

# アームカール動作における上腕筋活動の 左右差に関する分析

升 佑二郎<sup>1)</sup>

## Lateral Differences in Brachial Muscle Activity during Bicep Curls

MASU Yujiro

### 抄 録

(Object) 本研究では、アームカール動作を行わせた際の上腕筋活動の左右差について検討した。

(Methods) 本研究の被検者は健常男性 8 名とした。各被験者は、15kg の重さのバーベルを用いて、アームカールを15回行ない、その際の上腕二頭筋および上腕三頭筋の筋活動を測定した。

(Results) 利き腕および非利き腕ともに、上腕二頭筋の RMS、RRE はスタートに対してラストの方が有意に大きな値を示し、平均周波数は有意に低い値を示した。しかしながら、これらの項目に有意な左右差は認められなかった。一方、上腕二頭筋と上腕三頭筋の同時性収縮の変化率に有意差が認められ、利き腕よりも非利き腕の方が大きな値を示した。

(Conclusion) これらのことから、筋力が劣る非利き腕は、利き腕よりも同時性収縮を高めることで、関節に及ぼす負荷を減少させ、疲労に伴うパフォーマンスの低下を抑制し、利き腕の屈曲速度に遅れることなく動作を遂行することができたと考えられた。

キーワード：両側性功能低下

上腕二頭筋

上腕三頭筋

筋活動

左右差

1) 健康科学大学 健康科学部 理学療法学科

## I はじめに

最大筋力を左右同時に発揮した際の値は、左右一側ずつ最大筋力を発揮した際の合計値の値よりも小さくなり<sup>1)</sup>、この現象を両側性機能低下 (Bilateral Deficit : BLD) という<sup>2)</sup>。両側による筋力発揮時には左右大脳半球の運動関連電位が低下することが示唆されており<sup>3)</sup>、片側の力発揮を抑制させる半球間抑制機構の関与が要因として考えられている<sup>4)</sup>。一方、軽強度の筋力発揮時の場合は左右大脳半球間の抑制効果が働かないもの<sup>5)</sup>、BLDは生じることから、半球間抑制の関与は低いという指摘も存在する。また、片側による力発揮の場合よりも両側では意識が分散されることから筋力が低下するという報告も存在する<sup>6)</sup>。これらの大脳半球間抑制や意識の分散は、中枢神経機構に関係しており、現段階ではBLD現象の証明は推察の域を出ることができていない。

一般的に、ヒトには巧緻性の左右差が生じており、日常の行動を左脳が優位に処理する脳機能の特徴から、左脳が支配する右手側が利き手となる場合が多いと考えられている<sup>7)</sup>。しかし、左右どちらの肢も利き側として器用に動かすことができれば生活やスポーツにおいて効率良く課題を遂行することができる。特にスポーツでは、非利き側も利き側と同程度に使用することが求められる場合がある。従って、左右差を改善し、巧緻性を向上させることはスポーツパフォーマンスの向上に関与する。垂直跳び動作時の左右差について検討した升ほか<sup>8)</sup>は、利き足側の方が非利き足側よりも大腿直筋当たり的大腿二頭筋の筋活動が高いことを示した。このことから両側性の筋力発揮が求められる垂直跳びにおいても、主動筋に対する拮抗筋の同時性収縮に左右差が生じていることが明らかになった。一方、握力<sup>9)</sup>や肘関節屈曲時<sup>10)</sup>においてもBLDが生じることが明らかになっているものの、上肢における両側性力発揮動作時の筋機能の左右差について検討された報告は見当たらない。両側性力発揮動作時の筋機能の左右差について検討することは、アームカールなどの両側性の筋力トレーニングによる筋機能に与える影響を理解する上で重要であると考えられる。

そこで、本研究では、アームカール動作時の上腕二頭筋および上腕三頭筋の筋活動について検討し、両側性の力発揮動作における上腕筋活動の左右差に関する知見を得ることを目的とした。

