イヌにおける実験的腱板断裂修復

九州大学 整形外科

宮原 寿明・高岸 憲二

山口労災病院 整形外科

大屋 国益

Experimental Repair of Rotator Cuff in the Dog

by

Hisaaki Miyahara and Kenji Takagishi

Department of Orthopedic Surgery
Faculty of Medicine, Kyushu University

Kunimasu Ohya

Department of Orthopedic Surgery
Yamaguchi Rosai Hospital

The course of the repair of the rotator cuff rupture has not been fully clarified in comparison with that of other tendons. The purpose of this study is to delineate the repair of the canine rotator cuff rupture histologically in two instances; 1) only resection of the rotator cuff tendon, 2) tendon to bone repair after cuff resection.

Twenty-four adult mongrel dogs (12-17kg) were used. The study was divided into two groups: group I. Only resection of the rotator cuff; rotator cuff was resected 15mm in width and 1 mm in length. Group II. Tendon to bone repair after cuff resection; the stump of the cuff was anchored into the trough cut at the greater tuberosity. After operation, a plaster cast was applied for three weeks. Dogs were killed at regular intervals and specimens including the cuff and the greater tuberosity were obtained. These were fixed, decalcified, embedded in paraffin, sectioned and stained with hematoxylin and eosin and with Malloryazan.

The gross and microscopic changes were investigated. Group I. After 1 week, scar tissue formation was present, but not completely, at the gap between the proximal stump and the greater tuberosity. After 2 weeks, the gap was completely filled with scar tissue. After 6 weeks, orientation of fibers was at random with many proliferating vessels. Group II. After 2 weeks, orientation of the fibers were at random with proliferation of blood vessels. At the tendo-osseous junction, proliferation of cartilage tissue was noted. After 24 weeks, orientation of collagen fibers and appearance of tendo-osseous junction were similar to those seen in normal rotator cuff.

はじめに

手指屈筋腱やアキレス腱などの腱と比較して、腱板の修復過程は充分には明らかとされていない。今回われわれはイヌを用いて腱板の部分的欠損を作製するとともに、断端を骨溝に縫着し、修復過程を組織学的に検討したので報告する。

材料および方法

体重15 kg から17 kg の雑種雄成犬24頭を用いた。麻酔はケタラル筋注およびネンブタールの追加静注とした。両肩において鎖骨上腕筋・三角筋間を展開し、大結筋から斜後上方に走向する棘上筋腱を露出した。さらに各肩に対し、以下の2つの処置を行なった。

1) 左肩において棘上筋腱を大結節附着部に線維方向に巾15mm, 長さ10mm にわたって切除, 放置した。

2) 右肩において同様の腱板切除後, 大結節をノミで切除し, 海綿骨を露出させる。作製した骨溝に腱断端を1号サージロン糸で縫合固定した。

術後, 軀幹から上腕にかけて3週間ギプス固定を行った。切除群, 修復群とも術後1・2・3・4・6週にて2頭ずつ屠殺し, 更に修復群のみ12週・24週を作製した。屠殺後, 棘上筋腱を大結節を含めて摘出し, ホルマリン固定, 脱灰後, 縦割標本を肉眼的に観察, さらにH.E. およびAzan-Mallory染色を施して光顕にて観察した。

結 果

はじめに正常棘上筋腱および腱附着部の組織像を観察した。表層の腱線維は長軸方向に平行な配列を示すが, 深層の配列はやや不規則であった。tendon to bone junctionにおいては, 1) tendon 2) fibrocartilage 3) calcified fibrocartilage 4) bone の4層が認められた。

次に各週における腱板切除および修復後の所見をのべる。

腱板切除1週: 肉眼的に腱板切除部は瘢痕様組織でおおわれていたため, 標本摘出前, メチレン・ブルー約3ccを関節内に注入してみたが, 漏出はみられなかった。縦割標本では間隙は瘢痕組織でおおわれていた。組織所見で間隙は線維性結合組織でつながるとともに, 出血巣, 炎症細胞の浸潤がみられた。腱断端の線維は染色性が低下し, 浮腫状を呈した。

腱板修復1週: 縦割標本で腱は骨溝に固定されていた。組織所見では腱断端の変性, fibroblastの増生および腱内への浸潤, 出血巣, 炎症細胞の浸潤を認めた。切骨部にはempty lacunaが認められ, 破骨細胞が散在していた。

腱板切除2週: 組織所見で間隙はほとんど結合組織で満たされており, fibroblastの増生と出血巣, 炎症細胞の浸潤がみられた。結合組織の配列は不規則であった。腱断端の変性は更に進み, 染色性は低下し, myxomatousとなった(図1)。

