

傾斜角度の相違がチェーンソー保持中の体幹筋群の筋活動量に与える影響

河原 大陸, 浦辺 幸夫

広島大学大学院医歯薬保健学研究科

(平成 27 年 5 月 15 日受付)

要旨: 【目的】傾斜地でのチェーンソー作業は、林業労働者の腰痛の原因のひとつと考えられている。傾斜地では体幹伸展筋群の負担が増加すると報告されているが、傾斜角度がチェーンソー保持中の体幹筋群の筋活動量に与える影響については不明である。本研究は傾斜角度の違いが、チェーンソー保持中の体幹筋群の筋活動量に、どのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。

【対象・方法】対象は、非林業労働者である健康成人男性 8 名とした。傾斜条件は傾斜台を用いて 10°, 20°, 30° に床面 0° を加えた 4 条件とし、傾斜方向は前額面とした。対象には傾斜台上でチェーンソーを保持し、歯を直径 30.0cm の丸太に当てさせた。下肢は山足側が左下肢、谷足側が右下肢となるよう設定した。被験筋は左右の腰部脊柱起立筋 (ES) と腹直筋 (RA) とした。各条件での筋活動量の左右差、傾斜角度の違いによる山足側あるいは谷足側それぞれでの筋活動量の変化を比較した。

【結果】0° でチェーンソーを保持すると、谷足側 (右側) の ES の筋活動量は山足側 (左側) より 54.5% 高かった ($p < 0.05$) が、傾斜地ではこの傾向が認められなかった。傾斜角度が増加すると山足側の ES の筋活動量は増大し、30° での筋活動量は 0° と比較して 16.0% 有意に増加した ($p < 0.05$)。一方で、谷足側の ES では、傾斜角度の増加にともなう筋活動量の変化に有意差は認められなかった。RA の筋活動量は、山足側や谷足側に関わらず傾斜角度の影響はなく、有意な筋活動量の変化は認められなかった。

【結論】本研究結果より、傾斜地でチェーンソーを保持すると、山足側の ES の筋活動量は傾斜角度の影響を受けて増加し、谷足側の筋活動量は変化しないことが示された。これらのことから、傾斜角度の増加は山足側の ES の負担を増大させる可能性があると考えられる。

(日職災医誌, 64 : 34—38, 2016)

—キーワード—

チェーンソー, 傾斜地, 体幹筋群筋活動

1. はじめに

チェーンソーは、林業労働者が伐倒作業に用いる代表的な作業道具である。チェーンソー作業は腰部への負担が高く¹⁾、チェーンソーを使用する林業労働者は、使用しない林業労働者と比較して、腰痛を訴える者の割合が多いとされている²⁾³⁾。さらに林業労働者は、傾斜 10 から 30° でチェーンソー作業を行うことが多く⁴⁾、これらが林業労働者の腰痛の原因のひとつともいわれている⁵⁾。

傾斜地では身体の安定性が減少する⁶⁾ため、傾斜地で重量物の持ち上げ動作を行った場合、平面での動作と比較して体幹伸展筋群への負担が増加し、加えて体幹伸展筋群の左右非対称な筋活動⁷⁾を示すことから、腰部の筋骨格系障害が発生するリスクが高まるとされている⁸⁾。重量物

であるチェーンソーは左手で前ハンドル、右手で後ハンドルを操作するという特有の構造がある。この構造により、全てのチェーンソーは利き手を問わず右利き仕様となる。さらに、チェーンソーで作業を行う際は左足部を前方へ踏み出し、右足部を後方へ引いた姿勢がとられる。そのため、傾斜地でチェーンソー作業中の体幹筋群の筋活動量は、傾斜地での重量物持ち上げ動作とは異なる可能性が考えられる。しかし、床面の傾斜角度とチェーンソー作業中の体幹筋群の筋活動量との関係は報告されていない。

