



Augmentation of anterior cruciate ligament reconstruction in dogs with prostheses of different stiffnesses

吉矢, 晋一

(Degree)

博士 (医学)

(Date of Degree)

1987-07-08

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1094

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001094>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・（本籍）	吉 矢 晋 一 （大阪府）
学位の種類	医学博士
学位記番号	医博ろ第934号
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位授与の日付	昭和62年7月8日
学位論文題目	Augmentation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Dogs with Prostheses of Different Stiffnesses (異なった stiffness を有する Dacron 人工靱帯を用いた 成犬膝前十字靱帯再建術の補強)
審査委員	主査 教授 廣 畑 和 志 教授 溝 口 史 郎 教授 伊 東 宏

論文内容の要旨

I. 緒 言

膝前十字靱帯の再建術においては、自家移植靱帯（膝蓋靱帯の $\frac{1}{3}$ 等）の使用が一般的であるが、その移植靱帯を補強（augmentation）する目的で、人工靱帯を併用する方法も、最近、研究・報告されている。その場合、生体力学的観点からすると、用いられる人工靱帯の stiffness が、手術成績に影響を与えると考えられる。すなわち、人工靱帯の stiffness が小さすぎると再建靱帯への張力は、そのほとんどが自家移植靱帯にかかり、補強の目的をはたせない。一方、人工靱帯の stiffness が大きすぎると、自家移植靱帯には、わずかの張力しか加わらない。自家移植靱帯・腱において術後の remodelling の過程でそれらに加わる張力が欠除する場合、組織の萎縮・弱化が生じることは、過去の報告により、知られているところである。

本実験では成犬における膝前十字靱帯の再建で自家移植靱帯を、stiffness の異なる3種類の Dacron 製人工靱帯（以下 Dacron）で補強し、これら補強再建例および自家移植靱帯・Dacron の単独使用例の成績を比較・検討した。

II. 材料ならびに方法

体重18～22 kg の雑種成犬36匹を用い、その両側膝において前十字靱帯を切除後、再建術を行った。そのうち18匹においては、1側の膝を自家移植靱帯（膝蓋靱帯）単独で再建し、他側には、Dacron で補強した自家移植靱帯を使用した。残りの18匹では、1側では補強した自家移植靱帯を、

他側には Dacron を単独で再建に用いた。使用した Dacron はいずれも筒状で、断面は $4\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ と、その形状・サイズは同様であるが、異なった stiffness を有していた。各々の stiffness は、正常成犬前十字靱帯と比較し、15%、49%および126%であった。

手術後3カ月の時点ですべての犬を屠殺し、再建靱帯に対し、生物学的および生体力学的観察を行った。生物学的観察においては、再建靱帯を肉眼的に観察後、H.E. および Masson の trichrome 染色を行い、組織学的所見を検討した。更に、硫酸バリウムを用いた microangiography を施行し、再建靱帯の血行状態を検索した。生体力学的観察では、インストロン荷重試験器を用いて、再建靱帯の強度（最大引っ張り荷重）ならびに stiffness の測定を行った。また、手術の直後の時点での強度および stiffness を知るため45屍体膝に対し再建術を行い、その直後に、前述と同様の方法を用いて再建靱帯を試験した。

Ⅲ. 結 果

再建靱帯の肉眼的な観察では、自家移植靱帯単独で用いた場合、移植靱帯は2～3倍の太さに肥大していたが、Dacron で補強されたものでは、その肥大の程度は劣っていた。一方、Dacron が単独で用いられた場合、その周囲への自家組織の新生は軽度見られるのみであった。

組織学的観察では、自家移植靱帯単独を使用したものにおいては、明らかな変性・壊死巣は見られず、移植靱帯部では膠原線維束が縦に配列していたが、周囲の新生組織部では未だその配列は不規則であった。これらの所見は、自家移植靱帯が Dacron で補強された場合でも同様で、異なった Dacron 間での所見の差も認めなかった。また、Dacron が使用された場合、組織学的には Dacron の fiber 間への自家新生組織の侵入は存在し、異物反応を思わす所見は見られなかった。

Microangiography においては、自家移植靱帯を単独で使用した場合は、再建靱帯の全長にわたり、その血行の再開を認めたが、自家移植靱帯を Dacron で補強したもの、および Dacron を単独で使用したものでは、Dacron の種類にかかわらず、血行再開の遅延が見られた。

