

プッシュアップ動作時の 不安定環境に対する棘下筋を含む 肩関節周囲筋の筋活動

**Muscle Activity of the Shoulder Joint Muscles, Including
the Infrapinatus, in Response to an Unstable Environment During
the Push-Up Movement**

小山太郎*, 工樂義孝*, 岡棟亮二*
播木 孝*, 松下 廉*

キー・ワード : Sling, CKC exercise, Surface electromyogram
スリング, CKC エクササイズ, 表面筋電図

【要旨】 不安定環境下でのプッシュアップ動作において、肩甲骨周囲の筋活動増大が報告されているものの、腱板筋群に焦点を当てて検討を行った研究は少ない。そこで本研究では、スリング使用がプッシュアップ時の棘下筋を含む肩関節周囲筋の筋活動へ与える影響を検討した。健常男性 14 名を対象に、スリング使用の有無による 2 条件でプッシュアップ動作を行わせ、その際の棘下筋、三角筋前部線維、前鋸筋および僧帽筋上部の筋活動を表面筋電図にて測定した。開始肢位と身体が最下点に位置した肢位で 3 秒間保持させ、波形が安定した 1 秒間の %MVC を算出した。統計処理には対応のある t 検定および Wilcoxon 符号付順位和検定を用い、スリング使用の有無による各肢位での筋活動の違いを検討した。その結果、棘下筋はスリング使用の有無による %MVC の差はなかった。三角筋前部線維はスリング使用下において開始肢位で %MVC が低下していたものの、最下点で増加していた ($p < 0.05$, $p < 0.05$)。前鋸筋はスリング使用下において開始肢位で %MVC が増加していた ($p < 0.05$)。僧帽筋上部はスリング使用下において開始肢位、最下点とも %MVC が増加していた ($p < 0.01$, $p < 0.01$)。不安定環境下における上肢 CKC エクササイズでは、棘下筋機能よりも、肩甲骨周囲筋の機能が改善することが示唆された。

緒 言

リハビリテーションにおいて Closed Kinetic Chain (CKC) エクササイズは多くの場面で活用されるが、肩関節をはじめとする上肢疾患では下肢疾患と比較してその頻度は少ない。肩関節疾患の要因は多岐にわたるが、その中でも腱板筋群や肩甲骨周囲筋の機能低下による肩甲上腕リズムの異常¹⁾や肩甲上腕関節の不安定性増大、あるいは固有受容感覚低下に伴う求心位からの逸脱などが主要

な誘因となる²⁾。临床上、このような問題を有する投球障害肩をはじめとするスポーツ障害に対し、CKC エクササイズを用いることで肩甲上腕リズムの改善や関節不安定性の軽減に効果がみられることも経験する。CKC エクササイズには、荷重による関節への剪断力の減少、関節運動を制御するための協調的かつ連続的な筋の活性化、関節の安定性を制御するための筋の同時収縮の活性化、さらには運動覚や位置覚といった固有受容感覚の改善など多くの利点が報告されている^{3,4)}。これらの利点は肩関節疾患のリハビリテーションにも応用可能であり、プッシュアップなどの CKC エクササイズを適切に用いることで症状改善に寄与する

* まつした整形外科

Corresponding author : 松下 廉 (renmatsu1025@yahoo.co.jp)



図1 使用器具

A：レッドコードおよびパワーグリップ
B：プッシュアップバー（高さ13cm）

可能性があると考えられる。

さらに、CKCエクササイズの効果を高める方法の一つとして、スリングやスイスポールなどを用いた不安定環境の利用がある。不安定環境下で行うトレーニングは、動筋―拮抗筋の共収縮や体幹筋群をはじめとした安定化筋（Stabilizer）の活動を促進し、関節複合体の迅速な安定化と保護を可能にすることが示されている⁵⁾。上肢においても、不安定環境下でのCKCエクササイズの効果について、肩内外旋筋力の向上や肩関節脱臼後の運動識別覚の改善⁶⁾、女子ソフトボール選手における投球速度の向上⁷⁾などが報告されている。また、筋電図学的検討では体幹筋⁸⁾や肩甲骨周囲筋群の筋活動の増大⁹⁾が報告されており、筋活動の増大が関節機能やパフォーマンスの向上に寄与していると考えられる。

加えて、これらの肩関節機能やパフォーマンスの向上には、肩甲骨周囲筋に加えて、肩甲上腕関節の動的安定化に関与する腱板筋群の機能向上が重要になると考えられる。しかし、CKCエクササイズにおける腱板筋群の筋活動¹⁰⁾は報告されているものの、より肢位を保持するための肩関節の安定性が要求されると考えられる不安定環境下でのCKCエクササイズ中の腱板筋群の筋活動に焦点をあてた検討は少なく、不安定環境下での腱板筋群の活動が関節機能やパフォーマンスの向上にどの程度寄与しているかは明らかではない。

