.38	20.44±13.27
120	19.74± 6.36	15.53± 5.58	18.98±13.28
135	21.13±12.24	19.17± 8.07	15.92±13.22
150	19.86±11.08	21.02± 5.99	10.64± 9.91
165	22.41±18.83	22.69± 6.55	8.43± 9.71
180	31.38±33.89	28.79± 9.70	7.84± 6.35

mean±SD

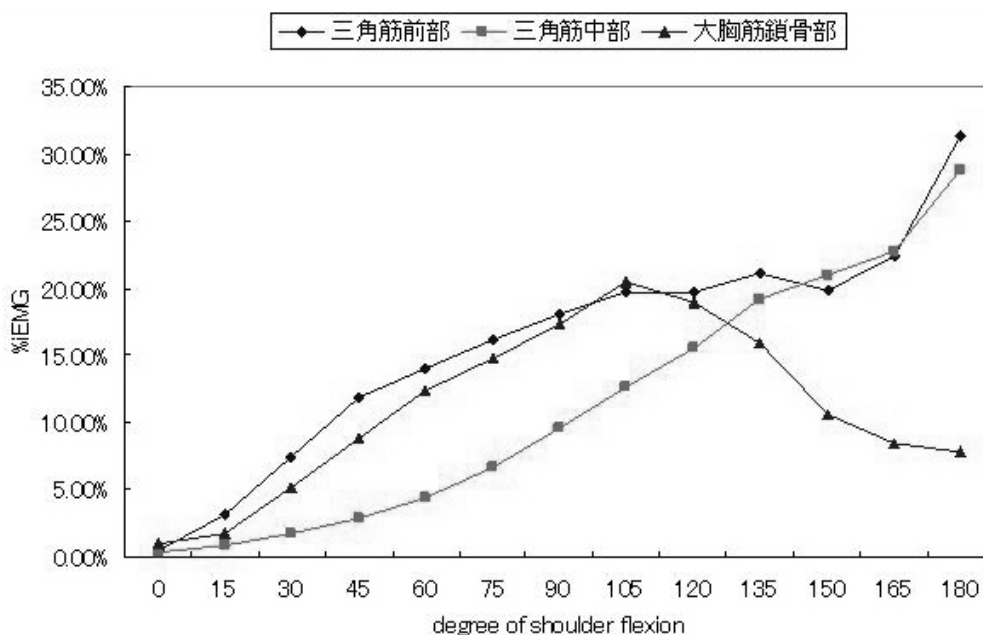


図2 肩関節屈曲角度と肩関節周辺筋の%iEMG

曲位より 5%を, 肩関節 60° 屈曲位より 10%を超えた. 0° 屈曲位から 105° 屈曲位までは肩関節屈曲 10° あたり 1.84%の割合で直線的に増加した. 105° 屈曲位での%iEMG 平均値は20.44%を示した. 105° 屈曲位から 180° 屈曲位までは肩関節屈曲 10° あたり 1.68%の割合で減

少し 180° 屈曲位での%iEMG 平均値は 7.84%を示した. %iEMG 平均値が 10%を超える肩関節屈曲運動域は 60° から 150° , 15%を超える運動域は 90° から 135° であった.

考 察

1. 三角筋前部線維の活動について

肩関節屈曲角度が 0° から 90° へと増加すると共に重力により生じる肩関節伸展モーメントは増大し、 90° を超えると減少に転じる。これは肩関節から上肢重心までの水平距離が回転モーメントを規定するモーメントアームとなるためである。モーメントアームは肩関節屈曲運動軸より上肢重心までの距離に肩関節屈曲角度の正弦を乗じたものであり、重力による伸展モーメントの増減はいわゆるサインカーブに近似する。同運動域にて測定した三角筋前部線維の%iEMGの変化はサインカーブとは一致していないが、肩関節屈曲角度が 0° より増加するに伴い%iEMGも増加を示した。

肩関節屈曲角度が 90° を超えると重力により生じる肩関節伸展モーメントはモーメントアームの短縮に伴い減少するが、%iEMGは引き続き増加を示した。これは関節肢位による肩関節伸展モーメントの変化以外の影響を考慮する必要がある。骨格筋の活動張力は生体長付近において最大となる⁷⁾とされ、生体長より短縮した筋は筋力発揮に不利となる。そのため重力による肩関節伸展モーメントが減少したにもかかわらず、活動電位を反映する%iEMGは増加を続けたと推察できる。

2. 三角筋中部線維の活動について

肩関節 0° 屈曲位 (屈曲伸展 0°) における三角筋中部線維の収縮作用は肩関節外転とされるが¹⁻⁴⁾、 0° 屈曲位においても矢状面上で肩関節の屈曲運動軸より前方にも三角筋中部線維 (以下、三角筋中部線維の前方部) は存在する (図1)。しかしこの肢位において三角筋中部線維前方部と肩関節運動軸のなす矢状面上の距離はわずかであり、三角筋中部線維の前方部が十分な肩関節屈曲モーメントを生み出すことは考えにくい。

