

경부 척추신경근 병변에 동반된 수근관 증후군의 빈도

서울대학교 의과대학 재활의학교실

한태륜 · 백남종 · 이경우

Prevalence of Carpal Tunnel Syndrome in Cervical Radiculopathy

Tai Ryoon Han, M.D., Nam Jong Paik, M.D. and Kyeong Woo Lee, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Seoul National University College of Medicine

- Abstract -

Objectives : To investigate the prevalence of carpal tunnel syndrome among subjects with cervical radiculopathy and whether it is explainable by the double crush hypothesis.

Method : We retrospectively reviewed electrodiagnostic records of 396 cervical radiculopathy cases(419 limbs). Cervical radiculopathy were diagnosed by electromyography. Median and ulnar nerve conduction studies were done at least one limb ipsilateral to radiculopathy.

Results : Ten percent of subjects(7.9% of limbs) with cervical radiculopathy had coexisting carpal tunnel syndrome in at lease one limb ipsilateral to radiculopathy side, which were comparable with that of general population. In only 0.7% of the limbs with cervical radiculopathy had anatomically correlated distal nerve lesion, i.e., C6-7 radiculopathy with abnormal median sensory nerve conduction studies, C8-T1 radiculopathy with abnormal median motor nerve conduction studies or C6-T1 radiculopathy with both median motor and sensory conduction abnormalities.

When considering axonal involvement in abductor pollicis brevis muscle, 0.2% of total limbs had proximal and distal nerve lesion explainable by double crush hypothesis.

Conclusion : The prevalence of carpal tunnel syndrome among cervical radiculopathy was not so high as expected. We should be more conservative to use the term 'double crush syndrome' until definitive neurophysiological and clinical evidences are obvious.

Key Words : Double crush syndrome, Carpal tunnel syndrome, Cervical radiculopathy

서 론

1973년 Upton 등¹이 수근관증후군 환자의 72.5%에서 경부 척추신경근병변을 의심할만한 임상적 혹은 방사선학적 소

견을 보였다고 보고하면서 이는 근위부의 신경 압박으로 인한 axonal flow의 장애로 원위부 신경이 국소적 압박에 민감해지기 때문이라고 한 이후 이중압쇄증후군(double crush syndrome)이라는 개념을 도입하였고 Hurst 등²이 수근관증후군 환자 중 방사선학적 검사상 척추증(spondylosis)이 있는 환자에서 양측성 수근관증후군의 비율이 높았다고 하여 이를 지지

서울대학교 의과대학 재활의학과학교실

Address reprint requests to Kyeong Woo Lee, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, College of Medicine Seoul National University, #28 Yeongon-dong, Chongno-ku, Seoul, 110-744, Korea.

Tel : 82-2-760-2619, Fax : 82-2-743-7473, e-mail : kwlee65@hanmail.net

하는 등 근위부와 원위부의 신경에 동시에 발생한 신경병증을 설명하기 위해 많은 저자들에 의해 인용되어 왔다.^{3,7}

이중압케증후군에 대한 임상적 연구로 가장 많이 시행되어지고 있는 것이 경부 척추 신경근병변과 수근관증후군간의 관련성이다.^{3,6,8} 대부분의 연구들이 수근관증후군을 가진 환자에서 경부척추신경근병변의 유병률을 구하는 연구들인데 적게는 척골신경병변까지 포함한 예에서 3.4%⁸를 보고한 것에서부터 많게는 75.4%⁵까지 매우 상이한 결과들을 보고하고 있다. 대체로 근전도 소견을 기준으로 한 연구들에서는 임상적 소견을 바탕으로 한 연구들보다 낮은 유병률이 보고되고 있으나^{8,9} 근전도 소견을 기준으로 한 연구들 중에서도 진단의 기준에 따라 매우 높은 유병률을 보고하고 있는 등⁵ 일관된 결과가 부족한 실정이다. 또한 이중압케증후군의 개념 상 근위부 병변이 발생의 시점에서 앞서고 이 중 일부에서 원위부 병변이 발생한다고 보는 것이 타당하겠으나 경부척추신경근병변을 가진 환자 중 수근관 증후군의 유병률을 보고한 연구는 최근 Richardson의 연구¹⁰를 제외하고는 거의 없는 실정이다.

