

授与番号	甲第 1843 号
------	-----------

論文内容の要旨

Three-dimensional computed tomography confirmed that the meniscal root attachments and menisiofemoral ligaments are morphologically consistent

(3D イメージングを用いた半月板根付着部および半月大腿靭帯の形態学的検討)

(Tanifuji K, Tajima G, Yan J, Maruyama M, Sugawara A, Oikawa S, Oikawa R, Kikuchi S, Doita M)

(Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 28 巻 11 号 令和 2 年 11 月掲載)

I. 研究目的

半月板は膝関節において、脛骨大腿骨関節の荷重分散と衝撃吸収に重要な役割を果たす。荷重の伝達中に、半月板に作用する力は円周方向のフープ応力に変換され、半月板前後根によって脛骨プラトーに伝達される。さらに、menisiofemoral ligaments (MFLs) は anterior MFL (aMFL) と posterior MFL (pMFL) からなり、外側半月板後角から起始して大腿骨顆間内側に停止する。MFLs は外側半月板を安定化させる機能を担う。半月板の根損傷は、荷重分散機能を著しく障害することで、関節軟骨の急速な変性を惹起し変形性関節症や骨壊死のリスクを高める。また外側半月板後根損傷においては MFLs が残存しているか否かが外側コンパートメントの接触圧の増加に影響を与えうるとされる。このような半月板根損傷に対して半月板機能を維持する目的で、脛骨に作製した骨孔に半月板の根付着部を引き込んで修復する pull-out 法やアンカーを用いて根付着部を脛骨プラトー上に固定する方法が一般的に使用されるが、修復にあたっては半月板根付着部を適切な解剖学的位置に固定することが重要である。そのため我々は、半月板根付着部の形態学的特徴の理解が、より解剖学的で、安全かつ正確な半月板根修復に寄与すると考えた。

半月板根付着部と MFL における解剖学的研究の報告はあるが、それらと術中の指標となりうる骨性指標との位置関係を検討した報告は少なく、本研究では 3 次元 (3D) コンピュータ断層撮影 (CT) を用いて半月板根付着部、MFLs、それらに関連する骨性指標の形態学的特徴と位置関係を明らかにした。

II. 研究対象ならび方法

対象は学生解剖実習用屍体左 28 膝で平均年齢は 82.0 歳、男性 12 肢、女性 16 肢であった。明らかな OA 膝や半月板損傷膝は除外した。屍体から左膝関節を切り出し、皮膚、軟部組織、関節包および大腿骨を除去して脛骨プラトー上の半月板と MFLs を特定した。詳細な肉眼解剖ののち 0.5mm のピンを用いて半月板根付着部をマーキングした。造影剤を半月板表面と MFL 全体に塗布した後、CT 撮影を行い、専用ソフトウェア (Mimics バージョン 21.0, マテリアライズ社, ベルギー) を用いて 3D 画像を作成した。半月板根付着部、MFLs および関連する骨性指標の特徴と、それらの位置関係を分析した。MFLs の外側半月板後角起始部に関して、外側半月板後根付着部と外側半月板の最後縁部との位置関係を解析した。

Ⅲ. 研究結果

1. 内側半月板前根は脛骨プラトーの最も前方に、外側半月板前根は脛骨外側顆間隆起の前内側に位置していた。脛骨プラトー前部において Parsons' knob が内側および外側半月板前根の間に存在していた。内外側半月板後根は内側および外側顆間隆起のそれぞれと、後十字靭帯付着部である posterior intercondylar fossa に近接していた。内側半月板後根と内側顆間隆起頂点および posterior intercondylar fossa 前内側角との距離はそれぞれ 9.3mm, 6.2mm だった。外側半月板後根と外側顆間隆起頂点および posterior intercondylar fossa 前外側角との距離はそれぞれ 6.9mm, 11.1mm だった。
2. 半月板根付着部の表面積の平均は内側半月板前根が 117.1mm², 外側半月板前根が 32.3mm², 内側半月板後根が 50.8mm², 外側半月板後根が 28.7mm² だった。
3. 脛骨プラトーの水平断に長方形を当てはめ、脛骨前縁および内側縁のそれぞれを起点とした 0~100%の座標軸を作成し、内外側半月板根付着部の位置を座標上に示した。前縁・内側縁からの位置は内側半月板前根が 4.6%・43.4%, 外側半月板前根が 35.6%・60.2%, 内側半月板後根が 74.4%・41.8%, 外側半月板後根が 65.7%・54.0% だった。
4. aMFL と pMFL の保有率はそれぞれ 21%と 86%であり、両方の靭帯を有するのは 18% だった。MFL は外側半月板後角の外側縁から起始し、aMFL の方が pMFL に比べ外側半月板後根付着部に近いところから起始していた。MFL は後十字靭帯との交差部で後十字靭帯を包含していたが、それぞれの繊維配向の違いから区別は容易だった。外側半月板後根付着部から外側半月板最後縁部および pMFL 起始部までの距離はそれぞれ 19.0mm, 9.0mm であり、それらの割合は 0.47 だった。

Ⅳ. 結語

本研究では 3D-CT を用いて半月板根付着部, MFLs およびそれらに関連する骨性指標の形態学的特徴を視覚化した。半月板根付着部と骨性指標との位置関係は各部分において固有の特徴を認め一貫していた。Parsons' knob は、脛骨プラトーの前部で内側半月板前根と外側半月板前根を分け、内側および外側半月板後根は、それぞれ内外側顆間隆起と posterior intercondylar fossa に近接しており、これらは関節鏡視可能な構造物であることから半月板根修復術中のランドマークとして有用な骨性指標と考えた。また、3D 画像を用いて計測された半月板根付着部の表面積および脛骨プラトーにおける座標位置は 2D での測定と比較しより正確と考えられ、術前計画や術中に骨孔径および位置を決定する際の指標となりうる。さらに本研究で得た、外側半月板において pMFL が後根付着部と最後縁部のほぼ中点から起始するという結果は、外側半月板後根損傷の位置を評価することから外側半月板の不安定性を予測することに有用で、外側半月板根修復術の適応の決定に寄与する可能性がある。

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、半月板根損傷は変形性関節症や骨壊死のリスクとして注目され、pull-out 法や suture anchor による根修復術が施行されているが、半月板機能を改善するためには根付着部を適切な解剖学的位置に修復することが重要となる。本研究は 3DCT を用いて半月板根付着部、半月大腿靭帯、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学的研究である。内外側半月板前根・後根のそれぞれと術中鏡視可能な骨性指標との関係性、半月大腿靭帯起始部の形態学的特徴について 3D イメージを用いて視覚化した。このことは半月板根付着部および半月大腿靭帯の解剖学的知見をさらに深め、術中鏡視可能な骨性指標との関係性を明確にすることで適切な解剖学的修復術を行うことができることを初めて示した論文である。

本論文は、半月板の解剖学的位置での修復法の開発や手術適応の決定に役立つ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、新たな知見、実臨床への応用、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。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) Qualitative and quantitative anatomic analysis of the posterior root attachments of the medial and lateral menisci

(内外側半月板後根における解剖学的特徴の定性的・定量的検討) (Johannsen AM 他 5 名と共著)

American Journal of Sports Medicine, 40 巻 (2012) : p2342-2347.

2) Bony landmark between the attachment of the medial meniscus posterior root and the posterior cruciate ligament: CT and MR imaging assessment

(内側半月板後根付着部と後十字靭帯付着部についての骨性指標:CT・MRI による評価) (Fujii M 他 6 名と共著)

Skeletal Radiology, 46 巻 (2017) :p1041-1045.