

## 내시경적 수근관절개술의 임상결과

계명대학교 의과대학 신경외과학교실

김인수

### **Surgical Outcomes of Endoscopic Carpal Tunnel Release**

In Soo Kim, M.D.

*Department of Neurosurgery,  
Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea*

**Abstract** : Carpal tunnel syndrome (CTS) is the most frequently encountered peripheral nerve entrapment syndrome. Surgical treatments consist of conventional open technique, alternative technique using retinaculotome, and endoscopic surgery. Endoscopic carpal tunnel release (ECTR) has been developed as a minimally invasive method, alternative to the open procedure over the past decade. The author presented surgical outcome of ECTR. Fifty cases (19 right, 17 left and 7 bilateral hands) in 43 consecutive patients (mean age: 52.4 years, range: 35–69 years) with electrodiagnostically–proven CTS underwent a Brown’s two–portal ECTR from July 2001 to August 2004. Preoperative clinical findings and results of electrodiagnostic studies were compared with surgical outcome after three–month–follow–up period. Among 50 cases, 47 (94%) were satisfied with complete or significant relief of symptoms after ECTR and 3 (6%) were dissatisfied with partial or no relief of symptoms. No major complications were observed. Severity of electrodiagnostic abnormalities tended to be correlated with surgical outcome, however, this did not reach to statistical significance. Severity of clinical findings, age at onset and symptom duration were not correlated with surgical outcome. ECTR is effective in relieving symptoms of CTS with a low complication rate after the learning curve period. Thus, ECTR can be the first procedure and alternative to the open surgery for CTS.

**Key Words** : Carpal tunnel syndrome, Endoscopic carpal tunnel release, Surgical outcome

## 서 론

수근관증후군(carpal tunnel syndrome)은 말초 신경 압박증후군중 가장 널리 알려져 있는 질환으로, 주로 손을 반복적으로 사용하는 직업이나 취미를 가진 사람들에서 발생한다[1,2].

환자들은 대개 수부의 저림과 통증을 호소하게 되는데, 이는 횡수근인대와 수근골에 의해서 형성된 수근관을 통과하는 정중신경이 여러 가지 원인에 의해서 압박을 받아서 나타나며 무지구근(thenar muscle)의 약화와 위축을 유발하기도 한다[3,4].

이에 대한 치료는 매우 다양한데 임신에 의해 일시적인 증상의 악화를 보이는 경우나 증세가 경미한 경우에는 진통제, 부목, 그리고 수근관 내로 스테로이드를 주입하는 등의 보존적인 방법으로 치료가 가능하며[5,6] 지속적이고 심한 통증을 가진 환자나 근력의 악화를 보이는 경우에는 수술로써 치료를 한다. 수술적 치료로는 고식적인 횡수근인대 절개술, Paine retinaculotome 같은 특수한 기구를 사용하는 방법, 내시경을 이용한 방법 등이 있으며 [7-11], 최근에는 술기와 기구의 발달로 최소 침습 수술경향과 발달된 내시경 수술기구 등의 영향으로 내시경 수술에 대한 관심이 점차 높아지고 있다.

이 연구에서는 최근 약 3년 동안 50명의 수근관 증후군 환자에서 Brown two-portal endoscopic carpal tunnel release system을 이용한 횡수근인대 절개술을 시행하여 좋은 결과를 얻었으며, 치료결과를 분석하여 내시경을 이용한 횡수근인대 절개법의 유용성을 알아보려고 한다.

## 대상 및 방법

2001년 7월부터 2004년 8월까지 손바닥과 수지의 저림감과 통증으로 내원한 환자 중 임상소견과 신경전도검사상 수근관증후군으로 진단되고, 약물요법과 국소 스테로이드 주사요법 등의 보존적 치료에 증상호전이 없는 만성적이고 증상이 심한 경우 내시경 수술을 시행받은 환자를 대상으로 하였다. 뚜렷한 원인을 알 수 없는 원발성인 경우에는 모두 술전검사로

손목부위의 초음파를 실시하였다.

