

## 手掌接地時における上腕筋の活動特性

豊栄 峻<sup>1</sup> 大山 峰生<sup>2</sup> 小田桐正博<sup>2,3</sup>  
松澤 翔太<sup>2,3</sup> 中村 雄一<sup>3</sup> 小倉 雅<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 恒心会おぐら病院リハビリテーション部

<sup>2</sup> 新潟医療福祉大学大学院

<sup>3</sup> 新潟手の外科研究所病院リハビリテーション科

<sup>4</sup> 恒心会おぐら病院整形外科

### The Brachialis Muscle Activity at Grounding with Hand

Takashi Hoei<sup>1</sup> Mineo Oyama<sup>2</sup> Masahiro Odagiri<sup>2,3</sup>

Shota Matuzawa<sup>2,3</sup> Yuichi Nakamura<sup>3</sup> Tadashi Ogura<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kohshinkai Ogura Hospital <sup>2</sup>Niigata University of Health and Welfare

<sup>3</sup>Niigata Hand Surgery Foundation <sup>4</sup>Kohshinkai Ogura Hospital

本研究は、前方へ体幹を傾斜させ倒れたときに手掌を接地し、上半身を支持する転倒模倣動作課題における上腕筋の浅頭、深頭の活動特性を筋電図学的に検討した。筋電図の導出には双極貼合ワイヤー電極を使用した。その結果、深頭の筋活動は手掌接地前 - 100ms から活動が大きくなり、接地前 - 50ms から接地後 150ms の間で浅頭に比べて有意に大きかった ( $P < 0.05$ )。設定した課題動作は肘関節の後方脱臼を誘発する力を発生させる動作であり、その際に深頭の筋活動が増加したことから判断すると、深頭は肘関節の屈曲運動以外に、肘関節前方の支持性を高める機能を有しているのではないかと考えた。加えて、深頭の手掌接地に先行した筋活動は、接地時における筋収縮張力を効果的に発生させる現象とも考えられ、深頭は動的支持機構の一組織として合理的にその役割を担っていると考えた。

#### 【緒言】

上腕筋は解剖学的に浅頭と深頭の二層構造を成すことが明らかになっており、それぞれ異なる機能特性を有すると考えられている<sup>1,4)</sup>。しかし、生体における上腕筋の機能については、これまで肘関節屈曲運動以外に言及されてこなかった。一方で、著者らはこれまでに筋電図学的研究を行い、深頭においては肘関節の屈曲運動以外に伸展運動を伴う push off 動作でも活動が高まることを示し、深頭は肘関節の動的支持機能としての役割を有する可能性が高いと考察した<sup>5)</sup>。しかし、実生活で遭遇する転倒やバランスを崩した際に手掌を接地して上半身を支持する時など、瞬間的に肘関節の安定性が要求される動作において深頭が関与するかは明らかではなかった。

そこで本研究では、体幹を前方へ傾斜させる転倒の模倣動作時に、手掌を接地させることで上半身を支持した際の浅頭と深頭の各頭の活動特性を筋電図学的に検討することを目的とした。

#### 【対象と方法】

##### (1) 対象

対象は、神経筋疾患および整形外科的疾患の既往のない健康成人6名とした。内訳は、男6名、平均年齢  $29 \pm 0.6$  歳であった。被験者は、全員右利きであった。なお、本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認を得たのち、被験者には予め実験の目的と方法を説明し、書面にて同意を得た。

##### (2) 課題動作

課題動作は、前方へ体幹を傾斜させ倒れたときに手掌を接地し、上半身を支持する転倒の模倣動作とした(図1)。手掌を接地する測定台は、被験者の上前腸骨棘から下方30cmおよび前方60cmに設置した。運動開始肢位は両足部を肩幅と同程度に広げた静止立位とし、上肢は体側に安楽に下垂させた。次いで、被験者は検査者の合図により、前方に体幹を傾斜させることで転倒を誘発し、肘関節伸展位、前腕回内位で手掌を測定台へ接地させ、同肢位で上半身を支持した。手掌を接地する際の上肢運動は、接地する瞬間に生じる反射的な防御動作とし、意識的に肘関節伸展を行わないように指示した。実験開始前には動作の説明と3回の事前練習を実施した。また、課題動作時の筋活動量の相対的割合を示すために肘関

**Key words** : brachialis muscle (上腕筋), electromyography (筋電図), dynamic stabilizing function (動的支持機能)

**Address for reprints** : Takashi Hoei, Kohshinkai Ogura Hospital, 27-22 Kasanohara-cho, Kanoya, Kagoshima 893-0023 Japan

節の最大随意収縮による等尺性屈曲運動 (MVC) 課題を追加した。MVC は 3 秒間の持続的収縮とし、肘関節屈曲 90 度、前腕回内位で測定した。両課題運動共に測定回数は 3 回とした。

