

論文内容の要旨

The morphological characteristics of the medial patellotibial ligament and its insertion site using three-dimensional computed tomography: cadaveric study

(3D-CT を用いた内側膝蓋脛骨靭帯の形態学的特徴とその挿入部に関する解剖学的研究)

(大矢康貴, 田島吾郎, 丸山盛貴, 菅原敦, 及川伸也, 谷藤航, 中野剛, 土井田稔)

(Journal of Iwate Medical Association 75 巻, 3 号 令和 5 年 8 月掲載)

I. 研究目的

内側膝蓋脛靭帯 (MPTL) は、膝蓋骨から起始し脛骨に停止する幅が均一な薄い靭帯で、主に膝関節屈曲時に作用する膝蓋骨の重要な安定化構造の 1 つと考えられてきた。MPTL は 1989 年に Terry らによって、初めて報告された。生体力学的研究により、この靭帯は膝関節伸展時に膝蓋骨の内側安定化力の 0~26%、膝関節屈曲時には 20~46% 寄与しており、膝蓋骨の外側変位を防ぐ内側軟部組織の拘束因子であると報告された。

現在、MPTL 再建は、膝蓋大腿の安定性を回復するための幅広い技術として注目されており、元の靭帯を解剖学的に再現することの重要性が明らかになっている。特に、膝関節屈曲時に膝蓋骨が外側に脱臼する習慣性膝蓋骨脱臼に対しては、MPFL と MPTL の併用再建により良好な予後が得られることが最近の報告で言及されている。また、MPTL と MPFL を併用した再建術は、より安定性の高い再発性膝蓋骨脱臼に使用できることが証明されている。新しい技術でこれらの再建を行うには、膝蓋骨と脛骨の付着部の詳細な形態を定義する必要がある。特に Beck らは、MPTL 再建の際の脛骨の位置の重要性を指摘しており、その位置の変化は、膝蓋大腿運動量に大きな変化をもたらす可能性があるからである。しかし、MPTL の挿入部位の詳細な特徴やランドマークとの位置関係を評価した研究はほとんどない。

本研究の目的は、3次元コンピュータ断層撮影 (CT) 画像における MPTL の解剖学的所見、特にその付着部とランドマークについて正確な説明することである。

II. 研究対象ならび方法

本研究では、肉眼的に退行性変化や外傷性変化のない、非対称のヒト死体左膝 18 個 (男性 11 個、女性 7 個) が用いられた。死亡時の平均年齢は 79.3 歳 (範囲 68~89 歳) であった。すべての死体は 10%ホルマリンで固定され、50%アルコールで 6 ヶ月間保存された。すべての死体は教育・研究目的で寄贈され、死亡前に各患者とその家族から寄贈に関するインフォームドコンセントを得た。この死体研究は岩手医科大学倫理委員会 (IRB: MH2021-151) の承認を得ている。解剖は、標本から大腿骨遠位部と脛骨近位部および腓骨から膝を切除し、膝内側の皮膚と軟部組織を取り除くことから始められ、内側広筋は除去された。関節包を露出させた後、外側傍膝蓋骨アプローチにより、大腿四頭筋腱を切断し、膝蓋骨と膝蓋腱を内側に反転させた。関節包と膝蓋下脂肪体は慎重な剥離により関節内側から除去された。MPFL と MPTL は内側関節包の表層にあり、関節外層に位置していた。

MPTL が膝蓋骨、筋膜、腱にしっかりと付着されている部位、あるいは MPTL の繊維が肉眼的に確認できる末端を MPTL の膝蓋骨付着部と定義した。MPTL の同定後、MPTL およびその他の関連構造の肉眼観察を行った。MPTL の長さおよび MPTL 中央部の幅を定規で測定し、MPTL の長さを決定した。次に MPTL の膝蓋骨側と脛骨側の付着部と、MPFL、PT の膝蓋骨付着部を直径 1.0mm の K ワイヤーを用いてドリルでそれぞれマーキングした。

MPTL の膝蓋骨と脛骨の付着部および関連構造に着目し、3D 画像を解析した。膝蓋骨側では、MPTL、MPFL、PT の付着部をマークし、着色した。付着部の中心は、専用のソフトウェアを用いて定義した。同様に、脛骨側の MPTL 付着部にも印をつけ、膝蓋骨側と脛骨側の挿入部間の長さを測定した。

MPTL の長さは、各付着部の膝蓋骨側と脛骨側の中心間の距離を測定した。また、各 MPTL の付着部の幅も測定した。膝蓋骨の MPTL 付着部の範囲を調べるために、膝蓋骨の上極から MPTL の上端および遠位端までの膝蓋骨全高に対する割合を算出した。その後、脛骨側の計測を行った。MPTL の脛骨挿入部の中心および関連する骨構造の座標を真正面から見た正方形上にマッピングした。これらの画像を 2 次元ビューに投影し、正面図を作成した。膝の大きさの標準化と再現性を確保し、手術中の透視ガイドを行うための独自の座標平面を作成した。3 次元画像上で MPTL 挿入部位の中心から関連構造物までの直接距離を測定した。

