トランクカール時の上体の捻り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）　棗　寿喜（スポーツバイオメカニクス研究室員）
遠藤慎也（大学院体育学研究科）

Effects of Upper-body Twisting on Abdominal Muscle Activity during Trunk Curl Exercise.

Shuichi UCHIYAMA, Toshiharu NATSUME and Shinnya ENDO

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of upper-body twisting on abdominal muscles during trunk curl exercise.

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 sec. Three different twisting directions of the upward phase on trunk curl were carried out: 1）straight（ST）, 2）leftward twist（LT）and 3）rightward twist（RT）with straight arm front of the body.

Kinematics was obtained with an angle sensor on the right-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（RMS）was calculated for a 1 sec interval in the middle of the upward phases in % of the RMS in an isometric maximal voluntary straight trunk curl in a supine position（MVC）.

The overall range of relative EMG-levels was 27−63% MVC. IO showed approximately 20% higher activation on RT, and OE was activated by twisting on both sides. RA showed no significant difference by upward directions.

As expected, the modification of twisting direction caused an increase in activation of OI and OE. 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. 24, 45−49, 2012）

Ⅰ．緒　　言

運動時には、体幹の各筋が複合的に働き、ヒトの動きや動作を支えている。腹部や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[1, 2)]。また、腰痛に対する対処方法としても、シットアップやトランクカールなどのいわゆる腹筋運動が推奨されている[3)]。

これまで各種体幹筋トレーニング時の筋活動が報告されている。中でもシットアップは、股関節

の屈曲により上体を持ち上げる運動であり、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、股関節の大きな屈曲を伴わなくとも、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]。

トランクカール時の主働筋は、腹部の体幹筋である腹横筋(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）である[5]。トランクカール時の各体幹筋の活動を捉えようとする際には、各筋から筋電図を導出する必要がある。このうちTrAとOIは深層筋であり、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.[6] やMarshall et al.[7] 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おり、体幹部深層筋の活動量を捉えるのに有効である。

実際に行われているトランクカールでは、左右へ捻りながら行う、あるいは腕の使い方や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[8]。我々は、トランクカール時の腕の位置について、腕を「胸の前で組む」あるいは「前方に伸ばす」のに比べ、「頭の後ろで組む」ことで、筋活動量が高まることを報告した[9]。本研究では、側方へ捻りながらトランクカールを行った際の腹部の体幹筋の活動について、表面筋電図法により明らかにすることから、より高い体幹筋の筋活動を得る方法を模索することを目的とした。

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±3.2cm、体重70.3±5.4kg）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。なお、本研究は東海大学「人を対象とした研究に関する倫理委員会」の承認を得て行った。

2．トランクカールと捻り

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、腕を伸ばした状態から、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回行うこととした[2, 8]。

各条件は、まっすぐに上体を持ち上げるトランクカール（ST)、開始時より体幹を左方へ捻りながら屈曲し、両腕が左ひざの外側に出るように上体を持ち上げる（LT)、同様に右方に捻る（RT）の3条件とした。各条件の実施順序はランダムとし、条件間には2分間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、右側の内腹斜筋（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、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、OEでは臍から右側約15cm外側、RAでは腱画を避け臍から右側約2cm外側とした[7, 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[5]。

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

得られた表面筋電図波形より、Chart5, ver.5.5.6（AD Instruments 社製）を用い、被験者ごとに各試技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、各被験者には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 RMS を算出し、３回の平均値を算出した[10]。

各条件の筋活動量は、被験者ごとに MVC 時の筋放電量の平均値を100%とした時の各条件の平均値との相対値（% MVC）を算出し、その平均値で示した。

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（捻る方向）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 の筋活動量は全体で約27%～63%であった。特に RA では OI、OE に比較して高い活動量を示した。

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39.9±24.3% MVC、LT では38.0±18.2% MVC、RT で63.9±22.2% MVC の活動量を示し、RT 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（図３）については、ST で27.5±14.2% MVC、LT では46.7±26.0% MVC、RT で46.6±30.1% MVC の活動量を示し、LT と RT で ST に比較して有意に高い活動量が示

