

수복과정의 건 조직 장력 및 형태학적 변화에 관한 실험적 연구

한양대학교 의과대학 정형외과학교실

황 건 성 · 김 광 회

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

박 병 문

= Abstract =

Experimental Study of the Tensile Strength and Morphology on Tendon Repairs

Kuhn Sung Whang, M.D. and Kwang Hoe Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Hayang University College of Medicine

Byeong Mun Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University College of Medicine

Many injuries of the hand have been occurred in these days because of frequent industrial hazards and frequent handling of tools in modern civilizing life.

A voluminous amount of literature has been recently concerned with many problems and questions posed by tendon surgery. Many investigations have been devoted to discussion of suture materials, tendon suturing, grafting, healing, rate of healing, nutrition and related clinical and laboratory endeavors.

Whatever the material, the aim of tendon suture is not only restoration of a strong mechanical union but also sliding function of the tendon. Thus the question has always been after what delay active mobilization can be allowed or encouraged.

If immobilization allows fibroblasts to invade the tendon extremities and form a scar mass, its prolong leads to adhesion and loss of normal sliding. On the other hand, one can admit that early passive or active mobilization, even if only over a short distance may distend the adhesences and transform them into a kind of mesotenon assuring a better sliding function.

Before permitting early motion, several factors must be considered such as tensile strength of the suture material, holding power of the suture for the tendon, bulkiness of the repair and stress that must be withstood.

Thus it is the purpose of this study to analysis and comparing of tensile strength and morphological changes in the healing process of tendon tissues by different suturing methods.

For this study deep flexor tendon on third toe of adult chicken with an initial weight of about 2Kg was used. The animals were divided into 4 sutured groups which including different suturing methods.

Suturing methods used were interrupted suture, Bunnel's lace suture, Kessler suture and end-weave anastomosis, which have been applied frequently in tendon surgery.

All suture material used were the same size 4-0 Ethilon which has least tissue reaction but high strength. In the animals, after the sharp dissection of the distal portion of the deep flexor tendon on third toe, the tendon stumps were approximated and sutured by 4 different methods. Then a long leg cast in the position of flexion of the foot and ankle joint was applied.

* 본 논문은 제26차 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표하였음.

On operation day and fifth, tenth, fourteenth and twenty-first postoperative day; the animals were sacrificed and the specimens were gained. The measurement of the tensile strength of the sutured tendon was performed through the use of force transducer with the recording of polygraph for permitting continuous monitoring of a progressively increasing load until the failure of tendon repair. Specimens stained with hematoxylin-eosin and Masson-trichrome stain were observed during 42 days after operation.

The findings are as follows.

1. The tensile strength of sutured tendon groups using interrupted suture, Kessler suture, and end-weave anastomosis were reduced maximally on fifth postoperative day and the tensile strength of Bunnell's lace suture group was reduced maximally on tenth postoperative day. Thereafter the strength was increased progressively on entire experimental groups.
2. The tensile strength of end-weave anastomosis group was the strongest among all experimental groups during experimental period.
3. Just after the repairs of injured tendon, the order of strength was Bunnell. Kessler and interrupted suture but the strength was nearly approximated on 21st day.
4. The morphological healing process of interrupted and Kessler suture were better than that of Bunnell and end-weave suture.

From these morphological and physical results, it is suggested that Kessler suture is better suturing method in tendon repair.

Key Words : Tendon repair, Tensile strength, Morphology.

I. 서 론

문명의 발달과 더불어 산업재해가 빈발하고 현대 문명생활에 따른 각종 기구를 사용함으로 많은 수부 손상의 발생 요인이 되고 있다. 이와 같은 수부 손상에 대하여 수부외과 영역의 건 수복을 위한 다양한 방법이 고안되어 발전되었고 또한 봉합물질, 건 치유 기전, 건 치유에 미치는 영향, 건의 영양 공급 및 건 이식에 관한 실험 및 임상적 연구가 계속적으로 진행되고 있는 실정이다.

건 치유는 건초 및 paratenon과 주위의 피하 결체조직으로부터 섬유모세포가 재생되어 건 치유가 일어난다는 paraxial theory^{21,24)}, 건 자체의 재생 능력에 의한 치유를 주장하는 axial theory^{8,14)}, 또 상기 두가지 과정이 동시에 일어난다는 설^{7,17)}이 있다.

손상 건 수복의 주 목적은 정상적인 강도의 유효함을 이루어 초기에 건 환부에 지장없이 정상적 운동을 달성하는 데 있다. 그러므로 수복 후 초기 운동을 하기 위하여는 봉합물질의 장력(tensile strength), 건의 봉합물질 포유력, 수복 건을 싸고 있는 건초의 부피 및 운동을 할 경우 수복위를 유지하는 지구력을 고려하여야 한다²⁰⁾.

봉합물질은 이론적인 견지에서 조직 반응을 일으키지 않고 수복과정이 진행되는 3~4주간 수상건을 수복위치의 집합상태로 유지하고 강도가 강하며 조작이 용이하

여야 한다고 하였다^{11,30)}. 봉합사 성분에 따라서 조직학적으로 견에서 일어나는 반응을 비교하고 수복 후 장력을 비교하여 나일론(nylon)이 비교적 우수하며 스텐레스강(stainless steel)은 장력은 강하나 취급이 어렵고 조작할 때 건 조직 손상이 심한 것으로 알려졌다^{15,26)}.

