

Title	Single-versus Two-Femoral-Socket ACL Reconstruction Technique : Biomechanical Analysis Using a Robotic Simulator
Author(s)	前, 達雄
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42631
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	前 達 雄
博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 1 0 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 13 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科外科系専攻
学 位 論 文 名	Single-versus Two-Femoral-Socket ACL Reconstruction Technique : Biomechanical Analysis Using a Robotic Simulator (前十字靱帯再建術における single-femoral-socket 法と two-femoral-socket 法との比較 : robotic simulator を用いた生体力学的解析)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 吉 川 秀 樹 (副査) 教 授 越 智 隆 弘 教 授 細 田 互

論 文 内 容 の 要 旨

【目的】

前十字靱帯（以下ACL）は、膝関節の安定性において重要な役割を担っており、解剖学的には前内側及び後外側線維束という二つの線維束から成り立っている。従来、ACL 損傷膝に対して、前内側線維束のみを再建する single-femoral-socket 法（以下 SS 法）を行っていたが、近年手術機器の開発や手術手技の向上により、より解剖学的形状に近似した前内側線維束と後外側線維束を同時に再建する two-femoral-socket 法（以下 TS 法）での再建が可能となった。しかし、TS 法での再建膝の生体力学的特性はまだ不明な点が多い。今回の目的は、自家ハムストリング腱を移植材料として用いた ACL 再建術を、SS 法と TS 法で行い、膝安定性に対する影響を比較検討することである。

【方法】

靱帯損傷や関節症性変化の認められない67～86歳（平均75歳）の屍体膝7膝を用いた。これらの膝を、負荷方向には位置制御、その他の方向には荷重が0になるように力制御にて関節の自然な運動を再現できる、我々が開発した6自由度関節シミュレーターに装着し、以下の実験を行った。

- 1) 健常膝（N群）：膝屈曲角 0、15、30、60、及び90°における前後方引き出し試験（100N 負荷）を行い、脛骨の3次元軌道及び荷重を記録した。そして ACL を切除し、先に記録した脛骨の軌道を再現し、脛骨に生じた荷重を記録した。重ね合わせの原理を用いて ACL に生じた張力を算出した。
- 2) TS 法での ACL 再建膝（TS 群）：N 群で用いた膝に、脛骨側は、脛骨粗面内側より ACL 付着部中央に径 8－9 mm の骨孔を、大腿骨側は ACL の各線維束付着部から大腿骨外側骨皮質に径 6 mm と 4.5 mm の 2 つのソケット及び骨孔を作製した。移植材料として、半腱様筋腱、薄筋腱を各々 2 重折りにしたものを用い、近位端は 3 mm 幅の Dacron tape® とボタン状の金属固定材料（Endobutton®）を用いて大腿骨に固定し、遠位端は縫合したポリエステル製縫合糸を脛骨側骨孔出口に設置した force gauge に別々に固定した。移植腱には各試験の度に、屈曲角 20 度で各線維束に初期張力 22 N または 44 N ずつ、つまり計 44 N または 88 N で固定し、1) と同様の試験を行い、脛骨の前後方移動量、移植腱の張力を記録した。
- 3) SS 法での ACL 再建膝（SS 群）：TS 群で用いた再建膝において、脛骨骨孔はそのまま、大腿骨側は前内側のソケットを径 8－9 mm に拡大して single-socket とし、先の実験と同一の移植材料を用いて ACL を再建し、上

記の試験を行った。統計学的検定は分散分析法を用い、 $p < 0.05$ を有意とした。

【成績】

100N前後方荷重負荷時の脛骨移動量：初期張力44Nにて移植腱を固定した際、0度でTS群が他の二群より有意に小さかった（TS/SS/N； $6.8 \pm 2.5 / 7.9 \pm 2.5 / 8.2 \pm 1.8$ mm, mean $\pm$ SD）。15及び30度でも同様な傾向であったが、90度では、3群間に差は認められなかった（TS/SS/N； $5.6 \pm 1.3 / 5.7 \pm 1.2 / 6.3 \pm 1.1$ mm）。初期張力88Nでも同様に浅屈曲位ではTS群はSS群より有意に小さかったが、90度では2群間に差はなかった。一方、全屈曲角度において、TS群、SS群はN群より有意に小さな値であった。

