

## 척수자극기 전극의 위치에 따른 자극 부위에 대한 분석

서울대학교 의과대학 마취과학교실

이미금 · 이효민 · 조지연 · 최윤숙 · 구의경 · 이철중 · 이상철 · 김용철

= Abstract =

### An Analysis of Paresthesia Areas Evoked by Spinal Cord Stimulation in Relation to the Position of Electrode Tip

Mi Geum Lee, M.D., Hyo Min Lee, M.D., Ji Yon Jo, M.D., Yun Suk Choi, M.D., Ui Kyoung Ku, M.D.,  
Chul Joong Lee, M.D., Sang Chul Lee, M.D., and Yong Chul Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** Spinal cord stimulation is a well-established method for the management of several types of chronic and intractable pain. This form of stimulation elicits a tingling sensation (paresthesia) in the corresponding dermatomes. The goal of this study was to establish a correlation between the spinal levels of the implanted epidural electrodes and the paresthesia elicited due to stimulation of the neural structures.

**Methods:** Thirty five patients, who received trial spinal cord stimulation, were evaluated. After the insertion of the lead to the selected position, the areas of paresthesia evoked by stimulation were evaluated.

**Results:** Seventy-one percent of cases showed paresthesia in the shoulder area when the tip of the electrode was located between the C2-C4 levels. At the upper extremities, paresthesia was evoked in 86-93% of cases, regardless of the location of the electrode tip within the cervical spinal segments. The most common tip placement of the leads eliciting hand stimulation was at the C5 level. The most common level of electrode tip placement eliciting paresthesia of the anterior and posterior thigh and the foot were at the T7-T12, T10-L1 and T11-L1 vertebral segments, respectively.

**Conclusions:** Detailed knowledge of the patterns of stimulation induced paresthesia in relation to the spine level of the implanted electrodes has allowed the more consistent and successful placement of epidural electrodes at the desired spine level. (Korean J Pain 2006; 19: 146-151)

**Key Words:** lead position, sensory response, stimulation response.

## 서 론

척수자극기는 여러 가지 만성, 난치성 통증의 치료법으로 잘 알려져 있다. Melzack과 Wall의 관문조절설(gate-control theory)에 근거하여 1966년 처음으로 척수자극술이 시도되었고<sup>1)</sup> 1967년 Shealy에 의하여 정식으로 학술지에 보고되었다.<sup>2)</sup> 척수자극술의 기전은 아직 명확하게 알려져 있지 않지만 관문조절설, 역행성 활성화(segmental antidromic activation),<sup>3)</sup> 척수 시상로의 전도차단으로 인한 유해자극 전달의 직접적 차단,<sup>4)</sup> 척수상부 고위중추를 통한 통증억제(supraspinal pain inhibition),<sup>5)</sup> 중추성 억제기전을 통한 원심성 교감

신경의 유출감소,<sup>6)</sup> 신경 전달물질 또는 신경 조절물질(neuro-modulator)의 활성화 등 다양한 가설이 제기되고 있다.<sup>7)</sup> 척수자극술에 있어서 전극의 위치는 환자의 증상을 모두 포함하는 부위에 이식하는 것을 원칙으로 하여 상지에 증상이 있는 경우에는 경추부에, 하지에 증상이 있는 경우에는 흉추부에 시행하게 되며<sup>8)</sup> 환자의 통증 부위로 전기자극이 잘 되는 부위에 전극을 위치시키는 것이 시술의 성공을 좌우한다.<sup>9)</sup> 통증 부위로 이상 감각을 유발하기 위해서는 척수의 척주(dorsal column)를 자극해야 하는데, 이는 척추가 주로 감각 신경 섬유로 구성되어 있어서 전기적으로 자극할 때 환자가 운동이나 자율 신경 효과가 아닌 감각 신경 효과를 우선적으로 느끼게 되기 때문이다.<sup>10)</sup> 전극의 위치에 따른

접수일 : 2006년 9월 28일, 승인일 : 2006년 11월 30일

책임저자 : 김용철, (110-744) 서울시 종로구 연건동 28, 서울대학교 의과대학 마취과학교실

Tel: 02-2072-3289, Fax: 02-747-5639, E-mail: pain@snu.ac.kr

Received September 28, 2005, Accepted November 30, 2006

Correspondence to: Yong Chul Kim, Department of Anesthesiology, Seoul National University College of Medicine, 28, Yeongeon-dong,

Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea. Tel: +82-2-2072-3289, Fax: +82-2-747-5639, E-mail: pain@snu.ac.kr

**Table 1.** Patient Demographics, Diseases and Vertebral Levels of Lead Placement

	Data
Sex (M/F)	19 (54%)/16 (46%)
Age (yr)	50 ± 17
Diseases	35 (100%)
Complex regional pain syndrome	22 (62.9%)
Central pain	1 (2.9%)
Post-herpetic neuralgia	2 (5.7%)
Post-traumatic syndrome	1 (2.9%)
Failed back surgery syndrome	7 (20%)
Spinal stenosis	2 (5.7%)
Vertebral levels of lead placement	51 (100%)
Cervical	13 (25.5%)
Thoracic	36 (70.6%)
Cervico-thoracic	1 (2%)
Lumbar	1 (2%)

Data are mean ± SD and percent of the cases.

자극 부위가 알려져 있으나<sup>9)</sup> 항상 일정한 것은 아니며 환자마다 같은 부위에 위치하더라도 자극이 오는 부위가 다른 것을 관찰하였기에 저자들은 척수자극기 시험적 거치술을 시행한 증례들을 모아 전극의 위치에 따른 자극 부위를 분석하였다.

### 대상 및 방법

2003년 7월부터 2006년 8월까지 서울대학교병원 통증센터에서 시험적 척수자극술을 시행한 35명의 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자의 성별, 나이, 진단명과 전극의 위치는 Table 1과 같다. 총 35명의 환자 중 이중전극(Synergy, Medtronic Inc., USA)을 삽입한 경우는 좌, 우 또는 상, 하지에 전극을 삽입한 경우를 각각 1예로 하였으며, 한 환자에서 시간 간격을 두고 몇 차례 시험적 척수자극술을 시행한 경우도 각각을 1예로 하였다. 따라서 총 51예를 바탕으로 결과를 분석하였다.

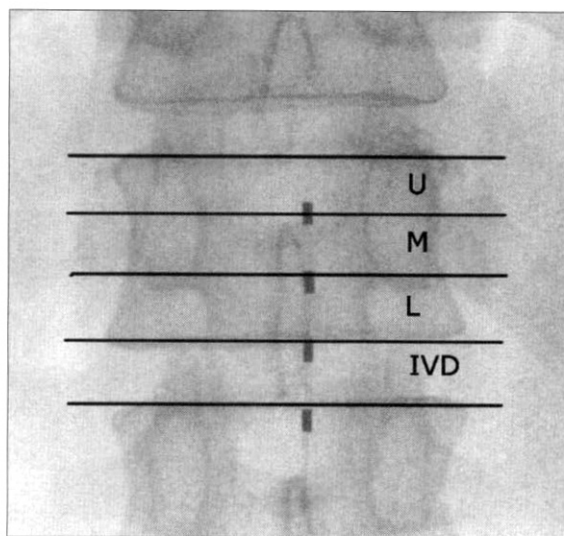
수술장 안에서 환자를 복외위로 하고 심전도, 혈압, 맥박, 산소 포화도를 감시하였다. 바늘의 피부 자입점은 상지의 경우 C7-T1, 하지의 경우 L2-L3였다.<sup>11)</sup> 경막외강을 따라 왼쪽에 증상이 있는 환자의 경우는 왼쪽으로, 오른쪽에 증상이 있는 경우는 오른쪽으로 각각 Quadripolar 전극(Pisces quad lead 3487A, Medtronic Inc., USA)을 최대한 경막외강의 중양(midline)에 가깝게 위치하도록 하였다. 시험 자극을 하면서 환자가 통증을 호소하는 부위로 이상감각(paresthesia)을 느끼는 위치에 전극을 거치하였다. 시험자극 시 자극모드(mode)와 매개변수(parameter)는 Table 2와 같다.

전극의 침부를 기준으로 하여, 전극을 거치한 척추체를 각각 삼등분하여 윗부분을 U로, 중간부분을 M으로, 아랫부

**Table 2.** Stimulation Mode and Parameter (n = 35)

Stimulation	Data
Mode	
Single stimulation	21 (60%)
Double stimulation	14 (40%)
Total stimulation	35 (100%)
Parameter	
Rate (Hz)	41 ± 13
Pulse-width (µsec)	297 ± 92
Amplitude (V)	2.4 ± 1.0

Data are mean ± SD and percent of the cases.