모든 환자에서 수술 전날 입원하여 수술 다음날 퇴원하였으며, 정맥 국소 차단법(intravenous regional block)하에 수술 후 다음날 귀가시켰다. 양측인 경우에는 증상이 심한 측을 먼저 시행한 후 3주 후에 다른 측을 시술하였다. 내시경수술은 양외위에서 팔을 외전 시킨 후 상완부에 지혈대(tourniquet)를 착용시키며 피부절개 직전에 지혈대의 압력을 300 mmHg로 유지하여 Brown의 이개구 방법(two-portal technique) [12]에 따라 원위 손목주름 1-2 cm 근위부에서 장수장근건의 내측에 약 1 cm 정도의 횡절개를 가하고 전완수장건막(volar forearm fascia)을 절개한 후에 활액막 거상기(synovial elevator)를 횡수근인대 밑으로 조심스럽게 통과시켜 횡수근인대와 정중신경 사이를 박리한다. 이때 활액막 거상기를 30° 미만의 각도로 통과시켜 정중신경이 손상되지 않도록 한다. 이때 횡수근인대가 수장면 쪽으로 박리되면서 빨래판을 굽는 듯한 빠각빠각하는 느낌을 느낄 수 있다. 손목의 피부절개창으로 Obturator 삽입관 assembly를 삽입하여 중지와 환지사이(third web space)를 향하게 한 뒤 횡수근인대 밑을 통과시켜 원위손목주름의 약 4 cm 원위부에 0.5 cm 직경의 출구를 만든다(Fig. 1). 이후



**Fig. 1.** Intraoperative photograph illustrating that a slotted cannula is positioned directly toward the third web space. The proximal portal is made just ulnar to the palmaris longus tendon and just proximal to the wrist. The distal portal is being made on 4 or 4.5 cm distal to the distal wrist crease.



**Fig. 2.** Intraoperative endoscopic view after transverse carpal ligament (TCL) division showing cut ends of TCL and palmar fat through divided TCL.

25도의 각도진 내시경을 삽입관의 원위부 끝에서 삽입하여 횡수근인대의 전길이에 걸쳐 확인하는데, 이때 반드시 내시경의 시야에서 섬유조직이 횡으로만

있는것을 확인하였다. 특별히 고안된 칼날을 삽입관의 근위부에서 삽입하여 내시경과 연결된 모니터를 보면서 횡수근인대를 원위부에서 근위부 방향으로 당겨 절개하였다. 횡수근인대가 완전절개 되면 지방이 밑으로 돌출되는 것이 관찰된다(Fig. 2). 횡수근인대가 완전히 절개된 것을 확인하고 수술기구를 제거하고 수술부위는 나일론 4-0로 봉합한 후 수장면에 2-3장의 거즈를 이용하여 가볍게 압박되도록 하고 손목을 약간 신전한 상태로 캐스트를 이용하여 고정하였다. 수술 다음날 환자는 퇴원하며 10일 후에 캐스트를 풀고 봉합사를 제거하였다.

수술전 임상증상의 정도와 신경전도의 이상정도에 따라 각각 경증, 중등증, 중증의 세 군으로 분류하였다[14](Table 1).

수술 후 증상의 호전 정도와 만족도는 외래 통원시의 상태를 기준으로 증상이 완전히 호전되었거나 약간의 증상이 지속되는 경우에 양호, 증상의 호전이 없거나 악화된 경우에는 불량 두가지로 구분하였으

**Table1.** Preoperative severity grading criteria for clinical and electrodiagnostic evaluations

Evaluation	Grade	Symptoms
Clinical	1	Intermittent symptoms of pain and paraesthesia, night pain and paresthesia in finger tip, with a complete opposition and no atrophy of the thenar muscle
	2	Moderately constant symptoms, paresthesia in finger, with a complete opposition and some atrophy or weakness of the thenar muscle
	3	Marked symptoms, including paresthesia in finger to palm, with incomplete opposition and weakness or atrophy of the thenar muscles
Nerve conduction delay	1	Mild: less than 15% prolongation of motor and/or sensory latencies
	2	Moderate:15-30% prolongation of motor and/or sensory latencies
	3	Severe: greater than 30% prolongation of motor and/or sensory latencies

Laboratory reference of normal nerve conduction values:median sensory latency < 3.0 ms; median motor latency < 3.8 ms.

며 술후 추적기간은 3개월에서 15개월이었다. 그리고 술 후 성적이 양호한 군과 불량한 군 사이에서 환자의 나이, 임상증상의 정도 및 기간, 신경전도 검사 의 이상, 예후인자 등을 분석하였다.

