

氏名	古賀 優之
学位の種類	博士（健康科学）
学位記番号	甲第 56 号
学位授与年月日	令和 8 年 3 月 19 日
学位授与の条件	畿央大学 学位規程第 17 条第 1 項 該当
論文題目	Elucidation of Multidimensional Mechanisms Underlying Persistent Postoperative Pain after Total Knee Arthroplasty (人工膝関節全置換術後遷延痛に關与する多次元的機序の解明)
指導教員	教授 森岡 周
論文審査委員	主査 教授 大住 倫弘 副査 教授 前岡 浩 副査 教授 瓜谷 大輔

学位論文審査要旨

人工膝関節全置換術後における遷延性術後痛は、構造的問題が改善された後も一定割合の患者に生じる临床上重要な課題である。従来、疼痛強度に着目した研究が中心であったが、「痛み」は多次元的要素を含む概念であり、強度のみではその発生機序を十分に説明することは困難である。本論文は、術後疼痛を「痛みの性質」「運動機能」「情動」といった複数の側面から統合的に捉え、その経過を明らかにしようとする点において独創性を有する。さらに、これら異なる次元の相互作用に着目した点も独創的である。

第一研究では、疼痛の質的側面に着目し、術前および術後早期における疼痛の性質が術後遷延痛にどのように関連するかを検討している。ベイズ推定に基づく一般化線形混合モデルおよび一般化線形モデルを用いた解析により、術後早期に認められる「ひきつるような」痛みが、その後の遷延性術後痛の発生と関連することを示した点は、疼痛の質的評価の重要性を示唆する新たな知見である。また、サンプルサイズの制約を踏まえた上で適切な統計モデルを選択している点も評価できる。

第二研究では、運動機能に着目し、術後早期の運動学的指標と疼痛および恐怖との時間的関連性を検討している。Cross-Lagged Panel Model を用いた解析により、不動が疼痛を誘発し、疼痛が運動の乱れを増大させるという双方向的関係が示され、術後早期における悪循環の形成が明らかとなった。この結果は、疼痛と運動制御を切り離して考える従来の枠組みを再考させるものであり、臨床的意義は大きいものと考えられる。さらに、術後早期の介入の重要性を示唆する知見としても位置づけられる。

さらに、本研究は疼痛の質的評価、運動学的解析、情動要因を統合した多次元のアプローチを採用しており、術後疼痛の理解に新たな視点を提供している。特に、「ひきつるような」という主観的表現が筋・運動制御の異常を反映する可能性を示した点は、臨床評価の在り方に示唆を与えるものであり、臨床現場での評価指標の再検討にもつながる可能性がある。

一方で、本研究は多施設データを用いた観察研究であり、長期的フォローアップの制約やサンプルサイズに起因する統計的限界が存在することも適切に認識されている。今後は症例数の拡大やより長期の追跡研究を通じて、得られた知見の一般化および再現性の検証が求められる。また、中枢および末梢要因を統合した包括的モデルの構築も今後の課題である。

以上のように、本論文は人工膝関節全置換術後の遷延性術後痛に対して、多次元視点からその発生機序を解明しようとするものであり、臨床的有用性を有する研究である。

最終試験結果要旨

令和 8 年 2 月 19 日に最終試験を実施し、提出された学位論文の内容に基づき、研究目的、方法、結果および考察について口頭試問を行った。その過程において、研究の妥当性、独創性および臨床的意義に関する多角的な質疑を実施した。

まず統計手法については、本研究は変数の数に対してサンプルサイズが比較的小さい点が指摘されたが、これに対してベイズ推定に基づく MCMC 法を用いることで推定の安定性を担保していることが説明された。さらに、モデルの収束性を指標に統計的妥当性が確認されていることが示され、適切な回答がなされた。次に、「ひきつるような痛み」の機序について考察を求めたところ、十分な筋出力が発揮できない状況下において過剰な運動出力を要求することで、結果として筋の過緊張が生じ、これが当該の疼痛表現につながる可能性が示された。この点についても、運動制御の観点から妥当な説明がなされた。また、心理的要因の関与について検討を求めたところ、本研究の結果は主として心理的要因よりも運動制御に関わる要素の影響を反映している可能性が高いとの見解が示され、研究の位置づけが明確に説明された。エントロピー解析の妥当性については、計算方法およびその解釈について具体的な説明がなされ、解析手法に対する十分な理解が確認された。さらに、動画を用いた運動学データ解析の臨床応用可能性について質問したところ、今後は慣性センサーとの相関を検証することで動画解析の信頼性を担保していく方針が示され、臨床実装に向けた具体的展望が述べられた。フォローアップ期間については、多施設データを用いた研究デザインの制約により長期的追跡が困難であった点が限界として適切に言及されていた。加えて、末梢因子の関与については、術中出血量などの生理学的要因が影響している可能性が示され、中枢・末梢双方の視点からの考察がなされた。最後に、本研究で示された運動制御の問題の臨床的意義について、体重や筋力などの従来指標と比較した際の効果量の位置づけを問うたところ、本研究は臨床経験に基づく仮説の検証段階であり、今後はより包括的なモデルによりその影響を検討していく必要があるとの展望が示された。

以上の質疑を通じて、申請者は本研究分野に関する十分な専門知識と研究遂行能力を有していることが確認された。本研究は、術後疼痛を多次元的に捉え、運動制御の観点からその機序を提示した点において新規性および臨床的意義を有するものである。よって、博士(健康科学)の学位を授与するに値すると判断した。