

가토에서 건의 치유에 관한 실험적 연구(I)

이화여자대학교 의과대학 성형외과학교실
권택근 · 차진한 · 김양우

·=Abstract=

Experimental Study of Tendon Healing in Rabbits

Taek Keun Kwon · Jin Han Cha · Yang Woo Kim

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, College of Medicine, Ewha Womans University

The exact mechanism by which flexor tendons heal after injury is still not completely clear. Understanding the response of tendon to injury and repair is important to the practicing surgeon who seeks better clinical results. This study was intended to determine the course of tendon healing and the gain of tensile strength in the circumstance of normal conditions.

Materials and Methods :

Flexor tendons on both lower extremities were divided and repaired with mersilene 4-0 in rabbits and after 2, 4, 6, 8 weeks we obtained the pieces of tendons and have studied the histologic changes and measured tensile strength as time passed.

Results :

Histologically fibroblast-like cells were proliferated on the epitenon and migrated into the suture site and produced collagen fibers in the central area. Tensile strength was proportionately increased until 8 weeks and well correlated with histologic findings.

In conclusion, healing of the repaired tendon was initiated on the surface area and gained tensile strength with time passed.

KEY WORDS : Tendon · Tendon healing · Tensile strength.

서 론

17세기 경부터 건 손상후의 치유에 대한 보고가 있었으나 1752년 Von Haller¹⁾에 의해서 건의 봉합이 건의 치유에 도움이 된다는 사실을 발표하기 이전에는 건이 절단되더라도 건봉합을 하지 않는 것이 원칙이었다. 20세기에 들어오면서 수부외과 의사들은 다음의 두가지에 대하여 관심을 가지게 되었다. 즉, 건이 치유되면서 기능을 회복할 수

있는가, 그리고 치유과정에 건초(sheath)는 어떠한 역할을 하는가에 대한 것이었다.

건은 교원섬유(collagen fiber)로 구성되어 있으며 혈관과 건세포(tenocyte)도 존재하는데 것이 건의 치유에 중요한 역할을 한다²⁾. 또한 건은 단단한 인장력을 가져 근육에 비해 4배의 장력을 보유하고 있으며, 건 손상후의 치유기전에 대해서는 주위로 부터 치유세포가 이동하여 건의 치유가 일어난다는 학설(extrinsic healing)과 건 자체에 치유능력을 가

진 세포가 있다(intrinsic healing)는 두가지 학설이 모두 인정되고 있다. 건의 일반적 치유과정은 다른 상처치유와 마찬가지로 염증기, 섬유모세포 분열기(fibroblastic proliferation) 그리고 개형기(remodeling)로 나눌 수 있다. 이에 저자들은 건을 절단하고 다시 봉합한 경우에 어떠한 과정으로 치유가 되는지, 그리고 시간의 경과에 따라 장력은 어떻게 회복되는지를 알아보려고 하였다.

실험대상 및 방법

체중 3Kg 이상의 성인 가토 20마리를 사용하였으며 Ketamine(30mg/Kg/IM)으로 마취한 후 Beta-dine과 Alcohol을 이용하여 뒷발목 양쪽을 소독하였으며 피부를 절개한 후 굴건을 노출하여 건을 완전히 절단하였으며 건의 혈행상태를 양호하게 보존하고 외과적 외상을 주지않도록 하기 위하여 건의 박리는 최소화 하였으며 4-0 Mersilene 봉합사를 이용하여 Kessler씨 변법으로 건봉합을 시행하였다. 피부봉합을 하고 수술부위는 건의 파열을 방지하기 위하여 부목고정을 4주간 시행하였다.

수술후 2주, 4주, 6주, 8주(각주 n=10) 후에 위와 같은 방법으로 마취와 소독한 후 수술부위에서 건을 노출하고 건봉합을 하였던 봉합사를 제거하였으며 두조각의 건을 채취한 후(2×20mm) 이중 한조각은 H-E 염색과 Masson's trichrome 염색을 시행하여 시간의 경과에 따른 섬유모세포의 활동성의 변화와 교원섬유의 합성을 관찰하고 나머지 한조각에 대해서는 장력의 획득(Instrol Model 1150)을 측정함으로써 경시적으로 건이 획득하는 장력의 크기를 관찰하였다. 건은 탄력성이 있어 늘어나는 특성이 있으므로 건이 80% 이상 절단된 경우를 완전히 절단된 것이 동일한 것으로 간주하였다.

결 과

1. 육안적 관찰

육안적으로 건은 반짝이는 은백색의 모양을 유지하고 있었으며 주위 조직과 유착되어 있는 소견을 보여주었다. 2주째의 건은 봉합부위를 확인할 수 있었으나 4주 이상된 건은 봉합부위가 치유조직으로 메꾸어져 있었다.

