

座位姿勢補助器具使用時の腰椎椎間板負荷の推定

○芝田 京子 (高知工科大学), 飯塚 卓邦 (高知工科大学大学院), 津吉 康仁,
鈴木 佑 (高知工科大学), 杉森 香織 (株式会社MTG), 金 鍾貴,
園部 元康 (高知工科大学), 井上 喜雄

Study to Estimate Lumbar Intervertebral Disc Load for Sitting Posture with a Support Device
Kyoko SHIBATA (Kochi Univ. of Tech.), Takakuni IITUKA, Yasuhito TSUYOSHI, Yu SUZUKI,
Kaori SUGIMORI (MTG Co., Ltd.), Chongi KIM, Motomichi SONOBE (KUT) and Yoshio INOUE

1. 目的

本研究グループではこれまでに、彎曲カーブを形成する5つの椎骨から成る腰椎系の棘突起最後部 (以下、椎骨端部) が背中の体表面の近くにあることに着目し、腰椎椎間板への負荷を、腰椎部体表面の形状測定から間接的に推定する方法を提案し、静止した立位と座位姿勢および動作中の姿勢での推定に有用性を得ている¹⁾²⁾。そこで、正しい座位姿勢維持を目的に市販されている補助器具 (図1(a)) を1ヶ月間継続的に使用し、その前後に椎間板負荷を推定することで、本提案法が補助器具使用時にも適用可能か、また、器具による効果を定量的に示し得るか、検討する。



(a) 継続使用時 (b) 測定時

図1 座位姿勢補助器具

2. 提案する腰椎椎間板負荷推定法の概要

矢状面での2次元姿勢において、姿勢が変化すると椎骨が動き、腹側あるいは背側の椎体間の隙間が変化して椎間板が変形することから、本研究では、姿勢の変化による腰椎系の変化は、椎間板のみの変形で決まるとして、姿勢が変化したときの椎骨間の隙間変化を、測定した体表面形状から推定し、椎間板にかかる負荷を相対的に導出する。

本提案法では、各椎骨の椎間関節がピンジョイントであると仮定し弾性変形を無視することで5つの腰椎椎骨の位置が椎間関節を支点に動き、腰椎が稼働する運動はそれぞれの骨が均一に動き、かつ椎間板の変形を弾性変形として、各椎間板にかかる内圧も均一と仮定する。このような仮定において、腰椎系の椎骨端部の動きを体表面から測

定し、腰椎部を2次関数にカーブフィットして曲率半径を導出する。この曲率半径が大きくなると椎骨間の隙間が狭くなるため、椎間板にかかる負荷が大きくなる。逆に曲率半径が小さくなると隙間が広くなり負荷が小さくなる。

腰椎系を梁と考えると近似した2次関数をたわみ曲線とみなすことができるので、2次関数を $y(x)$ とすると、曲率半径 ρ は式(1)により導出することができる。

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{d^2y}{dx^2} \quad (1)$$

式(1)より、右辺は定数となるため、腰椎部における曲率半径が導出可能となる。このようにして求めた曲率半径を用いて、腰椎系の全体的な姿勢変化から椎骨間の平均的な隙間変化を推定することができる。

腰椎部体表面の測定方法はいろいろ考えられるが、今回は光学式モーションキャプチャを用いる。

3. 実験内容

図1に示す今回用いた座位姿勢補助器具では、継続使用中は(a)を用いたが、測定時はモーションキャプチャを用いるため、マーカが隠れないよう図1(b)のように一部分をくり抜いた補助器具を使用した。なお剛性や座り心地については被験者にアンケートを行い差がないことを確認している。

被験者は成人女性8名 (年齢 43.8 ± 9.5 、身長 1.603 ± 0.055 [m]、体重 52.23 ± 7.11 [kg]) であり、過去に腰痛の自覚症状があったり一時的に腰痛を診断されたことはあるが現在は腰痛を患っていない。なお本実験は高知工科大学倫理審査委員会の承認 (N13-6) を得て実施し、被験者には実験趣旨を十分説明して参加の同意を得ている。実験は、2016年11月~2017年2月に行った。