최근에는 axonal flow의 장애라는 개념 상 원위부와 근위부에서 침범된 축삭의 해부학적 연관성 및 축삭의 침범 여부가 고려되어야 한다는 점이 몇몇 저자들에 의해서 제기가 되면서 이중압케증후군에 대한 비판이 늘어가고 있다.^{8,10-12}

즉, axonal flow의 장애라는 가설이 이중압케증후군을 설명하려면 다음과 같은 조건이 필요한데, 손상을 받은 두 축삭이 같은 축삭이어야 하고, 근위부 신경병변이 축삭에 손상을 줄 정도의 손상이어야 하며, 원위부의 병변 역시 수초(myelin)의 병변보다는 축삭의 병변이어야 한다는 것이다.^{8,10-12} 이를 수근관 증후군에 적용하여 보면, 수근관을 통과하는 정중 신경은 감각신경은 C6-7, 운동신경은 C8T1신경근으로 이루어져 있고, 따라서 수근관증후군에서 axonal flow 가설에 근거한 이중압케증후군이 설명되려면 C6-7 신경근병변에서는 정중감각신경의 병변, C8T1 신경근병변에서는 정중운동신경의 병변이 생겨야 한다. 그리고 척추후절지(posterior rami)에 의해 신경지배를 받는 척추 주변근에만 병변의 증거가 있을 경우 척추 전절지(anterior rami)에 의해 지배를 받는 사지의 신경과 동일한 축삭에 병변이 있다고 하기 어렵다는 것이다. 또한 원위부 신경의 손상정도도 정중신경의 지배를 받는 수부 근육에서 축삭 손상의 증거가 보일 정도가 되어야 할 것이다. 수근관 증후군에서는 임상에서 가장 병변이 흔한 C6-7 신경근이 수근관을 통과하는 정중신경의 운동신경과는 관련이 없는 신경섬유이지만 운동신경이 흔하게 침범되고, 또 축삭 손상이 없이 수초만이 침범된 수근관증후군이 더 흔하기 때문에 axonal flow 가설에 의한 이중압케증후군을 적용하는데 어려움이 있을 것으로 생각되어지고 있다. 또 대개 한 두 개의 신경근만이 침범되는 척추신경근병변이 여러 개의 신경근으로 구성된 말초신경에 변화를 가지고 올 수 있다는 것도 설명이 어렵고^{8,11} 후근신경절 이전의 병변(preganglionic lesion)인 경우가 많은 척추신경근병

변이 말초의 감각신경에 영향을 주기도 어려울 것이다.^{8,12}

본 연구는 경부 척추신경근 병변을 가진 환자를 대상으로 수근관증후군의 빈도를 알아보고 두 병변을 동시에 가진 환자에 대해서 두 병변의 해부학적인 연관성 및 수초의 침범 여부를 살펴보고 어느 정도 이중압케증후군으로 설명이 될 수 있는지를 알아보고자 시행되었다.

연구 대상 및 방법

본원 재활의학과 근전도실에서 경부척추신경근 병변으로 진단 받은 전체 459예 중 396예, 419지를 대상으로 하였다. 경부 척추신경근병변의 진단은 해당되는 신경근 지배 부위나 척추주변근에서 탈신경전위가 관찰되는 경우였고, 임상적으로 의심이 되는 환자 중에는 체성감각신경유발전위 검사를 통해서도 진단을 하였다.

수근관 증후군의 진단은 단무지 외전근 근위부 상방에서 자극하고 얻은 복합근활동전위의 기시 잠시기가 4ms 이상이거나 인지 상방 14cm에서 자극하고 얻은 감각신경활동전위의 기시 잠시기가 3.5ms 이상인 경우, 혹은 환지에서 14cm 상방에서 자극하여 구한 정중 신경과 척골 감각신경 기시 잠시기의 차이가 0.5ms 이상인 경우로 하였다.

진신성 말초신경병변이 동반되어 있거나 완관절 상부에서 정중신경의 손상이 동반되어 있거나 완관절 부위에 위상을 받았던 예는 제외하였다.

결 과

수근관 증후군이 병발된 군과 병발되지 않은 군의 성별 및 나이에서, 동반된 군에서 여성의 비율이 67.5%로 병발되지 않은 군 34.3%에 비해 높았고, 나이는 수근관증후군이 병발된 군에서 평균 52.7세, 병발되지 않은 군에서 47.7세였으며, 여자에 있어서는 수근관증후군이 병발된 군에서 그렇지 않은 군에서보다 나이가 의미있게 많았다(Table 1).

