



## Nagoya City University Academic Repository

学位の種類	博士 (医学)
報告番号	甲第2016号
学位記番号	第1421号
氏名	加藤 治朗
授与年月日	令和6年3月22日
学位論文の題名	<p>Efficacy of all-inside devices in reducing gap and step-off in knee extension for ramp lesion repair: A cadaveric study (All-inside デバイスを用いたランプ病変の修復は膝伸展位でギャップとステップオフが減少するため有用である：屍体研究)</p> <p>Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 32: 257-264, 2024</p>
論文審査担当者	<p>主査： 植木 孝俊 副査： 植木 美乃, 大石 久史</p>

## 論文内容の要旨

### 【背景】

Ramp lesion は膝前十字靭帯損傷の症例のうち 20%前後に合併する半月板損傷形態であり、内側半月板後角辺縁の縦断裂を指す。その解剖学的な位置の特性から術前の画像診断精度は低く、前十字靭帯再建の手術時にも見逃されることが多く、近年になって診断・修復術についての報告が多くみられるようになった。修復術については損傷部を All-inside デバイスと呼ばれる半月板縫合器械で前方から縫合する方法(All-inside devise 法)と膝後内側から Suture hook と呼ばれる器具を用いて行う方法(Suture hook 法)があるが、前者は縫合時に断裂部を視認することができないのに対し、後者は直視下で断裂部を整復しながら縫合するというメリットがあるが、手技が煩雑であり追加の皮膚切開や手術時間の延長が懸念されている。臨床報告ではいずれの方法も 80%以上の治癒率が示されており、手術手技による優劣は結論が出ていない。2つの方法には断裂部の視認性の他に、縫合時の膝屈曲角度に大きな違いがあり、All-inside devise 法では膝伸展位、Suture hook 法では 90° 屈曲位で縫合している。実臨床においては、膝屈曲位で ramp lesion が存在する後方軟部組織が弛緩し、伸展していくことで後方軟部組織の緊張が高まることは広く認識されていたが、膝屈曲角度が ramp lesion に与える影響は報告がなかった。そこで、本研究では ramp lesion の手術方法について膝屈曲角度による ramp lesion の動態に注目し、屍体膝を用いて検証することとした。

### 【対象と方法】

Thiel 法で保存された whole-body の屍体を使用した。半月板断裂や高度な軟骨の変性、手術痕がある膝は除外し、8 膝を対象とした(平均年齢 87.6 歳)。関節鏡を用いて ramp lesion モデルを作成し、膝の屈伸時における断裂部の辺縁間距離を Gap(mm)、断裂部後方から確認した断面のずれを Step-off(0; なし、1; 断面の重なりはあるが step-off あり、2; 断面の重なりがない step-off)として評価した。それぞれ、膝屈曲角度が 90°、60°、30°、10° での変化を 2 検者が 2 回ずつ測定し、Gap 平均値の変化、Step-off の残存率を各屈曲角度で比較検討した。動態評価後、All-inside デバイスを用いて ramp lesion を修復し、修復後の Gap、step-off を再評価した。最後に解剖を行い、アンカー固定位置を確認した。測定結果は検者内/検者間信頼性を評価し、Gap 平均値の統計解析には Friedman test 検定を用い、有意水準を 5%とした。

### 【結果】

膝屈曲 90° から伸展位にしていくと、ramp lesion の Gap は有意に減少し、Step-off の grade も膝の伸展に従って改善した。膝を 30° から 10° に伸ばした際には全ての症例で Gap、step-off が完全に消失し、平均 22.5° で ramp lesion は整復位が得られた。All-inside devise での修復後、膝屈曲 90° で確認しても ramp lesion の Gap、step-off は整復されていた。アンカー固定位置は多くが、半膜様筋腱附着部やその周囲の関節包に固定されていた。

### 【考察】

この研究の最も重要な発見は、ramp lesion が膝屈曲から伸展に移行する過程で、元の位置に戻り、断裂部が平均屈曲 22.5° で完全に整復されたことである。過去の研究でも、ramp lesion を含む膝後内側組織の解剖学的な検討で、膝を屈曲させた際に後方関節包が弛緩し半月板から後方へ落ち込む様子が示されており、膝を伸ばすと、関節包は前方および上方に引っ張られ、周辺の半月板に対して張りが保たれることは示されていた。Ahn らは、ramp lesion の修復についての臨床研究の中で ramp lesion の断裂部は膝屈伸により変化することに言及しているが、具体的な

計測は行っていない。また、MRI による ramp lesion の診断精度が、伸展位で 31%から屈曲位で 87%に向上するといった報告もあり、これは屈曲位で Gap が広がり断裂部の間隙を指摘しやすくなった結果だと考える。本研究では ramp lesion の動態を詳細に評価し、Gap と Step-off を指標とした類似研究がない中で、臨床的に重要な結果が示された。