そこで本研究では、スリングを用いて不安定環境を作り出し、表面筋電図で測定可能な棘下筋を含む肩関節周囲筋について、スリング使用の有無

によるプッシュアップ動作時の筋活動の違いを検討した。仮説として、不安定環境下では関節安定化に対する要求が高まることから、スリング使用時は腱板筋群の一つである棘下筋の活動が増大し、それが不安定環境下でのCKCエクササイズの利点の一因となると考えた。

対象および方法

1. 対象

対象は、研究の主旨に同意の得られた健常男性14名（年齢：30.8±4.5歳，身長：172.3±5.3cm，体重：70.5±11.7kg）とした。包含基準として、通常環境下およびスリング使用下において、大きな代償動作なく一連のプッシュアップ動作を完遂できる基礎体力のある男性とし、測定時に上肢および脊柱に疼痛を有するものは除外した。なお、本研究は所属機関倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号2401）。

2. 方法

1) 課題動作

本研究では、腱板を含むプッシュアップ動作における筋活動の基礎データが収集できるよう、従前より実施されている一般的なプッシュアップ動作¹¹⁾を課題動作とした。対象にスリング使用下および未使用下の2条件でのプッシュアップ動作をそれぞれ実施させ、スリング使用時をスリング群、未使用時を通常群とした。

スリング群では、スリング使用にあたりレッドコード社製レッドコードを用い、持ち手にはレッドコード社製パワーグリップを使用した(図1A)。

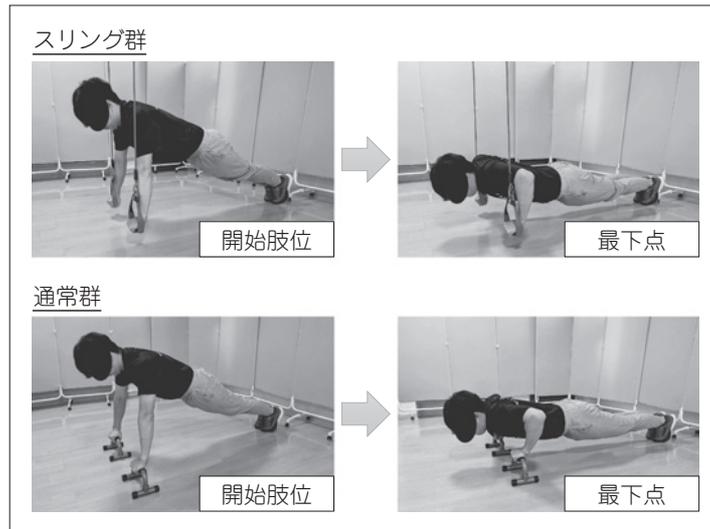


図2 課題動作
スリング群および通常群の開始肢位および最下点を示す。
両群とも可能な限り、同一の肢位でのプッシュアップ動作となるよう条件および対象への指示を統一した。

通常群では、スリング群と条件を統一するためプッシュアップバー (NatuRani 社製) を使用した (図 1B)。プッシュアップ動作の開始肢位として、両手部の位置はレッドコードのスリングが床面と垂直となる幅 45cm とした。スリング群のパワーグリップの高さは床から 13cm とし、プッシュアップバーと同じ高さに設定した。パワーグリップおよびプッシュアップバーは両側が一直線上となるよう前腕回内位で把持させた。矢状面において上肢が床面に対し垂直となるように上体位置を規定した。

プッシュアップ動作中は、両群とも可能な限り同一の肢位となるよう、両手部の位置を動かさず、矢状面からみた前腕の角度および体幹の肢位を開始肢位のまま保持した状態で、開始肢位から体幹を最大限下方に降ろすよう対象に指示した (図 2)。その上で、視認できる範囲で明らかな代償動作が生じた場合には、再度、測定を実施した。

2) 筋活動の測定

筋活動の測定は表面筋電図 (Delsys 社製 Tringo ワイヤレス EMG システム) を用いて、サンプリング周波数を 2000Hz にて実施した。スリング群および通常群の 2 条件でのプッシュアップ動作を各 2 回ずつ実施させた。開始肢位と最下点でそれぞれ 3 秒間保持させ、その際の筋活動を測定した。測定順は無作為とし、各測定間には 1 分以上の休息を挟んだ。

