

異なる体幹の傾きにおける体幹筋収縮、圧力中心、 発揮力に基づいた静的な手押し姿勢の最適化

Optimized static pushing postures based on effect of different trunk inclination on trunk muscular contraction, center of pressure, and force exertions

キーワード: 静的な手押し力、体幹傾き、体幹筋、圧力中心

人間生活工学研究室: カデク・ヘリ・サンジャヤ

■Abstract: Study on the effect of trunk inclination on muscular contraction, center of pressure (COP), and force exertion during static pushing to find the optimum posture was conducted. Ten males pushed in 0°, 15°, 30°, and 45° body inclinations. Wall and ground force plate measured pushing force, wall COP, ground reaction force (GRF) and ground COP. Ten trunk sites electromyogram (EMG) were recorded. Pushing force increased along inclination. GRF peaked at 15° and the lowest at 45° inclination. The lowest wall force plate standard deviation (SD) of COP displacement was in 30° inclination. The lowest low back muscular activation was in 15° and 30° inclinations. Based on force exertion, muscular load, and stability, 30° body inclination was found optimum.

■背景

手押しとは行為者が前方の力を発揮する行為である(Hoozemans, et al., 1998; Chow, 2010)。押された物の運動によって静的と動的な手押しがある(Todd, 2005; Chow, 2010)。先行研究では、矢状面における静的な最大力発揮や腕の筋活動やハンドル高さに関する事などが報告されている(Resnick and Chaffin, 1995; Mittal, et al., 1997; Jansen, et al., 2000; Voorbij and Steenbekkers, 2001; Hoozemans, et al., 2007)。動的な手押しでは、筋力や発揮能力より身体バランスが重要である(Holbein and Chaffin, 1997 in Hoffman, et al., 2008)。

手押しが腰、肩、前腕の筋骨格疾患の原因となる場合力の最大条件に影響されるが、どの程度影響されるのかは明らかとなっていない(van der Beek, et al., 1999; Hoozemans, et al., 2007)。ハンドル高さや力大きさについて、調査結果に一貫性がない(Lee, 1991; Resnick and Chaffin, 1995; Hoozemans, et al., 2007)。手押しにおける脚の筋活動や体幹筋の研究の重要性が示唆されている(Voorbij and Steenbekkers, 2001; Hoozemans, et al., 2007)。

■目的

本研究の目的は静的な手押しにおける体幹筋収縮、発揮力、圧力中心の偏差に対する体姿勢の影響を明らかにして、調査結果に基づいて最適化手押し姿勢を提案する。

■方法



図1 筋電図の測定部位と手押し姿勢

10人の右利き手の青年男性が参加した(年齢 29 ± 5 歳; 身長 169.0 ± 5.7 cm; 体重 64.7 ± 9.7 kg; BMI 22.7 ± 3.0)。床反力と床圧力中心は WGA-100B-11 ひずみゲージに接続された床フォースプレ

ートで測定され、手押し力と壁圧力中心は Teac SA-30A ひずみゲージに接続された壁フォースプレートで測定された。

図1では、筋電図は10の体幹筋で測定した。広背筋、胸部と腰部の脊柱起立筋は左右対称に装着した。腹直筋の上部と下部、外腹斜筋、内腹斜筋は右側に装着した。筋電図信号は最大随意収縮で正規化された(Vera Garcia, et al., 2009)。

手押しは4つの体幹の傾き(0°, 15°, 30°, 45°)で行った。0°の傾きは平行足で行った。他の傾きは平行、右と左足踏み出しで行った。被験者が床フォースプレートの上に立ちながら壁フォースプレートを押した。各試行は5秒間行った。試行の間には1分間の休憩があった。足姿勢変化の間に3分間の休憩があった。壁フォースプレートの高さは肩峰の高さと腕のリーチによって調整した。

フォースプレートと筋電図のデータは1000 Hzのサンプリングレートで記録された。フォースプレートの信号は被験者の体重のパーセンテージによって正規化された。筋電図の信号は250 Hzカットオフ周波数でローパス・フィルターをして、15 Hz カットオフ周波数でハイパスフィルターをして、実効値(root mean square ;RMS)を得た。

統計分析では、パラメトリック法として一元配置分散分・Bonferroni post-hoc testと Pearson's 相関分析を使用した、ノンパラメトリック法として Friedman test・Wilcoxon signed-rank post-hoc testと Spearman's rank order 相関分析を使用した。

