

上体のひねり姿勢の保持が体幹筋の筋活動に及ぼす影響

The effects of low-level twist contraction on trunk muscle activity

キーワード: 筋電図、体幹筋、作業姿勢、筋疲労、活動交代

人間生活工学研究室 13TM1136 野曾原 由香

■Abstract

The aim of this study was to investigate the fatigue patterns in trunk muscles during low intensity twisting contraction. Ten healthy subjects performed 15 min sitting task with twisting load and without load. Surface electromyogram (EMG) was recorded from bilateral erector spinae muscles and external oblique (EO), internal oblique (IO) during each tasks. EMG was recorded during test contractions before and after sitting task.

No consistent change was observed in EMG over time, but there were differences between left and right muscles activity. Twisting load increased alternately activity at EO, and it seems that alternately activity prevented fatigue in EO. At thoracic erector spinae muscles, the rate of change in test contractions was higher at the twisting task. The results showed that the differences between right and left muscle activity, alternately activity, and test contraction were effective index at the evaluation of trunk muscle activity with twisting load.

■背景

作業中の姿勢不良は、筋骨格系障害のリスクがあるとされ問題となっている。エコー診断では検査者が被検査者の身体に探触子をさまざまな角度で当てることで画像の描出を行うが、被検査者を抱え込むようにして探触子を当てることなどから、検査者の上体のひねりや側屈といった非対称な姿勢の保持が生じることが指摘されている¹⁾。姿勢不良による筋の持続的な緊張は慢性的な痛みを生じる原因となる。また作業中の上体のひねりは筋骨格系障害のリスクが非常に高いとされ、看護の現場などで筋電図学的検討が行われている。しかしひねり姿勢の保持が体幹筋へ及ぼす影響に関する研究は数少ない。

筋の等尺性収縮による筋疲労（時間に伴う筋電位の増加、中央周波数の低下など）については様々な研究がされている。一方、力発揮は複数の筋によって構成され、筋内および協働筋間で活動交代が生じることで筋疲労を遅延させるとして、筋の活動交代に着目した研究が近年行われている^{2) 3)}。脊柱起立筋などの姿勢保持筋は、長時間の力発揮に向いている遅筋繊維の割合が多いことや、機械的冗長性が高いことから疲労への耐性に優れると考えられているが、その活動パターンは未だ明らかでない。

■目的

本研究の目的は、低強度のひねり負荷保持中における体幹筋の筋活動や筋疲労との関係について明らかにすることとした。

■方法

1. 被験者

健康で腰に痛みのない大学生(女性 8 名, 年齢 23.3±0.9 歳, 身長 159.7±2.2 cm, 体重 52.2±3.3 kg)を対象とした。

2. 実験プロトコル

ひねり負荷あり、負荷なしの 2 条件にて 15 分間の座姿勢保持タスクを行った(図1)。「テスト収縮(背筋・腹筋)→休憩(5 分)→座姿勢保持タスク(15 分)→テスト収縮(背筋・腹筋)」を1セットとし、各条件はカウンターバランスをとり実施した。各条件の間には 15 分間の休憩をとった。テスト収縮は、タスク中の筋電図実効値(root mean square: RMS)の標準化、およびタスク前後の筋電位の比較を行い、タスクによ