경부 척추신경근병변에서 수근관증후군의 병발 빈도는 전체 396예 중 10.1%인 40명으로 남자에게서 5.3%, 여자에게서 18.1%로 발생빈도의 여자 대 남자 비는 3.4:1이었다. 척추 신경근병변이 있었던 419지에서 봤을 때, 신경근병변과 같은 축에 수근관증후군이 병발한 예는 33지로 전체 지의 7.9%이었으며, 남자와 여자의 발생비율은 3.8%와 14.9%로 여자에게서 높은 빈도를 보였다(Table 2).

수근관증후군이 병발된 31예 중 양측성 수근관 증후군이 17예, 단측성이 14예였으며, 양측성 수근관증후군 17예 중 양측성 척추신경근 병변에 동반된 예는 2예 뿐이었고, 나머지 15예는 척추신경근 병변은 단측성이면서 수근관증후군은 양측성인 경우였다(Table 3).

근위부와 원위부 병변간에 해부학적으로 연속성이 있다고

Table 1. Demographic Characteristics of CTS* and non-CTS Groups

		CTS	non-CTS
Sex	Male:Female	13:27	234:122
	% of Female	67.5	34.3
Age	Male	48.9±18.1	47.3±12.9
	Female	54.2±13.0**	46.9±13.9*
	Total	52.7±14.5	47.7±13.8

* Carpal Tunnel syndrome

Table 2. Prevalence of Carpal Tunnel Syndrome(CTS)

Sex	Cases	CTS	Limbs	CTS
Male	247	13(5.3%)*	265	10(3.8%)**
Female	149	27(18.1%)*	154	23(14.9%)**
Female:Male	1:1.7	2.1:1(3.4:1)		
Total	396	40(10.1%)	419	33(7.9%)

*, **: p<0.05

보기 어려워 axonal flow 가설에 근거한 이중압력증후군으로 설명하기 힘든 지(limb)는 다음과 같다. 정중 신경에 기여하지 않는 C5의 신경근병변 1지, 척추 후절지(posterior rami)의 지배를 받는 척추 주변근에서만 탈신경전위가 보인 지 4지, C6-7 신경근병변이 있으면서 C8T1의 지배를 받는 정중 운동신경에만 이상이 있는 경우 7지, 체성감각신경유발전위에만 이상이 있으면서 정중 운동신경에만 이상을 보인 1지 등 모두 13지였다(Table 4).

부분적으로 근위부와 원위부 병변간에 해부학적 연관성이 있다고 생각되어지는 예는 다음과 같다. 즉 정중 감각신경에 기여하는 C6-7 혹은 정중 운동신경에 기여하는 C8-T1 신경근병변이 있으면서 정중신경의 운동 및 감각 신경전도검사에 모두 이상 소견을 보인 경우가 17지로 이는 전체 지의 4%를 차지했다(Table 5).

근위부와 원위부 병변간에 해부학적으로 연속성이 인정되는 경우는 다음과 같았다. C6-7 신경근병변이 있으면서 정중신경의 감각 신경만 이상을 보인 경우는 없었고, C8-T1 신경근병변이 있으면서 정중신경의 운동 신경만 이상 소견을 보인 경우가 1지, C6에서 T1까지 신경근 병변이 있으면서 감각 및 운동 신경에 모두 이상 소견을 보인 경우 2지 등 모두 3지로 전체 지의 0.7%이었다(Table 6).

근위부와 원위부 병변간에 해부학적으로 부분적으로 연관이 있는 군 및 연관이 잘 되는 군에서 축삭의 침범 여부를 알기 위해 정중신경 지배 근육인 단무지외전근의 비정상 자발전위의 유무를 살펴본 결과, 부분적으로 연관이 있었던 군에서 17지 중 9지로 전체의 2.1%, 연관이 있었던 군에서 3지 중 1지로 전체의 0.2%를 차지했다.