2. 조직학적 소견

2주후 건표면에서는 세포의 분열이 절단된 건쪽으로 이동하였고 절단된 건사이에는 섬유아세포로 채워졌으며 왕성한 분열상을 볼 수 있었고 육아세포도 관찰할 수 있었다. 4주에서 건표면에서 섬유아세포를 여러층 볼 수 있었으며 일부 성숙되어가는 교원섬유가 관찰되었으며 점차 섬유화의 과정으로 진행되어 갔다. 6주에서는 섬유가 정상 모양에 가깝게 닳아가고 있었으며 간혹 지방의 침윤도 관찰되었다. 8주에서는 교원섬유가 조직화되는 양상으로 관찰되었다(Fig. 1, 2, 3, 4, 5).

3. 인장력 검사

인장력의 획득은 시간의 경과에 따라 저자들이 관찰한 8주까지는 직선적으로 증가 하였으며 2주

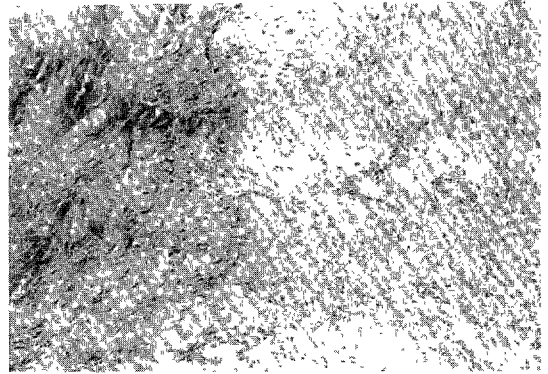


Fig. 1. H-E stain 200X. Proliferation of epitenidinous cells and appearance of fibroblasts(arrow) and migration to the central area(2 weeks).

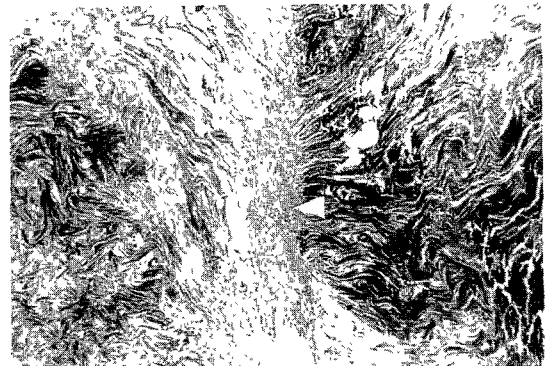


Fig. 2. Masson's trichrome stain 200X. Migration of the fibroblasts(arrow) to the central area and longitudinal arrangement of fibers(2 weeks).

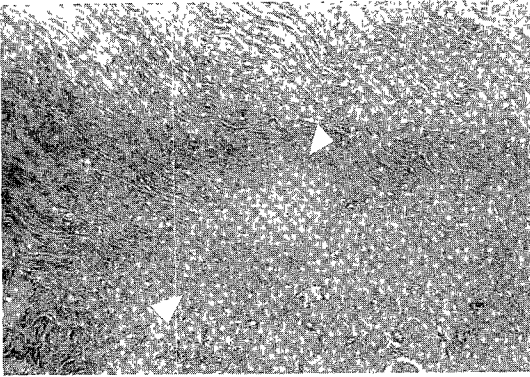


Fig. 3. H-E stain 100X. Some collagen fibers are matured(arrow) and fibers are more transversely arranged(4 weeks).

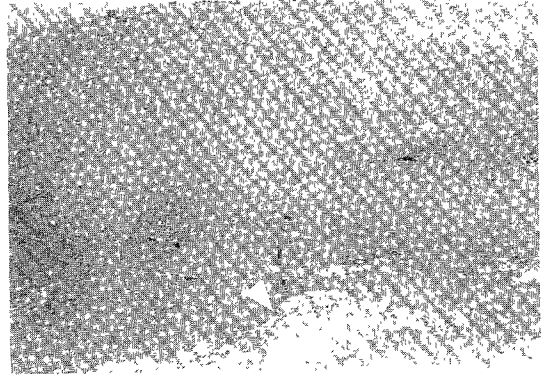


Fig. 5. H-E stain 100X. Some fatty infiltration(arrow) is found and collagen fibers are arranged nearly normal direction and maturation(8 weeks).

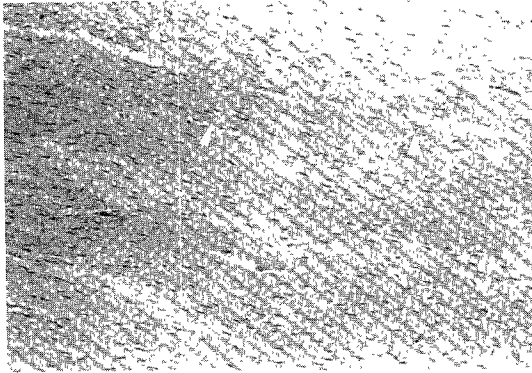


Fig. 4. H-E stain 200X. Collagen fibers are arranged transversely(arrows) and most of the collagen fibers are matured(6 weeks).