## II 対象と方法

### 1. 対象

本研究の被検者は健常男性8名とした(年齢:  $19.7 \pm 0.5$ 歳、身長:  $169.9 \pm 4.0$ cm、体重:  $62.7 \pm 7.5$ kg)。全被検者には、測定に関する目的及び安全性について説明し、任意による測定参加の同意を得た。なお、本研究は健康科学大学研究倫理評価委員会の承認を受けて実施した(承認番号: 第19号)。

## 2. 方法

被検者は、15kgのバーベルを用いてアームカールを15回行なった。筋活動の測定について、利き腕および非利き腕それぞれの上腕二頭筋、上腕三頭筋に Ag/AgCl 電極を添付し、アームカール時の筋活動を測定した。測定により得られた EMG 信号は増幅器 (Myo System 1200 ; NORAXON) を介して増幅したのち、A/D 変換器 (Powerlab ; 日本光電) を介し、サンプリング周波数 1 kHz にてコンピュータに取り込んだ。EMG 測定に際し、動作局面を確認するために、ウェブカメラ (30Hz) をコンピュータ上で同期した。また、バーベルを持ち上げるために肘関節を屈曲し始める時からバーベルを持ち上げ、最大屈曲位に至る時までを屈曲局面とし (図 1)、アームカール 1 回目 (スタート) と 15 回目 (ラスト) の屈曲局面を分析した。

得られた上腕二頭筋の EMG データをもとに、RMS (Root Mean Square : RMS)、平均周波数および RRE (Rate of Rise of absolute EMG amplitude : RRE) を算出した。平均周波数について、長嶺ほか<sup>11)</sup>の方法を参考に Morlet 関数を mother wavelet とする連続 wavelet 変換による周波数解析を行ない求めた。RRE について、Kamimura et al.<sup>12)</sup>を参考に、EMG 信号を絶対値に変換した後、区分周波数 4 Hz のガウシアンフィルターを用いて、EMG 信号を平滑化した。そして、平滑化した信号を微分し、最初のピーク振幅を RRE とした。また、EMG データを積分した後 (Integrated EMG : IEMG)、上腕二頭筋と上腕三頭筋の IEMG の比率を算出し (同時性収縮)、スタートとラストの変化率を求めた。データ解析には、Labchart (AD Instruments) 及び KyPlot5.0 (KyensLab Imc) を用いた。なお、全ての測定項目における値は平均値  $\pm$  標準偏差で示した。