건 수복 과정에 있어서 Mason과 Allen¹⁶⁾은 조기운동을 시행하는 것은 주위 조직을 비후시키며 수복부의 간격을 넓혀 오히려 회복에 지장을 초래한다고 발표하였고 반면 Klinert등¹²⁾은 건 치유가 완전히 회복된 후 운동을 허용할 경우에는 유착때문에 얻어지는 운동범위가 불량함으로 오히려 초기에 운동을 시작하여야 한다는 상반된 보고를 하고 있다.

손상 건의 이상적인 수복술은 수복위를 적절히 유지하여 형태 조직학적으로 양호한 회복과정을 얻으며 겸하여 초기에 운동을 허용하여 건 수복 후 속발되는 유착을 방지하여야 함으로 상용되고 있는 봉합술의 장력 변화와 형태 조직학적 반응을 상호 비교하여 각각의 특징을 구명하여야 할 것이다.

저자는 이러한 점을 착안하여 인간의 수지 굴곡전과 유사한 해부학적 구조를 가진 닭의 족지 심굴곡전을 이용하여 일반적인 수부건 손상 때 흔히 사용되고 있는 네가지 봉합술을 각각 시행하여 술후 건의 장력 변화에 대한 관찰과 건의 육안 및 현미경적 수복과정을 비교하고자 본 연구에 착수한 바 몇 가지 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료와 실험군의 구분

본 연구에 사용된 실험동물은 체중 2kg인 백색 Leghorn닭을 사용하였고 실험기간중 동일한 시중 배합사료로 온도와 습도등이 같은 사육실에서 양육하였다. 일측의 가장 긴 제 3 족지 심굴곡건을 실험 대상으로 하여 Ethilon® 4-0를 사용하여 봉합하였다.

실험군은 봉합방법에 따라 단순 봉합술군(interrupted suture group), Bunnell 봉합술군, Kessler 봉합술군과 단면직상 봉합술군(end weave anastomosis group)으로 구분하였다(Fig. 1).

장력의 측정은 봉합술 직후, 제5일, 제10일, 제14일, 및 제21일에 각각 7마리에서 심굴곡건을 적출하여 시행하였고 육안 및 조직학적 관찰은 장력 측정군과 동일한 관찰시기와 6주 경과된 동물에서 시행하였다.

2. 실험방법

가. 건 봉합술

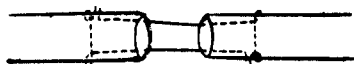
백색 Leghorn닭 날개 정맥에 체중 kg당 20mg의 secobarbital을 정맥 주사하여 마취를 시키고 보조자가 양쪽 다리를 잡고 실험 대상이 되는 발을 세척 시킨후 75% alcohol과 Betadine®으로 소독을 시행하여 일반적인 수술적 무균 조작하에 지혈 목적으로 슬관절부에 지혈대



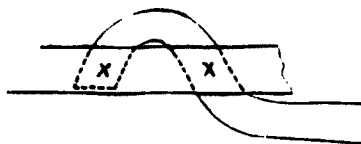
단순 봉합술 (interrupted suture)



Bunnell 봉합술



Kessler 봉합술



단면직상 봉합술(end-weave anastomosis)

Fig. 1. 실험 봉합술.

를 적용하였다. 제 3 족지의 제 1, 3 지간 관절의 내측 부에 3cm의 피부를 종절개하고 피하 조직을 박리한 후 굴곡면의 중심부에서 건초를 종절개하여 심굴곡건을 노출시켰다.

절단시킬 건 근위부에 우선 건 수복을 위한, 봉합 조작을 시행한 후에 11호 칼날을 사용하여 횡으로 건을 절단하였다. 절단 건은 완전하게 건 봉합술을 조작한후 봉합 부위의 건 판열을 방지하기 위하여 심굴곡 건 근위부에 주사침을 피부를 뚫고 건을 횡으로 통과시켜 고정하였다.

절개된 건초와 피하조직 및 피부를 3-0 silk 봉합사로 봉합하고 압박 창상 치료를 하였고 족지 관절은 굴곡위에서 봉합한 건을 이완시킨 상태로 유지시키며 알미늄 수지 부목을 굴곡부에 부착하고 그 위에 석고 봉대로 고정하여 사육하였으며 예정된 실험 시기에 따라 희생시켜 관찰하였다.

나. 장력 측정

실험 시기에 따라서 절제한 족지에서 봉합건을 봉합 부위를 중심으로 하여 근위 및 원위로 각각 3cm씩 총 길이 6cm를 적출하여 건의 양쪽 끝을 동물용 지침기(animal needle holder)로 잡아 한쪽 건단은 force transducer에 연결하고 다른 한쪽 건단은 실험대에 고정하여 점진적으로 실험 건에 장력을 증진시켜 봉합 건의 연결부가 파열될 때 장력을 low level preamplifier를 통하여 증폭시킨 후 다목적 기록기(Polygraph Grass Model, No. 7)에 기록하였다.

또한 각 봉합술간 장력의 통계적 비교는 student test에 의한 $p < 0.01$ 을 통계적 차이가 있는 것으로 판정하여 비교하였다.

