

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462293

研究課題名(和文) ロボットシステムによる半月板生体力学機能評価—半月機能温存治療の新たな評価法—

研究課題名(英文) Novel biomechanics evaluation for meniscus with a robotic system

研究代表者

前 達雄 (MAE, TATSUO)

大阪大学・医学系研究科・講師

研究者番号：10569734

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：半月板損傷は損傷部位や形態により、その機能障害に差が生じる。膝関節への垂直荷重及び外反トルク負荷に対し、半月板中節横断裂にて、33%幅及び66%幅の横断裂では有意な変化はなかったが、100%幅の横断裂にて半月板荷重が有意に減少した。同様に、中節から後節への半月板縦断裂にて、辺縁部での損傷よりは実質部での損傷の方が高い荷重減少率であった。さらに後節に横断裂作成すると、中節に作成したものより120度屈曲位で、より関節間の接触圧が上昇した。

研究成果の概要(英文)：In situ force of the lateral meniscus with 33% width and 66% width of radial tear was similar to that of the intact meniscus, while the in situ force of the meniscus with 100% width of radial tear significantly decreased in response to axial load and valgus torque. Under the same loading conditions, decrease ratio of the in situ force of the meniscus with longitudinal tear at the meniscus body was larger than that at the peripheral site. Moreover, the contact pressure between femur and tibia was larger with the radial tear at middle portion of the meniscus than with that at the posterior portion.

研究分野：arthroscopic surgery

キーワード：meniscus radial tear longitudinal tear

1. 研究開始当初の背景

半月板は、膝関節の荷重分散、衝撃吸収、潤滑及び膝安定化等の機能を有しており、膝関節において重要な役割を担っている。一方でスポーツ活動や年齢的な変化に伴い損傷し、疼痛やひっかかりまたは伸展制限を呈し、手術に至ることも多い。半月板手術は、膝関節鏡手術の中では最も多い手術であるが、半月板の血行が関節包側の10-25%の部分にのみあり、それ以外は無血行野であるため、その大半が切除術である。しかし切除後に膝変形性関節症変化を生じる事が報告されており、活動性や生活レベルの低下、追加手術の必要性等、問題点が多い。

ところで、半月損傷や切除・縫合術による関節への影響を調べた過去の報告では、垂直荷重負荷による関節面の接触面積や接触圧のみを評価したものしかなく、半月板自体の荷重変化を計測しておらず、半月板の機能を正確に反映できていなかった。

2. 研究の目的

膝関節に垂直荷重及び外反トルクを負荷した際の半月板荷重を計測することにより、

- (1) 半月板損傷による影響を調べる。
 - (2) 圧センサーから得られる関節圧を評価し、半月損傷部位との関係を調べる。
- ことを目的とした。

3. 研究の方法

生体関節力学試験用ロボットシステムに食用ブタ膝を装着し、荷重負荷を行った。(図1)



図1：生体関節力学試験用ロボット

(1) 半月板損傷による影響

①横断裂

外側半月中節に、33%、66%及び100%幅の横断裂を作成し、各損傷による半月板の荷重を調べた。与えた荷重負荷は、垂直荷重250N及び外反トルク5Nmである。

②縦断裂

内側半月中後節に、辺縁部(rim群)、辺縁から1/3幅分実質部に入った部位(outer群)、そして辺縁から2/3幅分実質部に入った部位(inner群)に縦断裂を作成し、垂直荷重250N負荷下での、各損傷による半月板の荷重変化を計測した。

(2) 半月損傷部位の違いによる関節圧変化

関節包を可能な限り残し、外側半月板と脛骨の間に圧センサーを挿入し、外側半月中節あるいは後節に100%横断裂を作成し、垂直荷重250N負荷時の圧分布を比較した。

4. 研究成果

(1) 半月板損傷による影響

①横断裂

垂直荷重負荷において、断裂幅33%及び66%では、正常半月荷重と同等の半月板荷重であったが、断裂幅100%にて有意に半月板荷重が低下した。(図2) また、外反トルク負荷にて同様に、100%幅の断裂にて有意に半月板荷重が低下した。(図3)

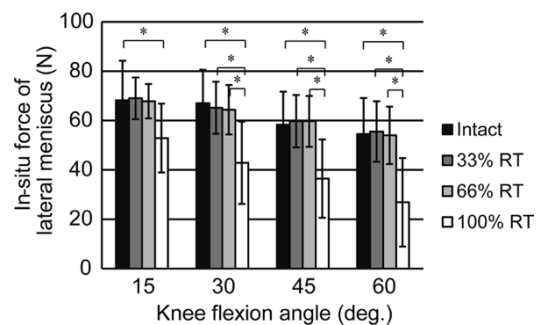


図2：垂直荷重負荷時の外側半月板荷重

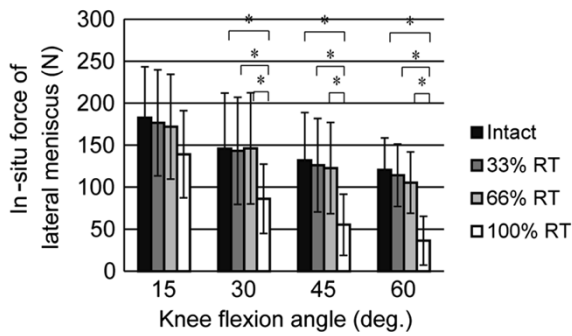
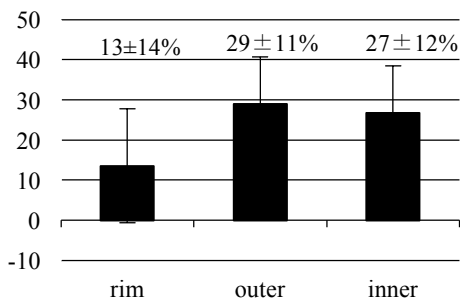