**Fig. 1.** We divided vertebral body where the needle tip is located to three parts. U: upper part of the vertebral body, M: middle part of the vertebral body, L: lower part of the vertebral body, IVD: intervertebral disc space.

분을 L로 표시하였고 상하 척추체 사이의 디스크에 위치할 경우는 IVD로 표시하였다(Fig. 1). 예를 들면 제3 경추부의 윗부분인 경우 C3U, 제5 흉추부의 중간부분인 경우 T5M, 제7-8 흉추부인 경우 T7/T8 IVD로 표시하였다.

상지에 증상을 호소하는 환자의 경우는 어깨, 상완 바깥쪽, 전완 바깥쪽, 손등, 손바닥, 전완 안쪽, 상완 안쪽, 앞가슴으로 각각 자극이 오는 부위를 표시하였고(Table 3), 하지에 증상을 호소하는 환자의 경우는 등, 옆구리, 허리, 배, 허벅지 앞쪽, 정강이 앞쪽, 무릎, 발목, 발등, 발바닥, 정강이 뒷쪽, 허벅지 뒷쪽, 엉덩이, 서혜부, 회음부의 순서로 각각 자극이 오는 부위를 표시하였다(Table 4). 상지와 하지에서 자극이 오는 몸의 부위는 일반적인 임상적 상황에서 대개의 환자들이 통증을 호소하는 몸의 주요 부위를 편의상 나누어 표시하였다.<sup>11)</sup>

Table 3. Tip of Electrode Lead at Cervical Vertebral Level and Stimulated Body Area

Case	Lead position	Shoulder	External arm	External forearm	Hand (dorsum)	Hand (palm)	Internal forearm	Internal arm	Anterior chest
1	C2U	*					*	*	
2	C2L	*	*	*			*	*	
3	C2L		*	*			*	*	
4	C3U	*	*	*	*	*	*	*	
5	C4U	*	*	*	*				
6	C4L		*					*	
7	C4L	*	*	*	*	*	*	*	
8	C5U		*	*	*	*	*	*	
9	C5U	*	*	*	*	*	*	*	
10	C5L		*	*	*	*	*	*	
11	C5L		*	*	*	*	*	*	
12	C6L	*	*	*	*	*	*	*	†
13	C7U	*	*	*	*	*	*	*	
14	C7/T1 IVD	*	*	*			*	*	

\*: When patient felt paresthesia by the SCS, †: When patient felt the most prominent paresthesia by the SCS, C: cervical spine, T: thoracic spine, U: upper part of the vertebral body, L: lower part of the vertebral body, IVD: inter-vertebral disc space.

Table 4. Tip of Electrode Lead at Thoracic Vertebral Level and Stimulated Body Area

Case	Lead position	Upper back	Flank	Low back	Abdomen	Anterior thigh	Anterior leg	Knee	Ankle	Foot (dorsum)	Foot (sole)	Posterior leg	Posterior thigh	Buttock	Inguinal	Perineum
1	T3U	*	*		*											
2	T7M					*	*	*	*	*	*	*	*			
3	T7M		*			*						*	*			
4	T7L						*	*		*	*		*	*		
5	T7/T8 IVD				*		*	*	*	*	*	*	*	*		
6	T8U					*										
7	T8U					*		†								
8	T8M		†			*	*	*	*	*	*	*	*	*		
9	T8L			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
10	T9U					*	*	*	*	*	*	*	*			
11	T9U					*	*	*	*	*	*	*	*			
12	T9U			*										*		
13	T9U			*										*		
14	T9U					*										
15	T9L					*										
16	T10U					*										
17	T10M					*										
18	T10L			*			*	*	*	*	*	*				
19	T10L					*	*	*	*	*	*	*			*	*
20	T10L			*	*	*	*	*	*	*	*	*				
21	T10L					*	*	*	*	*	*	*				
22	T10L					*	*	*	*	*	*	*				
23	T10L					*	*	*	*	*	*	*		*		
24	T11U									*	*	*	*			
25	T11U										*	*	*			
26	T11U		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
27	T11M							*	*	*	*	*	*	*	*	*
28	T11M					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
29	T11M					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
30	T11L		*			†	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
31	T11/T12 IVD					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
32	T11/T12 IVD					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
33	T12U					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
34	T12U					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
35	T12M					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
36	T12M					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
37	L1M											*	*	*	*	*

\*: When patient felt paresthesia by the SCS, †: When patient felt the most prominent paresthesia by the SCS, T: thoracic spine, U: upper part of the vertebral body, M: middle part of the vertebral body, L: lower part of the vertebral body, IVD: inter-vertebral disc space.