Table 3. Bilaterality

		Radiculopathy	
		Unilateral	Bilateral
CTS*	Bilateral	15	2
	Unilateral	14	0

* Cases with carpal tunnel syndrome in at least one limb ipsilateral to side of cervical radiculopathies

Table 4. Anatomic Continuity between Proximal and Distal Lesions(1): Limbs Showing Inadequate Correlation

Sex	Limbs
C5 Radiculopathy with CTS*	1
Abnormality only in paraspinal muscles	4
C6-7 radiculopathy with motor CTS**	7
SEP abnormality with motor CTS**	1
Total	13

* Carpal tunnel syndrome

** Carpal tunnel syndrome with only motor nerve conduction abnormality

Table 5. Anatomic continuity between Proximal and Distal Lesions(2): Limbs Showing Partial Correlation

	Limbs
C6-7 Radiculopathy with motor & sensory CTS*	7
C8T1 Radiculopathy with motor & sensory CTS*	10
Total	17
% among total limb with radiculopathy (n=419)	4%

* Motor & sensory CTS: Carpal tunnel syndrome with sensory and motor nerve conduction abnormality

고 찰

일반 인구에서의 수근관증후군의 발생빈도는 정확히 조사된 연구가 많지 않지만 Krom등¹³은 남자에게서 0.6%, 여자에게서 9.2%의 빈도를 보고하였고, 남녀의 비는 3:1에서 10:1까지 보고하였다. Ferry등¹⁴은 일반인구조사에서 비응답자에 대해 교정을 하고 정중신경전도 검사에서 운동신경 원위잡시기 4.5ms 이상이거나 감각신경 원위잡시기 3.7ms 이상을 진단의 기준으로 했을 때 수근관증후군의 유병률이 남자 14.6% 여자 14.0%라고 하였고 55세 이하에서 11.3%, 55세 이상에서 23.4%라고 하였다. Krom의 연구와 비교해 보면 본 연구 대상에서의 수근관증후군의 유병률은 남자 5.3%, 여자 18.1%로 일반 인구

서보다 높게 나왔으나 대상의 평균 연령이 40대와 50대인 점을 고려할 때 이것이 일반인구보다 높은 유병률인지 단증하기는 어렵다. 또한 Ferry의 연구와 비교해도 신경전도 검사의 진단 기준이 차이가 있지만 유병률의 차이가 뚜렷하게 난다고 할 수가 없을 것이다. 남녀의 비에 있어서도 3.4:1로 여자가 많아 일반 인구와 크게 다르지 않음을 알 수 있었다.

본 연구와 방법은 다르지만 이중압케증후군의 빈도를 보기 위해 수근관증후군 환자에서의 경부 척추신경근병변의 동반 정도를 살펴본 연구들을 보면 Yu등¹⁵은 전기진단학적 진단을 기준으로 11%, Osterman등⁴은 근전도 검사를 포함한 연구에서 18%가 동반된다고 보고하였다. 강등⁹은 근전도 소견을 바탕으로 70명의 수근관증후군 환자 중 4명(7.7%)에서 척추신경근병변이 동반되었다고 하였고 조등⁵은 경추주변근에 대한 근전도 소견을 기준으로 경부 척추신경근병변이 75.4%에서 병발되었다고 보고하였다. 이처럼 차이가 많은 것은 진단기준이 연구자마다 달랐기 때문이라고 볼 수 있다. 근전도를 진단기준으로 한 검사 중에서도 일부에서는 비교적 높은 비율이 보고되고 있는데, Osterman 등⁴의 연구에서는 임상적 소견을 같이 고려했다고 하면서 정확히 어떤 검사를 우선으로 하였는지를 밝히지 않았고, 조등⁵의 연구에서는 경추주변근에서의 비정상 자발전위만으로 경부 척추신경근병변을 진단하여 가장 높은 병발율을 보고하고 있다. 부위는 다르지만 요천추부

의 경우에 무증상인 사람에서도 척추주변근에서 비정상 자발전위가 42%까지 보일 수 있다는 보고¹⁶와, 경추주변근의 경우 근육의 이완이 쉽지 않은 점 등을 고려해볼 때 이는 실제보다 높은 보고일 가능성이 크다고 할 것이며 더 낮은 비율을 보고한 연구 결과들을 함께 고려해야 할 것이다.

