3409 鉄道車両シート着座時の下肢むくみ調査

Investigation of the leg swelling during sitting on the train seat

○学 山口穂高 (信州大学大学院) 正 吉田宏昭 (信州大学) 正 上條正義 (信州大学大学院)
非 松本泰幸 (コイト電工株式会社)

Hodaka YAMAGUCHI, Graduate school of Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano, 386-8567, Japan
Hiroaki YOSHIDA, Masayoshi KAMIJO, Shinshu University
Yasuyuki MATSUMOTO, Koito Electric Industries, LTD.

To examine sitting comfort is important to decrease fatigue due to long-term sitting on the train seats. We focused on leg swelling which occurs during sitting, and investigated it with use of both bioelectrical impedance method and sensory testing. Sitting experiment was performed by using four kinds of footrest angle, three kinds of cushion firmness, and two kinds of experimental timing (AM or PM). From the results, we found that leg swelling decreased while sitting under the condition of 30 degree for footrest angle. It is considered that there is an appropriate combination of footrest angle and cushion firmness.

Key Words: Sitting comfort, Leg swelling, Bioelectrical impedance method, Sensory testing, Train seat

1. はじめに

長時間着座姿勢を取り続ける必要がある鉄道車内において、常に身体に接触し支えている座席シートは乗客の快適性に大きな影響を与えている。特に下肢のむくみは着座による大腿部の圧迫や筋肉の活動を制限される条件下で発生しやすく、快適性を損なう原因のひとつである。むくみとは細胞外の間質液が過剰に貯まり、体積が膨張する現象であり、着座時における下肢のむくみは下肢循環系の滞りにより発生するとされている。

一方、鉄道の中でも優等車両には快適感の付加とむくみ抑制の目的でフットレストが設置されていることが多い。しかしながら、設置にあたっては明確な設計基準が無く、どのような下肢姿勢を取らせることが快適感やむくみの抑制に対してよいかといった調査は十分に行われていない。

本研究では鉄道車両用シート着座時にフットレストを用い、足首の角度を変化させることでむくみがどのように変化するかを調査した。加えて、多くの要因で変化するむくみを捉えるために座面硬さおよび着座の時間帯によるむくみの違いも同時に調査したので報告する。

2. 方法

2-1 実験概要

本研究では、20代男性12名を被験者とし実際の鉄道車両用シートと高さを変えず角度が変化するように作成したフットレストを用いて着座実験を行った。被験者は座面硬さの3条件 (Soft・Normal・Hard) と時間帯の2条件 (午前10:00～午後2:00～)、計6条件に2名ずつランダムに振り分けられ、それぞれフットレスト角度0°・10°・20°・30°の4条件に着座した。各被験者は1日1条件のみの着座とし、フットレスト角度の提示順は被験者ごとにランダムとした。また、着座姿勢は山口ら[1]の研究における準休息姿勢とし、リクライニング角を110°に設定した。着座時間は30分間とし、着座中は座り直しを許可せず、体動を可能な限り抑えるように指示をした。

着座実験中の計測項目は下肢関節角度、下肢むくみ、官能検査の3項目であった。むくみ測定は着座の直後より5分おきに計7回、生体インピーダンス法を用いて行い、着座の直後と着座30分後の計2回官能検査を行った。また、着座中の姿勢を捉えるために加速度センサを下肢の各部位に貼付し着座中の下肢関節角度を求めた。

2-2 下肢関節角度の測定

下肢の姿勢を捉えるために被験者の腰・左大腿表・左下腿表・左足甲の4か所に3軸加速度センサ (マイクログストーン

株式会社製 MVP-RF8) を添付した。解析においては、重力加速度とセンサの加速度のつり合い式から人体矢状面における水平からの角度を算出し、最終的には各部位の角度の差から関節角度を求めた (図1)。

図1 下肢関節角度算出箇所

2-3 生体インピーダンス法を用いたむくみの測定

生体インピーダンス法とは生体の電気抵抗を測定することで体組成を推定する方法である。むくみの発生により細胞外の水分量が増加し、結果として抵抗値が減少するため、この抵抗値の逆数をBI値とし値が大きくなるほどむくみ増加を表す指標として用いた。結果をまとめる際は着座直後のBI値で各時刻のBI値を基準化したむくみの変化率に変換した。

