

氏名	なかえ なるひこ 中江 徳彦
本籍	長崎県
学位の種類	博士（工学）
学位の番号	甲第40号
学位授与年月日	平成26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	膝関節の前方剪断力を制御した運動療法と機器の開発
論文審査委員	主査 教授 小柳 磨 毅 副査 教授 赤 滝 久 美 副査 教授 森 本 正 治 副査 境 隆 弘 (大阪保健医療大学大学院教授)

## 論文内容の要旨

本論文の目的は、膝前十字靭帯（anterior cruciate ligament：ACL）再建術後の早期から膝伸展域で実施できる新たな大腿四頭筋のトレーニング方法と機器を開発することである。

第1章では、本研究に至った背景と意義、目的について述べている。

第2章ではACLの理解を深めるために解剖とバイオメカニクスについて述べている。

第3章ではACL損傷の疫学、受傷機転とメカニズム、病態と臨床症状および治療、移植腱の再構築とバイオメカニクス、大腿四頭筋トレーニング問題点について述べている。

第4章では考案したFBP（front bridge exercise with a leg support at proximal tibia）運動の力学モデルを作成し、膝関節の剪断力を運動方程式によって推定し、FBP運動は後方剪断力を発生させ、ACL再建術後早期から膝伸展域で大腿四頭筋の強化を安全に実施できるトレーニングであると推察している。

第5章では、FBP運動の力学モデルと剪断力推定の妥当性を検証するために、ACL不全膝症例を対象にX線透視画像にて脛骨前方移動量を実測し、推定剪断力の妥当性を実証

している。

第6章ではACL不全膝症例を対象にFBP運動による大腿四頭筋の筋活動を調査し、筋力トレーニングの有効性を確認している。

第7章では研究成果をもとに、ACL再建術早期から大腿四頭筋に高負荷を加えられる新たなトレーニング機器を開発している。

第8章では総括として、FBP運動はACL再建術後早期における大腿四頭筋強化トレーニングとして安全で有効であることが立証されたことで、本論文の成果がACL再建術後リハビリテーションの発展に寄与すると述べている。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、ACL 再建術後早期の膝伸展域では大腿四頭筋の強化が行うことができないという問題に対する解法を、新たな大腿四頭筋のトレーニング方法と機器を開発することにより解決した、スポーツ医学領域の先端的な研究論文である。現在、ACL 再建術後には大腿四頭筋の筋力低下が発生し、移植腱の損傷や骨孔への癒合不全を助長する可能性があるため、術後早期における大腿四頭筋の強化は、伸展運動の範囲を制限する必要がある。しかし、スポーツ活動に重要な伸展位付近での大腿四頭筋に対する高負荷のトレーニングは困難であり、伸展域での筋力低下がスポーツ復帰を遅延させる要因となっている。この技術的限界を打破する可能性を追求した本論文の成果は、以下の5点に要約される。

1. 膝関節の前方剪断力を抑制しつつ大腿四頭筋を強化するトレーニングとして、腹臥位で下腿近位を支点に膝伸展運動を行う下腿近位支持ブリッジ運動（front bridge exercise with a leg support at proximal tibia : FBP）とこれに用いる機器を考案した。
2. FBP 運動の力学モデルを作成し、生理実験を行い膝関節に後方剪断力が発生することを推定した。
3. ACL 不全膝症例の脛骨前方移動量を X 線透視画像によって解析し、FBP では脛骨が後方に位置し、力学モデルによる推定剪断力が妥当であることを実証した。
4. FBP 運動による大腿四頭筋の筋活動を調査し、患側の筋力トレーニングに有効であり、さらに大腿後面に負荷を加えた RFBP では特に ACL 損傷後に選択的に筋萎縮が進む内側広筋に対して有効であることを示した。
5. 以上の研究成果をもとに FBP トレーニング用の試作器を作成し、実証実験にて大腿四頭筋に高負荷を加えられる有効な機器であることを明らかにした。

以上述べたように、本論文は、ACL 再建術後早期の膝伸展域における大腿四頭筋の強化に関する問題に対する解法を提案するとともに、提案手法を評価した実証研究（理論研究）である。これらの研究成果は、学会論文誌 2 件、査読付国際学会 1 件として公表されていることを鑑みると、当該分野の研究を推進する上で、学術面での貢献は大きいと認めることができる。また、臨床における新たなトレーニング方法ならびに機器としての有用性が高いことから、社会的ニーズに応える真の研究としての貢献も大きいことを示している。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

論文審査委員

主 査 教授 小 柳 磨 毅  
副 査 教授 赤 滝 久 美  
副 査 教授 森 本 正 治  
副 査 境 隆 弘

(大阪保健医療大学大学院教授)

## 論文審査結果の要旨

最終試験の結果、合格と認める。

論文審査委員

主 査 教授 小 柳 磨 毅

副 査 教授 赤 滝 久 美

副 査 教授 森 本 正 治

副 査 境 隆 弘

(大阪保健医療大学大学院教授)