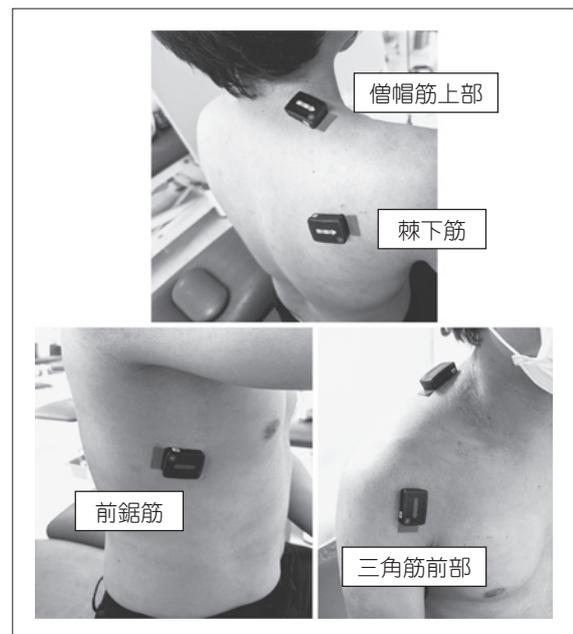


図3 筋電図貼付位置
各筋の筋電図の貼付位置を示す。

測定は利き手側に対して実施した。なお、本研究において、利き手は、投球をはじめとするオーバーヘッド動作を伴うスポーツ経験者は競技で使用する側を、未経験者は書字等日常生活で主に使用する側と定義した。被検筋は、棘下筋、三角筋前部線維、前鋸筋および僧帽筋上部線維とした (図 3)。本研究では、前鋸筋の電極は第 5-6 肋骨レベルの前腋窩線付近に貼付した。この部位は、前鋸筋

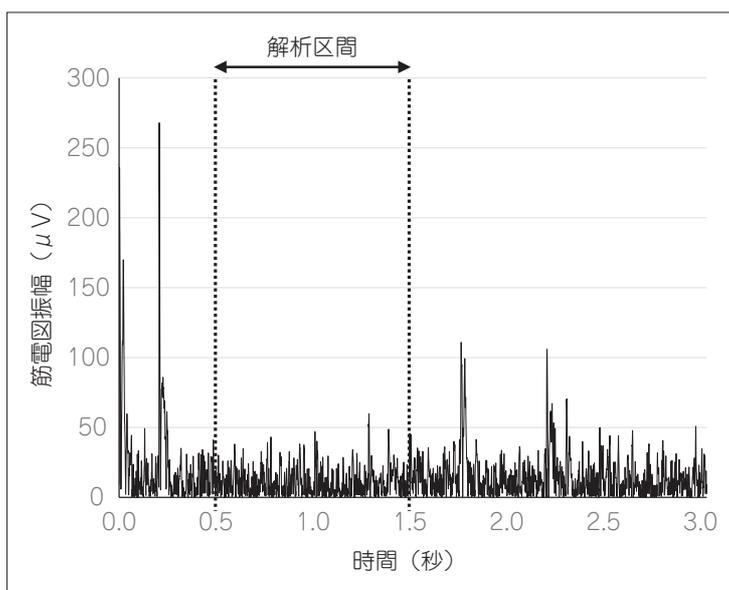


図4 全波整流後の筋電図波形と解析対象区間の例
測定開始から3秒間の筋電図波形を示す。視認により安定していると判断された1秒間(0.5～1.5秒)を破線で示した。この区間の平均振幅を筋活動量として算出した。

の筋腹に位置し、外腹斜筋や大胸筋からのクロストークを比較的回避できるためである。先行研究においても、プッシュアップ動作を対象とした筋電図研究では、第5-6肋骨レベルの貼付が広く用いられていることが報告されている^{12,13)}。また、棘下筋、三角筋前部線維、僧帽筋上部線維についても、表面筋電図の標準的手法¹³⁾に準拠して筋腹に電極を配置した。なお被検筋は、腱板筋群の中で表面筋電図にて測定可能な棘下筋、プッシュアップ動作で主動作筋となる三角筋前部線維、肩甲骨周囲筋として肩関節障害の要因となることが多く報告されている前鋸筋および僧帽筋上部線維とした¹⁾。最終的に、表面電極が目的の筋へ適切に貼付されたか否かを、それぞれの筋が活動するとされる複数の肢位で抵抗運動を実施し、その際の筋電図の生波形から、目視で確認した。