다. 육안 및 현미경적 관찰

피부를 종절개하여 봉합부의 건초와 건을 육안적으로 관찰하였고 광학 현미경적 관찰을 위하여 봉합건을 포함한 주위 조직을 손상 없이 적출하였으며 압설자에 건의 양쪽 끝을 핀으로 고정하여 길이를 유지시킨 상태로 10% neutral formalin 용액에 48시간 고정하였다. 봉합에 사용된 봉합사를 제거한 다음 통상적인 paraffin포매를 하여 5"으로 세절하여 hematoxylin-eosin 염색과 Masson-trichrome 염색을 하여 광학 현미경적 관찰을 하였다.

III. 실험성적

1. 장력 변화

가. 단순 봉합술군

봉합술 직후는 장력이 $800 \pm 59.0\text{gm}$ (평균치 \pm 표준오

차)이었고 수술 후 5일에 63.5 ± 77.5 gm으로 다소 감소하였으나 이후부터는 증가하여 10일에 859 ± 61.2 gm, 14일에 1130 ± 35.9 gm, 21일에는 2104 ± 123.6 gm이었다(Fig. 2).

나. Bunnel 봉합술군

봉합술 직후의 장력은 1934 ± 42.3 gm으로 비교적 강한 장력을 보였고 수술 후 5일에는 983 ± 57.8 gm으로 많은 장력감소를 보였으며 10일에 773 ± 71.4 gm으로 가장 낮은 장력을 나타내었으나 이후에는 증가하여 14일에 947 ± 94.9 gm, 21일에는 1789 ± 163.0 gm이었다(Fig. 3).

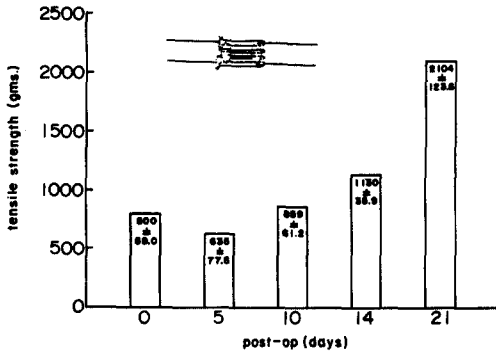


Fig. 2. 단순 봉합술군의 장력.

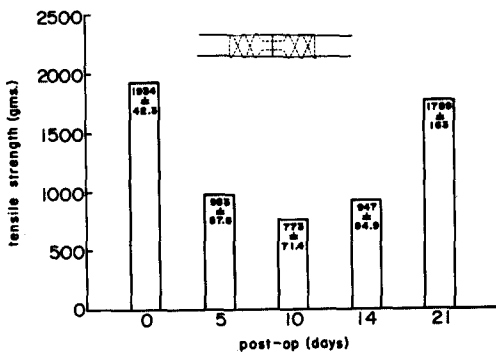


Fig. 3. Bunnel 봉합술군의 장력.

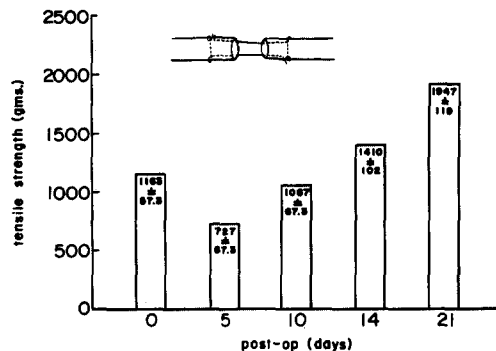


Fig. 4. Kessler 봉합술군의 장력.

다. Kessler 봉합술군

봉합술 직후는 장력이 1163 ± 57.3 gm을 나타내었으나 수술 후 5일에 727 ± 67.3 gm으로 감소하였고 10일에 1067 ± 67.3 gm, 14일에 1410 ± 102.0 gm, 21일에는 1947 ± 119.0 gm으로 점차적인 장력의 증가를 보였다(Fig. 4).

라. 단면직상 봉합술군

봉합술 직후는 3280 ± 218.0 gm으로 강한 장력을 보였으나 수술 후 5일에는 1390 ± 94.1 gm으로 많은 장력의 감소를 보였고 이후부터는 증가하여 10일에 1714 ± 105.5 gm, 14일에 2285 ± 186.3 gm, 21일에는 3106 ± 182.6 gm이었다(Fig. 5).

2. 장력 비교

봉합술 직후 봉합술간에 장력의 차이가 있어 단면 직상 봉합술군, Bunnel 봉합술군, Kessler 봉합술군, 단순 봉합술군 순으로 강한 장력을 나타내었으며 단면 직상 봉합술군은 전 실험기간을 통하여 가장 강한 장력을 보였다.

전체 실험군에서 수술 후 5일에 가장 현저한 장력의 감소를 보였으나 이후 장력이 점진적으로 증가되는 경향을 보였으며 Bunnel 봉합술군은 수술 10일까지 장력이

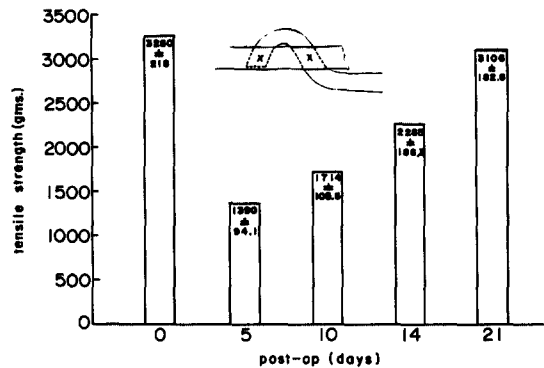


Fig. 5. 단면직상 봉합술군의 장력.