전기진단학적인 검사가 포함된 연구에서 또 지적할 점은 척추신경근병변의 해부학적 부위를 구체적으로 밝힌 연구가 드물다는 것이다. 해부학적 부위를 기술한 연구들을 살펴보면 Osterman등⁴의 연구에서 경부척추신경근 병변을 분류한 점이 주목할 만한데 방사선학적으로 신경근의 추간공협착 부위를 살펴봤을 때 수근관증후군과 경부 척추신경근병변이 병발된 환자 중에 C5-6에 추간공 신경근 협착이 25%에서 보였고 C7-T1에는 단지 6%만이 협착이 있었고, 방사선학적 이상이 없이 신경근병변만 있었던 환자도 역시 이와 비슷한 분포를 보였다고 하였다. 즉 C6-T1까지의 신경근에 의해 정중신경이 지배를 받는 점을 고려한다면 C7-T1 추간공 신경근 협착이 있는 경우 이중압케증후군의 발생이 높을 것이라는 예상과는 다른 결과인 것이다.

Morgan등⁸의 연구에 의하면 정중신경이나 척골신경 병변이 있는 12,736명 중 척추신경근병변이 동반된 경우가 3.4%이었으며 이 중에서 해부학적으로 근위부와 원위부 병변 사이에 연관이 있다고 생각된 경우는 전체의 0.8%에 불과했으며 원위부 신경에 축삭의 손상이 있는지를 고려했을 때는 불과 0.5%만이 이중압케증후군으로 설명이 되는 경우였다고 하였다. Richardson등¹⁰은 경부 척추신경근 병변 환자의 22.1%에서 정중신경 병변이 관찰되었지만 이상에서 언급한 이중압케증후군을 뒷받침할만한 증거는 발견할 수 없었다고 했다.

경부척추 신경근병변을 가진 대상에서 수근관증후군의 병발율을 조사한 연구의 절대수가 부족하여 현재로서는 정확한 유병률을 말하기가 어려우며 이는 향후 더 많은 연구가 나와야 알 수 있을 것이다.

실험적 연구에서 Nemoto등¹⁷은 근위부와 원위부 두 곳을 결찰하여 신경손상을 주었을 때 전도 속도의 변화가 원위부 한 곳을 묶은 것보다 두 배 이상의 감소 소견이 보여 기존 신경 병변이 있는 상황에서 또 다른 손상이 있을 경우 신경에 더 심한 변화를 준다고 하였고 Gilliat 등¹⁸은 근위부 손상이 원위부신경의 재생에 영향을 주는 것은 축삭(axon)의 위축이 있을 정도로 심한 경우에만 볼 수 있다고

Table 6. Anatomic continuity between Proximal and Distal Lesions(3): Limbs showing anatomically well correlated proximal and distal lesions

	Limbs
C6-7 radiculopathy with sensory CTS*	0
C8T1 radiculopathy with motor CTS**	1
C6-T1 radiculopathy with motor & sensory CTS*	2
Total	3
% among total limbs with radiculopathy(n=419)	0.7%

*: Carpal tunnel syndrome with only sensory nerve conduction abnormality

** : Carpal tunnel syndrome with only motor nerve conduction abnormality

Table 7. Axonal Involvement of Median Nerve by Needle EMG*

	Axonal injury**	% among total limbs(n=419)
Limbs showing partial anatomic correlation	9/17	2.1%
Limbs with anatomically well correlated proximal and distal lesion	1/3	0.2%
Total	11	2.3%

* Electromyography

** Limbs with abnormal spontaneous activities in abductor pollicis brevis muscles

하였다. 따라서 이중압케증후군을 적용할 때 근위부와 원위부 병변의 해부학적 연관성과 축삭의 침범여부를 보는 것이 중요하다 할 것이다.

수근관 증후군과 경부 척추신경근병변에 적용된 근위부와 원위부 신경병변의 해부학적인 연관성에 대한 설명에는 물론 논란의 여지가 있다. 그것은 이 원칙을 주장한 연구들에서^{8,10} 척추주변근의 병변을 모두 척추후절지(posterior rami)만의 병변으로 보고 이중압케증후군에서 제외한 점과 비록 척추신경근병변이 대부분 신경절전 병변이기는 하지만 신경절의 위치가 사람마다 변화가 있어서 신경절후신경근의 병변 및 말초 감각신경의 장애도 있을 수 있다는 점을 고려하지 않고 감각신경만 이상이 있는 예는 제외한 점이다.