被験者は1ヶ月間1日2時間以上補助器具を継続使用し、この1ヶ月間の前後に以下2項目を補助器具有りと無しで2回ずつ測定した。

- (1) 3秒間静止で、普段の姿勢、良いと思う姿勢、悪いと思う姿勢
- (2) リラックスした状態で、10分間、DVDを鑑賞中の姿勢

4. 実験結果

本章で示す負荷比は、あらかじめ被験者ごとに導出した介入前の静止した座位姿勢時の負荷を100として算出している。

(1) 静止での姿勢

紙面の都合上、被験者1名分の(1)の負荷推定結果を図2に示す。図は介入前後での補助器具が無いときと有るときの2回ずつの結果である。図より、1回目と2回目の推定値が器具有無にかかわらずよく似ており、全被験者で同様の結果を得た。また、介入前、介入後両方で、良い姿勢、普段の姿勢、悪い姿勢の順で負荷が大きくなっていて、これまでの本研究での結果と一致した傾向となり、全被験者8名中7名に見られた。以上より、本提案法が補助器具の有無にかかわらず適用できることが示された。次に、補助器具無しの場合の介入前後で比較すると、介入後の方が負荷比が小さくなっており、この傾向は前後の差が見られたかった2名を除く6名中4名に見られた。つまり、補助器具による1ヶ月間の矯正により、補助器具無しの場合でも腰への負担の少ない座位姿勢をとることができるようになったと考えられる。

(2) 連続測定

紙面の都合上、被験者1名分の(2)の負荷推定結果を図3に示す。図は補助器具無しで継続使用1ヶ月間の前後2回ずつの結果であり、推定した負荷比を薄線で、その一次近似線を太線で、介入前を破線、介入後を実線で示している。測定中座り直しなどを許容していた部分で大きな負荷比の振れが現れているため、一次近似を用いてマクロ的に変化量を判定することとした。図より、10分間すべてにおいて介入前より介入後で負荷比が減少していることが示され、補助器具による1ヶ月間の矯正により、補助器具無しの場合でも腰への負担の少ない座位姿勢を無意識のうちに連続でとることができるようになったと考えられる。負荷比の上がり具合に差があるが、前後で差のなかった1

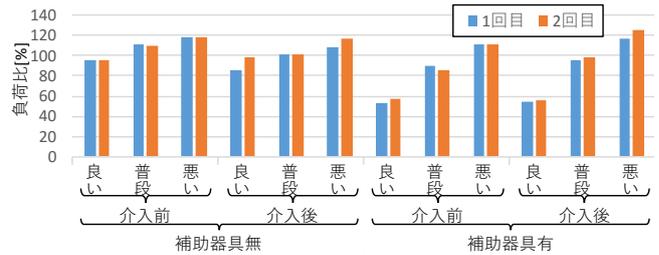


図2 継続使用前後の補助器具有無での静止姿勢の負荷比 (被験者D)

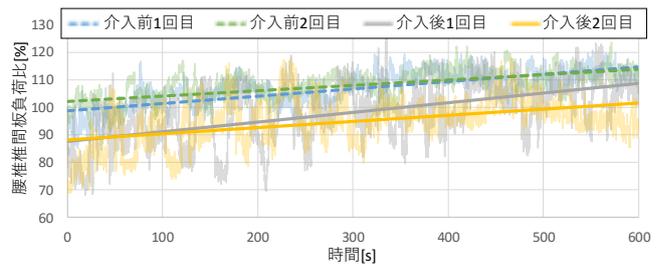


図3 継続使用前後の補助器具無しでの連続10分間の負荷比 (被験者D)

名を除いた7被験者中4名でこの傾向が見られた。また、介入後の開始0[sec]時の負荷比が100を下回っていることから、介入後は座位姿勢をとった直後の姿勢が、腰部への負担が小さくなっていることがわかる。この傾向は8名中4名に見られ、この内さらに10分後に100を超えない被験者が4名中3名見られた。また補助器具の目的からねらいとしては、1ヶ月間の継続使用により良い姿勢の維持が容易になり、結果、介入後の傾きが介入前の傾きより小さくなることであった。図3 (被験者D) では2回目でしかその傾向は見られないが他の被験者において4名に傾向が見られた。以上より、負荷比のデータは振れが大きく個人差も大きいものの、提案法を用いて一次近似で負荷比の大まかな流れを見ることで、腰への負担を定量的に評価可能である見通しが得られたと考えている。

参考文献

- 1) 芝田京子 他：“腰椎系における椎間板負荷の非侵襲的な推定法”，日本機械学会論文集C編, Vol. 78, No. 791, pp. 130-141, 2012.
- 2) 鈴木 佑, 芝田京子 他：“動作中における腰椎椎間板負荷の推定”，バイオメディカル・ファジィ・システム学会第29回年次大会, No. B1-4, BMFSA2016-067-1, 2016.