測定機材は SK メディカル電子株式会社のMLT-50を用い、両足首間に貼付した電極から着座開始より5分おきにBI値を取得した。

2-4 官能検査

アンケートの項目は首・肩・背中・腰・臀部・大腿・下腿それぞれの痛み感・だるさ感・快適感と全体の快適感と疲労感の計23項目とし、それぞれ7段階で評価を得た。解析においては、着座に伴う変化をみるために着座30分後の評点から着座直後の評点を引いた評点の増加量を求めた。

3. 結果と考察

3-1 下肢関節角度の測定

表1にフットレスト角度と座面硬さにおける下肢関節角度の結果を示す。なお、実験時間帯は着座時の下肢関節角度に影響を与えないものと考え、結果は午前・午後のグループを含めた平均値を示している。

この結果より、フットレストによって足首関節の角度が大きく変化するが、これに協調するように腰の角度と腰関節も足首角度を大きくすると折りたたまれるように変化していることがわかる。この変化は座面の柔らかいものでは臀部が沈み込むために小さくなり、硬めの座面では沈み込みが少ないために顕著に表れた。

表1 下肢関節角度結果

座面硬さ	フットレスト	腰角度	腰関節	膝関節	足首関節
Soft	0°	42.2°	144°	115°	145°
	10°	38.0°	147°	114°	133°
	20°	37.5°	147°	113°	121°
	30°	43.0°	139°	112°	115°
Normal	0°	43.7°	141°	116°	140°
	10°	45.3°	140°	116°	131°
	20°	47.9°	137°	112°	121°
	30°	50.2°	132°	112°	113°
Hard	0°	39.4°	146°	107°	131°
	10°	41.3°	146°	116°	129°
	20°	39.5°	145°	112°	121°
	30°	49.4°	138°	114°	113°

3-2 むくみの測定

図2に6条件それぞれのむくみの変化を示す。

まずフットレスト角度に着目すると、ほとんどの条件下でフットレスト角度30°においてむくみが抑制される結果となった。これは下肢関節角度結果より示唆された、足首を挙げることによる腰関節の協調作用によって、大腿部の圧迫がほかの角度よりも軽減され、むくみが抑制されたものと考えられる。この大腿部の圧迫を検証するために着座時の座面圧力を測定したが、フットレスト角度が大きいくほど大腿下の圧迫が抑えられるといった結果を支持するデータが得られた。

さらに、Hardを除いた条件では午後に計測を行ったフットレスト角度30°において着座直後のむくみよりも減少する結果となった。午後は午前に比べ被験者が運動をした状態で着座をしたため、蓄積されたむくみが着座によって解消されたと考えることができる。

しかしながら、座面硬さHardの条件においてはこの午後のむくみ解消作用が見られず、他の座面硬さよりも午後の使用には適していない可能性が示唆された。

また、いずれの条件においても0°条件が一番むくむという結果にはならず、足首角度を若干つけることはかえって悪影響になることも示唆された。

3-3 官能検査

図3に6条件それぞれの官能検査の結果を示す。この際、むくみとの対応を見るために下肢の痛み感とだるさ感に着目した。

この結果より、ほとんどの条件で評点の増加が見られ30分の着座において痛み感・だるさ感の増加を誘発するが、むくみ測定によってむくみ解消の結果が得られたSoft午後とNormal午後のフットレスト角度30°において他の角度よりも痛み感・だるさ感の増加が抑えられ、被験者もむくみの解消をある程度知覚していたことがわかる。また、Hard条件は他の硬さに比べ全体的に不快感の増加が抑えられる傾向も観察されたが、各条件の被験者数が少ないため、条件ごとに大きな違いを得るまでには至らなかった。

4. まとめ

むくみについては30°のフットレストを使用することで抑制される結果が得られた。フットレスト角度30°では足首角度の増加により腰関節も協調的に姿勢を制御し、結果として大腿部の圧迫が他の角度よりも抑えられたことによりむくみが抑制されたものと考えられる。さらに午後の着座ではフットレスト角度30°でむくみが解消されるといった結果が得られ、官能検査の結果からもこのむくみの解消が被験者が知覚していることも示唆された。しかし、このむくみの解

消は座面硬さが硬いものでは観察されなかった。このことより、座面硬さとフットレストの角度には適した組み合わせがあることが予想される。今後は被験者の増加や、着座時間の考慮、さらに大きな角度のフットレストの検討等を行っていく必要がある。

参考文献

[1]山口穂高ら：有限要素解析を用いた鉄道車両用シートの座り心地に関する研究，日本感性工学会論文誌Vol. 11 (2012) No. 4 p. 519-525

図2 むくみの変化 (×0°, ▲10°, ■20°, ●30°)

図3 官能検査 (×0°, ▲10°, ■20°, ●30°)