生体力学的試験では、自家移植靱帯を単独で使用したものの強度は、術後3カ月の時点で、術直後に比べ、有意の増加を示した。Dacron を用いた補強により、術直後においては、再建靱帯の強度は有意に増加したが、術後3カ月では、その強度は、術直後に比べむしろ軽度の減少を示し、自家移植靱帯単独で用いた場合とほぼ同様の値となっていた。一方 Dacron を単独で使用したものでは、術後3カ月間に、その強度は有意の減少を示した。また、いずれの種類 of Dacron を使用した場合でも、前述の傾向は同様に観察され、所見に違いを認めなかった。

再建靱帯の stiffness の測定においては、自家移植靱帯単独使用例では、その強度と同様、術後3カ月間で、測定値の有意の増加を認めた。Dacron による補強を行ったものでは、その stiffness は、自家移植靱帯単独使用例と比べ、術直後では有意の増加を示したが、術後3カ月の時点では、もはや両者間に有意の差を認めず、前述の強度とほぼ同様の傾向が見られた。

Ⅳ. 考 察

膝前十字靱帯再建術において、自家移植靱帯を人工靱帯で補強する場合、人工靱帯の存在そのものによる移植靱帯の remodelling 過程への生物学的影響と、両靱帯間の張力の分配という点での生体力学的影響の両方を考慮する必要がある。本実験では、形状・サイズの点から生物学的には同様の影響を、その stiffness の点では異なった生体力学的影響をもたらす、と考えられる 3 種の Dacron を使用し、その成績を比較検討した。

本実験での生物学的観察の結果では、自家移植靱帯を Dacron で補強した場合、いずれの Dacron を用いても、肉眼的観察においては、自家移植靱帯単独使用例ほどの肥大は見られず、microangiography では再建靱帯の血行再開の遅延を認めた。つまり、Dacron の存在による移植靱帯の remodelling 過程に対する悪影響が示唆された。

生体力学的観察においては、術直後の時点では、Dacron での補強により、再建靱帯の強度および stiffness は有意に増加した。関節の長期間の固定による悪影響は、過去の種々の報告で明らかにされており、この術直後での補強効果は、術後の固定期間の短縮を可能にするという点において、臨床上、意義がある。一方、術後 3 カ月では、自家移植靱帯が単独で用いられたものの強度・stiffness は術直後のものに比べ、有意に増加したにもかかわらず、Dacron で補強したものでは、いずれの種類の Dacron を用いても、強度・stiffness において術直後と比べ有意の変化を示さなかった。その結果、この時点では、自家移植靱帯単独使用例と補強例との間に、もはや明らかな差を認めなかった。

また、以上の生物学的および生体力学的観察のいずれにおいても、使用した Dacron の種類の違いによる成績の明らかな差を認めなかった。このことより膝前十字靱帯再建術において人工靱帯による補強を行う場合、術後 3 カ月という再建靱帯の remodelling の初期段階では、その生物学的影響が、生体力学的影響よりも大きいと考えられる。

Ⅴ. 結 論

成犬の膝前十字靱帯再建術において、異なった stiffness を有する Dacron を自家移植靱帯の補強に用い、術後 3 カ月での成績を比較・検討し、以下の結論を得た。

1. Dacron を補強に用いた場合、再建靱帯の血行再開は、自家移植靱帯を単独で用いたものに比べ、遅延する。
2. 自家移植靱帯を Dacron で補強する場合、術直後では、その強度・stiffness は、自家移植靱帯単独例に比べ有意に増加するが、術後 3 カ月では両者間の有意差は、もはや存在しない。
3. stiffness の異なる Dacron の間での成績の明らかな違いは認められず、この種の膝前十字靱帯再建の場合、再建靱帯の remodelling の初期段階では、人工靱帯の使用による生物学的な影響が、その生体力学的な影響よりも重要である、と考えられる。