(3) 筋電図の導出

被験筋は、右側 (利き手側) の浅頭と深頭とした。筋電図の導出には、硬質ウレタンで被覆された直径 0.05 mm のタングステン線 (TN204-123, ユニークメディカル, 日本) で作成した双極貼合ワイヤー電極 (非絶縁部: 2mm, 電極間距離: 5 mm) を使用した。電極の刺入は、長さ 60mm のカテラン針 (25 G) をガイドとして用い、浅頭は上腕骨遠位 1/3 の前外側より、深頭は上腕骨外側上顆から近位約 3cm の上腕骨外側より超音波診断装置 (Viamo, 東芝メディカルシステムズ, 日本) の超音波画像で確認しながら刺入した (図 2)。電極の留置後は肘関節屈曲運動で筋電図が導出され、かつ前腕の回外運動で筋電図が導出されないことを確認した。

双極貼合ワイヤー電極から導出した筋電図信号は、筋電図アンプ (DL-140, フォーアシスト, 日本) を用いて 100 倍に増幅し、アナログ出力ボックス (DL-270, フォーアシスト, 日本) を経由して、サンプリング周波数 2000 Hz で A/D 変換してパーソナルコンピュータに取り込んだ。これらのデータの取り込みには、データ収録・解析システム (power Lab 8/30, AD Instruments, Australia) を用いた。記録された筋電図信号は、20-1000 Hz の band pass filter で処理した。また、手掌接地時点を明確にするため、手掌部にセンサーを取り付け、接地時にトリガー信号が出力されるように設定した。このトリガー信号は筋電図信号と同期させて、同データ収録・解析システムに取り込んだ。

(4) データ解析

転倒模倣動作課題の筋活動は、接地時のトリガー信号を基準に接地前 200 ms から接地後 200 ms の計 400 ms を解析対象とした。これらを 50 ms 間隔の 8 区間に分け、浅頭および深頭の各筋電図を全波整流

し、それぞれ区間ごとの筋電図積分値 (IEMG) を算出した。MVC 課題においては、浅頭および深頭共に最大屈曲トルク到達点前 50 ms の IEMG を算出した。IEMG 算出後は、転倒模倣動作課題、MVC 課題共に施行回数 3 回の平均 IEMG 値を求め、MVC 課題の平均 IEMG 値を基準に転倒模倣動作課題の各区間の平均 IEMG 値を正規化し、normalized IEMG (NIEMG) を求めた。次いで、被験者間の NIEMG の平均値および標準偏差を区間ごとに算出した。

(5) 統計処理

手掌接地前後の 8 区間ごとに、浅頭と深頭の NIEMG の平均値を t 検定で比較した。有意水準は、ともに 5% 未満とした。なお、これらの統計処理には SPSS 解析ソフト (IBM SPSS statistics Ver.18, SPSS Japan Inc, an IBM company, 日本) を使用した。

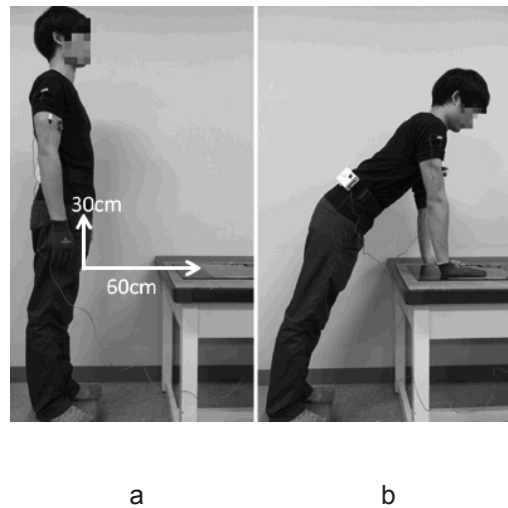


図 1 転倒模倣動作課題  
a. 開始肢位  
b. 手掌接地肢位

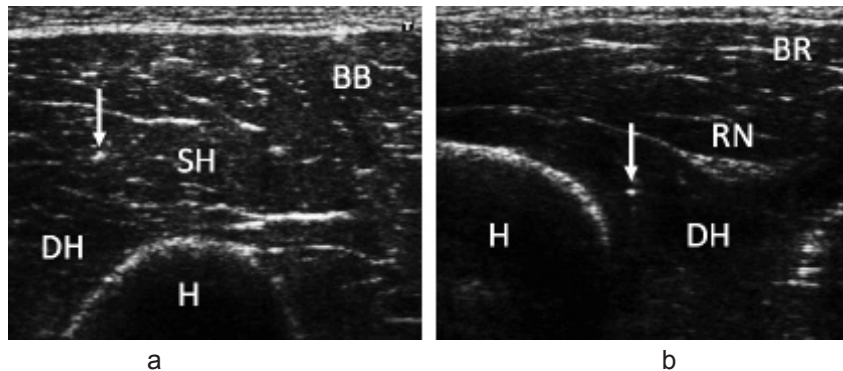


図 2 超音波画像による電極刺入部位の確認  
a. 浅頭 b. 深頭  
SH; 浅頭, DH; 深頭, BB; 上腕二頭筋, BR; 腕橈骨筋, RN; 橈骨神経, H; 上腕骨,  
→; 電極刺入用カテラン針 (25G)