통계분석은 SPSS 10을 이용, Chi-square test 를 사용하여 술 후 증상이 양호한 군과 불량한 군사 이의 임상증상의 정도와 신경전도검사 등을 비교 분 석하였다. 환자의 연령과 증상기간 등을 포함하는 임 상적 기초자료들은 Wilcoxon rank-sum test를 이 용하여 분석하였으며 p 값이 0.05미만인 경우를 통 계적으로 유의하다고 보았다.

### 성 적

내시경 횡수근인대 절개술을 시행한 전체 대상환 자 43명중 대부분은 여자(41명) 였으며, 연령은 35 세에서 69세로 평균 52.4이었고 50대가 가장 많았 다. 수술을 시행한 43명의 환자에서 우측이 19례, 좌 측이 17례, 양측이 7례로 모두 50례의 수술을 시행 하였으며 각 측간의 유의한 차이는 없었다(Table 2). 50례의 내시경 수술 후 47례(94%)에서 양호한 결과를 보였으나, 3례(6%)에서 불량한 결과를 보였

**Table 2.** Clinical characteristics in 43 patients with carpal tunnel syndrome

Characteristics	No. of cases
Age (years)	
Mean	52.4
Range	35-69
Sex	
Female	41
Male	2
Hands	
Right	19
Left	17
Bilateral	7

으며 지속적으로 저린 경우가 1례였고 손가락과 손 바닥의 통증이 좋아지지 않은 경우가 각각 1례였다. 수술 후 양호한 결과를 보인군은 그렇지 않은 군에 비해 환자의 연령이 젊고, 술 전 증상의 지속기간이 길었으나 유의한 차이는 없었다(Table 3). 술 후 감 염, 신경 및 인대손상 등의 주목할 만한 합병증은 없 었다.

술전 임상증상의 정도에 따라 분류한 1군의 23

**Table 3.** Surgical outcome according to clinical data

	Good	Poor	P value
No. of hands	47 (94%)	3 (6%)	
Age (years)	52.1 (35-65)	57.0 (43-69)	0.413
Symptom duration (years)	4.4 (0.3-6.7)	2.9 (0.8-5.4)	0.130

**Table 4.** Surgical outcome according to clinical grade

Grade	No. of cases	Good (%)	Poor (%)
1	23	22 (95.7)	1 (4.3)
2	12	12 (100.0)	0 (0.0)
3	15	13 (86.7)	2 (13.3)

**Table 5.** Surgical outcome according to electrodiagnostic abnormalities

Severity	No. of cases	Good (%)	Poor (%)
Mild	3	2 (66.7)	1 (33.3)
Moderate	20	19 (95.0)	1 (5.0)
Severe	27	26 (96.3)	1 (3.7)

례중 22례(95.7%), 2군의 12례에서 모두(100%), 그리고 3군의 15례 중 13례(86.7%)에서 양호(good)한 수술결과를 보였으나 각 군들 간의 만족도에서의 유의할 만한 차이는 보이지 않았다(Table 4). 술전 신경전도의 이상정도에 따라 분류한 mild군의 3례 중 2례(66.7%), moderate군의 20례 중 19례(95.0%), severe군의 27례 중 26례(96.3%)에서 양호(good)한 수술결과를 보여 이상정도가 심할수록 만족도가 높은 결과를 보였으나 유의할 만한 차이는 없었다(Table 5).

## 고 찰

수근관증후군은 말초신경 질환중 가장 흔한 압박 신경병증(entrapment neuropathy)으로서[1,2] 정중신경이 손목부위에서 압박되어 그 신경의 분포지역에 특장적인 증상을 나타내는 질환이다. 이 질환은 1854년 Paget에 의해 기술된 이후, 1913년 Marie와 Foix가 신경압박에 의해 무지구근의 위축되는 것을 막기 위해 횡수근 인대를 절개하는 것을 최초로 제안하였고, 최초의 수술은 Learmonth에 의해 1933년에 이루어졌다[14].

수근관증후군은 전 인구의 1%정도에서 발병하는데 40-60세의 중년 여자에게서 호발하며[15-17], 주로 손을 과하게 쓰는 직업을 가진 사람에게서 발생하고 우성(dominant)의 손에 대개 발생하나 10%이상에서는 양측성으로 발생한다[4,18].

