

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：34519
研究種目：奨励研究
研究期間：2019 年度
課題番号：19H00489
研究課題名：膝周囲骨切り術後患者における歩行時の荷重緩衝能力に影響する因子について

研究代表者
瀬戸川 啓 (SETOGAWA, Kei)
兵庫医科大学・医学部・理学療法士

交付決定額（研究期間全体）（直接経費）：540,000 円

研究成果の概要：本研究では膝周囲骨切り術（Around knee osteotomy: AKO）術後患者における歩行時の荷重緩衝能力の指標（負のピーク膝関節パワー（W/kg）並びに膝屈曲角度変化量（rad））に影響する膝の筋機能について調査した。結果、荷重応答期の膝屈曲角度変化量と角速度 $60^\circ/\text{sec}$ および角速度 $180^\circ/\text{sec}$ の膝伸展（Rate of torque development: RTD）に有意な正の相関を認めた。これらの結果は AKO 後の大腿四頭筋の短時間の力発生率が、荷重緩衝能力の維持改善にとって重要であることを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本結果は、AKO 術後患者が歩行時の荷重緩衝能力を維持し、長期的な関節保護を実現する上で、大腿四頭筋の短時間の力発生能力が重要であることを示唆している。従来の膝関節術後のリハビリテーションでは膝周囲筋の最大筋力の強化に主眼が置かれてきたが、本研究で得られた知見は、最大筋力よりも短時間の力発生能力が関節保護につながる歩容の正常化にとって、より効果的であることを示唆している。これらの知見は長期関節保護を目的とするより効果的な AKO 術後リハビリテーションを構築する上で有用である。

研究分野：スポーツ科学，体育，健康科学およびその関連分野

キーワード：膝周囲骨切り術，リハビリテーション，歩行

1. 研究の目的

近年、変形性膝関節症（Knee osteoarthritis: KOA）患者に対する外科的治療法として内反変形をきたした膝関節のアライメントを矯正することで、除圧、除痛効果が実現できる膝周囲骨切り術（around knee osteotomy: AKO）が注目されている。これらの手術は高度に変形した膝関節でも生理的な膝関節面を再建できるという利点がある。一方で、膝関節の生理的なアライメントの再建により膝にやさしい歩行パターンが再獲得できるかは不明な点がある。正常歩行における大腿四頭筋（quadriceps femoris: QF）の役割として、荷重初期の膝の屈曲を伴った遠心性収縮による力学的エネルギーの吸収とこれに伴う関節軟骨負荷の軽減がある¹⁾。しかし、KOA 患者では、歩行時の膝の屈曲可動域の減少とエネルギー吸収の低下が見られることが報告されており²⁾、これらの特徴は膝関節への過荷重を助長し、病態の進行を促進する懸念がある。临床上、AKO 術後患者においても、手術によって生理的なアライメントを再獲得したにも関わらず、術前の膝の屈曲に乏しい歩容が残存している症例に度々遭遇する。先行研究では、KOA 患者において、QF の短時間の力発生率を表す rate of torque development (RTD) が、歩行時の荷重緩衝能力と関連していたと報告されており^{3,4)}、AKO 術後患者においても、これらの筋機能が術後の歩容に関連している可能性がある。しかし、AKO 術後の膝関節の荷重緩衝能力に影響する筋機能については明らかにされていない。これらの調査は AKO 術後の長期関節保護を実現するための効果的なリハビリテーションを構築する上で有用である。そこで本研究では、まず AKO 術後患者における歩行解析を実施し、荷重緩衝能力の指標として、歩行荷重応答期の膝屈曲角度変化量と、力学的エネルギーの吸収の程度を表す負の膝関節パワーを計測した。また、等速性筋力測定装置を用いて、膝周囲筋機能として角速度 $60^\circ/\text{sec}$ 、 180°

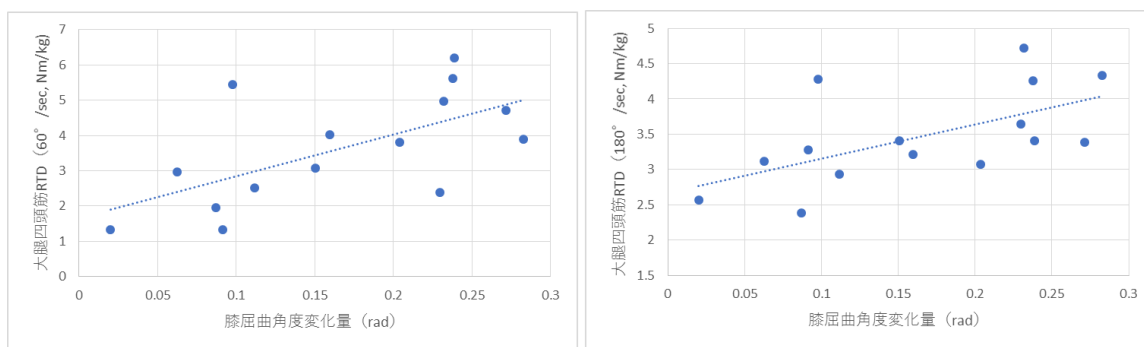
/sec におけるピークトルク、および RTD を計測した。得られた筋機能と歩行時の膝屈曲角度変化量、負の膝関節パワーについて相関関係を調査した。