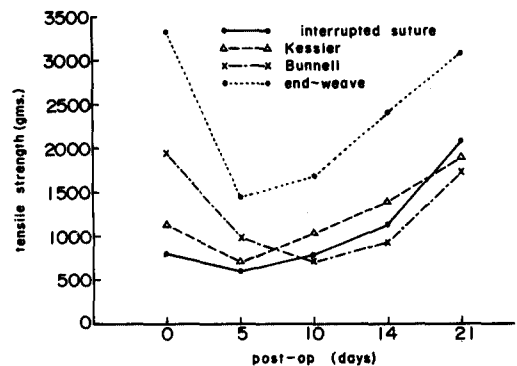


Fig. 6. 장력 비교.

Fig. 7A. 정상건 H-E염색소견. 건 섬유가 건초내에 균등히 배열되어 있는 소견을 보임. 100×

Fig. 7B. 정상건 Masson-trichrome염색소견. 청색의 건 조직 교원섬유와 적색의 근섬유가 이행됨을 보임. 400×

Fig. 8. 단면직상 봉합술군 제5일의 H-E염색소견. 봉합사 주위조직에 염증세포 및 다수의 이물거대 세포 증식을 보임. 100×

Fig. 10. Bunnel봉합술군 제10일의 Masson-trichrome염색소견. 신생 육아조직으로부터 교원 섬유의 성숙을 보임. 400×

Fig. 9. 단순 봉합술군 제5일의 H-E염색소견 건단 열부에 염증세포를 포함한 육아조직의 침윤을 보임.

감소한 후 회복되어 증가되는 경향을 보였다. 단순 봉합술군, Bunnel봉합술군과 Kessler봉합술군은 각각 수술 직후에 장력의 차이를 보였고 수술 후 5일에는 단순 봉합술군이 Bunnel봉합술군 보다 낮은 장력을, 14일에는 Bunnel봉합술군이 Kessler봉합술군 보다 낮은 장력을 보였으나 21일에는 모두 장력이 증가되어 서로 유사한 장력을 나타 내었다(Fig. 6).

3. 육안 및 현미경적 관찰

정상건과 건초의 hematoxylin-eosin염색 소견을 보면

Fig. 11. Bunnel봉합술군 제42일의 H-E염색소견. 성숙된 교원섬유내에 아직 염증세포의 침윤이 있으나 건초와 분리되어 활막강이 형성된 소견. 100×

적색 교원섬유가 나란히 배열되어 있고 활막으로 싸여 있으며 Masson-trichrome염색에서 건조직은 대체로 청색으로 염색되어 있으며, 근 섬유는 적색으로 염색되어 있었다(Fig. 7-A, B).

실험군에 있어서 실험기간을 통한 일반적인 형태학적 변화를 보면 제 5 일에 육안적으로 부종이 건초 및 건 조직 주위에 수복건단은 경한 부종과 출혈을 보이며 수복

건은 절단된 상태를 보였다. 절단 열(裂)은 육아조직으로 채워져 있었고 장력은 없었다. 현미경상 수복 건단은 분리되어 있고 급만성 염증세포를 동반한 육아 조직으로 단열부가 채워져 있고, 건단부는 일부 건 조직의 피사 및 변성을 보였으며 건 조직내에는 다소의 혈관 증식을 보였다. 건초에는 백혈구, 임파구, 조직구 및 섬유모세포의 심한 침윤과 모세 혈관의 확장이 관찰 되었다. 건초 조직은 건 단열부 속으로 증식되어 육아조직을 형성하고 조직내에 다수의 백혈구, 임파구, 조직구와 섬유모세포를 포함하고 있었다(Fig. 8, 9).

제 10일의 육안 소견상 건 단열부는 건초 및 건 주위 조직의 증식에 의해 연결을 보이고 건초는 건단과 융합되었으며 단열부는 건초와 육아 조직의 기질화에 의해 채워져 있었다. 현미경 소견은 건초 조직의 증식이 5일 소견보다 많고 백혈구, 조직구, 섬유모세포와 많은 모세 혈관을 포함하고 있었다. 건 단열부는 육아 조직의 섬유화와 이물 반응을 보여주고 있었다(Fig. 10).

제 14일에는 육안 소견상 건 단열부가 섬유조직으로 연결되어 있었다. 현미경적으로는 수복건단이 섬유모세포 및 모세혈관의 증식과 성숙이 있었고, 다른 염증세포 반응의 감소를 보였고, 또한 교원섬유의 연결로 섬유 배열상이 정연하였다.

제 21일의 육안적으로 건 단열부는 강한 섬유조직으로 연결되었고 건초에도 부종이 대부분 소실 되었다. 현미경적 소견은 건단부의 섬유모세포가 더욱 성숙되어 세포핵이 작아지고 많은 교원 섬유가 충전되어 있었고 수복부의 섬유모세포도 더욱 성숙되고 교원섬유화되어 단열부의 구별이 어려웠다.

