

学位審査報告書

氏名	やまだ だいち 山田 大智
本籍	大阪府
学位の種類	博士(工学)
学位の番号	甲第 70 号
学位授与年月日	令和 6 年 3 月 14 日
学位授与の要件	本学学位規則第 14 条
学位論文題目	超音波エラストグラフィーによる腱の剛性評価手法に関する研究
論文審査委員	主査 田中 則子 副査 新川 拓也 副査 赤滝 久美 副査 小柳 磨毅 副査 湊 小太郎 (森ノ宮大学所属)

論文内容の要旨

腱障害によって腱の剛性は低下すると報告されているが、臨床において腱の剛性を客観的に評価できる手法は確立されていない。超音波エラストグラフィーを用いた Stain ratio (以下, SR) 計測は、腱に対する剛性評価手法として期待される。しかし、徒手操作による SR 計測(従来法)では走査法、プローブの位置や傾斜、初期荷重などの荷重条件を統一できておらず、再現性が低いことが大きな課題となっている。本論文は、超音波エラストグラフィーを用いた従来の腱に対する剛性評価の問題点を実験的に示し、ヒト膝蓋腱を対象とした新しい剛性評価手法を提案し、その再現性および有用性を示すことを目指した。

本論文ではまず、従来法を用いた腱に対する剛性評価の現状を示した。剛性が既知の値の内包物

を配置したファントムを対象として、徒手操作による SR 計測を実施し、級内相関係数と変動係数を用いて検証した結果、従来法の再現性が低いことが確認された。

次に、前述した問題点の解決を目指して、荷重を制御できる機器を用いて、ファントムを対象としたモデル実験を実施し、荷重条件が SR の計測値に与える影響を検証した。その結果、短軸走査に比べて長軸走査で測定誤差が小さいこと、反復回数 1 回で再現性の高い計測が可能であること、初期荷重の増大によって SR が有意に低下することを明らかにした。

これらのモデル実験結果をもとに、計測肢位やプローブの配置を設定し、荷重条件を規定した「ヒト膝蓋腱を対象とする新たな剛性評価手法」を提案した。さらに、被検者 3 名を対象として、提案手法と従来法の比較実証実験を実施した結果、提案手法の高い再現性が確認された。また、提案手法を用いた SR 計測結果は関節弛緩性と関連性を認めた。一方、従来法ではこの違いを検出できなかった。これより、提案手法を用いた SR 計測は、膝蓋腱の剛性を客観的に評価できる可能性が示された。

以上のように、本論文では、プローブの荷重量を制御する装置を用いて、超音波エラストグラフィーによるヒト膝蓋腱に対する剛性評価手法を確立した。その結果、新たな剛性評価手法の再現性、有用性が示された。今後、臨床応用へ展開できれば、腱の剛性を客観的に評価する手法として貢献できるものと期待できる。

論文審査結果の要旨

本論文は、超音波エラストグラフィーを用いた腱に対する剛性評価の現状の問題点を実験的に示し、ヒト膝蓋腱を対象とした新しい剛性評価手法を提案し、その再現性および有用性を示すことを目指した研究論文である。

腱障害による痛みがスポーツ競技の引退へつながる事例は多く報告されており、腱障害による腱の剛性低下を早期に検出できれば、その臨床的意義は大きい。しかし、これまで腱の剛性を客観的に評価できる手法は確立されていない。超音波エラストグラフィーは臨床的評価として期待されているが、現在臨床場面で実施されている徒手操作による計測方法では、その再現性に大きな課題がある。

そこで、申請者は、前述のように、超音波エラストグラフィーを用いた腱に対する剛性評価の問題点を実験的に示し、ヒト膝蓋腱を対象とした新しい剛性評価手法の確立を目指した。

本論文の成果は、以下の 3 点に要約される。

1. 荷重を制御できる機器を用いてファントムを対象とした超音波エラストグラフィー計測のモデル実験を実施して、荷重条件が Stain ratio 計測値に与える影響を明らかにした。
2. モデル実験結果をもとに、ヒト膝蓋腱を対象とする新たな剛性評価手法を提案した。
3. ヒト膝蓋腱を対象とした実証実験の結果、提案手法の再現性、有用性を示した。

以上述べたように、本論文で提案された、超音波エラストグラフィーによる新たな腱の剛性評価手法は、ヒト膝蓋腱に対する客観的な剛性評価に寄与するものである。今後、臨床応用へ展開できれば、腱障害の早期発見や予防につながる貢献が大いに期待される。これまでの臨床的課題を解決できる点で、本論文の学術的価値は高い。

申請者のこれまでの研究成果は、申請者が筆頭著者となっている査読付き学術論文 4 件、学術論文（共著）3 件、国際学会発表（筆頭者）1 件、国内学会発表（筆頭者）9 件など、多数公表されており、医学分野の学術研究として、その意義が認められている。

以上より、学術的に優れた成果を挙げた本論文は、博士（工学）の学位論文として十分に価値あるも

のと認める。