しかし肩関節屈曲角度の増加により上腕骨三角筋粗面は前方へ移動し、それに伴い三角筋中部線維の前方部と肩関節屈曲運動軸の距離は大きくなる。また三角筋中部線維の前方部以外と肩関節運動軸との関係も同様である (図3)。これより肩関節屈曲角度の増大に伴い三角筋中部線維も肩関節屈曲作用を発揮する可能性が浮上する。

また三角筋前部線維の起始は鎖骨外側1/3であり中部線維の起始は肩甲骨肩峰である。肩関節屈曲に伴い同筋群 (三角筋の前部線維と中部線維) の停止である上腕骨三角筋粗面は前上方に移動する。これは三角筋前部線維の起始と停止の距離、つまり前部線維長を短縮させるこ

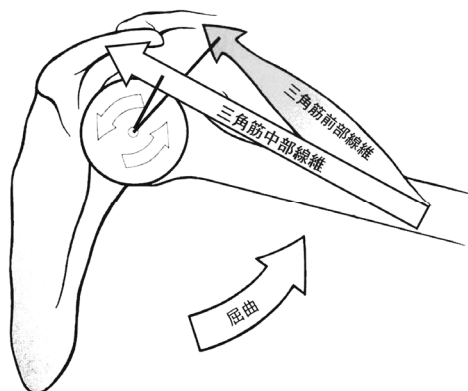


図3 肩関節屈曲位における三角筋前部線維、中部線維の走行と肩関節屈曲運動軸の矢状面上の関係 (Donald⁵⁾より改変)

ととなり三角筋前部線維の筋力発揮を行いにくくすることは長さ張力曲線⁷⁾よりも明らかである。しかし三角筋中部線維の起始である肩峰は鎖骨外側1/3より後方であり、同じ肩関節屈曲角度においては三角筋前部線維に比較して中部線維の筋長短縮の程度は緩徐であり筋力発揮に有利である。この観点からも三角筋中部線維の肩関節屈曲作用発揮の可能性は高まる。

しかし三角筋中部線維は肩甲上腕肩関節の外転作用を有する。特に肩甲上腕肩関節屈曲中間域において同筋同部が肩関節屈曲運動に参加するには肩関節外転モーメントを相殺する共同筋の存在が必須である。ただし肩関節深屈曲域では三角筋中部線維の起始である肩峰は肩甲骨上方回旋により肩甲上腕関節外転運動軸より内方に位置し (図4)、外転作用は消失すると考えられる。

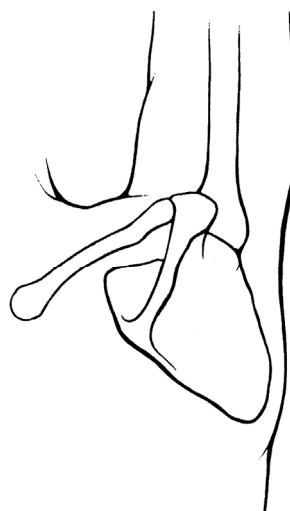


図4 肩関節深屈曲域における身体背面からの肩峰と肩甲上腕関節外転運動軸 (上腕骨頭) との位置関係 (Donald⁵⁾より改変)

3. 大胸筋鎖骨部線維の活動について

大胸筋鎖骨部線維の測定筋電は肩関節屈曲 0° から 105° においては三角筋前部線維の%iEMG グラフに併走するような結果が得られた(図2)。肩関節屈曲 120° から 180° では肩関節屈曲角度の増大に伴い%iEMG は低下を示したが、活動を停止するには至らなかった。

大胸筋鎖骨部線維の起始は鎖骨内側 1/2 から 2/3 であり停止は上腕骨大結節稜である³⁾。肩関節屈曲が進み上腕骨大結節稜が鎖骨の起始部より上方へ位置すると同筋同部は肩関節伸展かつ内転作用を呈することが予想できる。それにも関わらず同筋同部%iEMG は大結節稜が肩峰より上方に位置する肩関節 120° 屈曲位で高値を示し、さらに肩関節 180° 屈曲位まで活動を続けている。同筋同部にはどの肩関節屈曲角度においても肩関節内転作用を持ち、その作用を用いて三角筋中部線維の肩関節外転作用を相殺し肩関節屈曲作用を残したと考えられる。他の肩関節内転筋である上腕二頭筋短頭や烏口腕筋と比較しても同筋同部の斜方向への走行は肩関節外転作用の相殺に有利である。また肩関節内転作用を持つ広背筋や大円筋は肩関節伸展作用も持ち合わせ、それらは肩関節屈曲運動に拮抗する。

