

氏名（本籍）	蛭原 文吾（茨城県）
学位の種類	博士（保健医療科学）
学位記番号	博甲第40号
学位授与年月日	令和4年3月15日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	保健医療科学研究科
学位論文題目	変形性膝関節症と人工膝関節全置換術を対象にした 大腿四頭筋腱ヤング率と歩行速度の関係

学位審査委員

主査	茨城県立医療大学教授	博士（保健学）	富田 和秀
副査	茨城県立医療大学教授	博士（ヒューマン・ケア科学）	堀田 和司
副査	茨城県立医療大学准教授	博士（保健医療科学）	青山 敏之
審査員	筑波大学講師	博士（医学）	金森 章浩

論文の内容の要旨

【背景】変形性膝関節症(Knee osteoarthritis ; 膝 OA)や人工膝関節全置換術(Total knee arthroplasty ; TKA)の症例は、歩行速度が低下している。歩行速度の低下は障害の発生や転倒につながる可能性がある。歩行速度に関連する要因には、筋力や関節可動域(Range of motion ; ROM), 痛み等がある。加えて、大腿四頭筋腱の硬さと歩行速度に負の相関があることが報告されている。しかし、この関係は明確になっていない。【目的】目的は大腿四頭筋腱の硬さと歩行速度の関係を明らかにすることである。本研究は第1から第3の研究からなる。第1研究では、重度膝 OA を対象に、大腿四頭筋腱の硬さと遊脚期の膝関節最大屈曲角度の関係を明らかにする。第2研究では、重度膝 OA を対象に、大腿四頭筋腱の硬さと歩行速度の関係を明らかにする。第3研究では、TKA 前後を対象に、大腿四頭筋腱の硬さと歩行速度の変化量の関係について示唆を得ることを目的とする。

【方法】第1研究では30名の参加者を集めた。測定項目は膝関節のROMと硬さの指標である大腿四頭筋腱ヤング率、歩行速度、歩幅、歩行率、遊脚期の膝関節最大屈曲角度、歩行時痛である。大腿四頭筋腱ヤング率はShearWave Elastographyを用いて測定した。歩行に関するデータは、三次元動作解析装置を用いて通常歩行を解析することで求めた。統計分析は遊脚期の膝関節最大屈曲角度を目的変数とした重回帰分析を行った。第2研究では36名の参加者を集めた。測定項目は膝関節のROMと大腿四頭筋腱ヤング率、膝関節の伸展筋力、歩行速度、歩幅、歩行率、遊脚期の膝関節最大屈曲角度、踵接地時の膝関節屈曲角度、歩行時痛である。統計分析は構造方程式モデリングを行った。第3研究では16名の参加者を集め、術前と術後1年に測定を実施した。測定項目は膝関節の周径とROM、大腿四頭筋腱ヤング率、膝関節の伸展筋力、片脚立位保持、歩行速度、歩幅、

歩行率，遊脚期の膝関節最大屈曲角度，歩行時痛，日本整形外科学会膝疾患治療成績判定基準である。統計分析にあたり，術後1年の測定値から術前の測定値を引くことで変化量を求め，変化量を用いてパス解析を行った。本研究は茨城県立医療大学倫理委員会(承認番号:e159)と総合病院土浦協同病院倫理委員会(承認番号:690)に承認されている。