そこで、本研究は傾斜角度の違いがチェーンソー保持中の体幹筋群の筋活動量にどのような影響を与えるのか検討したので報告する。

II. 対象および方法

1. 対象

腰部に整形外科的疾患の既往のない健康成人男性 8 名を対象とした。年齢、身長、体重、BMI（平均±標準偏差）はそれぞれ、 24.9 ± 4.6 歳、 170.3 ± 5.6 cm、 62.4 ± 8.5 kg、 21.5 ± 1.9 kg/m²であった。全ての対象は非林業労働者であり、チェンソーの使用経験はなかった。本研究は、広島大学大学院医歯薬保健学研究科心身機能生活制御科学講座倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号 1328）。研究に先立ち、対象に十分な説明を行い書面にて同意を得た。

2. 方法

1) 測定課題

傾斜方向は身体に対して前額面方向とし、傾斜角度は自作の傾斜台を用いて 10°, 20°, 30° に設定した(図 1)。傾斜角度の調節には、デジタル傾斜計(DL-155V, Survey Techno-Science 社)を使用した。対象には傾斜台上でエンジンが駆動していないチェンソー(550XP®45cmRT, 重量 7.0kg, Hasquvarna 社)を 10 秒間保持するよう指示した。チェンソーの歯を直径 30.0cm の丸太に当て、実際の伐倒作業を想定して行った。チェンソー保持姿勢は、体幹屈曲・伸展・側屈 0° とし、下肢は山足側が左下肢、谷足側が右下肢になるようにした。傾斜角度の影響を比較するため、床面 0° での測定も同様の方法で行った。各条件での測定回数はそれぞれ 3 試行とした。対象の疲労を考慮して、1 試行終了ごとに 50 秒間、1 条件終了ごとに 3 分間の休憩を設けた。測定順序は無作為にて行った。

2) 表面筋電図の測定

無線表面筋電計測装置(OE-WES1221, 追坂電子機器社)を用い、サンプリング周波数 1,000Hz にて活動電位の記録を行った。導出筋は、左右の腰部傍脊柱起立筋(Lumbar Erector Spinae: ES)および腹直筋(Rectus Abdominis: RA)の計 4 筋とした⁹⁾。得られた活動電位の正規化を行うために、各筋の最大等尺性随意収縮(Maximum isometric voluntary contraction: MVC)時の活動電位を計測した。各筋の MVC を測定する肢位は、Daniel らの徒手筋力検査法¹⁰⁾の Normal の肢位に準じて、徒手抵抗下にて測定を行った。各 MVC の測定時間は 5 秒間とし、3 回測定した。

3) 表面筋電図の解析

表面筋電図の解析は、表面筋電図解析ソフト BIMUTAS-Video (KISSEI COMTEC 社)を用いた。解析区間は姿勢を保持した 10 秒間のうち、開始後 3.0 から 7.0 秒の 4 秒間とした。得られた活動電位を全波整流化したのち、面積積分値(Integrated Electromyogram: IEMG)を算出し、3 回の平均値を代表値とした。MVC は 5 秒間のうち IEMG が最大値を示した 1 秒間を算出し、得られた 3 回の測定のなかで最も高い値を代表値と

