

非侵襲的な椎間板負荷の推定法の研究

知能機械力学研究室

片川 準也

1. 緒言

高齢化社会の進行により、将来的に腰痛を患う人が多くなると予想される。腰椎部は硬く剛体と見なすことができる椎骨と軟らかく緩衝材の役割を果たしている椎間板で構成されている。椎間板ヘルニアなどの腰痛の原因の一つに、腰椎系が変化した場合に椎骨が位置を変え、図1に示すように椎間板が変形し、神経を圧迫することが挙げられる。したがって、人間がいろいろな姿勢でいろいろな動作を行う時に椎間板にどの程度負荷がかかるかを知ることは整形外科の立場からは非常に有用な情報になる。動作中の椎間板への負荷を知る方法として、電極挿入により椎間板圧を直接計測した Nachemson らの報告⁽¹⁾があるが、人体に負担がかかるほか手術による危険が伴うため特殊な研究機関でしか行われていないといった問題点が挙げられる。

そこで、本研究では、上述のような侵襲的な方法ではなく、3次元動作解析装置を使用した非侵襲的な方法を提案する。これにより身体に負荷をかけることなく、安全に動作中や運動中の椎間板への負荷を推定することができると考えられる。ここでは、3次元動作解析装置で背中表面での姿勢変化の測定を行い、信号処理によって椎骨間の隙間変化を求め、椎間板への負荷を推定する。そして、Nachemson らが行った電極挿入による椎間板圧の実測比⁽²⁾との比較を行い、本手法の有効性を検討する。

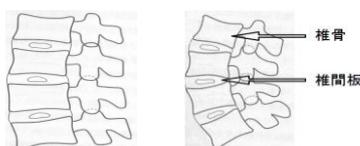


図1. 姿勢変化からなる椎間板の変形⁽²⁾

2. 測定方法および負荷の推定法

腰椎部にかかる負荷は直立姿勢よりも座位姿勢の方が大きく、また、前屈みになるほど腰椎部にかかる負荷が大きくなる。椎間板はその上下にある椎骨の隙間でクッションの役割を果たしているため、隙間が狭くなれば圧縮され負荷が大きくなり椎間板が大きく変形する。よって隙間の変化で負荷を評価できるとして、外部から背中表面での椎骨端部の位置にマーカを貼り付け腰椎の姿勢変化を計測し、その結果に信号処理を施すことにより椎骨間の隙間変化を推定し、それにより椎間板への負荷を推定することを考える。

具体的には、3次元動作解析装置により得たマーカの位置座標データ（実測値）より最小2乗法を用いて腰椎部の隙間変化による湾曲を円弧にフィットさせ、得られた式から曲率を算出し、曲率と椎骨間の隙間変化の関係から負荷を推定する。

3. 測定姿勢

測定した姿勢は以下の4つである。

- ①. 楽に立った姿勢
- ②. ①から上半身を20度前に倒した姿勢
- ③. 背もたれのない椅子にまっすぐに座った姿勢
- ④. ③から上半身を20度前に倒した姿勢

4. 実験および Nachemson の実測比との比較

4人の被験者により測定を行った。図2に4人の被験者の内、被験者2の円弧にフィットさせ推定した結果を立位直立

での負荷で正規化した形で示す。また、横軸の左側1から比較対象とする Nachemson の実測比⁽²⁾、腰椎部を梁のような構造物と考えた場合、腰椎部の椎骨の接続部の弾性変形を無視しその部分の円弧の長さを一定とした場合の順に示す。凡例は、測定姿勢の順に示す。

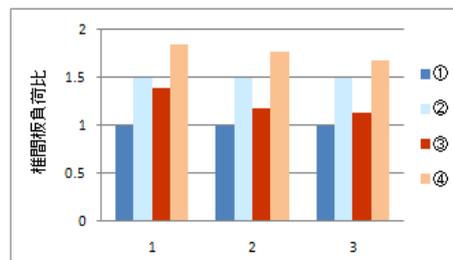


図2. Nachemson の実測比と被験者2の推定結果との比較

今回の推定結果と Nachemson の実測比⁽²⁾を比較したところ被験者2に関しては、腰椎部を梁のような構造物と考えた場合、接続部の円弧の長さを一定とした場合では数値に誤差はあるものの近い傾向は見取れる。Nachemson の実験と同一の被験者で実験を行っているわけではないので、厳密に精度に関する議論を行うことはできないが、姿勢変化による傾向はかなりよく一致していることから、提案法によりある程度椎間板への負荷が推定できる見通しが得られた。

図3に立位姿勢から徐々に前傾する連続的な姿勢変化の場合の推定結果を示す。この結果に関しては、被験者が前傾をするにつれて椎間板への負荷が大きくなるのが見取れる。このことから静止した姿勢だけでなく、図のような動作中の負荷も推定できる見通しを得た。

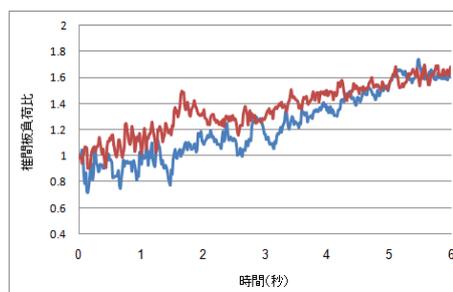


図3. 動作中の椎間板負荷の推移

5. 結言

3次元動作解析装置を用い非侵襲的に椎間板負荷を推定する方法を提案し、侵襲的な方法である Nachemson の実験結果と比較検討した結果、提案法によりある程度の精度で推定できる結果が得られた。今後は、ここで示した姿勢以外にも検討を行っていく予定である。

参考文献

- (1) LUMBAR DISC PRESSURE AND MYOELECTRIC BACK MUSCLE ACTIVITY DURING SITTING : B. J. G. Andersson, R. Örtengren, A. Nachemson and G. Elfström, pp. 104-114, 1974.
- (2) 最新 腰痛症ハンドブック 腰椎椎間板ヘルニアからスポーツ、事故の治療まで：著者 遠藤 健司, 金岡 恒治 pp. 14-18, 2008.