에서 196(gm/mm²)이었으며 8주지나서는 1151(gm/mm²)으로 증가하였고 조직학적인 소견과 장력의 획득은 일치하는 것으로 관찰되었다(Table 1). 건이 끊어지는 양상은 중심부가 먼저 끊어지고 건의 주변부가 가장 나중에 끊어져 건의 치유에 건표면세포가 중요한 역할을 하는 것으로 관찰되었다.

고 찰

건은 조직학적으로 규칙적으로 배열된 결합조직이며 각 섬유는 다수의 원섬유로 구성되어 있다³. 건의 혈행은 건의 단뉴와 장뉴(vincula longa, brevia) 그리고 건간막(mestoanon)에 의해 이루어 지면 건뉴는 건초내에 혈액을 보내기 위한 특수구조로써 건간막이 변화한 것이라고 생각할 수 있다⁴. 건뉴를

Table 1. Gain of tensile strength

wks	mean=SD	prob<W
2	196=37.8	0.6527
4	530=68.8	0.9101
6	857=54.8	0.6665
8	1151=78.8	0.8321

통하여 들어온 혈행은 건에 이르면 그 뒷면을 통하여 종주하고, 많은 분지를 계속내면서 심부에 들어가지만 바닥면(volar side) 1/3 정도는 혈행이 들어가지 못하는 무혈행지역(avascular area)로 여기는 활액에 의해서 영양이 공급된다⁵.

건의 유합에 국소의 혈행이 중요한 것은 논의할 여지가 없으며 만약 건 절단끝의 혈행이 양호하면 조기에 건의 유합이 이루어지지만 절단끝에 혈행 장애가 있으면 국소괴사가 생기고 유합이 늦어지며 주위 조직과의 유착이 강하게 된다.

건의 유합에 관해서는 건 혹은 건주위의 섬유아세포가 중요한 역할을 하고 있으며 현재는 임상적으로 건자체가 치유능력을 가지고 있는냐에 대해서도 많은 연구를 하고 있다⁶⁻¹². Peacock¹³은 건의 치유를 3단계를 분류하고 있다. 먼저 처음 4일까지는 주위 결합조직에서 세포가 건주위로 이동하고, 6개월까지는 교원섬유의 합성과 교차결합(cross-linking)이 이루어지며 마지막으로 건의 개형성이 일어난다. 교차결합이 일어나야 건이 장력을 획득할 수 있으며 개형성시기에서는 교원섬유 분해효소가 작용한다. 또한 건의 치유는 주위의 반흔이 최소화이고 외과적 외상이 적어야 잘 일어난다

수 있다¹⁴⁻¹⁷⁾. 또한 건의 손상을 받고 봉합해주시까지의 시간 간격에 대해서는 거의 관심을 기울이지 않았지만 조기에 해줄수록 기능이 향상된다¹⁸⁾.

Lindsay등은¹⁹⁾ 닭의 건을 이용한 실험에서 건의 치유의 초기에는 건표면세포의 섬유아세포가 중요한 역할을 한다고 하였으며 손상받은 건의 섬유아세포도 2, 3주후에는 건의치유에 기여할 수 있지만 건초는 건의 치유에 영향을 주지 않는다고 하였다. 최근의 연구에서는 Becker등²⁰⁾이 건에도 활동성이 있는 섬유아세포가 존재하며 이들이 교원섬유를 합성할 수 있다고 하였다. 따라서 건이 손상받은 경우 초기에는 건표면세포의 분열이 왕성하게 일어나 손상받은 부위로 이동하고 후에 건내부세포가 교원섬유를 만들어 내어 장력을 획득하게 된다고 하였다²¹⁾.

Manson과 Shearon²²⁾이후 건의 치유는 건초와 건주위조직으로 부터 치유세포가 이동하여 와서 유착을 이루고 이를 통해서 혈행이 이루어 진다는 학설이 1970년대까지 각광을 받았고 현재까지도 인정을 받고 있지만 전자체에 치유세포가 존재한다는 사실을 알기 전까지는 이 학설에 따라 건손상후 운동을 하지 않았기 때문에 건수술후 운동장애가 심하게 나타났다. 1970년대 후반 이후부터 전자체의 치유능력에 대한 많은 연구가 있었으나 Gelberman등²³⁾은 굴근건의 건초내에서생혈관의 형성을 관찰함으로써 건의 치유에 내적 및 외적인 능력을 모두 인정하고 있다.

