



トランクカール時の腕の位置が 体幹筋活動量に及ぼす影響

内山 秀一 (体育学部体育学科)

Effects of Arm Position on Abdominal Muscle Activity during Trunk Curl Exercise

Shuichi UCHIYAMA



Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of arm position on abdominal muscles activities during trunk curl exercises. Ten healthy habitually active young males performed trunk curls from a supine position with bent knees. The movement speed was set by a metronome and the upward and downward phases each lasted approximately 2 s. Three different arm positions during straight trunk curl were carried out: 1) with straight arms in front of the body (ST), 2) with arms crossed over the chest (CC), 3) with hands behind the head (BH). Kinematics was obtained with an angle sensor on side of the upper body. Surface electromyography was recorded by active electrodes placed on coalescence part of Transversus Abdominis and Obliquus Internus (OI), Obliquus Externus (OE), and Rectus Abdominis (RA) muscle on the right side. EMG amplitude was calculated for a 1 s interval in the middle of the upward phases in % of the EMG in an isometric maximal voluntary straight trunk curl in a supine position. The overall range of relative EMG-levels was 32-84%. All muscles showed higher activation on BH. As expected, the modification of arm position caused a general increase in activation of the prime abdominal flexor muscles. From a practical viewpoint, the data presented can provide guidelines for specific trunk muscle training and for explaining effects.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 23, 21-25, 2011)

I. 緒 言

近年、体幹の安定性や姿勢の保持に関連する体幹筋の役割やその重要性が指摘^{1, 2)}されている。体幹筋のトレーニングは、スポーツ選手の体幹筋強化や一般人のウエスト周りのシェイプアップのための種目としてもよく行われている。また、腰痛に対する対処方法としても、いわゆる腹筋運動（シットアップやトランクカールなど）が推奨されている³⁾。

トレーニング動作時の筋活動については、表面筋電図法（surface electromyography: sEMG）を用いて明らかにすることが一般的である。この方法によれば、シットアップでは、体幹筋の活動とともに脊柱起立筋や股関節屈曲に関与する大腿筋群の活動が認められる⁴⁾。一方、トランクカールは、仰臥位で膝を曲げ、臍部を見るように頸部と上体を起こす運動であり、シットアップに比較して脊柱起立筋の活動が低いことから腰部への負担が少ないとされている。さらに、股関節の屈曲を伴わないため、体幹筋が特異的に活動することな

どから、多少の腰痛があっても行うことができ、体幹筋のトレーニングとして有効であると言われている^{3,4)}。

また、実際にトランクカールを行う際には、体幹筋の活動量を増加させるために、腕の位置や下肢部の位置（伸展位・屈曲位など）、あるいは呼吸の方法を変えるなど、様々なバリエーションが見られる⁵⁾。特に、腕の位置については胸の前で組む、前に伸ばす、頭の後ろで組むなどいくつかのバリエーションがあるが、それらを比較検証した報告は見られない。

一般に、体幹筋は腹部の腹横筋（Transversus abdominis muscle: TrA）、内腹斜筋（Obliquus internus muscle: OI）、外腹斜筋（Obliquus externus muscle: OE）、腹直筋（Rectus abdominis muscle: RA）に加えて、背部の脊柱起立筋（Erector muscle's of Spin: ES）である。運動やトレーニング時には、これらの筋肉が複合的に働き、ヒトの動きや動作を支えている。したがって、体幹筋群のトレーニングとその効果を検証しようとする場合には、5つ体幹筋群の活動を捉える必要がある⁶⁾。このうち TrA と OI は深層筋であり、その活動を捉えるためには針電極やワイヤー電極による EMG を導出する必要があり、表面電極により筋活動量を捉えることが難しい。しかし、McGill et al.⁷⁾ や Marshall et al.⁸⁾ は、TrA と OI の融合部で OE の影響を受けにくい部位から、表面電極にて腹横筋と内腹斜筋の筋活動を推定できることを示している。

本研究では、トランクカールにおいて、より高い筋活動を得る方法を模索する目的で、運動時の腕の位置に着目し、トランクカール時の腕の位置と体幹屈曲時の筋活動量の関係について表面電極法を用いて検証した。

Ⅱ．研究方法

1. 被験者

被験者は、健康な成人男性10名（年齢 26.3 ± 0.8

歳、身長 $174.3 \pm 3.2\text{cm}$ 、体重 $70.3 \pm 5.4\text{kg}$ ）であった。実験前に、被験者に実験の主旨と内容を説明し、承諾を得た。