제 42일에는 육안적으로 수복 건이 얇은 조직내에서 활주를 할 수 있었고 현미경상 더욱 많은 교원질과 성숙된 건 조직 소견을 보였다(Fig. 11).

이러한 수복과정은 봉합 방법에 따른 차이를 보이지 않았으나 육안적으로 Bunnel봉합술군이 봉합부에서 건 조직의 부종이 비교적 심하였고 단면직상 봉합술군이 넓은 봉합 부위에 미만적으로 부종을 하였다. 또한 조직학적으로 Bunnel봉합술군에 이물반응 및 염증반응이 심하며 술후 초기 실험군에 건 조직의 피사 및 변성 정도가 타 실험군에 비하여 심하였으며 6 주 경과후에도 많은 염증반응이 관찰 되었다. 한편 단면직상 봉합술군은 이물반응이 심하지 않으나 처치된 건의 총 길이의 염증반응이 있었다. 그러므로 봉합사가 건 조직을 통과하는 빈도 혹은 통과 부분의 크기에 따라 차이가 나타내어 단순 봉합술군과 Kessler봉합술군이 비교적 양호한 소견을 보이고 Bunnel봉합술군과 단면 직상 봉합술군은 양호하지 않았다.

IV. 총괄 및 고찰

건 조직 손상은 수부에 빈발하여 수부외과 영역에서는 건 수복을 위한 다양한 방법이 고안되어 발전되었고 또한 봉합물질의 다양화, 건 치유기전 및 건의 영양 공급상태, 건 이식에 관한 연구 및 발전은 건 수복술에 많은 변화를 가져오고 있다.

건 수복술은 궁극적으로 단절면을 정확하게 문합시키며 충분히 봉합사를 함유하여 전인에도 수복위를 유지할 수 있는 저항을 가지면서 봉합시 건 조직에 최소한으로 손상을 주어야 할 것이다. 또 수복시 사용되는 봉합물질은 어느 것이나 이물반응을 나타내어 주위에 육아조직을 형성하며 반흔조직이 되어 유착을 유발시킨다. 한편 봉합사의 굵기 외에도 매듭을 질때 건 섬유가 사이에 끼어 저혈(ischemia)상태로 조직피사를 이루어 반흔 조직을 형성한다.

Lindsay와 Thomson¹³⁾과 Potenza²⁰⁾는 손상건이 회복된 후 유착이 되는 것은 수상시 건 조직의 상해 정도와 봉합시 시행된 자상(puncture) 빈도에 비례한다고 하였으며 건초에 있는 활막으로 덮여 일부 유착은 방지할 수 있으나 제한된 부분에서만 가능하다고 하였다. 또한 Verdan²⁰⁾은 봉합술 후 양호한 결과를 얻기 위하여는 수술시야가 청결하며 조직 손상을 적게 하고 습기 있는 술자의 수지로 건을 다루며 가늘고 예리한 봉합침으로 봉합술을 시행하고 봉합사의 매듭도 작게하여 건 조직내로 피복토록 하여야 한다고 강조하였다.

특히 수부의 굴곡전에서는 vincula를 통하는 영양 공급원을 고려하여 봉합시 전으로 부터 분리시키는 것은 피해야 하는 것이 원칙이다. 건을 공급하는 혈행에 대하여 Mayer¹⁸⁾은 영양공급원이 되는 외원성 혈관(extrinsic vessel)으로 근건접합부를 공급하는 근외막 혈관(perimyseal vessel)의 연장혈관, paratenon 혈관, 건초내에 있는 건을 공급하는 plica 혈관 및 vincula 혈관과 건의 골부착부에서는 골막혈관(periosteal vessel)이고 내원성 혈관(intrinsic vessel)은 endotenon을 따라 들어가 횡 또는 사행으로 연결됨을 구명하였고 Edwards⁸⁾는 각 fascicle 이 한개의 세동맥(arteriole)과 두개의 세정맥(venule)을 포함한 endotenon에 싸여 있다고 보고하였다. Peacnck²⁰⁾은 내원성 혈관은 건의 전체 길이의 $\frac{1}{3}$ 이상은 공급하지 못한다고 하였으며 Brockis²⁾와 Smith²⁰⁾는 특히 심굴곡전에서 근위 및 원위지간 관절부의 배측에서 나오는 vincula longae와 vincula brevae를 관찰하였다. Caplan 등⁴⁾은 굴곡건의 주혈관이 배측에서 들어오므로 봉합은 되도록 배측을 피하여 굴곡면에 가깝게 시행하여야 된다고 보고 하였다. 또 Setti

매듭이 풀리거나 조직을 자르지 않고 가닥이 풀어지지 않으며 전리반응이나 암 및 알리지 유발이 없고 소독이 쉬우면서 변성이 되지 않아야 한다고 강조하였으며 이러한 원칙은 건 수복에 사용되는 봉합물질에서도 역시 적용된다.

Boyes³⁾에 의하면 stainless steel은 면사(cotton), 아마사(linen), 생사(silk)보다 우수하나 건의 주행 방향이 굴곡되면 조직의 손상과 자극이 많은 단점이 있으며 이러한 점을 감소시키기 위하여 봉합침과 (stainless steel)이 함께 연결 제작된 것을 사용하도록 주장하였다.