3) 筋活動の解析

筋活動の解析にあたり、全波整流後、各測定肢位にて測定した3秒間の筋活動のうち、変動の少ない区間を視認により選定し、当該区間の1秒間の平均振幅を算出した(図4)。その後、得られた平均振幅の2回の平均値を代表値として解析した。また、得られた値を標準化するために、徒手筋力検査法に準じた各肢位での等尺性最大随意収縮時(maximum voluntary isometric contraction: MVC)の筋活動を計測した。計測肢位は、

新徒手筋力検査法第9版に準じ¹⁴⁾、棘下筋は腹臥位での肩90度外転90度外旋位、三角筋前部線維は座位での肩関節90度屈曲位、前鋸筋は座位での肩関節130度屈曲位、僧帽筋上部線維は座位での肩甲骨拳上位の各肢位で、徒手にて最大量の抵抗を加えた。得られた値を100%として、各肢位での筋活動をMVCで除した%MVCを算出した。なお、本研究では、検者内での誤差の影響を考慮し、各群に対し筋電図測定を2回ずつ行い、その平均値を解析に用いた。

4) 統計処理

開始肢位および最下点それぞれでの%MVCの違いをスリング群および通常群の2群間で比較、検討を行った。正規性の検定としてShapiro-Wilk検定を実施し、正規性の有無に応じて、対応のあるt検定およびWilcoxon符号付順位和検定を実施した。統計処理には、改変Rコマンドー4.4.1を用いた。また効果量の算出および判定は水本らの報告と効果量算出シートを参考に実施した(効果量大: $r > 0.50$, 効果量中: $r > 0.30$, 効果量小: $r > 0.10$)^{15,16)}。いずれも有意水準は5%とした。

結果

本研究における測定誤差の参考として、代表的な被験者の通常群およびスリング群それぞれの開始肢位および最下点における2回分の筋活動(%

表1 開始肢位および最下点における代表被験者の各筋活動 (%MVC)
両群での2回の筋電図測定値 (%MVC) を示す. 測定値は代表的な被験者のデータを用いた.

	(%)							
	棘下筋		三角筋		前鋸筋		僧帽筋	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
通常群	14.62	13.78	17.32	12.10	19.90	17.05	3.18	3.29
スリング群	6.68	7.04	6.32	7.09	2.88	3.69	29.65	29.27

a. 開始肢位

	(%)							
	棘下筋		三角筋		前鋸筋		僧帽筋	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
通常群	13.62	12.98	40.26	33.14	26.73	32.76	5.56	5.37
スリング群	11.17	12.43	57.88	64.97	20.87	32.43	6.03	6.41

b. 最下点

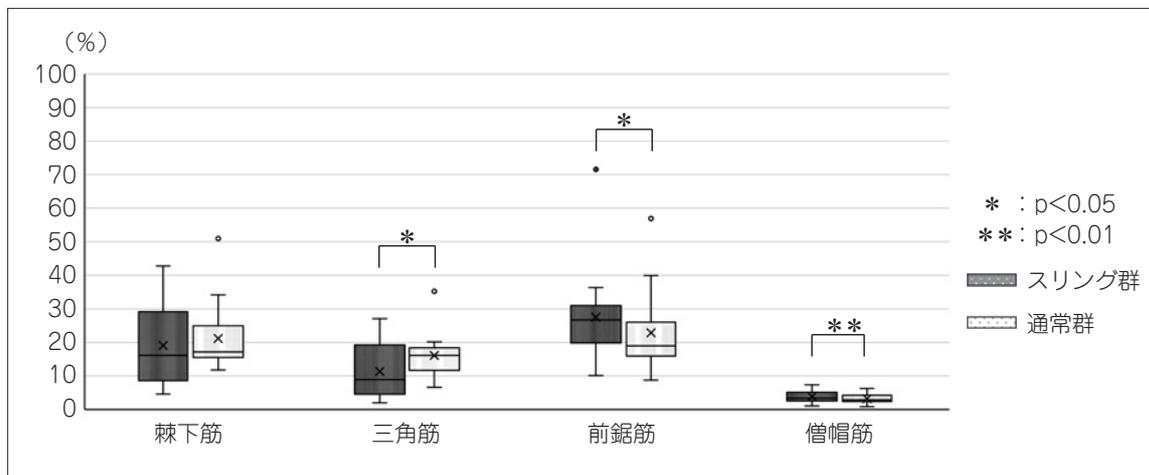


図5 開始肢位における各筋の%MVC

棘下筋は、スリング使用による有意な差はなかった ($p=0.50$, $r=0.19$).

三角筋前部は、スリング群で有意に低下した ($p<0.05$, $r=0.61$).