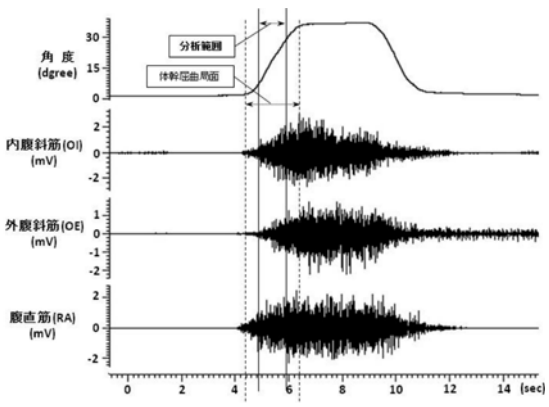

図１ トランクカール１回の記録典型例と分析範囲
Fig. 1 Typical recording of one repetition trunk-curl exercise and the analysis phase.

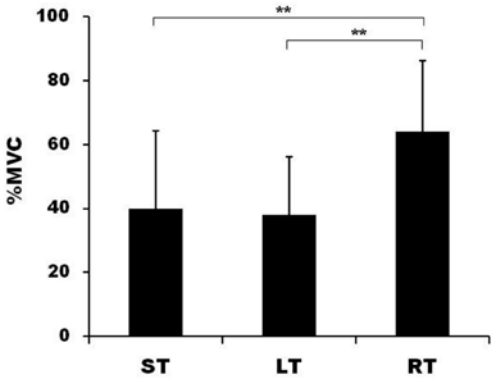

図２　上体の捻りによる内腹斜筋（OI）の筋活動量
(*p<0.05, **p<0.01, n=10)
Fig. 2 Obliquus internus (OI) muscle activities (right-side) of three twisting directions (ST: straight up, LT: left twisting and RT: right twisting). **p<0.01, n=10.

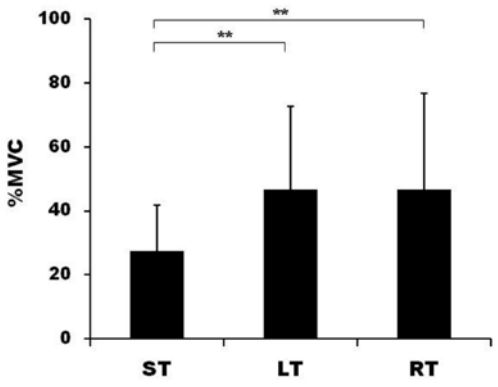

図3　上体の捻りによる外腹斜筋（OE）の筋活動量
(*p<0.05, **p<0.01, n=10)
Fig. 3 Obliquus externus (OE) muscle activities (right-side) of three twisting directions (ST: straight up, LT: left twisting and RT: right twisting). **p<0.01, n=10.

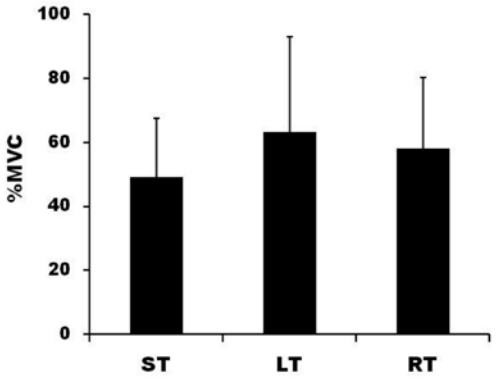

図4　上体の捻りによる腹直筋（RA）の筋活動量
(*p<0.05, **p<0.01, n=10)
Fig. 4 Rectus abdominis (RA) muscle activities (right-side) of three twisting directions (ST: straight up, LT: left twisting and RT: right twisting). No significance showed in three directions (n=10).