【結 果】

図3には、転倒模倣動作課題における代表被験者の筋電図生波形を浅頭と深頭ごとに示した。図4には、NIEMGの平均値±標準偏差を示した。浅頭と深頭のNIEMGを比較すると、浅頭、深頭の最大値はそれぞれ9.1%、28.7%であり、深頭は手掌接地前-100msから活動が大きくなり、-50msから150msの間で深頭は浅頭に比べて有意に大きかった ( $P < 0.05$ )。

【考 察】

上腕筋の主機能は肘関節屈曲運動とされているが、肘関節の動的安定性にも貢献する可能性が示されている<sup>6,9)</sup>。しかし、これらの報告は屍体の上腕筋に一定の屈曲張力を維持させて肘関節の安定性を調べたものであり、生体における筋活動や筋収縮力は考慮されていない。したがって、上腕筋の肘関節の動的安定性への関与については不明なままである。一方、著者らは肘関節の伸展運動を伴う push off 動作において上腕筋の筋活動特性を調査した結果、深頭は浅頭とは異なり、最大筋活動の約25%の活動があったことを示した。加えて、push off 動作は転倒の際にみられる outstretched hand で手掌を接地させた時に生じる肘関節負荷と類似し<sup>10)</sup>、またその outstretched hand は肘関節の安定性が要求される動作とされていることから、push off 動作の深頭の活動は肘関節の安定性に関与するのではないかと考察した<sup>5)</sup>。そこで、本研究では outstretched hand で手掌を接地する転倒模倣動作で実際の上腕筋の活動が生じるか否かについて浅頭と深頭を区別して確認した。その結果、深頭の筋活動は手掌接地前 -50ms より最大筋活動の約18%まで高まり、接地後50msには約28%まで達した。また、それは浅頭の約3倍の値であった。outstretched hand で手掌を接地する転倒模倣動作は、肘関節に強い軸圧と伸展および外反力が生じ、肘関節の後方脱臼を誘発する力を発生させる動作であり、その際に深頭の筋活動が増加したことから判断すると、深頭においては肘関節の屈曲運動以外に、肘関節の安定性を高めることにも貢献しているのではないかと考えられた。後方脱臼を誘発する力に対抗する制動機能を有する組織には、前方関節包、鉤状突起、上腕筋が挙げられる<sup>11)</sup>。上腕筋の深頭においては、結合組織を介して前方関節包に付着を持ちながら鉤状突起に停止しており<sup>3)</sup>、この肘関節の前面組織の解剖学的特徴を踏まえると、深頭は浅頭とは異なり前方関節包や鉤状突起と密接に連結しながら肘関節の前方安定性に関与しているものと推測した。一方で浅頭には、関節包との連結はみられず、その停止は深頭の停止部位よりも遠位の鉤状突起から始まり尺骨粗面に付着していることから、浅頭は深頭に比べ肘関節の屈曲に有利な筋と考えた<sup>3)</sup>。

深頭の手掌接地に先行した筋活動については、筋の興奮が起こってから筋収縮張力が発揮されるまでの遅延時間に対応し、接地時には筋収縮張力を効果的に発生させやすくしている現象とも考えられ、深頭は動的支持機構の一組織として合理的にその役割を担っていると考えた。この先行的な筋活動は、単なる脊髄レベルの反射活動ではなく、予測される外乱から肢位を保持するために、視覚や筋感覚の入力の影響によって、より上位の中枢神経系で制御されているものと推測され<sup>12)</sup>、深頭と中枢神経系との関係をより詳細に検討することが今後の課題として挙げられた。