4. 三角筋前部線維, 中部線維, 大胸筋鎖骨部線維による肩関節屈曲共同作用について

肩関節屈筋を代表するものは何かと問われれば、まず三角筋前部線維を上げることが通常である。しかし三角筋前部線維の筋長短縮による筋力発揮効率低下すると考えられる深屈曲域に運動が進むと、三角筋中部線維の矢状面での走行が肩関節屈曲の運動軸より離れるため肩関節屈曲モーメントを発生することが可能である。そのため三角筋中部線維は同筋前部線維と共同して屈曲運動の主動作筋となる可能性がある。三角筋中部線維は肩関節外転作用も併せ持つが、大胸筋鎖骨部線維が肩関節屈曲作用を発揮し終える運動域より、同筋同部の肩関節内転作用が三角筋中部線維の外転作用を相殺している可能性がある。

これら3筋の共同した肩関節屈曲運動はそれぞれの筋作用の長所を生かしながら短所を補い合い、よりスムーズな肩関節の屈曲運動を作り出している可能性が示唆される。

5. 本研究の限界と今後の課題

本研究は運動学的に肩関節屈曲作用を持つと考えられ

る筋のうち、表面筋電測定が可能な筋を観察し考察した。表面筋電による研究における限界については多くの説があり、本研究においてもその限界内での考察となった。特に肩関節運動は肩甲骨、鎖骨、上腕骨の大きな運動を伴い、目的筋の同一部位に表面電極を設置しているとはいえない。これについては鎖骨挙上及び肩甲骨の上方回旋を制限し、肩甲上腕関節の運動割合を多くした課題運動を用いて検証する予定である。

また表面筋電を測定できない複数の筋についても、運動学的考察より肩関節屈曲運動に参加していると考えられ、それらについてはワイヤー電極を用いた筋電測定により筋活動を観察する必要がある。更に関節モデル等を用いて各筋活動が運動に貢献する度合いも検証したい。

まとめ

1. 肩関節屈曲運動における三角筋前部線維, 中部線維, 大胸筋鎖骨部線維の表面筋電より、それらの筋が肩関節屈曲に作用する可能性を検討した。
2. その結果、肩関節深屈曲域において三角筋前部線維だけでなく三角筋中部線維が肩関節屈曲作用を担っている可能性が示唆された。
3. 更に大胸筋鎖骨部線維は肩関節初期における屈曲作用だけでなく、深屈曲域において三角筋中部線維による肩関節屈曲かつ外転作用の外転作用を相殺することにより、肩関節屈曲に参加している可能性も示唆された。

謝辞

本研究に際してご協力をいただいた皆様に深甚なる謝意を表します。

文献

- 1) 橋本 淳, 信原克哉: 肩診療マニュアル 第3版 1刷. 医歯薬出版, 東京, 2004, pp. 71-217.
- 2) 金子勝治, 穂田真澄: 日本人体解剖学上巻 第19版 5刷. 南山堂, 東京, 2003, p. 295.
- 3) 森 於菟, 小川鼎三, 大内 弘: 分担解剖学第1巻 第11版 19刷. 金原出版, 東京, 2000, pp. 334-337.
- 4) Helen J. Hislop, Jacqueline Montgomery: Daniels and Worthingham's MUSCLE TESTING 7th Edition: W.B.Saunders Company, Philadelphia, 2002, pp.85-89, pp.94-98, pp.102-106
- 5) Donald A. Neumann 原著, 嶋田智明, 平田総一郎

監訳：筋骨格系のキネシオロジー 第1版3刷. 医歯
薬出版, 東京, 2006, pp.133-134.

6) 下野俊哉：表面筋電図マニュアル基礎編 第1版.

酒井医療株式会社, 東京, 2004, pp.82-83.

7) 真島英信：生理学 第18版14刷. 文光堂, 東京,

1998, pp.64-65.

Effect of deltoid middle fibers activity to shoulder flexion motion

Yasushi Miyamoto

Shijonawate gakuen university

Faculty of rehabilitation

Masashi Takemoto

Jinsenkai hospital rehabilitation division

Key words

flexing action of shoulder joint Middle fibers of deltoid
Pars clavicularis of pectoralis major Surface ElectroMyogram

Abstract

The primary muscles for shoulder joint flexion are the anterior fibers of the deltoid muscle and the pars clavicularis of the pectoralis major muscle. However, from a kinematical point of view, there may be other muscles which are involved in shoulder joint flexion. In this study, a focus is placed on the middle fibers of the deltoid muscle, and its role in shoulder joint flexion with the anterior fibers of the deltoid muscle and the pars clavicularis of the pectoralis major muscle was assessed by using surface electromyogram. As a result, it was suggested that the middle fibers of the deltoid muscle can be the primary muscle for shoulder joint flexion in the area of deep flexion, working synergistically with the anterior fibers of the deltoid muscle. In addition, it was also suggested that the pars clavicularis of the pectoralis major muscle and the middle fibers of the deltoid muscle can work synergistically to complete shoulder joint flexion not only in the area of initial shoulder flexion but also in the area of deep flexion.