また、Ramp lesion の修復について、断裂部を直視できないにもかかわらず、膝を伸展した状態で縫合する All-inside devise 法では、良好な整復位での固定が可能であった。また、デバイスのアンカーはすべて半膜様筋腱周囲に固定されていた。Ramp lesion が発生する内側半月板後方には半膜様筋腱の分枝が付着しており、ramp lesion の発生には半膜様筋の収縮が関与しているとする報告があり、半膜様筋腱周囲にアンカーが固定されることで ramp lesion 制動に有利に働く可能性が示唆されるが、今後の検討が必要であると考ええる。過去数年のエキスパートを対象としたアンケート調査では直視下で整復できることから Suture hook 法が好まれる傾向にあるが、All-inside devise 法は手術時間の短縮と侵襲の軽減が期待でき、本研究結果の ramp lesion の動態変化を考慮すると妥当な方法であった。

本研究の Limitation として、献体がすべて高齢であり、関節鏡で作成した ramp lesion モデルであることから、実臨床における ramp lesion を正確に再現できていない可能性がある。また、献体数が少ないことが挙げられるが、測定結果の信頼性は高かった。

#### **【結論】**

Ramp lesions に対する All-inside devise 法での縫合は有効であり、特に膝伸展位での縫合が妥当であることが示された。Ramp lesion の動態と修復に関する本研究の結果は臨床的に有益であり、治療方法の選択に重要な知見となりうる。

## 論文審査の結果の要旨

【発表の概略】 Ramp lesion (RL) は、前十字靭帯 (ACL) 損傷に合併する内側半月板後角の縦断裂と定義され、ACL 損傷症例の約 20% に合併する。この損傷はその解剖学的位置のために術前の画像診断が困難であり、ACL 再建手術時にも見逃されがちである。修復方法としては、All-inside デバイス法と Suture hook 法が主に用いられており、前者は専用の半月板縫合器械を用いて損傷部を前方から縫合する方法であり、操作が比較的容易だが、断裂部の直接視認ができない。一方、後者は、膝後内側からフック上の器具を用いて直視下で損傷部を縫合する方法で、断裂部の直視下での整復位確認が可能だが、手技が複雑で手術時間が長くなる可能性がある。これらの方法にはそれぞれ利点と欠点があり、いずれも臨床的優位性は示されていない。我々は臨床的に All-inside 法を用いた修復を行っており、本研究では膝の屈曲角度に着目し、RL の膝屈曲角度による動態を明らかにし、All-inside デバイス法の妥当性を検討することとした。対象は、半月板・靭帯断裂や高度軟骨変性、膝に手術痕のない Thiel 法で固定された屍体 8 膝とした。関節鏡を用いて RL モデルを作成し、膝の屈伸時における断裂部の辺縁間距離 (Gap) と断裂部後方から確認した断面のずれ (Step-off) を評価した。膝屈曲角度を  $90^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $10^\circ$  に変化させ、各角度での Gap 平均値の変化と Step-off の残存率を比較検討した。その後、All-inside デバイスを用いて RL を修復し、修復後の Gap と Step-off を再評価し、最後に解剖を行いデバイスのアンカー固定位置を評価した。統計解析には Friedman test, Fisher's exact test を用い、有意水準を 5% とした。結果として、膝屈曲  $90^\circ$  から伸展位に移行する過程で、Ramp lesion の Gap は有意に減少し、Step-off の grade も膝の伸展に従って改善した。特に、膝を  $30^\circ$  から  $10^\circ$  に伸ばした際には、全ての症例で Gap と Step-off が完全に消失し、平均  $22.5^\circ$  で RL は整復位が得られた。RL 縫合後の再評価でも、全例 Gap と Step-off は整復されていた。アンカーはすべて半膜様筋腱付着部およびその周囲に固定されていた。この研究から、Ramp lesion が膝屈曲から伸展に移行する過程で元の位置に戻り、断裂部が完全に整復されることが明らかになった。また、All-inside デバイス法での修復が、膝を伸展した状態で良好な整復位での固定を可能にすることが確認された。RL に対する All-inside デバイス法での縫合は特に膝伸展位での縫合が妥当であり、本研究の結果は治療方法の選択において重要な知見を提供し、RL の効果的な修復に貢献する可能性が期待できる。

【審議の内容】 主査の植木孝俊教授より、①研究の目的、結果の臨床的意義、②股関節屈曲度の影響、③血管損傷リスク、④研究結果の臨床での再現性、⑤統計手法、⑥2つの手術手技の違い、⑦今後の研究展開に関する計 7 項目の質問がなされた。副査の植木美乃教授より、①RL の発生機序、②RL が発生する動作、③年齢による影響、④Gap/step-off の定義、⑤実臨床での手技、⑥MRI 診断について、⑦膝屈曲角度の計測方法、⑧リハビリに関する計 8 項目の質問がなされた。同じく副査の大石教授より、①RL の分類、②Thiel 法について、③評価者の選定、④Gap 整復時の膝角度の評価方法、⑤統計手法、⑥RL 発生率、⑦手術所要時間等に関する計 7 項目の質問がなされた。いずれの質問に対しても概ね十分な回答が得られ、本研究について深く理解するとともに、専攻分野に関する知識を十分習得しているものと判断された。本研究は RL の膝屈曲角度による動態を初めて示し、All-inside デバイス法による RL 治療の妥当性を示した価値のある研究と考えられた。よって、本論文の著者には博士 (医学) の学位を授与するに値すると判断した。