る筋疲労を調査する目的で行った。ひねり負荷条件では右ひねり方向の力に拮抗して座姿勢を保つことで体幹筋の等尺性収縮を生じさせた(図2)。

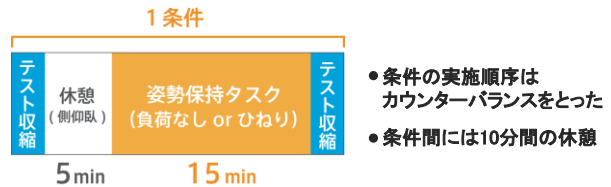


図1 実験プロトコル

「テスト収縮→姿勢保持タスク→テスト収縮」を1セットとし、ひねり条件、負荷なし条件の2条件を行った。



図2 実験装置

被験者の胸部にベルトを装着し、ロープによる張力により右ひねり負荷を生じさせた。装置はロープ、おもり(15N)、滑車、三脚から構成された。

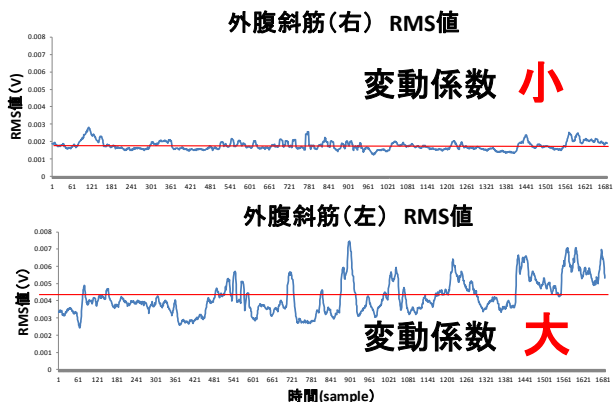


図3 RMS値の変動係数について

3. 測定項目

筋電図:

左右の脊柱起立筋(第12胸椎(T12)より2cm、第3腰椎(L3)より4cm)、外腹斜筋、内腹斜筋の計8部位より取得した。

姿勢計測:

関節角度計により、胸腰椎角度、腰椎角度を測定した。被験者正面のモニターにて値をフィードバックし、一定の座姿勢を保持させた。

主観評価:

タスク中の疲労度を1分毎に口頭で回答させた。

4. データ処理

筋電図はサンプリング周波数 1000 Hz、バンドパスフィルタ 20-500 Hz にて計測した。タスク中の筋電図について①時間に伴う筋活動 (RMS 値、中央周波数) の変化、②平均筋電位、③RMS 値の変動係数を求めた。またテスト収縮について④タスク前後での RMS 値変化率 (%) を調べた。

中央周波数はタスク開始後 30 s 間を除いて約 30 s 毎に高速フーリエ変換(FFT)を行い、RMS 値は生波形を窓長 5000 sample にて実効値化後、約 2 sample / 秒でリサンプルした値を用い、それぞれ 1 分間あたりの変化率 (%) を算出した。平均筋電位はタスク中の平均筋電位をテスト収縮時の筋電位で標準化した値 (RVE (sub-maximal reference voluntary exertion) 比) を用いた。RMS 値の変動係数は、【(RMS 値の標準偏差/平均 RMS 値) × 100】として算出し、時間内における筋活動のばらつきを指標とした²⁾ (図2)。

①時間に伴う筋活動の変化は経過時間を独立変数、各項目を従属変数とした単回帰分析を行った。②~④はタスク(負荷なし条件 vs ひねり条件)、部位(左 vs 右)を要因とした二元配置分散分析およびt検定を行った。有意水準は 5% とした。

■結果・考察

①時間に伴う筋活動の変化

15 分間中に増減を繰り返すなど一貫した疲労の影響がみられなかった。これは体幹筋の筋活動が高い冗長性を持ち、活動のパターンが部位毎、被験者毎で異なったためと思われる。

②タスク中の平均筋電位

条件間の比較では左外腹斜筋で負荷なし<ひねり条件 ($p = 0.04$)、他の部位では条件間に有意な差は見られなかった。ひねり条件において筋活動に左右差がみられ、外腹斜筋では左>右 ($p = 0.02$)、胸部脊柱起立筋 では左<右 ($p < 0.01$) であった。他の部位では有意な差は見られなかった。体幹をひねる際には対側の外腹斜筋、同側の脊柱起立筋が活動することから、本タスクによる負荷で右ひねりと同様の筋活動が生じたといえる。

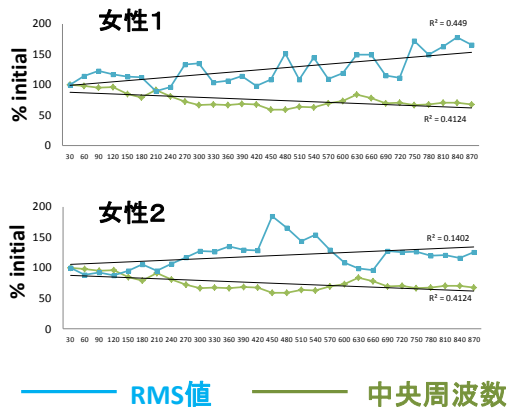


図 4 時間に伴う筋活動の変化

1 分間毎の変化の典型例を示す

(ひねり条件時、左外腹斜筋における女性 2 名分のデータ)