그러나 Magnus¹⁹⁾에 의하면 stainless steel은 전기적 해리작용이 있고 탄력성이 없어 조직내에서 조직을 손상시켜며 조작할 때 주의를 하여도 톱날 효과를 보이고 pull out 봉합시에도 제거할 때 나일론 보다 5배의 힘이 요구되나 수복부의 장력은 비교적 유사하며 다루기가 어려운 단점을 보고하였다.

Srugi와 Adamson²⁰⁾은 조직내에서 생사는 1개월에 본래 장력의 59%만을 나타내고 텍손(dexon)은 3주에 50%를 보이나 나일론 등 합성사는 매듭이 잘 풀리는 결함이 있으나 조직내에서 장력이 유지되며 탄력성이 있고 취급이 용이하며 조직반응이 적은 우수성을 보고하였다. Verdan²¹⁾은 나일론이 가늘어도 장력이 강하고 봉합침과 연결된 것을 사용하면 건조직 손상이 적은 장점을 보고하였고 수부에서는 4-0보다 굵은 봉합사는 사용을 금하고 수지부에서는 5-0, epitenon 봉합에서는 6-0을 권유하고 있다. 본 실험에서는 나일론 성분의 Ethilon[®]으로 건 손상시 사용되고 있는 4-0를 전 예에서 사용하였다.

봉합술을 Urbaniak 등²²⁾은 장력의 강도를 형태에 따라 세가지로 분류하여 설명하면서 건의 교원섬유와 같은 방향으로 봉합사의 장력이 작용하여 가장 약한 장력을 보이는 것은 단순 봉합술 (interrupted suture), Nicholadoni 봉합술, 측대측 봉합술(lateral-lateral suture)이 속한다고 하였으며 건의 교원섬유 장축에 봉합사가 횡이나 횡사각으로 통과하여 비교적 강한 장력을 나타내는 것은 Bunnel의 lace 봉합술, Wilms-Kessler 봉합술, Masson-Allen 봉합술이 속한다고 하였다. 또한 Pulvertaft의 fish mouth 봉합술과 단면직상 봉합술에서는 건의 절개구를 통과시켜 봉합함으로 장력은 강하게 나타내는 것으로 직접적으로 봉합사에 힘이 적게 미치어 약한 봉합사도 사용이 가능하다고 발표하였다.

건 봉합의 목적은 강한 물리적 융합상태로 정상적인 건의 활주기능을 유지하는 데 있다. 수복술 후에 석고 붕대를 고정 시행하는 것은 섬유모세포가 단열부에 침착되어 반흔조직 형성을 조성하나 장기간 고정은 오히려 주위조직과 유착을 초래하고 또한 혈행의 감소로 건

에서 이영양증(dystrophy)을 유발시킨다. 반면 수복 후 초기에 운동을 시행하는 것은 수복부의 조직반응이 증가되어 비후되고 봉합부의 단열폭이 넓어져 오히려 불량한 결과를 초래하며 이에 Masson과 Allen¹⁰⁾은 술후 2주 동안의 수지운동을 금지하고 있다. 한편 Klinert등¹²⁾은 양호한 봉합사를 사용하여 봉합한 후 역동적 부목 고정 (dynamic splint immobilization)을 시행하여 제한된 운동을 허용하는 것은 건의 활주에 유익하다고 주장하였다.

Howes 등¹⁰⁾은 각종 조직에 봉합술을 시행한 후 장력을 측정하여 술후 4~6일은 봉합부가 봉합사의 장력에 의해 수복위를 유지하며 그 이후에는 섬유조직 증식의 정도에 따라 장력의 정상적인 회복에 차이가 나타난다고 보고하였다. Gratz⁹⁾는 여러 섬유성 조직의 장력을 측정하여 강한 섬유조직은 1476kg/cm²을 보고 하였으며 인간의 건 장력은 Nicola¹⁸⁾는 645kg/cm², Mason과 Allen¹⁰⁾은 654~2549 kg/cm²로 발표하였다. 대체적으로 건의 장력은 강선에 가까운 것으로 알려져 있으며 Farkas와 Lindsay⁶⁾는 닭의 족부 심굴곡건의 장력은 15.9kg으로 보고하여 단절면의 크기로 환산하면 675kg/cm²로 인간의 건 조직 장력과 유사함을 보였으며 본 실험에서도 백색 Leghorn 닭의 제 3족지 심굴곡건을 사용하여 실험하였다.

Mason과 Allen¹⁰⁾은 건 수복 후 치유과정에서 장력이 변화되는 점을 관찰하여 수복 후 5일간은 급속히 장력이 감소하는 섬유성 결합기, 이후 16일까지 장력이 서서히 증가하는 섬유세포 증식기와 19~21일부터 다시 장력이 가속적으로 증가되는 성숙기로 분류하였고 본 실험에서 시행한 모든 봉합술에서도 5일에 장력 감소가 가장 현저하였다. Howes¹⁰⁾은 술후 초기에 장력의 감소는 봉합시 사용된 봉합사의 장력 감소 뿐만 아니라 봉합사를 함유하는 건 조직도 약화되기 때문이라고 하였고 근래 흔히 사용하는 나일론등 합성 봉합사는 종래 사용하던 생사에 비하여 장력 감소가 차지하는 비중은 감소되었으나 역시 건 조직의 연화와 봉합사의 장력 감소가 주 원인으로 사료된다.