■結果

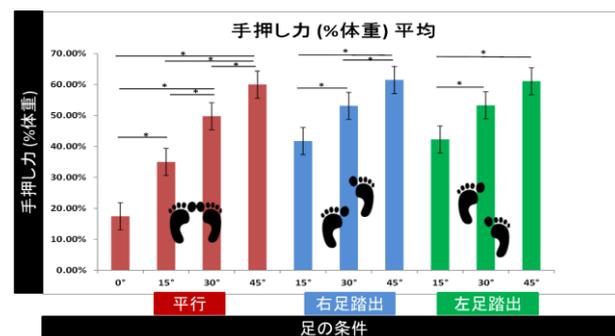


図2 最大手押し力 (平均±S.E.) * p<0.05

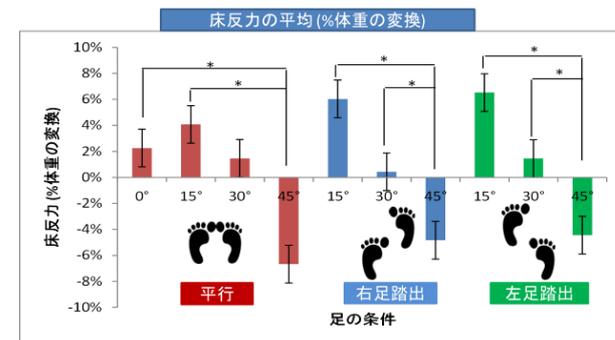


図3 床反力(平均±S.E.) * p<0.05

図 2 では、平行と踏み出し条件とともに、体幹傾き角度が大きいほど手押し力が大きかった($p < 0.05$)が左足踏み出しの時、傾き 30° と 45° は有意な増加がなかった($p > 0.05$)。足姿勢の比較では異なる手押し力が 15° の傾きで発見された。右足踏み出しと平行を比べると右足踏み出しの力が大きかった ($p < 0.01$)。他の傾きでは足姿勢の有意差なかった($p > 0.05$)。

図 3 では、平行と踏み出し条件ともに、床反力は 15° で大きく、45° で小さかった($p < 0.05$)。傾き 15° 以上でどちらかの足を前に出すと、床反力と手押し力には負の相関が認められた($p < 0.05$)。

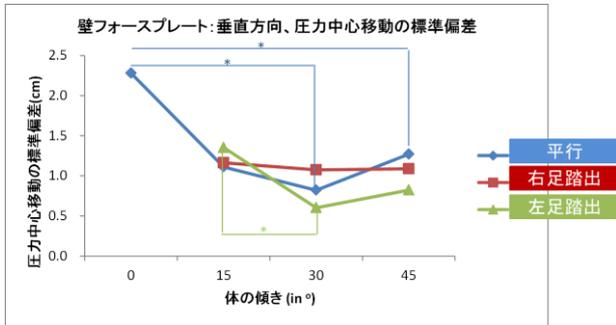


図 4 壁フォースプレートの垂直方向の圧力中心移動の標準偏差 (平均±S.E.)* $p < 0.05$

図 4 では、手押しの不安定性の指標である、手押し力の圧力中心の標準偏差は傾き 30° で最も小さかった。左足前条件の時のみ、圧力中心の分布が左側に片寄った。

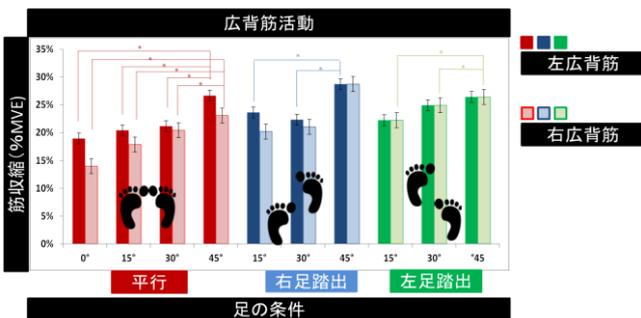


図 5 広背筋収縮 (平均±S.E.)* $p < 0.05$

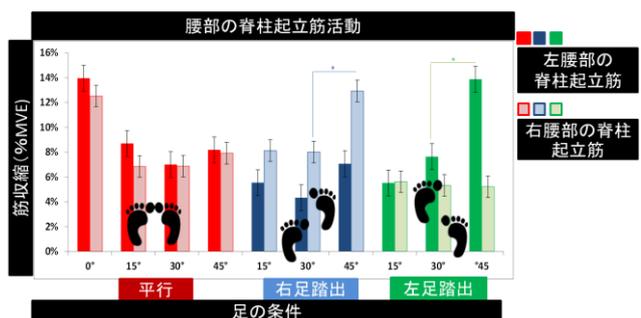


図 6 腰部の脊柱起立筋収縮 (平均±S.E.)* $p < 0.05$

図 5 では、広背筋は、平行と踏み出しともに、角度が大きいほど、さらに傾き 45° では特に負担が大きかった ($p < 0.05$)。脊柱起立筋は踏み出し条件の時のみ、傾き 45° で負担が大きかった($p < 0.05$)。