2. トランクカールと腕の位置

トランクカールは、平坦な腹筋台上に仰臥位で膝関節90度に屈曲した状態から、電子メトロノームに合わせて臍を見ながら肩甲骨を腹筋台から離すように、できるだけ体幹を屈曲させ（2秒間）、その姿勢を保持（2秒間）して、開始姿勢に戻る（2秒間）ことを1回とし、4秒間の休息を挟んで計3回行わせた^{2,5)}。

運動時の異なる3つの腕の位置は1）腕を前方にまっすぐ伸ばす（ST）、2）腕を胸の前で組む（CC）、3）手を頭の後ろで組む（BH）とした。各条件での実施順序はランダムとし、条件間には2分以上の休息を空けてから実施した。

3. 表面筋電法による筋活動の導出

筋電計には Bio Log DL-3000（S&ME 社製）、表面電極には Active 電極 DL-141（S&ME 社製）を用い、サンプリング周波数1kHzで各筋の活動電位を測定し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。

被験筋は、左側の内腹斜筋（OI）、外腹斜筋（OE）、腹直筋（RA）とした。各筋の表面電極貼付部位は、RA では臍画を避け臍から左側約2cm 外側、OE では臍から左側約15cm 外側、OI では内腹斜筋－腹横筋の融合部（上前腸骨棘から約2cm 内下方）とした^{8,10)}。さらに、添付部位を確認するため、運動実施前に体幹を左右にひねり OI と OE の筋活動が対称的になることを確認した⁶⁾。

なお、表面電極貼付にあたっては、貼付部位を除毛し、皮膚前処理剤（スキンピュア、日本光電社製）にて皮膚表面を前処理した。

4. 体幹屈曲角度の測定

トランクカール中の体幹屈曲を明らかにするために、第12胸椎の延長線上の左側の体側部に支点

がくるように角度センサ DL-210 (S&ME 社製) を貼付した。体幹の屈曲角度は EMG と同時記録し、屈曲局面を同定した (図 1)。

5. データ処理

得られた sEMG より、Chart5 (AD Instruments 社製) を用い、各条件の屈曲局面における中央 1 秒間の平均放電量 (Root mean square: RMS) を求め、3 回の平均値を算出した。

また、各条件終了後、両手を胸の前で組み、トランクカール開始時と同様の状態から、肩甲骨が腹筋台から離れるまで上体を起こし、加えられた

徒手抵抗に対して全力で上体を起こす最大等尺性随意収縮 (Maximum voluntary contraction: MVC) を 3 秒間の 3 回行わせ、その時の筋放電量を測定し平均値を算出した¹²⁾。

各試技の筋活動量は、MVC 時の筋放電量の平均値を 100% とした時の各条件での平均値の割合 (% MVC) で示した。

6. 統計処理

各データは平均値 ± 標準偏差で示した。統計学的有意差検定には、統計処理ソフト SPSS ver.18 (SPSS 社製) を用い、筋ごとに一要因 (腕の位

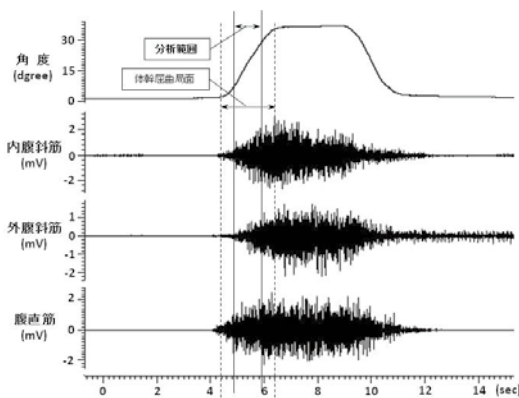


図 1 トランクカール 1 回の記録典型例と分析範囲
Fig. 1 Typical recording of one repetition trunk-curl exercise and the analysis phase.

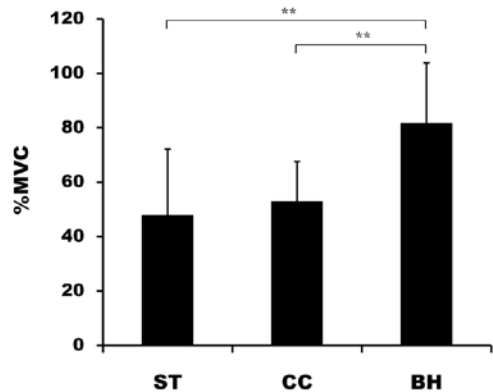


図 2 各条件での内腹斜筋 (OI) の筋活動量の比較
(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $n = 10$)
Fig. 2 Obliquus internus (OI) muscle activities of three arm positions (ST: straight arm, CC: arm cross on the chest, BH: hand behind the head). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $n = 10$.