해부학적으로 수근관은 외측과 아래쪽의 수근골과 위측의 횡수근인대의 사이에서 이루어진 공간으로 이 안에는 수지의 골건과 정중신경 등의 총 9개의

구조물이 지나간다. 비록 수근관은 그 양끝이 열려 있기는 하나 근위부와 원위부가 활액막으로 둘러싸인 폐쇄적인 구획을 형성하는데 이 때문에 수근관내의 압력이 기준치 이상으로 증가하는 경우, 정중신경으로의 혈류량이 감소해 손상을 주게 된다[19].

수근관증후군의 발병원인은 크게 횡수근 인대가 섬유화되면서 두꺼워지는 경우와 수근관내의 용적이 증가하는 경우로 나뉘어지는데, 전자가 주된 원인이고 이 중에서도 특발성으로 나타나는 경우가 가장 많고, 그 외에 당뇨병, 류마티스성 관절염, 갑상선기능이상, 말단비대증, 혈액투석, 그리고 임신에 의해 일시적으로 악화되기도 한다[16,17]. 수근관내의 용적은 수근골의 골절, 감염성 질환, 그리고 혈액종양 등에 의해 갑작스럽게 증가할 수 있으며 이로인해 증상이 유발되기도 한다[16,17,19].

수근관 증후군의 수술적 치료로는 전통적인 개방성 횡수근인대 절개술, Paine retinaculotomy 같은 특수한 기구를 사용하는 방법, 그리고 내시경을 이용한 방법 등이 있다[7-11,20,21]. 전통적인 개방성 절개술은 수술시야의 직접적인 관찰이 가능하고 정중신경과 인접한 신경혈관구조물과의 해부학적 관계를 확인할 수 있어 정중신경의 감압에 가장 효과적이라 여겨져 왔다[22,23]. 그러나 수술부위의 반환에 의한 압통, 지속적인 근력저하, 오랜 회복기간 및 무지구(thenar eminence)와 소지구(hypothenar eminence)의 위축등의 단점이 보고되었다[24,25].

내시경을 이용한 횡수근인대의 절개는 최소침습 수술의 발달과 함께 1986년 Okutsu에 의해 처음 소개되었고[25] 최근에는 술기와 기구의 발달로 내시경 수술의 시행이 늘어나는 추세이며 점차 보편화된 수술방식으로 정착되어가고 있다. 내시경 수근관절

개술은 절개부위의 숫자에 따라 일 개구방법과 이 개구방법으로 구분되며, 전자는 근위손목주름 부위에 하나의 절개장을 통하여 내시경과 수술기구를 동시에 삽입하여 횡수근인대를 절개하는 방법으로 Agee 씨의 방법[7,11]이 대표적이며, 후자는 수근관의 원위부와 근위부에 각각의 개구를 만들어 근위부에는 수술기구를 원위부에는 내시경을 삽입해서 횡수근인대를 절개하는 방법으로 Chow 방법[8]과 Brown 방법[12]이 대표적이다. 두 수술방법을 비교 연구한 Brown 등[26]은 합병증이 각각 6%, 5%였고 평균 직장으로의 복귀기간도 16일, 17일로 유의한 차이가 없었으나, 일 개구법이 시술 상 다소 어렵다고 하였다. 저자는 시술 초기부터 Brown 방법에 의한 이 개구법을 사용하였으며, 두 가지 방법 중에서 어느 술기가 더 나은 방법이라기보다 술자의 경험이 예후에 가장 중요하다고 생각되어 진다.

개방성 수근관절개술과 내시경 수근관절개술의 성적을 비교한, 1995년 Sennwald [27]의 연구에서 술 후 통증, 악력, 꼬집는 힘과 일상생활로의 복귀 정도를 비교하여 악력의 회복과 일상생활로의 복귀가 내시경 수술을 시행한 군에서 의미있게 빠르게 진행됨을 보여주었고, Palmer 등[15]은 Agee 방법과 Chow 방법, 그리고 고식적인 방법으로 수술한 211례들을 비교 분석하여 감각이상이나 야간통증의 해소는 치료방법에 따라 차이를 보이지 않았으나 고식적으로 수술한 군에서 엄지손가락 근력의 약화와 일상 생활하는데 있어 통증을 더 많이 호소하였으며, 내시경 수술을 한 군에서는 쥐고 꼬집는 힘과 손목의 운동범위의 회복 등이 더 빨리 이루어졌음을 보고하였다.