前鋸筋・僧帽筋上部は、スリング群で有意に増加した (前鋸筋: $p<0.05$, $r=0.55$ 僧帽筋: $p<0.01$, $r=0.69$).

MVC) を表1に示す.

開始肢位における各筋の%MVCを図5に示す. 棘下筋の%MVCはスリング群 $19.1 \pm 11.6\%$ 、通常群 $21.2 \pm 10.3\%$ であり、スリング使用による有意な差はなかった ($p=0.50$, $r=0.19$). 三角筋の%MVCはスリング群 $11.4 \pm 8.2\%$ 、通常群 $16.1 \pm 6.8\%$ であり、スリング使用によって筋活動は有意に低下した ($p<0.05$, $r=0.61$). 前鋸筋の%MVCはスリング群 $27.5 \pm 15.0\%$ 、通常群 $22.9 \pm 12.6\%$ であり、スリング使用によって筋活動は有意に増加した ($p<0.05$, $r=0.55$). 僧帽筋上部の%MVCはスリング群 $3.8 \pm 1.8\%$ 、通常群 $3.2 \pm 1.4\%$ であり、スリング使用によって筋活動は有意に増加した (p

<0.01 , $r=0.69$).

最下点における各筋の%MVCを図6に示す. 棘下筋の%MVCはスリング群 $27.5 \pm 17.6\%$ 、通常群 $27.7 \pm 14.7\%$ であり、スリング使用による有意な差はなかった ($p=0.95$, $r=0.02$). 三角筋の%MVCはスリング群 $48.2 \pm 19.9\%$ 、通常群 $36.6 \pm 21.7\%$ であり、スリング使用によって筋活動は有意に増加した ($p<0.05$, $r=0.64$). 前鋸筋の%MVCはスリング群 $20.0 \pm 8.8\%$ 、通常群 $20.3 \pm 8.9\%$ であり、スリング使用による有意な差はなかった ($p=0.84$, $r=0.06$). 僧帽筋上部の%MVCは最下点において、スリング群 $30.6 \pm 24.7\%$ 、通常群 $15.3 \pm 15.9\%$ であり、スリング使用によって筋活動は有

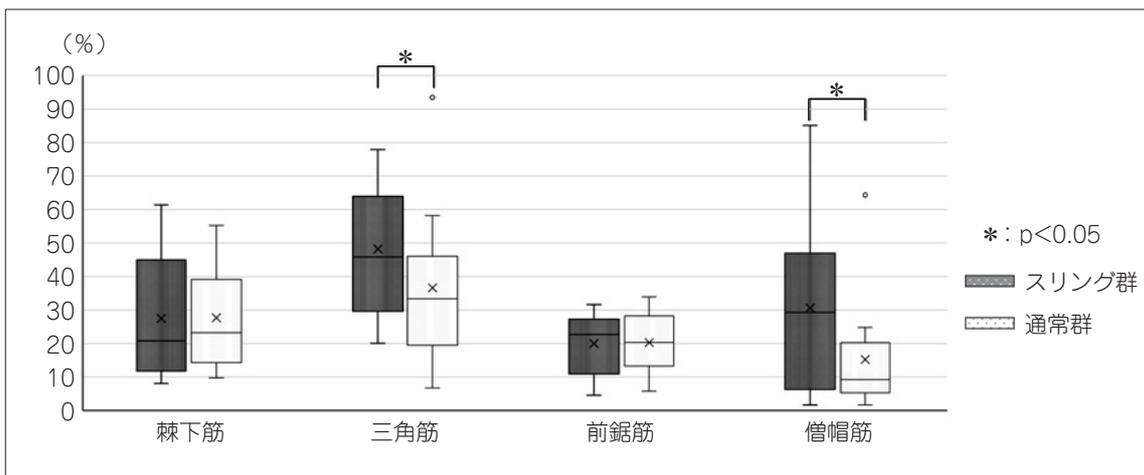


図6 最下点における各筋の%MVC

棘下筋および前鋸筋に、スリング使用による有意な差はなかった（棘下筋： $p=0.95$, $r=0.02$ 前鋸筋： $p=0.84$, $r=0.06$ ）。

三角筋前部および僧帽筋上部は、スリング群で有意に増加した（三角筋： $p<0.05$, $r=0.64$ 僧帽筋： $p<0.05$, $r=0.58$ ）。

意に増加した ($p<0.05$, $r=0.58$)。

考 察

本研究の結果、開始肢位では前鋸筋および僧帽筋上部、最下点では三角筋前部線維および僧帽筋上部線維の筋活動がスリング群で有意に増加した。一方で、腱板筋群の一つである棘下筋の活動は、いずれの肢位においてもスリング使用の有無による有意な筋活動の差はなく、仮説とは異なる結果となった。このことから、先行研究で示されたような不安定環境下でのCKCエクササイズによる固有受容感覚の改善や運動パフォーマンスの向上をはじめとする利点は、腱板筋群の直接的な筋活動の増大によるものではないことが示唆された。