■考察

体重が重い人は重い物を取り扱うための十分な質量の利点および瞬間的な手動操作のための高い能力を持っていることが報告されており(Mittal, et al., 1997)、本研究でも傾き 15° 以上で床反力と手押し

力の間に負の相関が示され、角度が大きいほど体重が効率的に手押し力に変換されることが明らかとなった。しかし、傾き 15° の未満では、床反力と手押し力の相関は正の相関があったが、有意差がなかった。

Ayoub と McDaniel (1974 in Resnick and Chaffin, 1995)は、押し手の高さは肩の高さの 80% (約 100 cm)、男性若年者の 静的な手押し力の平均値が 620 N であることを報告している。Chaffin (1983) は最大手押し力が 68 cm のハンドル高さで見出した。本研究では、最も低いハンドル高さは傾き 45° での 93.5 cm であった。

手押し力の圧力中心の標準偏差に基づいて傾き 30° で安定性が高かったが、傾き 0° で最も小さかった。左足前条件の時のみ、圧力中心の分布が左側に片寄った。よって、利き手や利き足による影響の可能性はある。

広背筋の収縮は角度が大きいほど筋収縮が大きくなった。先行研究では、体幹-大腿の屈曲角が 40° と 60° の時に体幹の回転に高い筋収縮が認められた(Kumar, 2010)。本研究において広背筋の筋活動レベルが高かったのは、腕の伸展と体幹の屈曲のためだけではなく、腕の屈曲運動による可能性もある。

腰部の脊柱起立筋は平行足の時、角度が大きいほど筋収縮が減少したが、有意差がなかった。傾き 15° では、平行姿勢の腰部脊柱起立筋収縮が高かった。しかし、腰部の脊柱起立筋は踏み出し条件の時のみ、傾き 45° で筋収縮が高かった。踏み出し足による股関節屈曲により脊柱起立筋が収縮し、筋骨格疾患の可能性が増加した。

安定性や腰部の脊柱起立筋収縮の結果から、傾き 30° が最適である。ハンドルが高ければ高いほど良いという先行研究(Hoozemans, et al., 2007)の提案と異なる結果が示された。

■まとめ

体幹の傾きが 15° を超えると手押し力の方略が変わり、角度が大きいほど手押し力は大きくなった。手押し力の安定性は傾き 30° で最も高かった。傾き 45° では腰や背の筋負担が大きかった。したがって、静的な手押し姿勢は足の条件に関わらず、傾き 30° 程度が手押し力パフォーマンス、筋の負担、力の不安定性から最適である。今後の研究では、利き手や利き足の影響、ならびに動的タスクについて検討する必要がある。

■参考文献

- 1) Chow, Amy Yuen Yee, Investigation on hand forces, shoulder and trunk muscle activation patterns and EMG/force ratios in push and pull exertion, Master thesis, University of Waterloo, 2010.
- 2) Hoozemans, M. J.M., et al., Cart Pushing: The effect of magnitude and direction of the exerted push force, and of trunk inclination on low back loading, Int. J. of Industr. Ergo., 2007.
- 3) Kumar, Shrawan, EMG in rotation-flexion of torso, J. Electromyogr. Kinesiol., 2010.
- 4) Mittal, A.S., et al., A guide to manual materials handling, Taylor and Francis, New York, 1997.
- 5) Resnick, Marc L., and Chaffin, D. B., An ergonomic evaluation of handle height and load in maximal and submaximal cart pushing, Appl. Ergonomics, 1995.
- 6) Vera-Garcia, F.J., et al., MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women, J. Electromyogr. Kinesiol., 2010.
- 7) van der Beek, et al., Assessment of exposure to pushing and pulling in epidemiological studies: an overview of methods, exposure measures, and measurement strategies, Int. J. of Industr. Ergo., 1999.
- 8) Voorbij, A.I.M., L.P.A. Steenbekkers; The composition of a graph on the decline of total body strength with age based on pulling, pushing, twisting, and gripping force, Appld. Ergo., 2001.
- 9) Zedka, M., et al., Electromyographic response of the trunk muscles to postural perturbation in sitting subjects. J. Electromyogr. Kinesiol., 1998.