

自転車への乗車姿勢が身体負担に及ぼす影響

The Effects of Posture while Riding Bicycle on Body Strain

キーワード: 脊柱長、筋電図、酸素摂取量、自転車、姿勢

人間生活工学研究室: 廣田 遼

■Abstract: The experiment was carried out to investigate effects of postures on bicycles to cyclists. In this experiment, variables measured were spine heights with stadiometer as well as EMG, ECG, VO_2 and RPE of subjects who rode bicycle ergometer. In results, there was no significant difference between the amounts of change in spine heights. In pedaling conditions, activity of triceps brachii muscles showed negative correlation with HR and VO_2 . Bent forward conditions showed more VO_2 but no effect on HR, and correlation was observed between RPE and activity of erector spinae muscles. These results show that riding posture affects cardiovascular strain and subjective evaluation more than musculoskeletal lumbar strain. It is especially suggested that application of upper limb while pedaling and a riding posture with less vertical interval alleviate cardiovascular strain and less loading on palm lead better subjective evaluation. This knowledge would be helpful when designing bicycles.

■背景

エコへの関心の高まりから日常生活における移動手段として自転車が見直されてきているが、自転車による身体負担に関する研究は筋負担や呼吸器系への影響を対象としたものが多い。そんな中、社会の高齢化に伴って腰痛の原因となる脊柱への負担も自転車を設計する際の指標になりうると考えられる。

先行研究において、椅子に着座中の体幹揺動が脊柱収縮を抑制すること[1]や、自転車乗車時のドロップハンドル下部を把持した姿勢が上半身の筋活動を増加させること[2]が報告されている。これらのことから自転車乗車時のペダリング動作や前傾姿勢が筋活動や循環器負担を増加させ且つ脊柱負担を軽減させるという仮説を立てた。

■目的

上記の仮説を検証すること、ひいては自転車への乗車姿勢やペダリング動作が各種身体負担に及ぼす影響について明らかにすることを本研究の目的とした。

■方法

被験者は健康な男性 8 名、年齢: 24 ± 2.9 歳、身長: 1.73 ± 0.07 m、体重 65 ± 8.4 kg (平均 ± 標準偏差) とした。

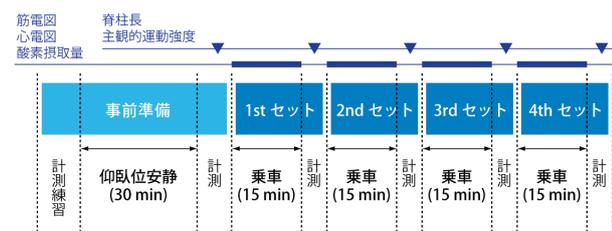


図 1 実験プロトコル: 実験の流れと計測項目。

被験者をエルゴメータ (COMBI) に 15 分間乗車させた後、脊柱長の計測及び主観的運動強度 (RPE: Rating of Perceived Exertion) の聴取。乗車中は僧帽筋、上腕三頭筋、脊柱起立筋の筋電図 (EMG: Electromyography) 及び心電図 (ECG: Electrocardiogram)、酸素摂取量 (VO_2) を連続測定。これを 1 セットとして連続で 4 セット繰り返し、計 60 分間の乗車をさせた (図 1)。心電図の RR 間隔からは心拍数 (HR: Heart Rate)、交感神経系活動指標 (LF/HF)、副交感神経系活動指

標 (HF/(LF+HF)) を算出 (LF: 低周波成分, HF: 高周波成分)。各条件は別日の同時刻に実施し、その順序は被験者間のカウンターバランスを考慮して決定した。

脊柱長は高精度スタジオメータ[3]を用いて第七頸椎-第一仙椎間の距離を計測、主観的運動強度には 15 段階の Borg スケールを使用した。筋電図はアクティブ電極 (BIOPAC) による双極誘導法、心電図は三点誘導法を用いて計測し、酸素摂取量の計測にはブレスバイブレス式の呼気ガス計測システム (K4b²) を使用した。