スタートとラストおよび利き腕と非利き腕の比較には、Student、*T*-test を用いて検定した。有意水準は 5% 未満とした。

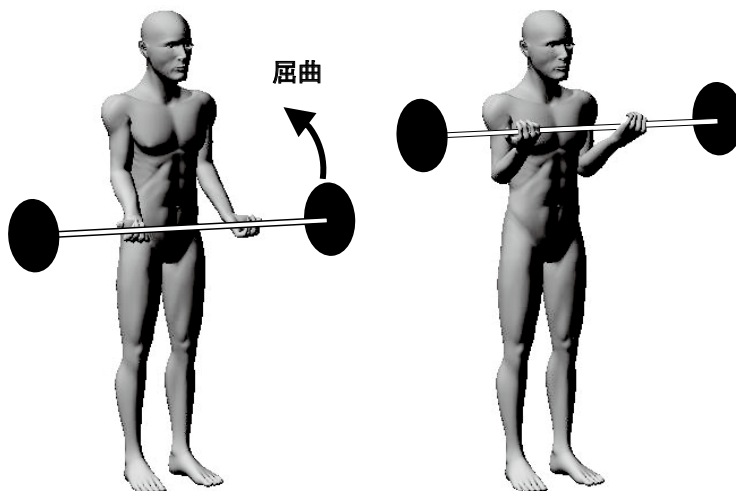


図 1 アームカール動作

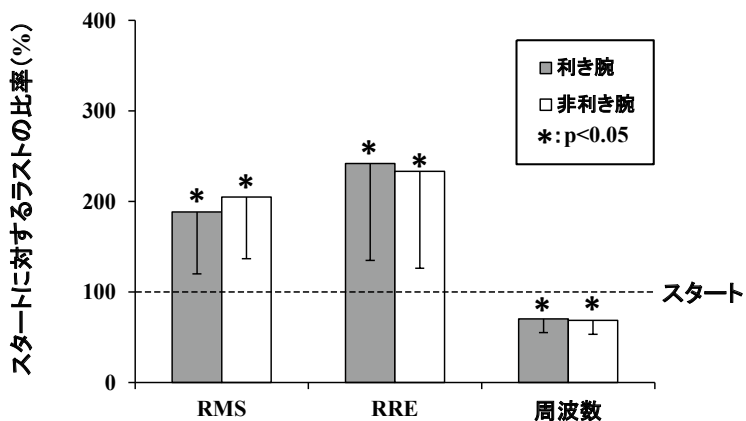
### Ⅲ 結 果

RMS、RRE および平均周波数における利き腕と非利き腕の比較を図2に示した。利き腕および非利き腕ともに、RMS、RRE はスタートに対してラストの方が有意に大きな値を示し ( $p<0.05$ )、平均周波数は有意に低い値を示した ( $p<0.05$ )。一方、各項目ともに利き腕と非利き腕の間に有意差は認められなかった。

同時性収縮における利き腕と非利き腕の比較を表1に示した。スタートおよびラストともに利き腕と非利き腕の間に有意差は認められなかったものの、変化率においては利き腕よりも非利き腕の方が有意に大きな値を示した ( $p<0.05$ )。

### Ⅳ 考 察

本研究では、15kgの重さのバーベルを用いて、アームカールを15回行わせた際の上腕二頭筋および上腕三頭筋の筋活動について検討した。そして、上腕二頭筋におけるRMS、RRE はスタートに対してラストの方が有意に大きな値を示した。このRMSは屈曲局面に動員された平均運動単位数を示し、RRE は筋活動の立ち上がりの運動単位



スタートを100%とした際のラストの比率を示す。

\* : スタートとラストの比較の有意差を示す。

図2 RMS、RRE、周波数における利き腕と非利き腕の比較

表1 同時性収縮における利き腕と非利き腕の比較

同時性収縮	利き腕	非利き腕	有意差
スタート (%)	100	100.4±32.6	
ラスト (%)	100	116.2±36.7	
変化率 (%)	100	117.2±16.9	*

\* :  $p<0.05$

利き腕を100%とした際の非利き腕の比率を示す。

変化率はスタートに対するラストの比率を示す。

の同期性を反映した指標である。従って、疲労に伴い動員された運動単位数が増加し、運動単位の同期性が高くなったことが示唆される。また、疲労時には速筋線維の活動が停止することにより平均周波数が低下するといわれており<sup>13)</sup>、本研究においても疲労に伴う平均周波数の有意な低下が認められた。一方、RRE、RMS および平均周波数ともに左右差は認められなかった。このことから、両側性力発揮によるアームカール動作において、疲労に伴う運動単位の動員数や協調性といった要因や速筋線維の活動状況などに左右差は生じず、利き腕および非利き腕ともに同程度の疲労による活動変化が生じていると考えられた。

