

디스크의 전기열치료시 수술변수에 관한 연구

진의덕, 최진승, 탁계래*, 이봉수(건국대 의공학학과), 이법이(건국대 해부학과)

An Investigation on Surgical Parameters for the Treatment of Intervertebral Disc during Electrothermal Therapy

E. D. Jin, J. S. Choi, G. R. Tack, B. S. Lee(Biomed. Eng., KKU), B. Y. Lee(Anatomy, KKU)

ABSTRACT

Recently intradiscal electrothermal therapy is introduced, which is a new and minimally invasive technique for the treatment of discogenic low back pain. This procedure involves the percutaneous threading of a flexible catheter into the disc under fluoroscopic guidance. The catheter, composed of thermal resistive coil, heats the posterior annulus of the disc, causing contraction of collagen fibers and destruction of afferent nociceptors. This study tries to investigate the effects of the important factors of this procedure such as heat source temperature and heat applying time on the temperature distribution within the intervertebral disc. This study utilized both computer simulation and the experiment for the verification of finite element analysis. FE analysis was carried out with ANSYS v7.0 (ANSYS Inc, USA) using 10,980 number of brick element and 12,551 number of node. The functional spinal units of 5 month old swine were used for the experiment and the temperature was monitored using 10 channel temperature measurement device MV200. Through this study, it was able to analyze the temperature range of inner intervertebral disc by two mechanisms which are known to alleviate pain clinically. The results showed that when the heat source temperature was kept up 80 degree for 1,020 seconds, the temperature of inner annulus reached at 45 degree up to the distance of 15.6mm from heat source, which explains coagulation of inner annulus by heat. When the same heat source was used, the temperature of inner nucleus reached at 60 degree up to the distance of 9mm from heat source, which explains contraction of inner nucleus by heat.

Key Words : Electrothermal therapy(전기열치료), Pain relieving mechanism(통증경감원리)

1. 서론

최근 추간판에 직접 열을 가해 통증을 제거하는 추간판 전기열치료(Intradiscal electrothermal therapy)를 이용한 시술이 소개되어, 지난 7여년간 임상에서 시행되고 있다¹. 이 방법은 두 가지의 통증경감메커니즘이 적용된 것인데, 하나는 섬유륜에 열응고를 일으켜 외상수용기(nociceptor)의 기능을 정지시키는 것이며, 둘째는 열에너지가 콜라겐 섬유를 수축시키고 통증을 완화시키는 것이다. 이러한 방법에 사용되는 온도는 각기 45℃, 60℃ 이상의 열이 필요하다고 알려져 있다². 본 연구에서는 위와 같이 제안된 방법을 기초로 하여 돼지 시편을 이용한 실험을 하였고, 유한요소법을 이용한 시뮬레이션의 결과를 비교하여 생체 역학적 타당성을 규명하고자 하였으며, 이를 통해 본 수술 시에 중요한 수술변수를 다양한 경우로 모사함으로써 전기열치료시 환자에게 적당한 열원의 온도와 열원을 가하는 시간에 관한 분석을 시도했다.

2. 방법

추간판 내의 온도분포 측정을 위해 5개월된 돼지 척추를 생리식염수로 세척 후 실험에 사용할 시편의 크기(Functional Spinal Unit)로 절개하여 준비하여 본 실험을 위해 자체적으로 제작한 실험용기, JIG와 10채널 온도 측정장비 등을 이용하였다. 시편의 해부학적 구조를 확인하여 앞쪽 측, 추간판에 연결된 척추의 상, 하 전방 종인대를 기준으로 추간판의 중앙을 약 7mm정도 절개한 후 섬유륜과 수핵 모두에 열이 가해 질 수 있도록 그 경계부분에 열원이 위치하도록 하였다. 열원으로부터 열이 가해질 때 각 위치에서 온도의 변화를 측정하기 위해 센서(8 thermocouples)간 거리를 약 2~3mm 정도로 하여 섬유륜과 수핵에 나란히 위치시켰다. 실험용기 속의 생리식염수용액이 추간판으로 유입되어 온도 변화에 간섭이 일어나는 것을 최소화하기 위해 Agar를 이용하여 추간판이 절개된 부분을 덮었다. 이렇게 준비된 시편, 열원, 온도센서를 실험 용기에 넣고 그 속에 0.9% 생리식염수용액을 채운 후 용기 속 온도를

37±2℃로 유지하여 인체와 유사한 환경을 갖춘 후 실험을 실시하였다. 열원은 플리스위치로 12V, 1.7A를 인가하였다.