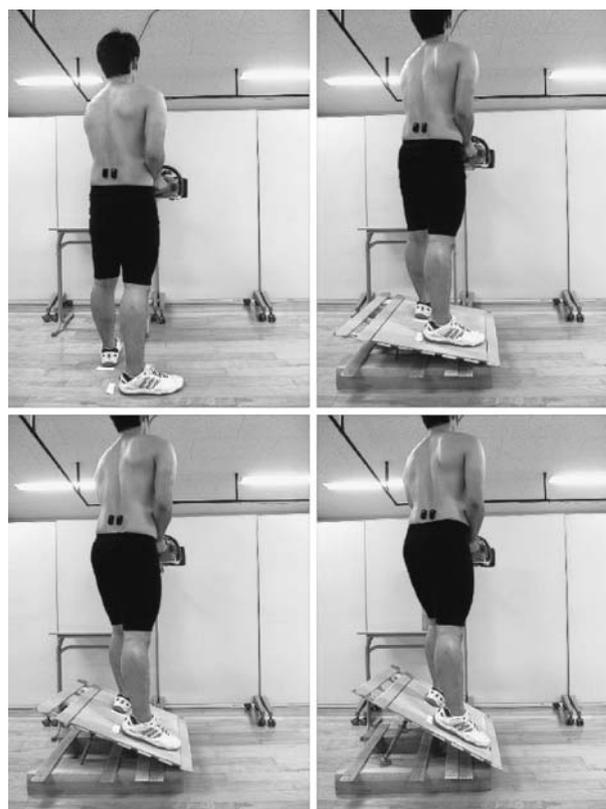


図 1 傾斜角度と測定姿勢

左上：傾斜 0° 右上：傾斜 10°
左下：傾斜 20° 右下：傾斜 30°

した。各条件で得られた IEMG を MVC で正規化し、山足側と谷足側それぞれの %MVC を求めた。

3. 統計学的解析

統計学的解析には、統計ソフト SPSS 20.0 J for Windows (IBM 社)を使用した。各傾斜角度での山足側と谷足側の筋活動量の比較には、対応のある t 検定を使用した。傾斜角度の違いによる山足側と谷足側のそれぞれの筋活動量の比較には、反復測定分散分析を使用し、有意差が認められた場合には、Bonferroni 法を使用して多重比較検定を行った。危険率 5% 未満を有意とした。

III. 結果

1. 筋活動量

各傾斜条件での山足側、谷足側それぞれの ES および RA の筋活動量を表 1, 2 に示す。

各傾斜角度での ES の筋活動量を、山足側(左側)と谷足側(右側)で比較すると、0° では谷足側が山足側より 54.5% 有意に高かった($p < 0.05$)。しかし他の傾斜条件では、山足側と谷足側との筋活動量の間には有意な差は認められなかった。山足側では傾斜角度の増加にともない、筋活動量が増大し、30° では 0° と比較して 16.0% 有意に増大した($p < 0.05$)。しかし谷足側では、傾斜角度の増加にともなう筋活動量の変化に有意な差は認められなかった。

表1 各傾斜条件での腰部傍脊柱起立筋群の筋活動量 [%MVC]

	山足側 (左側)	谷足側 (右側)
0°	15.6 ± 9.4	24.1 ± 6.2*
10°	16.2 ± 8.4	22.9 ± 8.5
20°	17.0 ± 9.0	24.6 ± 8.2
30°	18.1 ± 9.8	24.2 ± 7.4

平均 ± 標準偏差, *: p < 0.05 (vs 山足側),
†: p < 0.05

表2 各傾斜条件での腹直筋の筋活動量 [%MVC]

	山足側 (左側)	谷足側 (右側)
0°	10.5 ± 8.1	9.5 ± 9.5
10°	10.6 ± 8.5	9.3 ± 9.3
20°	11.0 ± 8.7	10.8 ± 9.6
30°	11.1 ± 8.5	9.7 ± 10.1

平均 ± 標準偏差

RAの筋活動量は、各傾斜角度で山足側と谷足側との間に有意な差は認められなかった。さらに山足側、谷足側それぞれ傾斜角度の増加にともなう筋活動量の変化にも有意な差は認められなかった。

IV. 考 察

本研究の結果では、0°でチェンソーを保持すると、右側のESの筋活動量は左側と比較して54.5%高く、左右のRAの筋活動量に差は認められなかった。この結果より、0°でチェンソーを保持すると右側のESは左側と比較して過剰に活動しており、平面でのチェンソー保持は右側のESの負担が左側よりも高いと考えられる。