100N前方荷重負荷時の移植腱の張力：初期張力44Nでは、0度でTS群が他の2群より有意に大きな張力を有した（TS/SS/N； $132 \pm 13 / 122 \pm 6 / 107 \pm 13$ N）が、30度以上の屈曲角度では3群間に差はなかった。初期張力88NでもTS群とSS群間には同様の傾向があった。

100N脛骨前方荷重負荷時の各移植腱の荷重分担：初期張力44Nでは、TS群において、前内側の移植腱が $48.4 \pm 4.5\%$ （0度）から $56.4 \pm 6.8\%$ （90度）へと膝の屈曲に伴い荷重分担が増加するのに対し、後外側の移植腱は $51.6 \pm 4.5\%$ （0度）から $43.6 \pm 6.8\%$ （90度）へと屈曲に伴いその分担が減少した。一方、SS群においては、前方に位置する移植腱（AG）が全屈曲角度において後方に位置するもの（PG）より荷重分担が大きかった（AG/PG；0°； $62.4 \pm 1.8 / 37.6 \pm 1.8\%$ 、30°； $61.3 \pm 2.1 / 38.7 \pm 2.1\%$ 、90°； $56.3 \pm 4.2 / 43.7 \pm 4.2\%$ ）。初期張力88Nにおいても同様であった。

【総括】

今回の結果では、TS群はSS群に比べ、伸展位付近で前後方移動量が減少し、また移植腱にかかる張力も増加した。この原因としては、前者の方が後者より、大腿骨側のソケットの前縁と接触する移植腱の表面積が大きいことや、大腿骨のソケットが、径が小さいため、より後方に設置可能であることなどが考えられた。従って、膝の制動性に優れているTS群は、SS群より少ない初期張力で同等の膝安定性を獲得でき、軟骨や半月板などの他の組織に与える影響も少ないものと推測された。さらに、TS群は、各移植腱の荷重分担において、健常ACLの各線維束の分担と同様のパターンを示し、SS群より優れていると考えられた。以上より、ハムストリング腱を用いたACL再建術では、TS法の方がSS法と比較して優れていた再建法であると考えられた。

論文審査の結果の要旨

前十字靱帯（以下ACL）は、解剖学的には二本の線維束（前内側線維束と後外側線維束）から成り立っており、膝関節の安定化において重要な役割を担っている。そして、その損傷は、関節の不安定化を招き、それにより生じる関節の非生理的な動きは、時には半月板や関節軟骨を傷害し、変形性関節症を引き起こす要因となり得る。これらを防止するためには、損傷した靱帯を再建し、関節を安定化することが必要であると考えられている。ACL再建術は以前より汎く行われている手術方法であるが、従来は、正常のACLの二本の線維束のうち前内側線維束のみを再建する、大腿骨孔が一つのsingle-femoral-socket法（以下SS法）にて再建していた。一方、近年新しい手術機器の開発や手術術式の進歩により、大腿骨孔を二つ作製し、より解剖学的に二つの線維束を再建するtwo-femoral-socket法（以下TS法）が可能になった。しかしながら、より解剖学的なTS法での再建膝において、生体力学的特性は不明な点が多い。

本研究は、屍体膝を用いてACLを再建し、従来の、前内側線維束のみを再建するSS法と、最近施行されるようになった、より解剖学的に前内側線維束と後外側線維束の両者を再建するTS法とを比較した。実験装置として、我々が開発した、膝の自然な運動を再現できるrobotic simulatorを用い、TS法が生体力学的に優れていることを示した。

この結果は、TS法での再建が施行されることにより、術後の膝安定性が向上し、膝の機能もより正常に近いものとなると考えられ、重要な意義を持つ。

以上の理由により、本論文は学位に値する研究と考えられる。