수복 건의 장력 회복에 관하여 연구한 Mason과 Allen¹⁰⁾은 술후 6주에 정상적인 건 장력의 8%이며 10주에는 10%의 장력을 갖는다고 하였고 이러한 상태는 근건이 행부나 건의 골 부착부의 장력에 해당된다고 하였다.

Urbaniak 등²²⁾은 수술 후 5일에 Bunnel 봉합술의 장력은 Kessler 봉합술 후 장력의 $\frac{1}{3}$ 밖에 되지 않는다고 보고하였고 인간의 정상 수지굴곡건의 장력은 일반적인 운동 때 1500gm의 장력을 나타내어 Kessler 봉합술을 시행한 경우 초기에 운동이 가능하다고 보고 하였다.

Bergljung"에 의하면 Bunnel 봉합술은 봉합부의 압축을 일으켜 건에서 미세혈류를 차단시킴으로 건연화증(tenomalacia)을 유발시키고 건단의 괴사를 초래하여 육아조직의 증식이 심하게 일어나기 때문에 불량한 봉합술이라고 주장하였다.

Verdan²⁰은 Kessler 봉합술을 비교적 안정되고 시술이 용이하며 혈액형에 지장이 없어 많은 건이 동시에 손상이 되는 완관절부의 건 손상에서 시행함이 좋다고 강조하였다.

본 실험에서 Bunnel 봉합술은 술후에 비교적 강한 장력을 보였으나 10일에 실험군중 가장 약한 장력을 보여 Kessler 봉합술 장력의 68%이었고 조직학적으로 많은 건 조직의 변성과 염증 반응을 보여 양호하지 않은 봉합술로 사료되었다. 또한 본 실험의 결과에서 단순 봉합술은 조직이 용이하나 술후 10일 동안 실험군중 가장 약한 장력을 보여 수복위를 유지함에 완전치 못하여 단순 봉합술 단독보다도 타봉합술의 보존적인 방법으로 보강시킴에 사용하여야 할 것으로 사료되었으며 또한 Kessler 봉합술은 장력 변화가 비교적 완만하며 건의 측면을 따라 봉합되어 조직학적으로 비교적 양호한 결과를 나타내고 있었다.

한편 단면직상 봉합술은 강한 장력을 나타내었으나 서로 다른 굵기의 건을 연결할 때 흔히 사용하여 조기에 운동할 수 있는 강한 장력을 보이나 봉합부의 부피를 고려하여야 할 것이다.

Lindsay와 Thomson¹⁹은 봉합침을 건조직에 삽입한 후 즉시 제거한 경미한 손상으로도 조직반응을 일으켜 유착의 원인이 된다고 하였다. Srugi와 Adamson²⁰은 건 조직 수복 후의 결과는 조직학적인 견지에서 염증세포의 침윤 정도와 비례함을 보고하였다. 본 실험에서 실시한 건 봉합의 형태 조직학적인 치유과정은 각 봉합술군이 대체로 유사하나 Bunnel 봉합술군은 육안적으로 부종이 심하고 조직학적으로 6주 경과 후에도 많은 염증반응을 나타내어 이는 타봉합술군 보다 봉합사가 횡 또는 횡사행으로 건 조직을 통과하며 또 매듭을 만들 때 강한 물리적 결함을 유도한 결과로 사료되었고 단면직상 봉합술군은 조직의 방향이 굴곡되며 봉합술의 조작범위가 넓어 봉합이 간단하고 자상이 적은 Kessler 봉합술군과 단순 봉합술군에 비하여 양호하지 않은 봉합술로 인정되었다.

Flynn과 Graham²¹에 의하면 조직학적인 건 수복 과정에서 7주에는 아직도 미성숙된 건 조직의 섬유 배열 소견을 보이나 10주에는 완숙된 건 조직이 관찰된다고 하였으며 본 실험에서는 6주에 비박한 건초내에서 거의 완숙된 건 조직의 소견이 관찰되었다.

V. 결 론

백색 Leghorn 닭의 제3족지 심골곡건을 이용하여 건 수복을 위한 봉합 방법에 따른 장력 변화와 형태학적 변화를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 단순 봉합술, Kessler 봉합술 및 단면직상 봉합술을 시행한 실험군에서의 건 장력은 수술 후 5일에, 또한 Bunnel 봉합술을 시행한 실험군에서는 10일에 감소되어 최저치를 보인 후 점차 증가하는 과정을 나타내었다.

2. 전체 실험군 중 수복과정을 통하여 단면직상 봉합술을 시행한 군에서 가장 강한 장력을 나타내었다.

3. 수술 직후에는 장력이 Bunnel, Kessler 및 단순 봉합술군의 순으로 가졌으나 21일에는 각기 유사한 장력을 나타내었다.

4. 형태적으로는 단순 봉합술과 Kessler 봉합술이 양호한 수복과정을 보였고 Bunnel 봉합술과 단면직상 봉합술이 불량한 수복과정을 보였다.