図3：外反トルク負荷時の外側半月板荷重

②縦断裂

内側半月板に縦断裂を加えると、垂直荷重条件下での内側半月荷重は減少し、さらに辺縁部損傷よりも実質部損傷でその変化は大きかった。(図4)

a)



b)

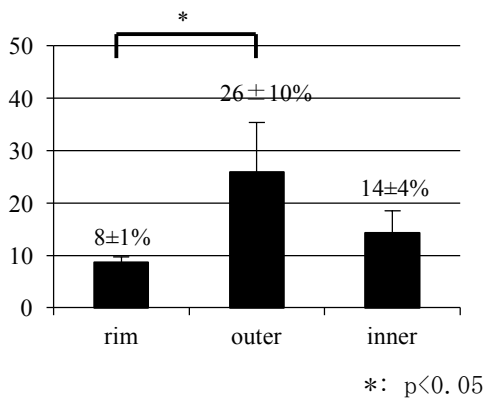
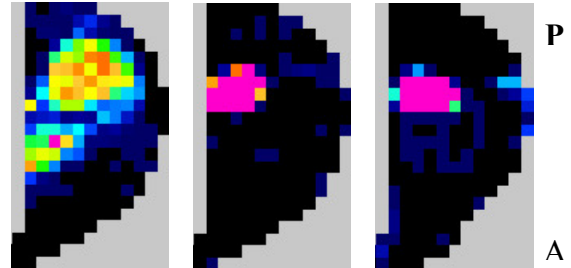


図4：垂直荷重負荷時の内側側半月荷重変化

a) 膝屈曲 30 度、b) 膝屈曲 90 度

(2) 損傷部位による関節圧変化

中節と後節ともに、100%幅の横断裂作成にて、関節の接触圧は上昇した。さらに、屈曲120度においては、後節に断裂を作成すると中節よりも有意に圧の上昇を認めた。(図5)



正常膝 中節断裂膝 後節断裂膝

図5：外側関節面の圧分布

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Tachiban Y, Mae T, Fujie H, Shino K, Ohori T, Yoshikawa H, Nakata K. Effect of radial meniscal tear on in situ forces of meniscus and tibiofemoral relationship. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Feb; 25(2): 355-361, 2017. doi 10.1007/s00167-016-4395-4.

2. 橋 優太, 前 達雄, 史野根生, 大堀智毅, 藤江裕道, 山川学志, 武 靖浩, 吉川秀樹, 中田 研. ブタ膝外側半月の荷重：横断裂による荷重変化. *臨床バイオメカニクス* 37, 109-114, 2016.

3. 横井裕之, 前 達雄, 井内 良, 橋 優太, 史野根生, 興村慎一郎, 吉川秀樹, 中田 研. 半月板修復術の生体力学的解析：形状を工夫した新規の組織補強材料と縫合糸の特性. *臨床バイオメカニクス* 36, 53-57, 2015.

〔学会発表〕（計5件）

1. 橘 優太、前 達雄、史野根生、藤江裕道、大堀智毅、横井裕之、吉川秀樹、中田 研.
ブタ膝内側半月の荷重測定：縦断裂における影響. 第11回日本CAOS研究会（新潟）2017.3
2. 橘 優太、前 達雄、史野根生、藤江裕道、大堀智毅、横井裕之、吉川秀樹、中田 研.
ブタ膝内側半月の荷重分散機能解析：縦断裂による影響. 第43回日本臨床バイオメカニクス学会（札幌）2016.10
3. 橘 優太、前 達雄、史野根生、藤江裕道、山川学志、武 靖浩、大堀智毅、吉川秀樹、中田 研.
半月板横断裂の程度による半月にかかる荷重の変化. 第30回日本整形外科基礎学術集会（富山）2015.10

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前 達雄 (MAE TATSUO)
大阪大学・医学系研究科・講師
研究者番号：10569734

(2) 研究分担者

中田 研 (NAKATA KEN)
大阪大学・医学系研究科・教授
研究者番号：00283747

藤江 裕道 (FUJIE HIROMICHI)
首都大学東京・システムデザイン学部・教授
研究者番号：20199300

米谷 泰一 (YONETANI YASUKAZU)
大阪大学・医学系研究科・助教
研究者番号：80642090

(H27まで分担者として参画)

(3) 連携研究者

史野 根生 (SHINO KONSEI)
大阪行岡医療大学・リハビリテーション学部・教授
研究者番号：40135679

(4) 研究協力者

橘 優太 (TACHIBANA YUTA)
大阪大学・医学系研究科・大学院生
研究者番号：なし

大堀 智毅 (OHORI TOMOKI)
大阪大学・医学系研究科・大学院生
研究者番号：なし