【結果及び考察】第1研究の結果，遊脚期の膝関節最大屈曲角度の説明変数は，膝関節屈曲60°の大腿四頭筋腱ヤング率(標準偏回帰係数 [Standardized partial regression coefficient ; β] = -0.410, $P=0.013$)と歩行速度($\beta=0.433$, $P=0.009$)であった。第2研究の結果，膝関節他動屈曲ROMは膝関節屈曲60°の大腿四頭筋腱ヤング率の説明変数であり($\beta=-0.50$, $P<0.001$)，膝関節屈曲60°の大腿四頭筋腱ヤング率は遊脚期の膝関節最大屈曲角度の説明変数であり($\beta=-0.67$, $P<0.001$)，遊脚期の膝関節最大屈曲角度は歩行率($\beta=0.35$, $P=0.035$)と歩幅($\beta=0.55$, $P<0.001$)の説明変数であり，歩行率と歩幅は歩行速度の説明変数であった($\beta=0.50$, $P<0.001$ と $\beta=0.63$, $P<0.001$)。第3研究の結果，膝関節屈曲60°の大腿四頭筋腱ヤング率は遊脚期の膝関節最大屈曲角度の説明変数であり($\beta=-0.513$, $P=0.042$)，遊脚期の膝関節最大屈曲角度は歩幅の説明変数であり($\beta=0.586$, $P=0.017$)，歩幅は歩行率の説明変数であり($\beta=0.733$, $P=0.001$)，歩幅と歩行率は歩行速度の説明変数であった($\beta=0.563$, $P<0.001$ と $\beta=0.502$, $P<0.001$)。本研究によって，大腿四頭筋腱ヤング率の増加は遊脚期の膝関節最大屈曲角度の低下を引き起こし，遊脚期の膝関節最大屈曲角度の低下は歩幅の低下や歩行率の低下につながることで，歩行速度を低下させる可能性が示された。【今後の課題】本研究によって，大腿四頭筋腱ヤング率が歩行速度に影響することが明らかになったが，大腿四頭筋腱ヤング率を低下させる具体的な理学療法は明らかになっていない。今後の課題は大腿四頭筋腱ヤング率を効率的に低下させる介入を検討することである。【結語】重度膝OAにおいて，大腿四頭筋腱ヤング率は遊脚期の膝関節最大屈曲角度や歩幅，歩行率を介して歩行速度に影響していた。TKA前後において，大腿四頭筋腱ヤング率の変化量は遊脚期の膝関節最大屈曲角度や歩幅，歩行率の変化量を介して歩行速度の変化量に影響する可能性が示された。臨床的意義として，大腿四頭筋腱ヤング率を低下させる介入を行うことで，歩行速度が増加する可能性が示された。

審査の結果の要旨

本論文の審査では、令和4年2月4日に公開の場での研究発表と質疑応答を行った後に、上記の審査員4名による協議が行われた。論文審査は、本研究科の指針に従い、創造性・新規性、専門領域との関連性、論理性、信頼性・妥当性、論文の表現力、倫理的配慮の観点から行われた。以下に、各観点に関する協議内容の要旨を述べる。

本博士論文は、超音波 Shear Wave Elastography によるヤング率を用いて、重度膝 OA ならびに TKA 術後の大腿四頭筋腱の硬さを数値化し、歩行速度との関連について因果関係を含め明らかにした研究であり、新規性の高い研究である。

第1研究では、重度膝 OA 患者を対象に、大腿四頭筋腱ヤング率が遊脚期の膝関節最大屈曲角度に影響にすることを、第2研究では、大腿四頭筋腱ヤング率が歩行速度に影響することを明らかにしている。第3研究では TKA を対象に、術前から術後1年の大腿四頭筋腱ヤング率の変化量が、歩行速度の変化量に影響すること明らかにした。本研究によって、重度膝 OA では大腿四頭筋腱ヤング率が遊脚期の膝関節最大屈曲角度や歩幅、歩行率を介して歩行速度に影響することが示された。また、TKA 前後において、大腿四頭筋腱ヤング率の変化量が遊脚期の膝関節最大屈曲角度や歩幅、歩行率の変化量を介して歩行速度の変化量に影響する可能性が示唆された。

本研究論文は、研究目的を達成する上で用いられた論法は適切であったと評価された。一方で、測定した大腿四頭筋腱ヤング率の持つ機能解剖学的な意義について、研究の余地があると考えられた。また研究デザイン面においては、研究対象者にコントロール群を設定し比較検討をすることで、さらに研究成果が期待できるとの意見もあった。

本論文の研究手段は妥当と評価された。第2と3研究で使用された構造方程式モデリングやパス解析の統計的手法を用いる上でサンプルサイズの指摘があったものの、重度膝 OA ならびに TKA 術後の貴重な臨床データであることを考慮した上で評価された。また、論文全体の構成は整えられており、表現自体も適切であった。

倫理面については、茨城県立医療大学倫理委員会ならびに総合病院土浦協同病院倫理委員会の承認を得て行われており、適切な倫理的配慮がなされていた。

本研究は、膝 OA 患者の抱える歩行時の問題点において、歩行遊脚期における膝屈曲不足は、転倒や歩行速度との関連から重要な臨床的問題点であり、そのメカニズムの一端を解明するという観点で臨床的意義の高い研究である。さらに本研究の成果は、膝 OA ならびに TKA 術後の歩行速度改善に向けた治療プログラムに反映することができる新たな知見であり、また新たな理学療法手技の開発に必要な理論的バックグラウンドを与えることができる研究成果である。さらに、医療現場だけではなく介護予防分野などにも広く役立つことが期待できる。なお、第1～3研究の研究成果は、其々で国際学術誌にも掲載され、十分な研究功績につながった。

以上の論文審査結果を総括して、審査員全員の合意のもとに、本論文が博士論文として適切であることを認めた。