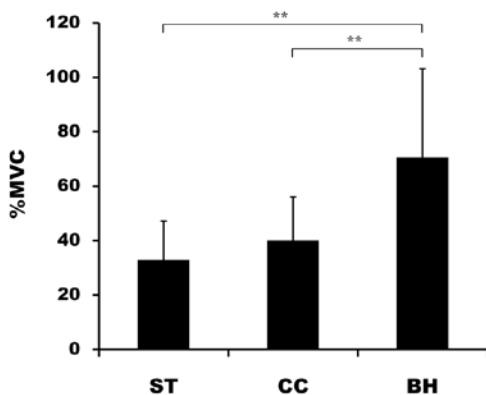


図 3 各条件での外腹斜筋 (OE) の筋活動量の比較
(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $n = 10$)
Fig. 3 Obliquus externus (OE) muscle activities of three arm positions (ST: straight arm, CC: arm cross on the chest, BH: hand behind the head). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $n = 10$.

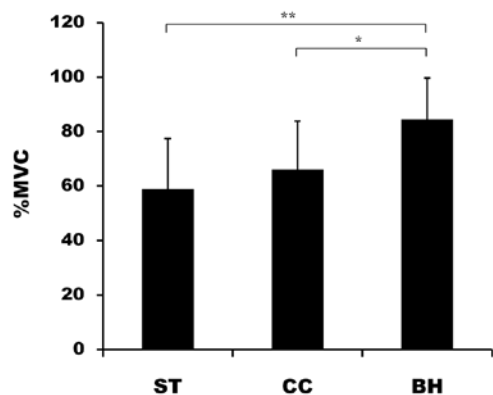


図 4 各条件での腹直筋 (RA) の筋活動量の比較
(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $n = 10$)
Fig. 4 Rectus abdominis (RA) muscle activities of three arm positions (ST: straight arm, CC: arm cross on the chest, BH: hand behind the head). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $n = 10$.

置)の分散分析及び多重比較検定(Bonferroni法)を用い、有意水準はそれぞれ5%以下とした。

Ⅲ. 結 果

トランクカールによるOI、OE、RAの筋活動量は約32%~84%であった。特にRAではOI、OEに比較して高い活動量を示す傾向が認められた。

図2には、各条件によるOIの筋放電量の差異を示した。STでは $47.9 \pm 24.3\%$ MVC、CCでは $52.9 \pm 14.6\%$ MVC、BHで $81.9 \pm 22.0\%$ MVCの活動量を示し、BHで他の2条件に比較して有意に高い活動量が示された($p < 0.01$)。

各条件によるOEの筋放電量の差異(図3)については、STで $33.0 \pm 14.2\%$ MVC、CCでは $40.0 \pm 16.1\%$ MVC、BHで $70.6 \pm 32.6\%$ MVCの活動量を示し、OIと同様にBHで他の2条件に比較して有意に高い活動量が示された($p < 0.01$)。

図4には、各条件によるRAの筋放電量の差異を示した。STでは $58.9 \pm 18.5\%$ MVC、CCでは $66.1 \pm 17.8\%$ MVC、BHで $84.5 \pm 15.2\%$ MVCの活動量を示し、OI、OEと同様にBHで他の2条件に比較して有意に高い活動量が示された($p < 0.05$)。

Ⅳ. 考 察

本研究では、トランクカールにおいて、より高い筋活動を得る方法を模索する目的で、運動時の腕の位置に着目し、トランクカール時の腕の位置と体幹屈曲時の筋活動量の関係について表面電極法を用いて検証した。

トランクカール時に腕の位置を変えることで、OI、OE、RAの筋活動量が変化した。OIとOEは、肋骨と腸骨稜に付着し、RAでは肋軟骨と恥骨に付着しており¹³⁾ 上肢の挙上はOI、OE、RAを伸長させる。このような伸長状態からの屈曲動

作が高い活動量を誘発する可能性が考えられる。また、上肢の挙上は上半身の重心を遠位に移動させる¹⁴⁾。トランクカールにおいて上半身の重心が遠位になることにより、屈曲し上体を起こそうとする際に大きな筋力発揮が必要となり、そのことが活動量の増加に現れているのかもしれない。さらに、Vera-Garcia F. J. et al.⁹⁾ は、トランクカール中の運動速度が高まれば、筋活動量も高まることを報告していることから、手を頭の後ろに組んで、できるだけ早く運動することでより高い筋活動量が得られる可能性もある。