수치적인 해석으로는 유한요소법을 사용하였는데 이때 실험에서 획득된 물성치와 기하학적 형상을 유한요소모델의 데이터로 사용하였다. 본 연구에서 제작한 추간판의 유한요소모델은 브릭요소 10,980개, 절점은 12,551개가 사용되었으며 이때 사용된 수핵과 섬유륜에서의 각각의 열확산도는 수치적으로 계산된 값들을 평균을 내어 수핵과 섬유륜 각각의 모델 내에서 동일한 열역학적 특성을 갖도록 한 후 해석을 수행하였다. 또한 초기조건으로는 추간판내의 온도를 37℃, 경계조건으로는 외부와 접촉부위에 37℃를 주었다. 추간판과 연결된 상하의 척추체에 대해선 경계값을 주지 않고 해석하였다. 열원은 실험에서 얻어진 열원의 데이터를 사용하였으며 시간은 임상적 시술에서 효과가 있는 시간으로 알려진 17분을 사용하였다.

Table. 1 Temperature distribution by clinical protocols (heat source, loading time) A,B: Protocols of clinical application, C: Houpt's Protocol³, D: Our Protocol

	A	B	C	D	
Loading time (sec)	900	1020	800	1020	
Temperature of heat source (℃)	85	90	70	81.7	
Region of Annulus area (%)	17	68	71.4	58.2	66.2
	33	59	60.8	51.6	57.3
	50	52	53.3	47	51
	67	46	47.1	43	45.7
	84	41	41.9	40	41.2

3. 결과 및 토론

임상에서 적용하는 다양한 프로토콜과 본 논문에서 사용한 프로토콜을 비교하여 보았다(Table 1). A는 처음 1분 동안 65℃의 온도를 증가시킨 후 약 14분에서 16분 동안 Ramp입력으로 85℃까지 30초당 서서히 증가시킨 데이터와 그에 따른 섬유륜에서의 결과이고, B는 13분 동안 90℃의 온도로 급격하게 온도를 상승시킨 후 약 4분의 시간동안 90℃를 유지한 것이다. 또한 C는 Houpt³ 등이 자신의 논문에서 70±2℃의 온도로 약 800초 동안 유지한 경우의 데이터이며, D는 본 논문의 실험 데이터로서 열원은 약 30초에서 74.3℃, 72초에서 80.4℃, 180초에서 82.5℃의 최고온도를 보이며 약간의 변화(82±1℃)를 가지고 최종적으로 1020초 동안 실험한 데이터이다.

1020초라는 시간은 최근 임상에서 가장 효과적이라고 알려진 시간으로 본 논문은 이를 토대로 실험하였다. 각각의 프로토콜별로 섬유륜 전체에서 어느 정도의 범위(Region of Annulus area, %)로 어떤 온도 분포를 보이는지 비교하였고, 그 결과 C를 제외한 다른 프로토콜에서는 섬유륜의 67%까지 열응고가 일어날 수 있는 온도범위인 45℃ 이상의 온도대역을 갖음을 확인할 수 있었다. 결론적으로 실험을 통하여 60℃이상의 온도를 갖으며 수축이 일어날 수 있는 범위는 전체 수핵 볼륨의 50%까지임을 확인할 수 있었다. 또한 45℃이상의 온도를 갖으며 열응고가 일어날 수 있는 섬유륜의 범위는 최외곽 방향으로 약 67%까지임을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 실험과 유한요소법을 이용한 수치 해석을 통해 논문에서 제안한 모델의 생체역학적 타당성을 확인할 수 있었으며, 고통을 완화시켜주는 메카니즘의 온도인 45℃이상 열에 의한 섬유륜의 응고가 생기는 범위가 열원으로부터 15.6mm까지이며 60℃이상 열에 의한 수축이 생기는 수핵의 범위가 열원으로부터 9mm까지라는 결과를 얻었다. 열원의 온도나 열원을 가하는 시간에 대해서는 Houpt의 실험결과를 볼 때 열원을 90초동안 70℃로 유지하는 것은 만족할 만한 온도상승효과가 일어나지 않기 때문에 이는 열원의 온도나 시간이 이보다 커야 함을 의미하는 것이다. 임상에 적용하는 다른 프로토콜이나 본 논문에서 사용한 프로토콜 모두 70℃보다는 높은 온도의 열원을 사용했으며 열을 가하는 시간도 90초보다는 많은 시간을 가했다. 그 결과 좀 더 나은 온도상승효과를 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-11131-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Gharpuray, V., Ashley, J., Saal, J., "Intervertebral Disc temperature distribution comparison: radiofrequency needle us thermal catheter," Proceedings 14th Annual Meeting of the North American Spine Society, 1999.
2. Saal, J., Saal, J., "Management of chronic discogenic low back pain with a thermal intradiscal catheter," Spine, Vol 25, pp 382-388, 2000.
3. Houpt, J.C., Conner, E.S., McFarland, E.W., "Experimental study of temperature distributions and thermal transport during radiofrequency current therapy of the intervertebral disc," Spine, Vol. 21, pp. 1808-1813, 1996