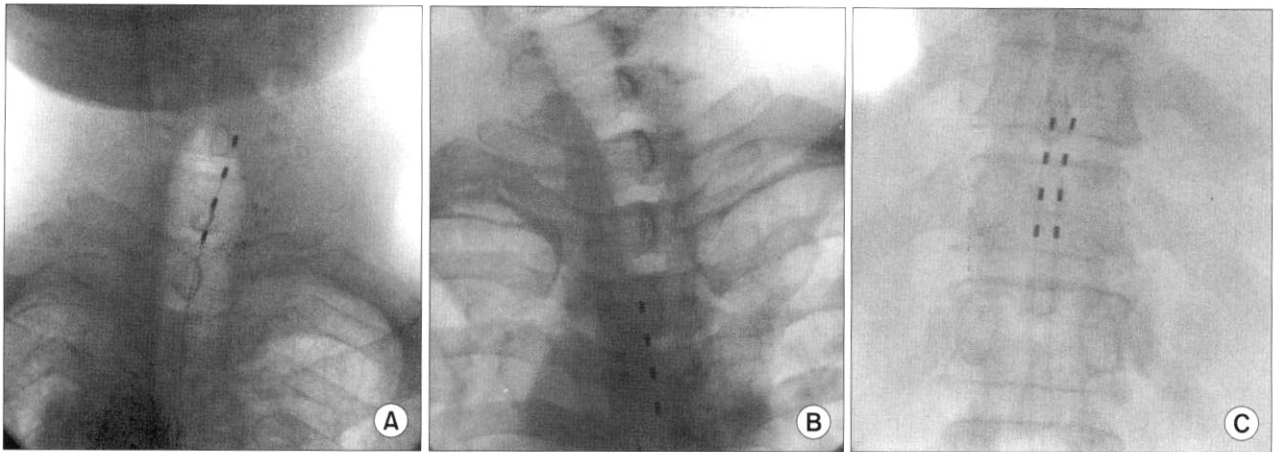


Fig. 2. These figures show when the needle tip is located in the lateral direction of the midline of the spinal cord, the anterior chest (A) or abdomen (B, C: electrode of the right side) is stimulated and when the needle tip is located in the midline of the spinal cord, the perineum (C: electrode of the left side) is stimulated.

**결 과**

상지의 증상을 가진 14예의 경우를 살펴보면(Table 3), 여 개의 경우 전극이 C2-C4에 위치할 때 71%에서 이상감각이 발생했다. 상지의 경우 전극의 위치와 상관 없이 86-93%에서 이상감각이 발생했으며, 전극이 C5에 위치한 경우 손 전체에 이상감각이 가장 잘 발생했다. 증례 12에서 앞가슴에도 이상감각이 발생하였으며 자극 전극의 첨부는 C6L이었고 척추 중앙에서 환측을 향하여 바깥쪽에 위치하였다(Fig. 2A).

하지의 증상을 가진 37예의 경우를 살펴보면(Table 4), 배로 이상감각이 발생한 경우는 2예였다(Fig. 2B, C) 허벅지 앞쪽의 경우 T7-T12에 전극이 위치할 경우 70%에서 이상감각이 잘 발생했으며, 허벅지 뒤쪽의 경우는 전극이 T10-L1에 위치할 경우 60%에서 이상감각이 발생했다. 발은 전극이 T11-L1에 위치한 경우 거의 대부분에서 이상감각이 발생하였다. 증례 19에서 회음부에도 이상감각이 발생했으며 이때 전극의 첨부는 좌측 T10L에 위치된 것이었다(Fig. 2C).

**고 찰**

척추자극기로 효과적인 진통효과를 얻기 위해서 척수를 자극하는 전극의 위치가 중요하다. Holsheimer 등은<sup>12)</sup> 척수의 방사선적 중앙과 생리적 중앙이 서로 차이를 보일 수 있다고 하였고, Barolat 등은<sup>13)</sup> 척수를 자극하는 전극이 방사선적 중앙에서 멀어질수록 이상감각을 유발하기 어렵고, 방사선적 중앙에서 3 mm 이내에 전극을 위치시키는 것이 좋다고 하였다. 본 연구에서도 최대한 전극이 방사선적 중앙에 위치하도록 하였으며 전극이 좀더 바깥쪽에 위치한 경

우에 앞가슴, 배 등 예기치 않은 곳이 자극된 것을 발견할 수 있었다(Fig. 2A, C).