両側性力発揮による筋力低下に関する報告は多くあり、半球間抑制<sup>4)</sup>もしくは意識の分散<sup>6)</sup>が関与すると考えられている。また、筋力のみならず、両側性の力発揮が行われる垂直跳び動作においては、主動筋に対する拮抗筋の同時性収縮に左右差が生じていることが示されている<sup>8)</sup>。柏手ほか<sup>14)</sup>は、打撃動作における関節スティッフネスと同時性収縮の関係について検討し、同時性収縮が関節のスティッフネスの増加に関与し、パフォーマンスに影響を与えることを報告している。即ち、主動筋と拮抗筋が同時に収縮することにより関節スティッフネスが増加し、その効果として関節運動の安定性が高まり、パフォーマンスの向上が得られる可能性がある<sup>15)16)</sup>。一方、筋が伸張されると $\alpha$ 運動ニューロンが興奮し、拮抗筋を支配する $\alpha$ 運動ニューロンを抑制させる相反性抑制が生じる。この相反性抑制が生じることにより、主動筋の収縮は促進されるのに対し、拮抗筋の収縮は抑制されることにより、効率良く関節を動かすことが可能となる<sup>17)</sup>。これらのことから同時性収縮は関節運動を安定させ、関節への負担を減少させる効果を有するのに対し、相反性抑制は円滑な関節運動を可能にする効果を有する。本研究において、同時性収縮の変化率に左右差が認められ、非利き腕の方が有意に大きな値を示した。従って、筋力が劣る非利き腕は、利き腕よりも同時性収縮を高めることで、関節に及ぼす負荷を減少させ、疲労に伴うパフォーマンスの低下を抑制し、利き腕の屈曲速度に遅れることなく動作を遂行することができたと考えられた。

両側の体肢を左右同時に動かすスポーツは、重量挙げ、ボート競技、水泳の平泳ぎなどがある。これらのスポーツにおいては、両側性筋力発揮時に大きな力を発揮する必要があり、BLDを抑制することが求められる。両側性の力発揮によるトレーニングを行っている重量挙げ選手、両脚を交互に伸展させるトレーニングを行っている自転車選手および非鍛錬者における両側性の脚伸展筋力比を比較した報告によると<sup>18)</sup>、重量挙げ選手のBLDは小さく、自転車選手は大きいことが示唆されている。このことから、BLDは両側性の筋力トレーニングを行うことにより減少し、片側性の筋力トレーニングを行うことにより増加すると考えられる。また、本研究の結果から、BLDが生じやすいと考えられる非鍛錬者の場合、疲労に伴い非利き腕側の同時性収縮が利き腕側よりも有意に増加し、関節スティッフネスを高めることにより、疲労時に肘関節屈曲動作を遂行することを可能にしていると考えられた。この結果は利き腕と非利き腕の左右差が大きい非鍛錬者の場合ではあるものの、両側性の力発揮を伴うスポーツ選手においても、両側性の

筋力トレーニングによる効果を高めるためには、筋機能の左右差を改善する必要がある。例えば、非利き腕の筋力が利き腕よりも低い場合は、片側性の筋力トレーニングを非利き腕で行ない、筋力の左右差を改善するといったように、筋機能の左右差を改善した上で、両側性の筋力トレーニングを行うことにより、得られるトレーニング効果が大きくなる可能性があると考えられた。

## V まとめ

本研究では、アームカール動作を行わせた際の上腕筋活動の左右差について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

利き腕および非利き腕ともに、上腕二頭筋のRMS、RREはスタートに対してラストの方が有意に大きな値を示し ( $p < 0.05$ )、平均周波数は有意に低い値を示した ( $p < 0.05$ )。また、上腕二頭筋と上腕三頭筋の同時性収縮の変化率に有意差が認められ ( $p < 0.05$ )、利き腕よりも非利き腕の方が大きな値を示した。

これらのことから、筋力が劣る非利き腕は、利き腕よりも同時性収縮を高めることで、関節に及ぼす負荷を減少させ、疲労に伴うパフォーマンスの低下を抑制し、利き腕の屈曲速度に遅れることなく動作を遂行することができたと考えられた。