이상의 실험 결과로 보아 실험 봉합술중 Kessler 봉합술이 형태학적 및 물리적으로 종합하여 비교적 우수한 봉합술로 인정 되었다.

REFERENCES

- 1) Bergljung L. : Vascular reactions after tendon suture and tendon transplantation, A stereomicroangiographic study on the calcaneal tendon of the rabbit. *J. Plast. Reconstr. Surg., suppl.* 4:7, 1968.
- 2) Brockis J.G. : The blood supply of the fingers in man. *J. Bone and Joint Surg., 35-B:131*, 1953.
- 3) Boyes J.H. : *Bunnel's surgery of the hand*. 4th ed. p416 Philadelphia, J.B. Lipincott Co., 1964.
- 4) Caplan H.S., Hunter J.M and Merklin R.J. : *Intrinsic vascularization of flexor tendons*. In AAOS symposium on tendon surgery in the hand. p48 St. Louis, C.V. Mosby, 1975.
- 5) Edward D.A.W. : The blood supply and lymphatic drainage of tendons. *J. Anat.*, 80:147, 1946.
- 6) Farkas L.G. and Lindsay W.K. : *Functional return of tendon graft protected entirely by pseudosheath*. *Plast. Reconstr. Surg.*, 65:188, 1980.
- 7) Flynn, J.E. and Graham J.H. : *Healing with tendon suture and tendon transplants*. *Surg. Gyn. Obst.*, 115:467, 1962.
- 8) Furlow L.T.J. : *The role of tendon tissues in tendon*

- healing. *Plast. Reconstr. Surg.*, 39:49, 1976.
- 9) Gratz C.M. : *Biomechanical studies of fibrous tissues applied to fascial surgery*. *Arch. Surg.*, 34:461, 1937.
 - 10) Howes E.L., Sooy J.W. and Harvey S.C. : *The healing of wounds as determined by their tensile strength*. *J.A.M.A.*, 92:42, 1929.
 - 11) Katz A.R. and Turner R.J. : *Evaluation of tensile and absorption properties of polyglycolic acid suture*. *Surg. Gyn. Obst.*, 131:701, 1970.
 - 12) Klinert M.E., Kutz J.E., Atasoy E. and Stormo A. : *Primary repair of flexor tendon*. *Orthop. Clin. North Am.*, 4:865, 1973.
 - 13) Lindsay W.K. and Thomson H.G. : *Digital flexor tendons, An experimental study*. *Brit. J. Plast. Surg.*, 12:289, 1960.
 - 14) Lundborg G. : *Experimental flexor tendon healing without adhesion formation, A new concept of tendon nutrition and intrinsic healing mechanisms. The hand*, 8:103, 1976.
 - 15) Magnus D.J. : *Tendon repairs with nylon and a modified pullout technique*. *Plast. Reconstr. Surg.*, 48:32, 1971.
 - 16) Mason M.L. and Allen M.S. : *The rate of healing of tendons, An experimental study of tensile strength*. *Ann. Surg.*, 113:424, 1941.
 - 17) Mason M.L. and Shearson C.G. : *The process of tendon repair, An experimental study of tendon suture and tendon graft*. *Arch. Surg.*, 25:615, 1932.
 - 18) Mayer L. : *The physiologic method of tendon transplantation*. *Surg. Gyn. Obst.*, 22:298, 1916.
 - 19) Nicola T. : *Recurrent dislocation of the shoulder*. *J. Bone and Joint Surg.*, 16:663, 1934.
 - 20) Peacock E.E.J. : *A study of the circulation in normal tendons and healing grafts*. *Ann Surg.*, 149:415, 1959.
 - 21) Peacock E.E.J. : *Biological principles in the healing of long tendons*. *Surg. Clin. North Am.* 45:461, 1975.
 - 22) Postlethwait R.W., Shauble J.F., Dillon M.L. and Morgan J. : *Wound healing II. An evaluation of surgical suture method*. *Surg. Gyn. Obst.*, 108:555, 1959.
 - 23) Potenza A.D. : *Tendon healing within the flexor digital sheath in the dog*. *J. Bone and Joint Surg.*, 44-A:49, 1962.
 - 24) Potenza A.D. : *Concepts of tendon healing and repair. In A.A.O.S. symposium on tendon surgery in the hand*. p18 St. Louis, C.V. Mosby Co., 1975.
 - 25) Setti G.C. and Verdan C. : *Lymphatic circulation in tendons. Proceedings 12th congress of the S.I.C.O.T., Tel. Aviv.*, 1972.
 - 26) Srugi S. and Adamson J.E. : *A comparative study of tendon suture material in dogs*. *Plast. Reconstr. Surg.*, 50:31, 1972.
 - 27) Smith J.W. : *Blood supply of tendons*. *Am. J. Surg.*, 109:272, 1965.
 - 28) Urbaniak J.R., Cahill J.D.J. and Mortensen R.A. : *Tendon suture method. In A.A.O.S. symposium in the hand*. p70 St. Louis, C.V. Mosby Co., 1975.
 - 29) Verdan C. : *Reparative surgery of flexor tendons in the digits In tendon surgery of the hand*. p57 N. Y., Churchill Livingston, 1979.
 - 30) Weckesser E.C. : *Technique of tendon repair. In hand surgery*. p184 Baltimore, Williams and Wilkins Co., 1966.