2. 研究成果

当院にて AKO 手術後、約 1 年を経過した AKO 術後患者 15 例（年齢 64.6 ± 7.4 歳、BMI 25.1 ± 3.0 kg/m²）の自由快適歩行を床反力計（キスラー社製）と画像解析ソフト（DKH 社製）を用いて計測した。また荷重応答期の大腿四頭筋の遠心性収縮の指標として負のピーク膝関節パワー（W/kg）並びに膝屈曲角度変化量（rad）を算出した。膝周囲筋の筋機能の測定は、等速性筋力測定装置（バイオデックス社製）を用い、角速度 60° /sec、 180° /sec における膝伸展ピークトルク体重比（Nm/kg）、およびトルク産生後 0.18 秒後の rate of torque development（RTD）（Nm/kg/sec）を算出した。得られた筋機能および、年齢、BMI、歩行速度と歩行荷重応答期における負のピーク膝関節パワー、膝屈曲角度変化量との関連を、ピアソンの相関係数またはスピアマンの順位相関係数を用いて調査した。

結果、荷重応答期の膝屈曲角度変化量と角速度 60° /sec および角速度 180° /sec の膝伸展 RTD に有意な正の相関を認めた（其々 $r = 0.62$, $p < 0.05$, $r = 0.60$, $p < 0.05$ ）。また、歩行速度と荷重応答期の膝屈曲角度変化量（ $r = 0.52$, $p < 0.05$ ）、負のピーク膝関節パワー（ $r = -0.59$, $p < 0.05$ ）に其々相関を認めた。その他の項目に有意な相関を認めなかった。

本研究結果より、QF の最大筋力よりも短時間の力産生能力である RTD が、AKO 後の荷重応答期の膝屈曲角度変化量に影響していることが示唆された。これは RTD が歩行速度に応じて適切な時間内に適切な遠心性筋活動を発揮する能力を反映しているためと思われる。AKO 術後の歩行時の荷重緩衝能力を維持、改善する上で、QF に対して低から中角速度条件における求心性収縮下での RTD を強化する介入は効果的である可能性がある。



<引用文献>

- ① H. Nagano, I. Tatsumi, E. Sarashina, W.A. Sparrow, R.K. Begg, Modelling knee flexion effects on joint power absorption and adduction moment, *Knee*. 22 (2015) 490–493.
- ② S. Farrokhi, M. O’Connell, G.K. Fitzgerald, Altered gait biomechanics and increased knee-specific impairments in patients with coexisting tibiofemoral and patellofemoral osteoarthritis, *Gait Posture*. 41 (2015) 81–85.
- ③ J.D. Winters, K.S. Rudolph, Quadriceps rate of force development affects gait and function in people with knee osteoarthritis, *Eur. J. Appl. Physiol*. 114 (2014) 273–284.
- ④ P.W. Kline, C.A. Jacobs, S.T. Duncan, B. Noehren, Rate of torque development is the primary contributor to quadriceps avoidance gait following total knee arthroplasty, *Gait Posture*. 68 (2019) 397–402.

3. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

瀬戸川 啓、水野 貴文、他、変形性膝関節症患者における大腿四頭筋機能が歩行時の遠心性収縮に与える影響、*運動器リハビリテーション*、査読有、30 巻、2019、41-46

〔学会発表〕（計 3 件）

- ① 瀬戸川 啓、水野 貴文、他、変形性膝関節症患者における膝周囲筋機能が荷重応答期の膝屈曲角度変化量に与える影響、第 7 回日本運動器理学療法学会、2019.10、岡山市
- ② 瀬戸川 啓、水野 貴文、他、変形性膝関節症患者における大腿四頭筋機能と患者立

- 脚型評価との関係、第31回日本運動器科学会、2019.7、岡山市
- ③ 瀬戸川 啓、水野 貴文、他、The effects of quadriceps force accuracy, steadiness and strength on loading rate during walking in patients with knee osteoarthritis、ISPRM2019、2019.5、神戸市
- [図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

- 取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

4. 研究組織

研究協力者

研究協力者氏名：水野 貴文、梶原 和久、今村 翔太、内山 侑紀、児玉 典彦、中山 寛、藤岡 宏幸、道免 和久

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。