Alo에<sup>14)</sup> 의하면 20명의 환자에게 두개의 전극(dual electrode)을 사용하였을 때, 85%의 환자에서 최상의 음극-양극의 위치는 상지에 통증이 있는 경우 C3-C4에, 요부와 하지에 통증이 있는 경우는 T9-T10에 전극을 위치시킬 때였다. 한편으로는 전극 첨부의 위치는 상지의 경우에 경추의 중간 정도(C4-C7)가 좋으며, 요부 및 하지의 경우 흉추의 중간(T8-T11)이나 아래쪽이 좋다는 보고도 있어서<sup>15)</sup> 보고에 따라 상지쪽의 경우 추천하는 전극의 위치에 차이가 있으나 하지쪽은 비슷하였다. 본 연구에서 상지에 통증이 있는 경우 C2L-C7U에 위치할 경우 자극이 환자의 통증부위를 대부분 포함하였으며, 하지의 경우 T7M-T12M에 위치할 경우 자극이 환자의 통증부위를 대부분 포함하였다. 따라서 본 조사에서 위에 언급한 2개 문헌들의 자극 범위들을 모두 포함하는 것으로 나타났다.

전극의 위치가 같더라도 음극과 양극의 상대적인 자극에 따라서 다른 부위에 이상감각이 발생할 수 있다. Holsheimer와 Wesselink에<sup>16)</sup> 의하면 컴퓨터 모델을 이용하여 1개 또는 2개의 경피적 전극 삽입을 통해 경막의 자극을 하여 신경 동원(neuronal recruitment)의 지도를 그려보았을 때, 상대적인 음극과 양극의 위치와 척수와와의 거리에 따라 주된 축삭(axon)의 활성화와 이상감각을 느끼는 범위의 양상이 달랐다. 본 조사에서도 같은 부위에 전극이 위치하더라도 전기 자극을 전극의 1-2+로 주는지, 또는 다른 조합 0-1+, 0-3+, 2-3+ 등으로 주는지에 따라 결과가 다르게 나타났다. 본 저자들의 시술 중 전극의 거치 방법을 소개하면 먼저, 전극의 끝을 목표 부위로 가장 광범위하게 자극이 가는 위치에 거치시킨 후 자극 형태를 변화시키면서 전극의 끝을 더 높거나 낮게 조정하였다. 예를 들면 0-1+에서 자극

시 목표 부위에 가깝게 자극이 온다면 약간 더 높게 전극의 끝을 위치시키고, 2-3+에서 목표 부위에 가깝게 자극이 온다면 전극의 끝을 약간 내려서 다시 자극하여 가급적 1-2+에서 목표로 하는 부위에 자극이 오도록 전극의 끝을 위치시켰다.

일반적으로 상지나 하지, 체간의 일측을 자극하기는 쉬우나, 정중선 부근 및 체간의 복부, 천수신경 지배 영역인 항문주위나 회음부의 통증 및 서혜부 통증은 위치상 매우 자극하기가 어려운 것으로 알려져 있다.<sup>15)</sup> 본 연구에서도 마찬가지로 앞가슴, 복부, 서혜부, 고환부위로 이상 감각이 발생한 경우는 51예 중 8예(16%)였다. 앞가슴, 복부로 자극이 온 경우는 전극의 침부가 중앙선에서 바깥쪽을 향해 있었고, 서혜부, 고환으로 자극이 온 경우는 전극의 침부가 모두 정중앙에 위치해 있던지 중앙선에서 매우 가깝게 위치하고 있었다. 그러나 다른 환자의 경우와 비교할 때 전극의 침부가 바깥쪽을 향하거나 중앙에 가깝게 위치하더라도 위에서 언급한 부위로 이상 감각이 모두 발생한 것은 아니므로, 단순히 전극의 방향에 따라 이상 감각이 특정 부위로 온다고 예측할 수는 없겠다. Khan 등이<sup>17)</sup> 쾌장염, 외상 후 비장 절제술 등으로 복통을 호소하는 9명의 환자에서 척수 자극술을 시행하였는데 9명 중 8명의 경우 전극의 침부가 T5-T7의 중앙선에 가깝게 위치하였고, 좌측 옆구리 통증을 호소한 1명에서만 전극이 좌측을 향하도록 위치하였다. 따라서 환자의 통증에 일치하는 부위로 이상 감각이 오도록 하기 위해서는 전극이 경막외강의 중앙선에 가깝게 위치하도록 하여야 한다는 것을 기본 전제로 해야 할 것이다.