本研究における通常群の棘下筋の筋活動は、開始肢位で約21%MVC、最下点で約28%MVCであり、比較的安定した筋活動が認められた。一般に、棘下筋は肩関節外旋筋としての機能に加えて、動的支持機構として肩甲上腕関節の安定性に寄与するとされる。特に大胸筋や上腕三頭筋、三角筋といったアウトマッスルの収縮や外力によって生じる剪断力に対して、腱板筋群が共同して活動することで肩甲上腕関節の求心位を保持している。その中でも、棘下筋は肩関節90度屈曲位において、後方支持機構として、後方への剪断力の増大に比例してその活動が増大することが報告されている¹⁷⁾。本研究で示したプッシュアップ動作で

の開始肢位においても、肩甲上腕関節は水平屈曲位での体重支持を要しており、結果として後方への剪断力が加わると考えられ、それにより棘下筋は一定程度の活動が要求された可能性がある。また、最下点では肩関節は外転90度、内外旋中間位および軽度水平伸展位で保持される必要がある。この肢位では、関節窩は開始肢位と比較してより外側を向くことから、荷重方向に対する骨性支持は低下すると考えられる。そのため、棘下筋は運動方向からみて主動筋ではないものの、肩甲上腕関節を求心位に保持するために活動する必要がある。以上のように、プッシュアップ動作は、通常環境においてもアウトマッスルのみでなくインマッスルである棘下筋も肩甲上腕関節の安定性を担うために一定程度の活動を要求するエクササイズであるといえる。

一方、スリングによる不安定性に対し、動的安定化機構である棘下筋の活動が増加するとの仮説を立てたものの、本研究では、開始肢位、最下点ともに有意な増加はなかった。その理由として、開始肢位では、以下の二点が考えられる。一点目は、本研究がCKC環境下であることが挙げられる。開始肢位における肩関節90度屈曲位では、関節窩が身体の前方を向いている。そのため、CKCエクササイズにおいては、関節面に荷重による圧迫力が加わる。この肩甲上腕関節に対する圧迫力は、上腕骨頭の動揺を抑制することが報告¹⁸⁾されており、関節不安定性を有する患者に対するリハ

ビリテーションにおいては、この圧迫力を最大限利用することが推奨されている¹⁹⁾。本研究におけるスリングによる不安定性に対しても、この圧迫力によって肩甲骨腕関節の安定性が一定程度担保されたことで腱板筋群への要求が高まらず、結果としてスリング使用の有無による差が生じづらかったと考えられる。二点目として、開始肢位において肩甲骨周囲筋の活動を高めることにより、スリングによる不安定性に対応した対象が存在した可能性が挙げられる。本研究の結果、スリング群の開始肢位では前鋸筋の活動が増大していた。過去の報告において、本研究の開始肢位と類似した肢位であるプッシュアッププラスエクササイズ⁹⁾の肢位においても、スリングの使用により前鋸筋の活動が増加することが報告⁹⁾されており、本研究においても同様の結果となった。本研究のスリング群では、この前鋸筋の活動により肩甲骨の肢位が通常群と比較して、外転位を呈していた可能性が考えられる。肩甲骨外転位では、関節窩が身体前方を向くことで上腕骨頭に対して受け皿の一部となり、後方から上腕骨頭を支持する役割を果たす可能性が報告されている²⁰⁾。このことは、一点目に挙げた関節窩の向きの影響を高めることにつながり、これらの点が相まって不安定環境下においても棘下筋への要求が高まらなかったと考えられる。本研究ではプッシュアップの動作解析を行っていないため推測の域を出ないものの、対象によっては後方支持機構としての棘下筋の活動ではなく、肩甲骨外転運動によりスリングによる不安定性に対応した可能性がある。また、最下点で棘下筋の活動に差異がなかった理由として、スリング群の最下点では三角筋前部線維の活動が増加していたことから、三角筋前部線維を主体に手部を下方に押し込むよう力を発揮することでスリングを安定させていたことが考えられる。この肩関節水平屈曲方向への筋発揮では、棘下筋は主動作筋ではなく拮抗筋となる。求心位保持のため他の腱板筋群と共同して活動してはいるものの、その活動自体は限定的となり、結果としてスリングの有無による差が見られなかった可能性がある。以上のことから、プッシュアップ動作の開始肢位、最下点ともスリング使用の有無による棘下筋の活動に有意な差がなかったと考えられる。不安定環境下における上肢CKCエクササイズにおいては、棘下筋の影響は限定的であることが示唆され