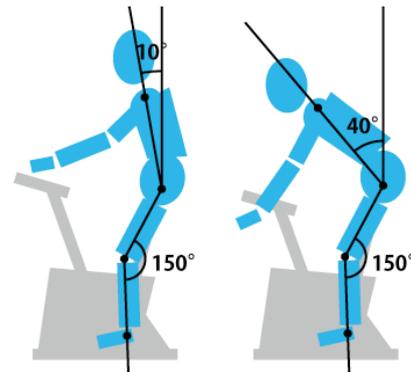


図 2 姿勢条件: 左が上体起立条件、右が前傾条件。それぞれにおいて設定された角度。

実験条件は 2 姿勢 (上体起立、前傾) × 2 活動状態 (ペダリング、静止) の 4 条件。姿勢は被験者毎にサドルとハンドルの位置を調節し肩峰点、転子点、膝関節点、外果点を結ぶ直線のなす角度を統一することでコントロールした (図 2)。ペダリング条件における負荷は 30 W、60 rpm とした。

脊柱長は累積変化量の単回帰分析から出た回帰係数について差の検定を条件間で行った。他の指標では二元配置分散分析を行い、多重比較には Tukey-Kramer 法を用いた。Pearson の積率相関分析を用いて指標間の相関を検定した。有意水準はそれぞれ 5 % とした。

■結果と考察

○脊柱負担

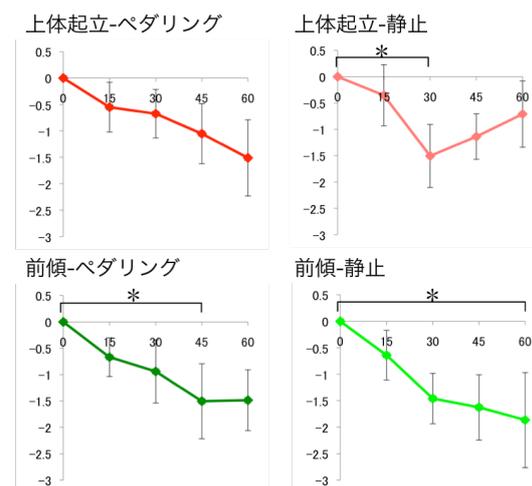
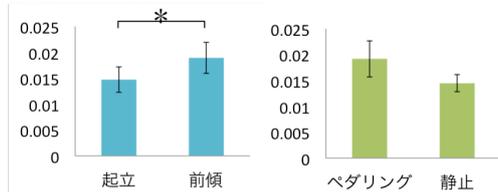


図 3 脊柱長累積変化量: 単位は mm (平均 ± SE)。

上体起立-ペダリング、前傾-ペダリング、前傾-静止の3条件では概ね直線的に収縮していたのに対し、上体起立-静止条件では一旦収縮した後に回復していた。これは被験者にとって上体起立-静止条件は姿勢の自由度が高く脊柱負担の小さい体勢に移行しやすかったためだと考えられる。そのため上体起立-静止条件を除く3条件について回帰係数を比較したところ差が見られなかった、つまり条件による脊柱収縮の程度に差はなかった。このことから自転車乗車中の姿勢や活動状態が脊柱負担に与える影響は極めて小さいことが伺われる。

○筋活動

上腕三頭筋



脊柱起立筋

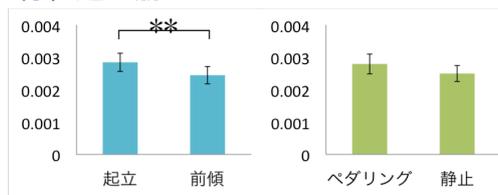
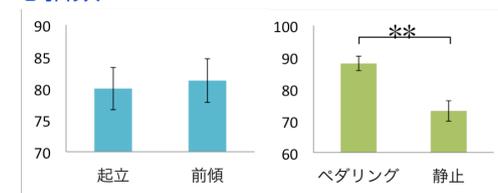


図4 筋負担の比較:単位は Volts(平均±SE)。

僧帽筋の活動は姿勢、活動状態ともに影響が見られなかった。上腕三頭筋と脊柱起立筋の活動においてはどちらも活動状態による影響は見られず、また上腕三頭筋の活動は前傾条件で、脊柱起立筋の活動は上体起立条件で大きくなっていった。これは前傾姿勢によって重心が前方に移動して体幹が屈曲したために、体幹ではなく上肢が主に姿勢の支持に使われたことによるものと考えられる。