본 연구에서는 척추주변근의 병변만 있으면서 수근관증후군이 동반되었던 4예를 이중압케증후군에서 제외하였는데 이들을 다 포함시키고 해부학적으로 부분적인 연관이 있는 군까지 다 포함을 한다고 하더라도 엄밀하게 이중압케증후군 예라고 할 수 있는 환자의 비율은 2.3%로 실제로 이중압케증후군을 임상적으로 적용할 수 있는 예가 기존에 보고된 연구들에서보다 많지 않음을 시사한다고 할 것이다.

결 론

- 1) 경부 척추신경근병증을 가진 환자들에게서 수근관증후군이 동반된 비율은 일반 인구에 비해 높지 않았고 남녀 비도 일반인구와 비교해서 크게 다르지 않았다.
- 2) 경부 척추신경근병증과 수근관증후군이 동반된 예에서도 이중압케증후군을 엄격히 적용할 수 있는 예는 일부에 지나지 않았다.

따라서 신경생리학적 혹은 임상적인 증거가 명확히 밝혀지기 전까지 임상에서 이중압케증후군의 개념을 사용하는 데 있어서 좀 더 신중을 기해야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Upton AR, McComas AJ: The double crush in nerve entrapment syndromes. *Lancet* 1973; 18(2): 359-62
2. Hurst LW et al: The Relationship of the Double Crush to Carpal Tunnel Syndrome (An analysis of 1,000 cases of carpal tunnel syndrome). *J Hand Surg [Br]* 1985; 10-B(2): 202-204
3. Masey EW et al: Pillet B: Coexistent Carpal Tunnel Syndrome and Cervical Radiculopathy (Double Crush Syndrome).

- South Med J 1981; 74(8): 957-959
4. Osterman AL: The Double Crush Syndrome. *Orthop Clin North Am* 1988; 19: 147-155
5. 조상현, 문재호, 강성용: 수근관 증후군 환자에서 정중신경 이중압케증후군의 발생빈도. *대한재활의학회지* 1994; 18(2): 421-426
6. Raps SP, Rubin M: Proximal median neuropathy and cervical radiculopathy: Double crush revisited. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1994; 34: 195-196
7. Baba H et al: Cervical myeloradiculopathy with entrapment neuropathy: a study based on the double-crush concept. *Spinal Cord* 1998; 36: 399-404
8. Morgan G, Wilbourn AJ: Cervical radiculopathy and coexisting distal entrapment neuropathies. *Neurology* 1998; 50: 78-83
9. 강세윤, 고영진, 김혜원: 수근관증후군의 임상 및 근전도 소견. *대한재활의학회지* 1991; 15: 179-185
10. Richardson JK et al: An electrophysiological exploration of the double crush hypothesis. *Muscle Nerve* 1999; 22(1): 71-7
11. Johnson EW: Double crush syndrome: A definition in search of a cause. *Am J Phys Med Rehabil* 1997; 76(6): 439
12. Wilbourn AJ, Gilliat RW: Double-crush syndrome: A critical analysis. *Neurology* 1997; 49: 21-29
13. Krom MC, Knipschild PG, Kester AD, Thijs CT, Boekooi PF, Spaans F: Carpal tunnel syndrome: prevalence in the general population. *J Clin Epidemiol* 1992; 45(4): 373-376
14. Ferry S, Pritchard T, Keenan J, Croft P, Silman AJ: Estimate of the prevalence of delayed median nerve conduction in the general population. *Br J Rheumatol* 1998; 37: 630-635
15. Yu J, Bendler EM, Mentari A: Neurological disorders associated with carpal tunnel syndrome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1979; 19(1-2): 27-32
16. Nardin RA, Raynor EM, Rutkove SB: Fibrillations in lumbosacral paraspinal muscles of normal subjects. *Muscle Nerve* 1998; 21(10): 1347-9
17. Nemoto K, Matsumoto N, Tazaki K, Horiuchi Y, Uchinishi K, Mori Y: An experimental study on the "double crush" hypothesis. *J Hand Surg [Am]* 1987; 12(4): 552-559
18. Gilliat RW, Reiners K, Harding AE, O'Neill JH: Regeneration following tibial nerve crush in the rabbit: the effect of proximal constriction. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1987; 50(1): 6-11