た。

次に、スリング群における肩甲骨周囲筋の筋活動について検討する。僧帽筋上部線維は、開始肢位、最下点のいずれにおいても筋活動が増加していた。僧帽筋上部線維については、スリングあるいはその他のツールを用いた不安定環境下におけるプッシュアップ動作に関する先行研究においても、その筋活動の増加が多数報告されている¹²⁾。本研究でも、スリングという不安定環境において肩甲骨の安定化のために、僧帽筋上部線維の筋活動が増加したと考えられる。一方、前鋸筋は開始肢位でのみ筋活動が増大していた。前鋸筋に関するプッシュアップ動作の先行研究では、開始肢位や先行研究で見られるプッシュアッププラスのような肢位では、不安定環境下において前鋸筋の筋活動増加が報告されているものの、最下点ではその筋活動が増加したという報告と低下したという報告が混在しており統一した見解は得られていない¹²⁾。今回、課題動作として対象に「可能な限り体幹を下方に下げよう」と指示した。これにより、最下点において肩甲骨外転方向への前鋸筋の収縮が生じづらかった可能性がある。このように、スリング下でのプッシュアップ動作は、僧帽筋上部線維の活動を安定して高める一方、前鋸筋の活動には姿勢や動作指示が影響を及ぼすと考えられた。

本研究の限界として、スリング群と通常群の動作の違いを解析できていないことが挙げられる。対象には可能な限りスリング環境および通常環境それぞれで同一の肢位でプッシュアップ動作を行うように指示し、その上で明らかな代償動作が生じた場合には再度測定を実施した。しかし、スリング環境下では不安定環境に対応するための微細な代償動作が生じていた可能性がある。特に肩甲骨腕関節の回旋角度や肩甲骨の内外転および挙上量は、今回測定した棘下筋や前鋸筋、僧帽筋上部線維の活動に影響を与える可能性が高い。今後は、対象による動作の差異と筋活動の関係を明らかにすることで、実際の臨床場面でのエクササイズとしての効果を高めることにつながられる。また、対象が男性のみであることも限界の一つである。女性は一般に筋量が少なく関節弛緩性が高い傾向にあり、不安定環境に対する反応や筋活動パターンが異なる可能性があり、今後は性差を考慮した検討が求められる。

結 語

1. スリング使用の有無でのプッシュアップ動作における肩関節周囲筋の筋活動を比較した。
2. スリングによる不安定性に対し、棘下筋はいずれの肢位においても筋活動は変化しなかった。
3. スリングの使用によって、開始肢位では前鋸筋および僧帽筋上部線維の筋活動が、最下点では三角筋前部線維および僧帽筋上部線維の筋活動が増加していた。
4. 不安定環境下における上肢CKCエクササイズの効果は、棘下筋機能の向上よりも、肩甲骨周囲筋の機能の改善が影響することが示唆された。

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

小山 太郎 (Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Writing original draft)

工樂義孝 (Investigation, Resources)

岡棟亮二 (Investigation, Resources)

播木 孝 (Investigation, Resources)

松下 廉 (Supervision, Writing review & editing)

文 献

- 1) Kibler WB, Ludewig PM, McClure PW, et al. Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the 'Scapular Summit'. *British journal of sports medicine*. 2013; 47: 877-885.
- 2) Fox JA, Luther L, Epner E, et al. Shoulder proprioception: A review. *Journal of Clinical Medicine*. 2024; 13: 2077 doi: 10.3390/jcm13072077.
- 3) Kibler WB. Closed kinetic chain rehabilitation for sports injuries. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*. 2000; 11: 369-384.
- 4) Ager AL, Borms M, Bernaert M, et al. Can a conservative rehabilitation strategy improve shoulder proprioception? A systematic review. *Journal of sport rehabilitation*. 2020; 30: 136-151.
- 5) 窪田智史. バランス・協調性トレーニングに有用な器具. *臨床スポーツ医学*. 2024; 41: 1050-1055.
- 6) Naughton J, Adams R, Maher C. Upper-body wobbleboard training effects on the post-dislocation