위와 같이 내시경을 이용하여 수술한 경우 여러 가지 장점이 있으며, Guyon's canal에서 척골신경 압박이 동반된 경우, 현저한 정중신경외막의 비후, 심한 인대활액막염(tenosynovitis), 해부학적 변이와 이상등의 뚜렷한 금기가 없는 모든 수근관증후군 환자에서 추천가능하다[26]. 그러나 시야가 좋지 않고 활액막과 신경조직과의 구분이 어려우며, 결절종(ganglion)이나 신경섬유종과 같은 공간점유병소를 놓치기 쉬운 단점이 있다[28]. 또한 제한된 시야에 따른 술중 신경혈관 구조물의 손상이나 불완전한 절

개도 많은 사체 연구를 통하여 여러 저자들에 의해 보고되었다[29-31]. 그리고 이전에 수근관 절개술을 실시하고 재발한 경우 등에서는 시행하기가 어렵다[28]. 시술초기에는 한정된 공간 내에서의 수술시야의 협소함과 횡수근인대의 불완전한 절개 및 다른 신경혈관구조물의 손상이 보고되었으나 30도 각도의 내시경을 비롯한 수술기구의 개발로 충분한 수술시야가 확보되었고 합병증의 발생도 감소하였다[7,12,25,26,32].

내시경 수근관절개술에서 가장 중요한 것은 무엇보다도 수술적경험이다. 먼저 횡수근과 점액낭사이의 정확한 박리가 필수적이며, 이때 박리가 정확하지 않으면 횡수근상방이나 경점액낭(trans bursa) 접근이 되어 횡수근절개가 불가능하며 합병증을 일으키게 된다. 그리고 중요한 손바닥 지표인 두상골(pisiform bone), 유구골의 갈고리(hook of hamate), 척수근굴근(flexor carpi ulnaris) 및 요수근굴근(flexor carpi radialis)을 확인한 후 정확하게 기구를 삽입하여 진행하면 천층수장부 혈관궁(superficial palmar arch)과 정중신경의 운동 및 감각분지의 손상을 회피할 수 있고 내시경 화면상의 입체감에 익숙해져야 충분한 감압이 가능할 것이다[23,33,34]. 내시경을 넣은 후에는 화면에서 조직의 방향이 횡으로만 있는지 반드시 확인하여야 하며, 수근관의 원위부로부터 횡수근을 완전하게 절개하여야 한다. 이때 내시경을 횡수근절개 방향에 따라 함께 움직여 수장지방(palmar fat)이 흘러내리는 것을 확인하여 불완전 절개를 감시하여야 한다. 개방성 혹은 내시경수술이든 수술방법에 관계없이 전체적인 수근관증후군의 수술성적은 82~97% 정도에서 호전이 보고되고 있으며, 수근관의 절개에 따른 합병증으로는 정중신경의 운동 및 수장감각분지의 손상, 불충분한 감압, 절개부위의 통증과 압통, 반사성 교감신경이형증, 신경과 인접조직 및 굴곡근과의 유착, 혈종, 감염, 신경종 및 척골신경영역의 감각장애등이 보고되었다. 이중 횡수근인대의 불완전 절개에 의한 증상의 지속과 정중신경과 척골신경의 일시적인 손상에 의한 감각소실이 가장 흔한 문제점으로 지적되고 있다[7,35,36]. 또한 위의 원인인자들은 이차수술의 이유가 되기도 하며, 증상의 지속이나 악화를

초래하기도 한다. 1998년 Hulsizer 등[37]은 이전에 고식적 방법과 내시경적 방법을 이용해 수술 후 재발한 환자들에 대해서 고식적인 방법으로 재수술을 시행하였는데 이전에 내시경 수술을 시행후 재수술을 시행한 군에서 더 좋은 결과를 보인다고 보고해 내시경을 이용한 술식이 고식적인 방법에 비해 수근관의 부적절한 압박이 이루어지는 빈도가 더 높음을 시사하였다.

저자의 경우에 47례(94%)에서 술 후 증상의 호전이 있었으며 3례에서는 지속적인 저린감과 손가락이나 손바닥의 통증이 호전되지 않는 합병증이 발생하였다. 이들 모두 내시경수술을 시작한 초기에 발생한 경우였으며 횡수근근대의 불완전 절개에 의한 것으로 추측되어진다.

내시경 수근관절개술의 결과에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 환자의 연령, 술 전 증상의 지속기간, 임상 소견, 신경전도 이상 정도, 그리고 술자의 경험 등을 고려해볼 수 있다.