された（$p<0.01$）。

図4には、各条件によるRAの筋放電量を示した。STでは49.1±18.5％MVC、LTでは63.3±29.8％MVC、RTで58.0±22.2％MVCの活動量を示し、各条件間に有意な差異は認められなかった。

Ⅳ．考　　察

本研究では、トランクカールにおいて、体幹筋群のより高い筋活動を得る方法を模索する目的で、上体の捻りに着目し、表面電極法を用いて検証した。

体幹を捻りながらトランクカールを行うことで、OIとOEの筋活動量が変化した。OIは、肋骨と腸骨稜に付着しており、体幹の回旋運動（捻り）や側屈においてOEと対称的で顕著な筋活動が認められる[5]。本研究においても、筋電図導出用電極を添付した際、被験者には体幹を左右に捻らせそれぞれの筋活動が対称的となることを確認している。内腹斜筋（OI）の筋活動について右捻り（RT）において有意に高値を示し、左捻り（LT）ではSTとの差異が認められなかったことは、被験筋が右側であったとから、右内腹斜筋（OI）の機能が反映されたものであると考えられた。

一方、OEではSTに比較してLTとRTで有意に高い筋活動量が認められた。OEの機能からすれば、OIとは対称的にLTで顕著に高い放電量を示すこと[5]が予想されたが、RTでも高い筋活動量が認められた。このことは、トランクカール中の腕の位置と捻り動作に関係しているかもしれない。すなわち、腕を伸ばし捻りながらトランクカールを行い、伸ばした両腕を捻った側の膝の外側で保持する際には、同側のOEも収縮させ肋骨や肩が下垂しないように保持する必要があったことが原因ではないかと考えられる。これまでの先行研究における捻りを伴うトランクカールやシットアップでは、手を後頭部で組み肩を捻る側に開くような、いわゆる上体の回旋を生じるような運動であり、捻りを伴う運動では、OEとOIは対称的な活動を呈している。本研究で認められた右捻り（RT）での外腹斜筋（OE）の高い筋活動量には、試技の方法、特に腕の位置が関与したものと推察された。

さらに、RAでは、各条件間に顕著な差異は認められなかった。RAは、肋軟骨と恥骨に付着しており[10]、その機能から捻りに関与する可能性は少ない。しかし、本研究においては、捻りを伴ったLR、RTにおいてもSTと同程度の筋活動量が

認められたことから、捻りを入れることは腹直筋（RA）の筋活動量を低下させずに腹斜筋（OIやOE）の筋活動量を上昇させることが可能となる合理的な方法であると考えられる。

さらに、Vera-Garcia F. J. et al.[11]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[9]、できるだけ早く捻ることでより高い筋活動量が得られる可能性もある。

このように、トランクカールを行う際に、左右の捻りをいれることで、OI、OE、RAの機能に則した筋活動量を高められる効果的な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、トランクカール時の上体の捻りが体幹筋群の活動量に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

被験者は、健康な成人男性10名であり、膝を曲げ仰向けの状態からのトランクカールを行わせた。運動の速度はメトロノームに合わせ約2秒で上げて、約2秒で下すものとした。トランクカール時に上体を捻る3つの方向は1）まっすぐ（ST）、2）左に捻る（LT）、3）右に捻る（RT）とした。上体の側面に角度センサを添付してキネマティクスデータを得た。表面筋電図は、アクティブ電極を使用し、右側の腹横筋－内腹斜筋（OI）、外腹斜筋（OE）、腹直筋（RA）より得た。筋放電量は、最大随意収縮時を100％とした時の相対値で示した。全体の活動量は27-63％の範囲であった。OIでは右に捻る時に約20％高い活動量が認められ、OEでは捻ることにより筋の活動が亢進された。RAでは、捻りによる顕著な差異は認めらなかった。このように上体を捻ることはOIやOEの筋活動量を上昇させることが期待される。これらの視点は、体幹筋群のトレーニング効果を説明する上でのガイドラインを示すものである。

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）Andersson E.A., Grundstorm H. and Thorstensson A.（2002）Diverging intramuscular activity patterns in back and abdominal muscles during trunk rota-tion. Spine 27(6): 152-160.

6）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.

7）Marshall P. and Murphy B.（2003）The validity and relianility of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. J. Electromyography and Kinesiology 13: 477-489.

8）Konrad P., Schmitz K. and Dennert A.（2001）Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. J Athletic Training, 36(2): 109-118.

9）内山秀一（2010）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．東海大学スポーツ医科学雑誌，第23号：21-25.

10）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.

11）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.