## 参考文献

- 1) Oda S, Moritani T : Movement-related cortical potentials during hand grip contractions with special reference to force and electromyogram bilateral deficit. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 72 : 1-5, 1995.
- 2) Sale DG : Neural adaptation to strength training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20 (5) : 135-145, 1988.
- 3) Oda S : Motor control for bilateral muscular contractions in man. *Jpn J Physiol.* 47 : 487-498, 1997.
- 4) Ohtsuki T : Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behav Brain Res.* 7 : 165-178, 1983.
- 5) 小田伸午 : 身体運動における右と左. 筋出力における運動制御メカニズム. 京都大学学術出版会. 京都. 1998.
- 6) 黒木麗菜, 野坂和則 : 上腕屈筋群の等尺性筋力発揮時の両側性功能低下における筋力発揮レベルと筋疲労の影響. *体力科学.* 53 : 379-390, 2004.
- 7) MacNeilage PF, Rogers LJ, Vallortigara GV : The origins of the left and right brain. *Scientific American.* 301 : 60-67, 2009.
- 8) 升佑二郎, 駒形純也, 村松憲, 他 : 垂直跳び動作における大腿直筋および大腿二頭筋の筋活動の左右差. *健康科学大学紀要.* 10 : 89-97, 2014.
- 9) Ohtsuki T : Decrease in grip strength induced by simultaneous bilateral exertion with reference to finger strength. *Ergonomics.* 24 : 37-48, 1981.
- 10) Oda S, Moritani T : Maximal isometric force and neural activity during bilateral and unilateral

- elbow flexion in humans. *Eur J Appl Physiol.* 69 : 240-243, 1994.
- 11) 長嶺慶明, 三輪浩二, 山本敬三, 他 : 運動時筋電図の周波数分析による筋特性評価の試み. *電子情報学会誌.* 104 (756) : 9-12, 2005.
  - 12) Kamimura T, Yoshioka K, Ito S, et al. : Increased rate of force development of elbow flexors by antagonist conditioning contraction. *Human Movement Science.* 28 : 407-414, 2009.
  - 13) 升佑二郎, 粕山達也, 河戸誠司, 他 : 登山競争前後における大腿の筋電図学的分析. *理学療法科学.* 29 (1) : 75-79, 2014.
  - 14) 柏手章宏, 石田文彦, 島井博行, 他 : 打撃動作における関節スティッフネスの能動的な調節. *電子情報通信学会誌.* 105 (659) : 67-72, 2006.
  - 15) Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, et al. : Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American Journal of Sports Medicine.* 16 (2) : 113-122, 1988.
  - 16) Gribble PL, Mullin LI, Cothros N, et al. : Role of cocontraction in arm movement accuracy. *Journal of Neurophysiology.* 89 : 2396-2405, 2003.
  - 17) 加藤宏司, 後藤薫, 藤井聡, 山崎良彦 : 神経科学—脳の探求. 西村書店, 東京. Pp346, 2007.
  - 18) Taniguchi Y : Lateral specificity in resistance training. The effect of bilateral and unilateral training. *Eur J Appl Physiol.* 75 : 144-150, 1997.

## Abstract

[Objective] To examine lateral differences in brachial muscle activity during bicep curls.

[Methods] Eight healthy males executed 15 bicep curls with a 15-kg barbell, during which the activities of their biceps and triceps brachii were measured.

[Results] The Root mean square (RMS) and Rate of rise of absolute EMG amplitude (RRE) for the biceps brachii were markedly greater, and the mean frequency was significantly lower on the completion than on the initiation of the task on both the dominant and non-dominant sides; there were no marked lateral differences in these items. On the other hand, when focusing on the simultaneous contraction of the biceps and triceps brachii, the lateral difference was significant in the rate of change; the values were greater on the non-dominant than dominant side.

[Conclusion] The simultaneous contraction of the biceps and triceps brachii is likely to be promoted in the non-dominant arm that is inferior to the dominant arm in the muscle strength, in order to reduce the stress loaded on the joints and allow high-intensity movements even in the presence of muscle fatigue.

Key words : Bilateral dysfunction

biceps brachii

triceps brachii

muscle activity

lateral differences