論文審査の結果の要旨

膝の前十字靱帯の完全断裂の場合にはその解剖学的特殊性と生体力学的影響のため、しばしば手術的治療が必要である。しかし損傷が一次的に修復される症例が稀なために靱帯の機能再建には自家膝蓋靱帯と人工靱帯を単独に使用するか又は併用による augmentation 即ち補強手術が適応となる。今回研究者は前十字靱帯損傷の再建術にダクロン人工靱帯による augmentation を行なって起こるいくつかの問題を動物実験により解明しようとした。この中で特に補強に用いるダクロン靱帯の stiffness が小さ過ぎると移植膝蓋靱帯へのみ張力が集中して補強の役を果たさず、また人工靱帯の stiffness が大きいと移植膝蓋靱帯に張力が加わらないので再建靱帯は肥大せずに萎縮及び弱化してダクロン靱帯のみの機能にとどまる可能性が考えられる。従ってこの動物実験結果にもとづいて臨床的に行われる augmentation の適切な方法を確立するために生物学的並びに生体力学的観点からその有用性を検討した。

研究材料及び研究方法：補強に用いた人工靱帯は Davol 社製のダクロン A, S280 heavy-knit, ダクロン BRMX, Woven tape, ダクロン C LS18 Warp-knit の3種類であり、いずれの靱帯も筒状で横断面は 4 mm × 1 mm で形状と大きさは同じものである。動物実験に先がけて人工靱帯、自家十字靱帯及び膝蓋靱帯の力学的特性を調べるため荷重を加えて引張り試験を行ない、夫々の stiffness を測定した。実験動物には体重 18~22 kg の雑種成犬 36 匹を使用し両側膝関節を開き直視下に前十字靱帯を切断した。第 1 群は 18 匹で一側は自家膝蓋靱帯単独で再建し、他側には膝蓋靱帯移植による再建の他に各 6 匹づつに対してダクロン A, B, C による補強を行なった。第 2 群は残り 18 匹で一側は各 6 匹づつにダクロン A, B, C, 単独で再建し、反対側には第 1 群と同じくダクロンと膝蓋靱帯を再建術の補強に使用した。

術後 3 ヶ月目にすべての犬を屠殺し摘出した再建靱帯について生物学的及び生体力学的観点から検討した。再建靱帯の H.E 及び Masson の trichrome 染色標本についての病理組織学的観察の他 microangiography による再生血行状態を検索した。一方、摘出標本の生体力学的観察としてはインストロン荷重試験器により再建靱帯の強度、即ち最大引っ張り荷重及び stiffness 測定を行なった。又、45 屍体の膝を用いて再建術を行ない、術直後の引っ張り強度と stiffness を測定して対照にした。

結果：第 1 群の実験では自家膝蓋靱帯単独で再建された場合には移植靱帯は 2~3 倍の太さに肥大していたが、反対側の如く移植靱帯をダクロンで補強した場合、A, B, C ダクロンの種類に差はなく、靱帯に肥大は見られず microangiography では血行の再開の遅延を認めている。つまりダクロンの補強によって移植靱帯の remodeling 過程に悪影響が生じたことが示唆される。しかし、組織学的にはダクロン靱帯の線維間へ自家新生組織は侵入していたが全く異物反応は見られなかった。

再建靱帯の強度に関する生体力学的試験では自家移植靱帯単独の場合、術直後より 3 ヶ月まで有意に上昇したがダクロンによって補強されたものでは術直後に最大で 3 ヶ月後には低下し、膝蓋靱帯単独の場合と同一の値を示した。また、A, B, C, ダクロン単独の再建でも 3 ヶ月後には有意に低下していた。

再建靱帯の stiffness の測定でも強度と同じく、自家靱帯単独の場合では術後3ヶ月間でその値は上昇したがダクロン補強の場合、術直後より次第に低下した。これらの再建靱帯の生物学的及び生体力学的検索から異なる3種類のダクロン靱帯間で成績に差は見られなかった。

以上の実験結果から移植靱帯を人工靱帯で補強した際、術直後では強度、stiffness は移植靱帯よりも有意に上昇するが3ヶ月後には有意差がなくなっている。このことから人工靱帯の augmentation は術後の固定期間を短縮する意義はあるが、少なくとも術後3ヶ月間は生体力学的影響よりも再建靱帯の生物学的な remodelling を主要視すべきと思われる。このように本研究は靱帯の再建法として自家膝蓋靱帯に人工靱帯を併用して augmentation を行ない、生物学的及び生体力学的観点から検討したものであり、今後の臨床応用に関して重要な知見を得たもので価値ある集積とみなされる。よって本研究者は医学博士の学位を得る資格があると認める。