○呼吸循環器

心拍数



酸素摂取量

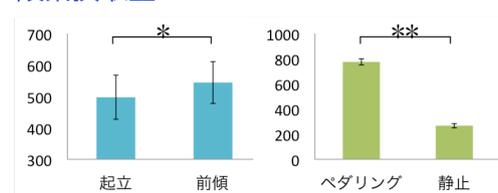


図5 呼吸循環器負担の比較:単位は BPM, ml/min(平均±SE)。

心拍数、酸素摂取量ともにペダリング条件で大きくなっていった。また心拍数には姿勢の影響が見られなかったが、酸素摂取量は前傾姿勢で大きくなっていった。そして心拍数は臥位から立位への姿勢変化による血液循環への負荷増大に対する応答として増加することが知られている[4]。これらより前傾姿勢によって同等の運動量における代謝が前傾姿勢によって増加したものの、同時に重力方向への高低差が減ったことで一回拍出量が増加し、結果として心拍数が変化しないまま酸素摂取量が増加したのと考えられる。

○自律神経系

交感神経系、副交感神経系の活動指標では、姿勢と活動状態どちらにおいても有意差が見られなかった

○ペダリング条件

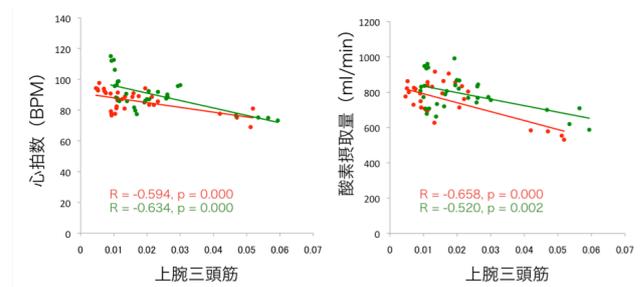


図6 生理指標間の相関:赤が上体起立-ペダリング条件、緑が前傾-ペダリング条件。

上体起立-ペダリング及び前傾-ペダリングの2条件において上腕三頭筋の活動と心拍数、酸素摂取量との間にそれぞれ負の相関が見られた。これはペダリング動作をするにあたって上肢を効果的に使うことによって全体での運動効率が良くなり、呼吸循環器系への負担が緩和したためだと考えられる。

○主観評価

主観的運動強度は前傾条件で大きくなっていったが、活動状態の影響は見られなかった。その理由としては被験者が運動強度というより静的な姿勢維持のつらさとして答えていた可能性が考えられる。

○前傾条件

前傾-ペダリング及び前傾-静止の2条件において脊柱起立筋の活動と主観的運動強度との間に負の相関が見られた。また前傾条件では手が痛くてつらかったと述べる被験者もいた。これらのことから手掌への荷重が自転車乗車時の主観的な苦痛の主原因となっていた可能性があり、脊柱起立筋を働かせて体幹で体重が支持されたことでそれが緩和したものと考えられる。

■まとめ

実験結果より、前述の仮説は支持されず乗車姿勢は腰部負担よりも循環器負担や主観的苦痛に与える影響が大きいということが分かった。特に以下の3点はその負担を緩和するポイントとなることが示唆された。

- ・ペダリング動作への上肢の活用
- ・高低差の少ない姿勢
- ・手掌への荷重の回避

本研究の成果として、以上のような自転車設計において乗車姿勢を考える際に参考となる知見が得られた。

■参考文献

[1] Deursen et al. (2000): Mechanical effects of continuous passive motion on the lumbar spine in seating. J. Biomech. 33, 695-699
 [2] Duc et al. (2008): Muscular activity during uphill cycling: Effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways. Journal of Electromyography and Kinesiology 18 116-127
 [3] Eklund and Corlett, (1984): Shrinkage as a measure of the effect of load on the spine. Spine 9 189-194
 [4] 曾田ら, (2008): 若年健康成人における姿勢変化による血圧レベルの変動. 理学療法科学 23 (4) 515-519
 [5] 廣田ら, (2010): 自転車の乗車姿勢が筋骨格及び呼吸循環器に及ぼす影響. 日本生理人類学会第5回研究奨励発表会