床面の傾斜角度が増加すると、山足側のESの筋活動量が増大し、傾斜30°での筋活動量は0°と比較して16.0%有意に増大していた。一方で、谷足側の筋活動量に有意な変化は認められなかった。さらに左右のESの筋活動量の差は0°以外の傾斜角度で認められなかった。傾斜地では、傾斜角度の増加にともない身体の安定性が失われ⁶⁾、傾斜方向が前額面の場合、股関節や体幹筋群の筋活動が増加することで身体の安定性を保つといわれている¹¹⁾。重量物持ち上げ動作では、傾斜角度の増加にともない谷足側の大殿筋や大腿筋膜張筋の筋活動量が増加する。さらに傾斜30°からは山足側のESの筋活動も増大し、身体の安定性に寄与すると報告されている¹²⁾。本研究でも、同様の機序により身体を安定させるため山足側のESの筋活動量が増加した可能性がある。ただし、本研究では股関節周囲筋群の筋活動量の測定を行っていない。そのため、傾斜地でチェンソーを保持した際の股関節周囲筋群はどのように身体の安定性に寄与しているのか不明である。しかし傾斜地での作業は体幹伸展筋群に負担を強い、腰部の筋骨格系障害のリスクが高まることから⁸⁾、傾斜30°でのチェンソー作業は、平面と比較して少なからず腰部の負担が高い作業になる可能性がある。

傾斜地で重量物を持ち上げると、山足側のESの筋活動量が増加し、山足側と谷足側との間の筋活動量の差が増大すると報告されている¹²⁾。一方でチェンソーを保持した場合は、山足側と谷足側ESの筋活動量に差は認めなかった。これは、傾斜方向が関係しているのではないかと考える。山足側の筋活動量は、傾斜角度の増加と

ともに増大すると述べたが、本研究では左側が山足側にあたる。チェンソーを保持した場合のESの筋活動量の特徴として、0°で示したように左側は右側と比較してもとも低い筋活動量を示す。そのため、傾斜角度が増加するにしたがい、左側の筋活動量が増大することで、左右差が小さくなったと推察される。これを踏まえると、もともと高い筋活動量を認める右側が山足側となった場合、傾斜角度の増加により左右差が増大する可能性がある。これは、チェンソー作業の腰部障害を理解するうえで、重要なヒントとなる可能性があるため、今後着目していきたい。

本研究では、体幹前屈角度の影響を除外するために課題姿勢を体幹屈曲0°とした。しかし実際のチェンソー作業では、体幹屈曲位で作業を行うことが多いといわれている¹³⁾。さらに、本研究では課題姿勢の保持時間を10秒間としたが、実際に直径30.0cmの木を伐倒するためには約100秒要する¹⁴⁾。このように長時間にわたって体幹屈曲位での作業姿勢を保持することにより、実際の伐倒作業では結果で得られた筋活動量より高い可能性がある。チェンソーの駆動による代表的な物理刺激である振動刺激が、体幹伸展筋群に与える影響についても不明であり、今後はこれらの点を考慮して研究を進めることで、林業労働者の腰痛発症予防対策に貢献できると考える。

V. 結 論

1. 床面の傾斜角度の変化が、チェンソー保持中の体幹筋群の筋活動量に与える影響について調べた。
2. 傾斜30°で、山足側の腰部傍脊柱起立筋の筋活動量は平面と比較して増加したが、谷足側の筋活動量に有意な変化は認められなかった。
3. 腹直筋の筋活動量は山足側、谷足側ともに傾斜角度の増加による有意な変化は認められなかった。
4. 本研究結果より前額面方向の傾斜地では、山足側の腰部傍脊柱起立筋の負担が谷足側と比較して大きくなる可能性がある。