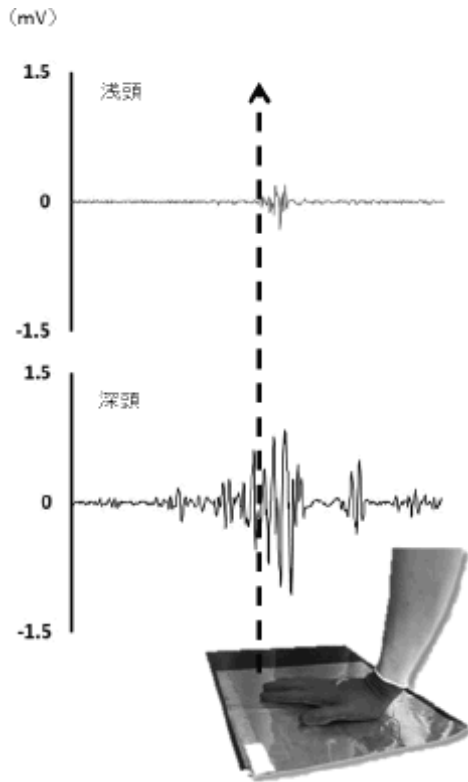


図3 転倒模倣動作課題における浅頭・深頭の代表被験者の筋電図生波形

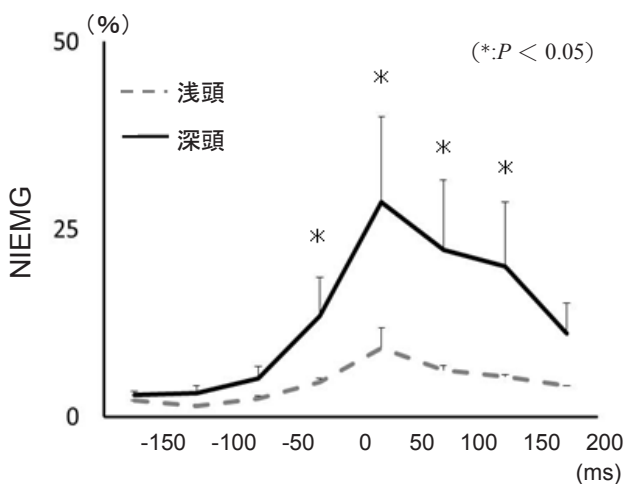


図4 転倒模倣動作課題における浅頭・深頭の normalized IEMG (NIEMG) NIEMG ; 正規化筋電図積分値

## 【結 語】

本研究では、転倒模倣動作課題を実施し、手掌接地前後の上腕筋の浅頭、深頭の筋活動特性を解析した。その結果、深頭は浅頭に比べ、手掌接地前からより早く活動が始まり、手掌接地前から接地後にかけて、より大きく活動していた。その深頭の活動の大きさは、肘関節の制動機能を検討した push off 動作と同等のレベルであることや、手掌接地前の活動が接地時の筋収縮張力を効果的に発生させるためのものである可能性を踏まえると、深頭は肘関節の安定性を維持する動的支持機構としての役割を有する筋であると推測された。

## 【文 献】

- 1) Leonello DT, Galley IJ, Bain GI, et al : Brachialis muscle anatomy. A study in cadavers. J Bone Joint Surg Am. 2007 ; 89 : 1293-7.
- 2) Tubbs RS, Yablick MW, Loukas M, et al : Capsular attachment of the brachialis muscle(Portal's muscle) : an anatomical and functional study. Surg Radiol Anat. 2008 ; 30 : 229-32.
- 3) Sanal HT, Chen L, Negrano P, et al : Distal attachment of the brachialis muscle : anatomic and MRI study in cadavers. AJR AM J Roentgenol. 2009 ; 192 : 468-72.
- 4) Ma JF, Chang SM : Brachialis insertion measurement : an anatomic cadaver study for plate fixation of the coronoid process fracture. Clin Anat. 2011 ; 24 : 179-82.
- 5) 豊栄 峻, 大山峰生, 小田桐正博ほか : 上腕筋の機能特性－筋電図学的検討－. 日肘会誌. 2014 ; 21 : 339-42.
- 6) Morrey BF, Tanaka S, An KN : Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. Clin Orthop Relat Res. 1991 ; 265 : 187-95.
- 7) Armstrong AD, Dunning CE, Faber KJ, et al : Rehabilitation of the medial collateral ligament-deficient elbow : an in vitro biomechanical study. J Hand Surg Am. 2000 ; 25 : 1051-7.
- 8) Park M, Ahmad CS : Dynamic contributions of the flexor-pronator mass to elbow valgus stability. J Bone Joint Surg Am. 2004 ; 86 : 2268-74.
- 9) Seiber K, Gupta R, McGarry MH, et al : The role of the elbow musculature, forearm rotation, and elbow flexion in elbow stability : an in vitro study. J Shoulder Elbow Surg. 2009 ; 18 : 260-8.
- 10) Donkers MJ, An KN, Chao EY, et al : Hand position affects elbow joint load during push-up exercise. J Biomech. 1993 ; 26 : 625-32.
- 11) Cage DJ, Abrams RA, Callahan JJ, et al : Soft tissue attachments of the ulnar coronoid process. Clin Orthop Relat Res. 1995 ; 320 : 154-8.
- 12) Ng TH, Sowman PF, Brock J, et al : Premovement brain activity a bimanual load-lifting task. Exp Brain Res. 2011 ; 208 : 189-201.