고령의 환자와 증상의 지속기간이 짧을수록 술 후 예후가 불량하다는 보고[38]가 있으나, 본 연구에서는 유사한 결과를 얻었다. 또한 수술 전의 저린감의 정도, 무지근 위축이나 쇠약이 예후에 영향을 줄 수 있다는 보고들[38-41]이 있으나 저자의 연구에서는 이러한 요인들에서 유의한 차이는 없었다. 저자의 경우에서 감각신경 원위 잠복기의 지속만을 보이는 군보다 감각신경과 운동신경의 원위 잠복기의 지속을 보이는 군에서 더 좋은 결과를 보였는데 다른 결과들도[41,42] 저자의 연구와 유사한 결과를 보고하고 있다.

## 요 약

수근관증후군의 내시경을 이용한 수술방법은 안전하고 최소침습적인 방법으로 개방성절개술을 대체할 수 있는 효과적인 수술방법으로 생각된다. 그러나 성공적인 수술결과를 기대하기 위해서는 개방성절개술이나 사체 실습등을 통한 충분한 경험이 무엇보다 중요하리라 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. Kasdan ML. *Occupational Hand and Upper Extremity Injuries and Diseases*. Philadelphia: Hanley & Belfus; 1991,p.341-402.
2. Louis DS. Evolving concerns relating to occupational disorders of the upper extremity. *Clin Orthop* 1990; **254**:140-3.
3. Thomas JE, Lambert EH, Cseuz KA. Electrodiagnostic aspect of the carpal tunnel syndrome. *Arch Neurol* 1967;**16**:635-41.
4. Tindall SC. Chronic injuries of peripheral nerves by entrapment. In: Youmans JR, editor. *Youman's Neurological Surgery*. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996,p.2189-94.
5. Gelberman RH, Aronson C, Weisman MH. Carpal tunnel syndrome: Results of a prospective trial of steroid injection and splinting. *J Bone Joint Surg* 1980;**62A**:1181-4.
6. Green DP. Diagnostic and therapeutic value of carpal tunnel injection. *J Hand Surg* 1984;**9A**:850-4.
7. Agee JM, McCarroll HR Jr, Tortosa RD, Berry DA, Szabo RM, Peimer CA. Endoscopic release of the carpal tunnel: a randomized prospective multi-center study. *J Hand Surg* 1992;**17A**:987-95.
8. Chow JC. Endoscopic release of the carpal ligament: a new technique for carpal tunnel syndrome. *Arthroscopy* 1989;**5**:19-24.
9. Elmaraghy MW, Hurst LN. Single-portal endoscopic carpal tunnel release: Agee carpal tunnel release system. *Ann Plast Surg* 1996;**36**(3):286-91.
10. Paine KWE, Polyzoidis KS. Carpal tunnel syndrome: decompression using the Paine retinaculotome. *J Neurosurg* 1983;**59**:1031-36.
11. Ruch DS, Poehling GG. Endoscopic carpal tunnel release: the Agee technique. *Hand Clin* 1996; **12**(2):299-303.
12. Brown MG, Rothenberg ES, Keyser B, Woloszyn TT, Wolford A. Results of 1236 endoscopic carpal tunnel release procedures using the Brown