利益相反：利益相反基準に該当無し

文 献

- 1) Hagen KB: Biomechanical analysis of spinal load in

- motor-manual cutting. The journal of forest engineering 2 (1): 39—41, 1990.
- 2) 塩谷宗雄：林業労働者の健康と体力づくりの実験的研究—腰痛予防の中心に—。日本体育大学紀要 6(1)：37—59, 1997.
- 3) Hagen KB, Magnus P, Vetlesen K: Neck/shoulder and low-back disorders in the forestry industry: relationship to work tasks and perceived psychosocial job stress. Ergonomics 41 (10): 1510—1518, 1998.
- 4) 辻 隆道：林業における傾斜地の農作業。農業研究 5：16—19, 1968.
- 5) 辻 達彦：林業労働者の腰痛。労働科学 27(10)：18—22, 1973.
- 6) Zhao Y, Upadhyaya SK, Kaminaka MS: Foot-ground forces on sloping ground when lifting. Ergonomics 30 (12): 1671—1687, 1987.
- 7) Granata KP, Slota GP, Wilson SE: Influence of fatigue in neuromuscular control of spinal stability. Human Factors 46 (1): 81—91, 2004.
- 8) Jinag Z, Shin G, Freeman J, et al: A study of lifting tasks performed on laterally slanted ground surfaces. Ergonomics 48 (7): 782—795, 2005.
- 9) Nelson-Wong E, Callaghan JP: The impact of a sloped surface on low back pain during prolonged standing work: A biomechanical analysis. Applied Ergonomics 41 (6): 787—795, 2010.
- 10) Helen J, Montgomery J：新・徒手筋力検査。津山直一, 中村耕三(監訳)。東京, 共同医書出版, 2004, pp 99—101.
- 11) Shumaway-Cook A, Woollacott MH：モーターコントロール 運動制御の理論から臨床実践へ。原著第3版。田中繁, 高橋 明(監訳)。東京, 医歯薬出版社, 2011, pp 152—182.
- 12) 近久真由美, 波之平晃一郎, 藤村昌彦：斜面における持ち上げ動作の筋電図学的検討。日職災会誌 58 (2)：83—88, 2010.
- 13) 立川史郎：林業労働における作業姿勢の評価に関する研究。岩手大学農学部演習林報告 23 (1)：1—65, 1992.
- 14) 立川史郎, 橘川 渉：チェーンソーによる間伐木伐倒作業の労働学的考察。岩手大学農学部演習林報告 27 (1)：29—41, 1996.

別刷請求先 〒734-8551 広島県広島市南区霞 1—2—3
広島大学大学院医歯薬保健学研究科
河原 大陸

Reprint request:

Dairoku Kawahara
Graduate School of Biomedical and Health Sciences Hiroshima University, 1-2-3, Kasumi, Minami-ku, Hiroshima, 734-8551, Japan

Influence of Difference Surface Tilt Angles on the Activity of Trunk Muscles by Using a Chain Saw

Dairoku Kawahara and Yukio Urabe
Graduate School of Biomedical and Health Sciences Hiroshima University

【Purpose】 Some researchers have suggested that working using chain saws on a sloping ground surfaces can cause low back pain in forest workers. The pressure on trunk extensor muscles increases on sloping ground surfaces, but no previous study has investigated the influence of the degree of sloping ground surfaces angle while holding a chain saw on trunk muscles. Therefore, the aim of this study was to investigate the influence of sloping ground surfaces on trunk muscles while holding a chain saw.

【Methods】 Eight non-forest workers participated in this study. We tested 4 surface tilt angles in the frontal plane with a platform; 10°, 20°, 30°, and 0°. The subjects were made to touch a 30 cm log with a chain saw while standing on the platform. Because the surface was always tilted to the right, the left limb was on the uphill side, the right limb was on the downhill side. Electromyographic recordings were obtained bilaterally from the lumbar erector spinae (ES) and rectus abdominis (RA). The activity of ES and RA was compared with respect to laterality in each condition, and among the 4 tilt conditions.

【Results】 The activity of ES muscles on the downhill side (the right) was 54.5% higher than that of on the uphill side (the left) while holding a chain saw at 0° ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in the activity of muscles among other tilt conditions. The activity of ES muscles on the uphill side tended to increase as tilt angle of the platform increased. The activity of ES muscles at 30° was 16.0% higher than that at 0° ($p < 0.05$). However, the activity of ES muscle on the downhill side had no significant difference among the 4 tilt conditions. There was no significant influence of tilt angle of platform on the activity of RA muscles regardless of side of the slope.

【Conclusion】 This study showed that while holding a chain saw on sloping ground surfaces the activity of ES muscles only increases on the uphill side. Therefore, this study suggests that greater surface tilt angles may lead to increase in the load on trunk extensor muscles on the uphill side of the sloping ground surface.

(JJOMT, 64: 34—38, 2016)

—Key words—

chain saw, sloping ground, trunk muscle activity