

修士論文  
論文要旨

研究テーマ： 膝関節に対するインパルス応答法の確立とインパルス応答法を用いた若年女性と地域在住女性高齢者の違いについての検討

学籍番号 1470038

氏名 相本啓太

研究指導教員 太田進

概要

背景と目的：変形性膝関節症（膝 OA）は、高齢者で最も罹患率の高い運動器疾患の 1 つであり、関節やその周辺の構造の変性により、疼痛や変形をきたす。膝 OA の発症要因としては、関節構成体の生物学的変化や力学的特性、構造的変化が指摘されている。関節構成体の変化の特徴には、関節軟骨表面の輝板の消失から始まる軟骨弾性の低下が報告されている。そのため、膝 OA 症例では、軟骨弾性の低下により、健常者と比較して、大腿骨・脛骨間の衝撃吸収が減少することが予想される。今回、膝の衝撃吸収作用を調べるために、インパルス応答法と呼ばれる方法を用いた。インパルス応答とは、インパルスと呼ばれる、応答波形に対して、十分に短いパルス信号を入力したときのシステム出力のことである。本研究方法が確立できれば、簡易に早期の膝 OA 状態の把握ができ、膝 OA 予防に貢献できることが考えられる。本研究の目的は、研究 1) 膝関節に対するインパルス応答による検査法を確立すること、研究 2) 本法を用いた若年女性と女性高齢者の違いを見つけることである。

方法：研究 1) インパルス応答法の確立：被験者は、女性若年健常者 10 名（ $20 \pm 0$  歳）とした。計測肢位は、膝関節屈曲  $20^\circ$  で 25kg を荷重した立位とした。インパルスを与える入力には、取っ手を定位置まで引いて離すことで、一定量の入力が可能な入力器を作成した。入力器には、ロードセルが内蔵してあり、実際の入力量が計測できる。入力量は、約 20N と設定し、入力部位は、内側上顆と滑車稜とした。入力による下肢全体の振動を防ぐために、大腿部を器具で抑えた。ロードセルの入力値は、Power Lab (AD INSTRUMENT 社) に取り込んだ。インパルスにより出力された振動の計測には、1 軸加速度計 (メディセンス社) を使用した。加速度計は、膝関節裂隙から遠位に 5cm, 10cm, 15cm の部位に装着した。加速度データは、サンプリング周波数 4kHz, バンドパスフィルター 1-1kHz にて、Power Lab に取り込んだ。計測は、入力箇所 2 つと出力箇所 3 つの組み合わせの計 6 種類に対して、出力の peak-to-peak を求めた。その出力の peak-to-peak 値を入力値で除し、入出力比を求めた。10 回ずつ実施し、平均値を代表値とした。10 名の被験者に対して、数日の間隔を空けて、上記の計測を実施し、検者内級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) の ICC (1, 10) を求めた。また ICC の大きな計測方法に対して、入力時のロードセル値の大きさの検討を対応のある  $t$  検定にて行った。

研究 2) 被験者は、若年女性健常者 26 名 ( $21 \pm 1$  歳)、地域在住女性高齢者 26 名 ( $69 \pm 7$  歳) とした。取り込み基準は、地域在住高齢者おける取り込み基準は、臨床所見による

膝 OA 分類基準に該当する者とした。除外基準は、膝関節伸展が $-21^{\circ}$ 以上の者、立位保持を5分以上できない者、既往に手術などの膝の重度の怪我がある者とした。本研究は、星城大学倫理審査委員会の承認を得て行った(2015C0006)。対象者には、測定前に研究の概要、利益・不利益、個人情報保護について十分な説明を行い、書面にて同意を得た後に実施した。

計測は、研究1と同様に実施した。女性若年健常者と地域在住女性高齢者の比較には、入出力比、減衰率とパワースペクトルを使用した。入出力比は、研究1と同様である。減衰率は、出力波形の第1 peak に対する第2 peak とした。パワースペクトルは、入力後0.3秒の出力波形に対して実施した。単位をデシベルに変換した後に、最大値が基準値となるように調整した。各評価項目は、10回分の平均値を個人の代表値とした。検定は、対応のない  $t$  検定を使用した。統計解析には、SPSSVer23.0 (IBM 社)を使用した。

結果：研究1：ICC (1, 10) は、内側上顆への入力では、5cm:0.75, 10cm:0.85, 15cm:0.92 であり、滑車稜では、5cm:0.89, 10cm:0.78, 15cm:0.91 であった。ICC の最も高かった15cmでの計測において、入力時のロードセル値は、内側上顆で18.5 [N]、滑車稜で22.7 [N]、であり、有意に滑車稜の方が大きかった ( $p < 0.001$ )。

研究2：研究1の結果に基づき、滑車稜に入力した時の膝関節裂隙遠位15cm 部位での計測を実施し、入出力比において、若年健常者では0.11 [G/N]、地域在住高齢者では、0.11 [G/N] であり、有意差はなかった。減衰率において、若年健常者では0.45、地域在住高齢者では0.40 で、有意差はなかった。パワースペクトルにおいて、1~500Hz を50Hz ごとに分けて解析したが両群間に有意な差はなかった。

考察：級内相関係数は、0.8 以上で almost perfect (Landis, 1977) や 0.9 以上で great (桑原, 1993) とされている。今回、すべての計測において、0.75 以上と高値を示したが、特に出力部位が15cm で0.9 以上と高値を示した。今回の級内相関係数からは、膝関節裂隙から遠位15cm の部位で計測することで、特に信頼性が高いことが分かった。さらに、膝関節裂隙遠位15cm 部位における、内側上顆と滑車稜での入力では、滑車稜の方が有意に大きくなった。一定の力を加えた場合、硬い物と軟らかい物では、硬い物の方がロードセル値は大きくなる。今回、ロードセル値が内側上顆の方が小さかったのは、入力部位の軟部組織が多かったことが考えられる。本研究における入力は、膝関節内を通過する間の振動の変化をみるのが目的であり、軟部組織による圧の吸収は避けるべきである。以上のことから入力部位は滑車稜、出力部位は、膝関節遠位15cm が最も適切であると考えられた。

入出力比、減衰率、パワースペクトルのすべての結果において、若年女性健常者と地域在住女性高齢者では、有意差はみられなかった。

今回使用した膝関節に対するインパルス応答法では、軟骨などの関節内の評価を行えない可能性が高い。その要因としては、入力により生じた振動が、関節内を伝わる振動よりも、下肢全体へ振動が大きく、それを主に計測している可能性がある。また軟部組織が比較的少ない滑車稜での計測をしているが、対象者によりバラつきがあり、入力時点で個人の差が生じている可能性がある。さらに、地域在住高齢者は、膝 OA の感度95%の基準を設けてはいるが、MRI による定量的評価がないため、実際の軟骨状態との関連をみることはできないため、膝 OA が軽度であり、差がでなかった可能性がある。

今後は、インパルス応答法自体の有効性について再度検討する必要がある。

(注) この頁を含めて、2頁以内で作成のこと