- technique. *Contemp Orthop* 1993;**27**(3):955-1000.
13. Stevens JC. AAEM minimonograph #26: the electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1997;**20**:1477-86.
  14. Pfeffer GB, Gelberman RH, Boyes JH, Rydevik B. The history of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg* 1988;**13**:28-34.
  15. Palmer DH, Paulson JC, Lane-Larsen CL, Peulen VK, Olson JD. Endoscopic carpal tunnel release: A comparison of two techniques with open release. *Arthroscopy* 1993;**9**(5):498-508.
  16. Phalen GS. Reflections on 21 years' experience with the carpal tunnel syndrome. *JAMA* 1970;**8**:1365-7.
  17. Phalen GS. The carpal tunnel syndrome: Clinical evaluation of 598 hands. *Clin Orthop* 1972;**83**:29-40.
  18. Bleeker ML, Bohlman M, Moreland R, Tipton A. Carpal tunnel syndrome: Role of carpal canal size. *Neurology* 1985;**35**:1599-604.
  19. Szabo RM. Acute carpal tunnel syndrome. *Hand Clin* 1998;**14**(3):419-29.
  20. Gelberman RH, Pfeffer GB, Galbraith RT, Szabo RM, Rydevik B, Dimick M. Results of severe carpal tunnel syndrome without internal neurolysis of the median nerve. *J Bone Joint Surg* 1987;**69**:896-903.
  21. Kuschner SH, Brien WW, Johnson D, Gellman H. Complications associated with carpal tunnel release. *Orthop Rev* 1991;**20**:346-52.
  22. Hallock GG, Lutz DA. Prospective comparison of minimal incision "open" and two portal endoscopic carpal tunnel release. *Plastic Reconstruct Surg* 1995;**96**:941-7.
  23. Rotman MB, Manske PR. Anatomic relationships of an endoscopic carpal tunnel device to surrounding structures. *J Hand Surg* 1993;**18**:442-50.
  24. Futami T. Surgery for bilateral carpal tunnel syndrome: endoscopic and open release compared in 10 patients. *Acta Ortop Scand* 1993;**66**:567-8.
  25. Okutsu I, Ninomiya S, Takatori Y, Hamanka I, Genba K, Ugawa Y, et al. Results of endoscopic management of carpal tunnel syndrome. *Orthopaedic Review* 1993;**22**:81-7.
  26. Brown MG, Keyser B, Rothenberg ES. Endoscopic carpal tunnel release. *J Hand Surgery* 1992;**17**:1009-11.
  27. Sennwald GR, Benedetti R. The value of one-portal endoscopic carpal tunnel release: a prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1995;**3**(2):113-6.
  28. Einhorn N, Leddy JP. Pitfalls of endoscopic carpal tunnel release. *Orthop Clin North Am* 1996;**27**(2):373-80.
  29. Lee DH, Masear VR, Meyer RD, Stevens DM, Colgin S. Endoscopic carpal tunnel release: a cadaveric study. *J Hand Surg* 1992;**17**:1003-8.
  30. Rowland EB, Kleinert JM. Endoscopic carpal tunnel release in cadaver: An investigation of the results of 12 surgeons with this training model. *J Bone Joint Surg* 1994;**76**:266-8.
  31. Schwartz JF, Waters PM, Simmons BP. Endoscopic carpal tunnel release: a cadaveric study. *Arthroscopy* 1993;**9**:209-13.
  32. Sellers DS. Endoscopic carpal tunnel release. *Clin Plastic Surg* 1995;**22**:775-80.
  33. Jimenez DF, Gibbs SR, Clapper AT. Endoscopic treatment of carpal tunnel syndrome: a critical review. *J Neurosurg* 1998;**88**:817-26.
  34. Slator RR Jr., Bynum DK. Diagnosis and treatment of carpal tunnel syndrome. *Orthopaedic Review* 1993;**22**:1095-105.
  35. Arner M, Hagberg L, Rosen B. Sensory disturbances after two-portal endoscopic carpal tunnel release: a preliminary report. *J Hand Surg* 1994;**19**:548-51.
  36. Boeckstyns ME, Sorensen AI. Does endoscopic carpal tunnel release have a higher rate of complications than open carpal tunnel release? An analysis of published series. *J Hand Surg* 1999;**24**:9-15.



37. Hulsizer DL, Staebler MP, Weiss AP, Akelman E. The results of revision carpal tunnel release following previous open versus endoscopic surgery. *J Hand Surg* 1998;**23**:865-9.
38. Hirooka T, Hashizume H, Senda M, Nagoshi M, Inoue H, Nagashima H. Adequacy and long-term prognosis of endoscopic carpal tunnel release. *Acta Med Okayama* 1999;**53**:39-44.
39. Brief R, Brief LP. Endoscopic carpal tunnel release: report of 146 cases. *Mt Sinai J Med* 2000;**67**:274-7.
40. Serra L, Panagiotopoulos K, Bucciero A, Mehrabi FK, Pescatore G, Santangelo M, *et al.* Endoscopic release in carpal tunnel syndrome: analysis of clinical results in 200 cases. *Minim Invasive Neurosurg* 2003;**46**:11-5.
41. Straub TA. Endoscopic carpal tunnel release: a prospective analysis of factors associated with unsatisfactory results. *Arthroscopy* 1999;**15**:269-74.
42. Ueno H, Kaneko K, Taguchi T, Fuchigami Y, Fujimoto H, Kawai S. Endoscopic carpal tunnel release and nerve conduction studies. *Int Orthop* 2001;**24**:361-3.