

Title	Assessment of the “functional length” of the three bundles of the anterior cruciate ligament
Author(s)	岩橋, 武彦
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49052">https://hdl.handle.net/11094/49052</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	岩橋 武彦
博士の専攻分野の名称	博士(医学)
学位記番号	第 21843 号
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科臓器制御医学専攻
学位論文名	Assessment of the “functional length” of the three bundles of the anterior cruciate ligament (前十字靭帯 3 線維束の“機能的長さ”の評価)
論文審査委員	(主査) 教授 菅本 一臣 (副査) 教授 中村 仁信 教授 細川 亙

### 論文内容の要旨

#### 〔 目 的 〕

膝関節は足関節、股関節とともに荷重関節であるが、大腿骨脛骨間の骨形態上の適合性は足、股関節と比し不良であり、靭帯は外力に対する関節の安定性の **primary restraint** である。前十字靭帯 (ACL) は解剖学的には 3 本の異なる線維束 (前内側 (AM)、中間 (IM)、後外側 (PL)) から成り、正常な膝の動きの中での機能は、伸展位での脛骨の前方への制動、下腿内旋、膝過伸展の抑制が知られている。しかしその多くは死体膝での解析であり、生体内での各線維束の機能分担、深屈曲での機能は不明である。

我々は生体内での膝屈伸を 0 度から深屈曲 150 度までの角度で靭帯付着部間距離を各線維束に分けて測定し、膝の屈伸における靭帯の各線維束の機能的意義について検討した。

靭帯付着部間距離が大きくなるということは靭帯がより緊張し骨の移動を制動していると考えられる。また、逆に異なる肢位で靭帯付着部間距離が小さくなるということは靭帯が弛緩し関節の安定性に関与していないことを示す。このことから靭帯付着部間距離を靭帯の機能を示す長さ、機能長と定義し、靭帯の各線維束の機能を考察した。

#### 〔 方法ならびに成績 〕

対象は健常ボランティア 9 名 9 膝であった。参加者にはインフォームドコンセントを取った。

##### ・画像の撮影

撮影には水平型 Open MRI を使用した。被検者は膝を伸展位から 150 度屈曲位まで 25° 毎に屈曲し、合計 7 肢位で撮影を行った。膝関節の屈曲は、中間位で行い、撮影中は特製の装具を用いて肢位を保持した。

##### ・3D model の作成

撮影した MR 画像を画像解析用ソフトウェアに取り込み、伸展位の MR 画像から大腿骨と脛骨の骨の輪郭、それぞれの関節軟骨の輪郭を自動抽出し (segmentation)、専用のソフトを用いてこの model を映像化した。

##### ・モデル上での ACL 各線維束の付着部の決定

伸展位 model で大腿骨、脛骨それぞれの ACL insertion を以前の報告に基づき定めた。

##### ・Volume-Based Registration

膝伸展位の 3D 画像を他肢位の画像に、骨の輪郭と骨内の画素値の類似度を元に自動的に重ね合わせ、MRI の全体座標系における脛骨の三次元的位置を計算した。この方法により、大腿骨のある点に対する脛骨上の点との距離を各

肢位で求めることができる。この方法により各肢位での機能長を Volume-based registration による 3 次元位置の計算より自動的に求めた。

## 結果

### 1) 各被検者の機能長の変化

9 被検者における機能長の変化パターンは 9 名とも全て同じであり、3 bundle とも膝伸展位で最大であり、膝屈曲角度が増大するにつれて機能長は減少し膝屈曲 100 度位で最短となり、屈曲 100 度以上では屈曲角度が増大するにつれて機能長は増大した。

### 2) 9 名の平均化した機能長の変化

ACL の AM bundle の機能長は 0 度で  $34 \pm 1$  mm (平均  $\pm$  S.D.) であり各屈曲角度の中で最長であった。膝屈曲角度が増大するにつれて機能長は減少し、膝屈曲 100 度では  $31 \pm 2$  mm で最短となり 3 mm 減少した。屈曲 100 度以上では屈曲角度が増大するにつれて機能長は増大し、膝屈曲 150 度位では  $33 \pm 1$  mm であった。IM bundle の機能長は、膝屈曲 0 度で最大の  $33 \pm 1$  mm であり、膝屈曲 100 度で  $28 \pm 2$  mm と最短となり 5 mm 減少した。膝屈曲 150 度では  $31 \pm 2$  mm であった。

PL bundle の機能長は、膝屈曲 0 度で最長  $27 \pm 2$  mm で、膝屈曲 100 度で  $21 \pm 3$  mm と最短となり 6 mm 減少した。膝屈曲 150 度位では  $25 \pm 2$  mm となった。

### 3) 各屈曲角度における線維束間の変化率

各屈曲角度におけるそれぞれの線維束での機能長の変化率は、すべて 100 度で最小となり 100 度を基準として機能長の変化率を計算すると 0 度伸展位で AM : 9.1%、IM : 18.1%、PL : 30.3% であった。それぞれの変化率は、膝屈曲 50 度、75 度、125 度において AM と PL 間でのみ統計学的に有意差を認めた。また、膝屈曲 0 度、25 度、150 度において AM と IM と PL の 3 群間で統計学的に有意差を認めた。(result of ANOVA test ;  $p < 0.05$ )

## [ 総 括 ]

ACL の 3 線維束の生体内での膝屈伸 0 ~ 150 度までの“機能長”の変化を初めて明らかにした。AM は“機能長”は各屈曲角度において長さ変化が少ない isometric なガイド網的な機能を持つと考えられ、PL は、“機能長”の変化率が大きく、常に機能しているわけではなく、伸展位、深屈曲位で機能すると考えられた。IM は AM と PL の中間的な機能を持つと考えられ、AM、IM、PL それぞれが機能分担して膝関節運動を誘導していることが推察された。

## 論文審査の結果の要旨

前十字靭帯 (ACL) は正常な膝関節運動の誘導や外力に対する関節の安定性に寄与している。体重の数倍の荷重がかかる膝関節において、靭帯に求められる機能は非常に大きいと考えられ、正常範囲を超えた膝関節運動や機能を超えた強い外力が膝にかかる と ACL の破綻がおこる。

このように ACL は多くの機能を持つが、その複雑な機能を知るには、ACL 3 線維束のそれぞれの機能を明らかにする必要がある。

しかし、膝屈伸における ACL の機能、特に靭帯内の各線維束の機能について未だ不明であるところが多い。

本研究では、膝屈伸における ACL の機能を検討するため、健常ボランティアの 9 膝を伸展位から深屈曲位までの様々な屈曲角度において 3D MR 画像を撮影し、その画像情報を基に ACL の靭帯付着部間の長さ変化を検討している。靭帯付着部間距離を靭帯の機能を評価する長さ“機能長”として各線維束の機能を評価した。

また、ACL 線維束は Norwood らの報告に基づき 3 つの線維束 (AM : 前内側、IM ; 中間、PL : 後外側) に分けて解析している。

本研究結果により、生体内での ACL の 3 つの線維束の機能長と膝伸展 0 度から深屈曲位 150 度までの機能長の変化が初めて明らかとなり、3 つの線維束それぞれが機能分担していることが推察された。

さらにこの結果から、ACL 再建術、術後のリハビリテーションなど臨床応用も可能と考えられ、この研究は、学位に値するものと認める。