본 실험에서는 건의 치유과정에 있어서 건 표면세포의 중요성을 확인할 수 있었으며 건의 주위조직과 사이에 외상이 심할수록 섬유아세포의 활동성이 커지므로 외과적외상을 줄이는 것이 좋은 것 같다. 장력의 획득은 계속 증가하는 것은 아니지만 본 실험에서는 8주까지 증가하였으며 조직학적 소견과 대체로 일치하는 것으로 보아 임상적으로도 4주에서 8주정도 건수술후 부목이 필요한 것으로 생각된다.

결 론

가토에서 건봉합술후 건치유과정을 조직학적 연구 및 인장력 검사를 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 건 봉합후 초기의 건조적은 변연부에서 세포의 활동성이 왕성하게 일어나 표면을 따라 이동하다가 건봉합부위를 메꾸게 되며, 이어서 건내부의 세포가 collagen을 생산함으로써 건에 힘이 생기게 된다.

2) 건에 있어서 장력의 획득은 8주까지 직선적으로 증가하였으며 조직학적으로 collagen fiber의 성숙의 정도와 일치하는 양상을 관찰할 수 있었다.

References

- 1) Von Haller A : *Von den Empfind lichen und Reizbaren Teilen des Mensch Korpens. Leipzig* : 1752
- 2) Matthews P, Richard H : *The Repair Reaction of Flexor Tendon within the Digital Sheath. The Hand* 1975 : 7 : 27-38
- 3) Leeson TS, Leeson CR : *Histology. WB Saunders Co, 4th ed, 1981* : 131-132
- 4) Manske PR, Lesker PA : *Nutrient Pathways of the Flexor Tendons in Primates. J Hand Surg* 1982 : 7 : 436-444
- 5) Lundborg G, Rank F : *Experimental Intrinsic Healing of Flexor Tendons upon Synovial Fluid Nutrition. J Hand Surg* 1978 : 3 : 21-31
- 6) Lundborg G : *Experimental Flexor Tendon Healing without Adhesion Formation. Hand* 1976 : 8 : 235-245
- 7) Lindsay WK : *Fibroblasts in Flexor Tendon Healing. Plast Reconstr Surg* 1964 : 223-233
- 8) Manske PR, Gelberman RH, Lesker PA : *Flexor Tendon Healing. Hand Clin* 1985 : 1 : 25-33
- 9) Matthews P : *The Pathology of Flexor Tendon Repair. Hand* 1979 : 11 : 233-246
- 10) Matthews P, Richards H : *Repair Potential of Digital Flexor Tendons. J Bone Joint Surg* 1974 : 56B : 618-629
- 11) Matthews P : *The Fate of Isolated Segments of Flexor Tendons within the Digital Sheath. Br J Plast Surg* 1976 : 29 : 216-223
- 12) Matthews P, Richards H : *The Repair Reaction of Flexor tendon within the Digital Sheath. Hand* 1975 : 7 : 27-37
- 13) Peacock EE : *Biological Principles in the Healing of Long Tendons. Surg Clin N Am* 1965 : 45 : 461-466
- 14) Peacock EE : *Fundamental Aspects of Wound Healing Relating to the Restoration of the Gliding Func-*

- tion After Tendon repair. Surg Gynecol Obstet* 1964 : 119 : 241
- 15) Peacock EE : *Some Technical Aspects and Results of Flexor Tendon Surgery. Surg Clin N Am* 1965 : 58 : 330
 - 16) Potenza AD : *Effect of Associated Trauma on Healing of Divided Tendons. J Trauma* 1962 : 2 : 175
 - 17) Weiner IJ, Peacock EE : *Biological Principles Affecting Repair of Flexor Tendons. Adv Surg* 1971 : 5 : 145
 - 18) Gelbrman RH, Siegel DB, Woo SL-Y, Amiel D, Takai S, Lee DS : *Healing of Digital Flexor Tendons : Importance of the Interval from Injury to Repair. J Bone Joint Surg* 1991 : 73A : 66
 - 19) Lindsay WK, McDougall EP : *Digital Flexor Tendons : An Eperimental Study. Part III. The Fate of Autogenous Digial Flexor Tendon Grafts. Br J Plast Surg* 1961 : 13 : 293
 - 20) Becker H, Graham MF, Cohen IK, Diegelman RF : *Intrinsic Tendon Cell Proliferation in Tissue Culture. J Hand Surg* 1981 : 6 : 616
 - 21) Manske PR, Lesker PA : *Flexor Tendon Nutrition. Hand Clin* 1985 : 1 : 13
 - 22) Manson ML, Shearon CG : *The Process of Tendon Repair : An Experimental Study of Tendon Suture and Graft. Arch Surg* 1932 : 113 : 424
 - 23) Gelberman RH, Kahvie V, Cahill CJ : *The Revascularization of Healing Flexor Tendon in the Digital Sheath. J Bone Joint Surg* 1991 : 73A : 868