- shoulder. *Physical Therapy in Sport*. 2005; 6: 31-37.
- 7) Prokopy MP, Ingersoll CD, Nordenschild E, et al. Closed-kinetic chain upper-body training improves throwing performance of NCAA Division I softball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008; 22: 1790-1798.
- 8) Beach TA, Howarth SJ, Callaghan JP. Muscular contribution to low-back loading and stiffness during standard and suspended push-ups. *Human Movement Science*. 2008; 27: 457-472.
- 9) Jeong SY, Chung SH, Shim JH. Comparison of upper trapezius, anterior deltoid, and serratus anterior muscle activity during push-up plus exercise on slings and a stable surface. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014; 26: 937-939.
- 10) Uhl TL, Carver TJ, Mattacola CG, et al. Shoulder musculature activation during upper extremity weight-bearing exercise. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2003; 33: 109-117.
- 11) Dhahbi W, Chaabene H, Chaouachi A, et al. Kinetic analysis of push-up exercises: a systematic review with practical recommendations. *Sports Biomechanics*. 2022; 21: 1-40.
- 12) Mendez-Rebolledo G, Orozco-Chaves I, Morales-Verdugo J, et al. Electromyographic analysis of the serratus anterior and upper trapezius in closed kinetic chain exercises performed on different unstable support surfaces: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*. 2022; 10: e13589.
- 13) 下野俊哉. 表面筋電図マニュアル 基礎編 EM-TS1. 東京：酒井医療株式会社；81-97, 2005.
- 14) Helen J. Hislop, Dale Avers, Marhbeth Brown. 第5章 上肢の筋力テスト. In：津山直一, 中村耕三 (訳). 新・徒手筋力検査法. 原著第9版. 東京：エルゼビア・ジャパン株式会社；81-139, 2014.
- 15) 水本 篤, 竹内 理. 研究論文における効果量の報告のために—基礎的概念と注意点—. *英語教育研究*. 2008; 31: 57-66.
- 16) 竹内 理, 水本 篤. 外国語教育研究ハンドブック. 「効果量の計算」. 2023. 入手先：<http://www.mizumot.com/stats/effectsize.xls> [参照日 2024年2月11日].
- 17) 村上元庸, 福田真輔, 小島保二. 肩関節における動的支持機構についての考察 後方ストレスに対する棘下筋の作用と関節包の神経染色より. 肩関節.

- 1990; 14: 187-191.
- 18) Warner JJP, Bowen MK, Deng X, et al. Effect of joint compression on inferior stability of the glenohumeral joint. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 1999; 8: 31-36.
- 19) Ellenbecker TS, Davies GJ. 第6章 上肢のリハビリテーションとコンディショニングのためのCKCエクササイズ. In: 山本利春, 中村千秋(監訳). *CKCエクササイズ 傷害予防とリコンディショニングのための多関節運動の理論と応用*. 第1版. 東京: 有限会社NAP; 59-72, 2003.
- 20) 田中 誠, 石田明允, 中川照彦, 他. 習慣性肩関節後方脱臼における肩甲骨と肩甲上腕関節の動きについて. *肩関節*. 1995; 19: 260-264.
-
- (受付: 2025年2月21日, 受理: 2025年11月4日)

Muscle Activity of the Shoulder Joint Muscles, Including the Infrapinatus, in Response to an Unstable Environment During the Push-Up Movement

Koyama, T.* , Kuraku, Y.* , Okamune, R.*
Hariki, T.* , Matsushita, Y*

* Matsushita Orthopedics

Key words: Sling, CKC exercise, Surface electromyogram

[Abstract] Although some studies have reported increased scapular muscle activity during push-ups in an unstable environment, few have focused on the rotator cuff (infrapinatus muscle). We investigated shoulder muscle activity in 14 healthy males during push-ups with and without a sling. The activity of the infrapinatus, anterior deltoid, serratus anterior, and upper trapezius muscles was measured using surface electromyography. Both the initial and lowest position of the push-up were held for 3 seconds. The percentage maximal voluntary contraction (%MVC) was calculated for a 1-second period over which the waveform was stable. Differences in muscle activity between the two conditions at each position were analyzed using paired t-tests and Wilcoxon signed-rank tests. No significant difference was observed in %MVC between conditions for the infrapinatus muscle. However, with the sling, %MVC decreased at the initial position ($p < 0.05$) and increased at the lowest position ($p < 0.05$) for the anterior deltoid muscle; increased at the initial position ($p < 0.05$) for the serratus anterior muscle, and increased at both positions ($p < 0.01$, $p < 0.01$) for the upper trapezius muscle. These findings suggest that upper-extremity closed kinetic chain exercises performed in an unstable environment enhance the function of scapular rather than rotator cuff (infrapinatus) muscles.