III. 研究結果

肉眼的所見

膝蓋骨付着部は内側網様体の深層に付着しており、膝蓋骨の内側下縁に直接付着しているのが確認された。また、膝蓋骨の付着部は MPFL と PT の付着部の中間に位置していた。MPTL は膝蓋骨の付着部から内側で関節包に接し、脛骨粗面の近位内側にある Sartorius 付着部のすぐ近くまで走っていた。肉眼的計測では、MPTL の長さは 44mm、幅は中央部で 9.2mm であった。

MPTL 挿入部位の 3D 解析

膝蓋骨側と脛骨側の MPTL 付着部の中心点間の距離を測定した結果、長さは 40mm であった。各付着部における MPTL の幅を測定したところ、膝蓋骨側で 10mm、脛骨側で 10mm であった。膝蓋骨の MPTL、MPFL、PT 付着部の位置関係を 3D 画像で観察した。膝蓋骨全高に対する MPTL 付着部の高さを百分率で示した。近位端は 70 %、遠位端は 84 であった。

3D 画像の正面図において、脛骨の MPTL 付着部の中心はそれぞれ $x=25\%$ 、 $y=13\%$ であった。脛骨の MPTL 付着部は、脛骨前縁からの距離と先述した鷲足が付着する脛骨粗面内側の溝の頂点からの距離で測定した。この溝はすべての膝で骨性ランドマークとして明確に確認された。脛骨前縁から 16mm 遠位、脛骨結節溝の近位内側面から 21mm 近位に位置し、その位置関係は一定であった。

IV. 結 語

MPTL とその付着部の形態的特徴は一致していることが示された。膝蓋骨の MPTL 付着部は MPFL と PT の付着部の中間やや脛骨側にあり、脛骨前縁と鷲足が付着する脛骨結節溝の近位内側面の頂点との中間であった。この研究の臨床的意義は、MPTL の解剖学的構造の理解が深まったことであり、我々の発見は、これらの構造を正確に解剖学的に修復する外科医の助けとなることであろう。

論文審査の結果の要旨

論文審査担当者

主査 教授 田島 克巳 (医学教育学講座：医学教育学分野)

副査 教授 土井田 稔 (整形外科学講座)

副査 講師 遠藤 寛興 (整形外科学講座)

近年、膝関節屈曲時の膝蓋骨安定性に寄与する靭帯として内側膝蓋脛骨靭帯(MPTL)が注目されてきている。それに伴って膝蓋骨脱臼に対しての靭帯再建法として、以前からその重要性が認知されている内側膝蓋大腿靭帯(MPFL)の再建に加え MPTL の併用再建が重要視されてきている。また、MPTL 再建法の報告の多くは、脛骨側を解剖学的位置より遠位に再建しているが、生体力学の研究では、より近位での再建の方が MPTL の機能が維持されやすく、膝蓋大腿関節の関節症性変化も呈しにくいと報告されており、より解剖学的位置での MPTL 再建が望ましいとされている。しかし、MPTL に関して手術に応用可能な解剖学的研究はほとんどない。本研究は、3D-CT を用いて MPTL の膝蓋骨付着部、脛骨付着部、それらに関連する骨性指標の形態学的特徴を検討した解剖研究である。先行研究での検討項目の他にも膝蓋骨側では MPTL、MPFL、膝蓋腱(PT)の付着部との関連を検討し、術中指標となりうる膝蓋骨の全高に対する割合を算出した。また脛骨側では新たな術中の骨性指標となりうる部位との位置関係を 3D-CT を用いて視覚化した。このことは MPTL ならびに膝蓋骨内側靭帯の解剖学的な再建術を行うための助けになる可能性がある。

本論文は、MPTL の解剖学的な位置での修復法を行う際の指標を決めるうえで有益な知見を示した研究といえる。学位に値する論文である。

試験・試問の結果の要旨

先行研究との相違点、本研究での新たな知見、実臨床(手術)への応用、今後の研究への広がりについて試問を行い、適切な解答を得た。学位に値する学識を有していると考えられる。また、学位論文の作成にあたって、剽窃・盗作等の研究不正は無いことを確認した。

参考論文

- 1) 経験と考察 早期変形性膝関節症に対する内側楔状開大式高位脛骨骨切り術の術後成績 (丸山盛貴, 大矢康貴, 他 3 名と共著). 整形外科, 74 巻, 4 号(2021):P327-329
- 2) 外側型変形性膝関節症に対する medial closed wedge の大腿骨遠位骨切り術の治療成績 (丸山盛貴, 大矢康貴, 他 6 名と共著). JOSKAS, 46 巻, 1 号 (2021) : P76-77