各筋について、OIは運動時にTrAと同様の活動量の変化を示すことが報告されている^{3, 4)}。これらの筋では、筋線維の走行からも体幹の屈曲のみならず、体幹の安定性に大きく関与することが明らかとなっている。これらのことから、体幹の安定性を高めることをねらいとしたトレーニングを行う場合、OIやTrAをより活動させる必要がある。したがって、本研究の結果からトランクカールを行う際に、手を頭の後ろで組む(BH)ことは、腕を前方に伸ばしたり(ST)、胸の前で組んで行う(CC)より有効であると言える。

また、OEは、体幹を回旋運動(捻り)や側屈においてOIと対称的で顕著な筋活動が認められる⁶⁾。本研究で行ったトランクカールでは捻りを伴わなかったが、BHで70% MVCを超える高い筋活動量が認められた。このことは、腕の挙上によるものであると推察されるが、さらに回旋運動(捻り)を加えることによって、高い筋活動量を誘発できる可能性があるだろう。

さらにRAはトランクカールの主働筋であることから、OIやOEと比較して、高い活動量が示す傾向が認められた。RAにおいてもBHでより高い筋活動量が得られたことは、手を頭の後ろで組んでトランクカールを行うことの有効性がRAにおいても示されたと言える。

このように、トランクカールを行う際に、手を頭の後ろで組むことは、OI、OE、RAの筋活動量を高め、より効果的なトランクカールの方法のひとつとなる可能性が示された。

V. まとめ

本研究では、表面筋電図法によりトランクカール時の腕の位置の違いが体幹筋群の活動量に及ぼす影響を検討した。

その結果、内腹斜筋 (OI)、外腹斜筋 (OE)、腹直筋 (RA) において、手を頭の後ろで組む (BH) が、腕を前方にまっすぐ伸ばす (ST) と腕を胸の前で組む (CC) に比較して有意に高い筋活動量を示した。

このことは、トランクカールにおいてより高い筋活動を得られる方法を示すとともに、体幹筋群のトレーニング効果を説明する上での示唆を与えるものである。

参考文献

- 1) Hodges P.W. and Richardson C.A. (1997) Feedforward contraction of transverses abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 114: 362-370.
- 2) 半田徹・加藤浩人・長谷川伸・岡田純一・加藤清忠 (2009) 腹部トレーニング7種目における腹直筋上部、腹直筋下部、外腹斜筋および大腿直筋の筋電図学的研究. *体育学研究*, 54: 43-54.
- 3) Kart M.G. and Willett G.M. (2004) Effects of specific exercise instructions on abdominal muscle activity during trunk curl exercise. *Int Orthop Sports Phys Ther.* 34(1), 4-11.
- 4) Hussain I. and Sharma K. (2008) Electromyographic comparison of abdominal muscle activation during sit-up exercise and ab crunch. *Int Sports Sci Engi.* 2(1): 52-56.
- 5) Konrad P., Schmitz K. and Dennert A. (2001) Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. *J Athletic Training*, 36(2): 109-118.
- 6) Andersson E.A., Grundstorm H. and Thorstensson A. (2002) Diverging intramuscular activity patterns in back and abdominal muscles during trunk rotation. *Spine* 27(6): 152-160.
- 7) McGill S., Juker D. and Kropf P. (1996) Appropriately placed surface EMG electrodes reflect deep muscle activity (psoas, quadrates lumborum, abdominal wall) in the lumbar spine. *J. Biomechanics* 29: 1503-1507.
- 8) Marshall P. and Murphy B. (2003) The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J. Electromyography and Kinesiology* 13: 477-489.
- 9) Vera-Garcia F.J., Flores-parodi B., Elvira J.L.L. and Sarti M.A. (2008) Influence of trunk curl-up speed on Muscular recruitment. *J. Strength Cond. Res.* 22(3): 684-690.
- 10) Beim G.M., Giraldo J.L., Pincivero D.M., Borrer M.J. and Fu F.H. (1997) Abdominal strengthening exercise: A comparative EMG study. *J Sport Rehabilitation* 6: 11-29.
- 11) 河端将司・加賀谷善教・島典広・西園秀嗣 (2008) ドロップジャンプ動作中における体幹の筋活動および腹腔内圧の変化. *体力科学* 57: 225-234.
- 12) 沢井史穂・実松寛之・金久博昭・角田直也・福永哲夫 (2006) 基本的日常生活動作中の体幹および下肢の筋活動水準の男女差. *体力科学* 55: 247-258.
- 13) Thompson C. W. and Floyd R. T. 著 中村千秋, 竹内真希 訳. (2002) 身体運動の機能解剖学 改訂版. 医道の日本社: 東京, pp.197-226.
- 14) 阿江通良・藤井範久 (2002) スポーツバイオメカニクス20講. 朝倉書店: 東京, pp.34-35.