③RMS 値の変動係数

条件間の比較では左外腹斜筋で負荷なし<ひねり条件 ($p = 0.01$) であり、他の部位では条件間に有意な差は見られなかった。ひねり条件において外腹斜筋では左>右 ($p = 0.03$) となり、他の部位では有意な差は見られなかった。等尺性収縮による筋活動の変化は収縮強度によって異なり、活動交代は低強度、長時間の等尺性収縮時によくみられるとされている。外腹斜筋は側腹筋の中で最も大きく腹部前外側面全体に広がることから、筋内での活動部位の交代が生じ、疲労を防ぐ働きをしたことが示唆された。

④タスク前後での RMS 値変化率 (%) の比較

胸部脊柱起立筋で条件間、左右間に差がみられた(図 7)。タスク中の平均筋電位や RMS 値の変動係数では条件間の差がみられなかった(図 5、6)ことから、テスト収縮を用いることで体幹筋における筋疲労を検出できることが示唆された。

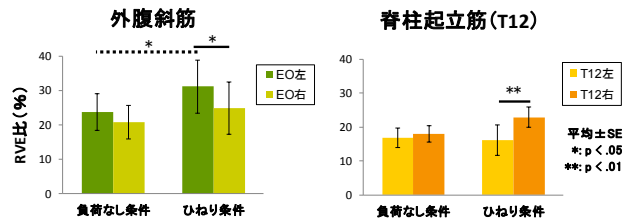


図 5 筋電位の比較 (条件間の差、左右間の差)

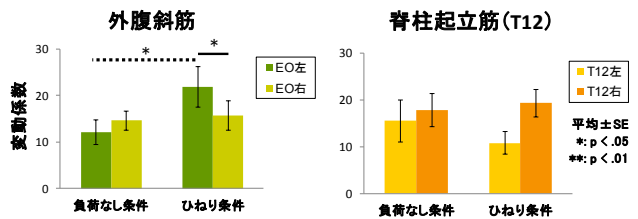


図 6 変動係数の比較 (条件間の差、左右間の差)

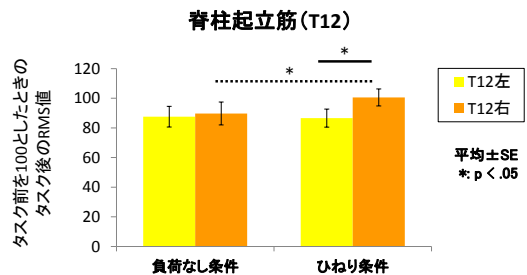


図 7 テスト収縮の比較 (条件間の差、左右間の差)

■まとめ

本研究により、
 ・左外腹斜筋では活動部位の交代が起こり、疲労を遅らせる働きをしたことが示唆された。
 ・体幹筋にて低強度の負荷を保持したときの筋負担について、時間に伴う筋電図中央周波数の低下や筋電位の増加などの従来の指標に加え、RMS 値の左右差、変動係数、テスト収縮時の筋活動による評価が可能であることが示された。

■展望

活動交代については多点筋電図を用いた評価や、協働筋間の活動交代を詳細に検討することで、より詳細な考察が可能となると思われる。本研究の成果は、ひねり姿勢など不良姿勢の保持が長時間生じる現場における負担の評価や、体幹筋における筋疲労のメカニズムを明らかにするために役立つと考えられる。

■参考文献

- 1) 茂木ら: 超音波検査者の作業姿勢に関する人間工学的研究, 人間工学, 第 48 巻特別号, 452-453, 2012
- 2) Dienn et al.: Low-level activity of the trunk extensor muscles causes electromyographic manifestations of fatigue in absence of decreased oxygenation, J Electromyogr Kinesiol, 19, 398-406, 2009
- 3) Ringheim et al.: Alternating activation is related to fatigue in lumbar muscles during sustained sitting, J Electromyogr Kinesiol, 24, 380-286, 2014