腱板修復2週: 組織像では腱断端におけるfibroblastの増生がさらに著明となり, 不規則な線維配列の中に出血巣の残存, 新生血管の増殖, 炎症細胞の浸潤

を認めた。tendon to bone junctionにおいては軟骨細胞の集簇性出現を認めた(図2)。

3~4週では切除群, 修復群ともfibroblastの増生が更に進み, 再構築の進行がみられた。

腱板切除6週: 組織では線維の走向はまだ不規則であり, 血管増生も残存していた。

腱板修復6週: 組織では線維の走向はやや不規則で,

図1 腱板切除2週。腱断端(A)と大結節上縁(B)との間隙は瘢痕組織で満たされている。

図2 腱板修復2週。中央右にtendon to bone junctionにおける軟骨細胞の集簇性出現をみる。

図3 腱板修復24週。tendon to bone junctionでは正常腱附着部に類似した4層形成を認める。

血管はまだ残存し, tendon to bone junction では軟骨細胞が長軸方向に配列してきた。

腱板修復24週では tendon to bone junction の4層形成は不充分だが, 正常腱付着部に類似していた(図3)。

考 察

腱板断裂の手術法として McLaughlin 法¹⁾の如く, 腱断端を骨溝に縫着する方法が広く用いられているが, その修復過程は明らかではない。われわれはイヌにおいて腱板の手術的欠損を作製し, 切除後放置したもの(切除群)および腱断端を骨溝に縫着したもの(修復群)の2群に分けて, それぞれの組織学的修復過程を観察した。

切除群において, 術後1週の早期より瘢痕組織による癒合がみられ, メチレンブルーの関節内注入による関節外への色素の漏出は認められなかった。これは, ヒトと違ってイヌでは大結節と肩峰が離れており, impingement をきたさないために腱の変性をきたさないこと, および人為的に腱板断裂をきたしたことによっておこったと思われる。また, イヌとヒトとの種の相違, さらに加齢による変性が少ないこと等も関連していると思われる。

修復群においては, 術後1~2週で腱断端の変性, 炎症細胞浸潤とともに新生血管, fibroblast の増生がおこった。また切骨部骨壁では骨壊死と破骨細胞の出現がおこり, 軟骨細胞の集簇性出現とあいまって, いわゆる内軟骨性仮骨の形成が認められた。週数を経るにしたがい, 変性腱断端部に fibroblast の増生をともなった collagen fiber の再生, 並行配列化がおこるとともに, tendon to bone junction において再構築が進み, 24週では Dolgo-Saburoff²⁾ののべた 1) tendon 2) fibrocartilage 3) calcified fibrocartilage 4) bone の4つの層が不充分だが認められ, ほぼ正常腱付着部と類似した像を認める事ができた。

これらの所見は, 修復の経過に時間的相違はあるものの, 他部位の腱ないし靱帯を用いた実験¹⁾²⁾³⁾で報告されている所見とほぼ同様であり, 骨への強固な anchoring が期待され得るものと考えられる。今後, さらに microangiography および biomechanics などの手法を用いて検討する必要がある。

ま と め

- 1) イヌを用いて腱板の部分的欠損を作製するとともに, 断端を骨溝に縫着し, 修復過程を組織学的に調べた。
- 2) 腱板切除群では1週より瘢痕性に修復がおこり, 断裂を持続させ得なかった。種の相違, 加齢による変性が少ない, 解剖学上 impingement をきたさない等の要因が考えられた。
- 3) 腱板修復群では経過とともに tendon to bone junction の再構築がおこり, 24週では組織学的に正常に類似した像を呈した。

参 考 文 献

- 1) Clancy, W.G.: Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys. J.B.J.S., 63-A : 1270-1284, 1981.
- 2) Dolgo-Saburoff, B.: Über Ursprung und Insertion der Skelettmuskeln. Anat. Anz., 68 : 30-87, 1929.
- 3) Forward, A.D.: Tendon suture to bone. J.B.J.S., 45-A : 807-823, 1963.
- 4) McLaughlin, H.L.: Lesions of the musculotendinous cuff of the shoulder 1. The exposure and treatment of tears with retraction. J.B.J.S. 26 : 31-51, 1944.
- 5) Whiston, T.B.: Some observations on the reaction of bone and tendon after tunneling of bone and insertion of tendon. J.B.J.S. 42-B : 377-386, 1960.

質 問 産業医科大学 小林 靖幸

組織学的には正常に類似した所見が25週目では得られるとのことですが, その時の肉眼的所見は如何だったのでしょうか?

肉眼的には tendon to bone junction の部位は菲薄化しているかあるいは肥厚しているのでしょうか。

解 答 山口労災病院 宮原 寿明

術後早期の数週においては, 腱板に隣接する滑膜, 滑液包の肥厚がみられる。これは24週後には減少を示した。