Holsheimer와 Barolat,<sup>9)</sup> Barolat 등의<sup>11)</sup> 전극 침부의 위치와 자극 범위에 대한 연구 결과를 비교해보면 본 연구 결과와 큰 차이를 보이지는 않는다. 이는 전극 침부의 위치에 따른 이상 감각 발생 부위가 어느 정도 상관관계를 갖는다는 것을 의미한다. 그러나 환자마다 반응이 다양하므로 자극이 가장 잘 나타나는 위치에 대해 확률적으로 접근하고 개개인에 따라 조정하는 것이 필요할 것이라 생각된다.

North 등에<sup>18)</sup> 의하면 척수자극기에 의해 만성통증을 성공적으로 조절하려면 환자의 통증부위가 모두 포함되어야 한다고 하였다. 그러나 본 저자들의 경험에 따르면 예외적인 경우도 있었다. 예를 들면 비록 척수자극기의 시험적 거치시 환자의 통증부위로 모두 이상 감각이 발생하였다 하더라도 일주일간의 시험 자극 동안 진통 조절이 되지 않는 경우도 있으며, 시험자극 초기에는 자극이 효과적인 것으로 느끼다가 시간이 지나면서 기분 나쁜, 또 다른 통증을 주는 자극으로 받아들여지는 경우도 있었다. 반대로 시험자극 초기에 통증의 경감을 크게 느끼지 못하다가 시간이 지나면서 효과적이라고 표현하는 경우도 있었다. 또한 환자의 자세 변화에 따라, 즉 앉고 일어서고 걷는 등의 행동변화에 따라 자극이 오는 강약의 정도나 범위가 달라질 수 있기 때문에 진통 작용 역시 시술 받을 당시와 비교하여 변화가

있는 환자들도 있었다. 지속 통증(continuous pain)에 대해서 매우 효과적이거나 돌발 통증(breakthrough pain)에 대해서는 효과적이지 못하다고 호소하는 경우도 있었으며, 강하게 자극을 주어서 통증 부위를 모두 포함하게 되면 아프지 않은 반대편이나 다른 부위로까지 자극이 가서 그 부위에 심한 불편감을 호소하는 경우도 있었다.

결론적으로 효과적인 척수 자극을 위해서 우선적으로 본 연구에서 제시한 위치에 전극의 침부를 거치시켜서 자극을 시작하고 환자의 자극 부위에 따라 방사선 영상 하에 전극의 위치나 자극 형태를 조정하는 것이 시술 시간이나 방사선 노출을 최소화할 수 있다고 본다.

## 참 고 문 헌

- Melzack R: Acupuncture and pain mechanisms. *Anaesthetist* 1976; 25: 204-7.
- Shealy CN: Dorsal column stimulation: optimization of application. *Surg Neurol* 1975; 4: 142-5.
- Handwerker HO, Iggo A, Zimmermann M: Segmental and supraspinal actions on dorsal horn neurons responding to noxious and non-noxious skin stimuli. *Pain* 1975; 1: 147-65.
- Larson SJ, Sances AJ, Riegel DH, Meyer GA, Dallmann DE, Swiontek T: Neurophysiological effects of dorsal column stimulation in man and monkey. *J Neurosurg* 1974; 41: 217-23.
- Saade NE, Tabet MS, Soueidan SA, Bitar M, Atweh SF, Jabbur SJ: Supraspinal modulation of nociception in awake rats by stimulation of the dorsal column nuclei. *Brain Res* 1986; 369: 307-10.
- Linderoth B, Fedorcsak I, Meyerson BA: Is vasodilatation following dorsal column stimulation mediated by antidromic activation of small diameter afferents? *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 1989; 46: 99-101.
- Turner JA, Loeser JD, Deyo RA, Sanders SB: Spinal cord stimulation for patients with failed back surgery syndrome or complex regional pain syndrome: a systematic review of effectiveness and complications. *Pain* 2004; 108: 137-47.
- Alo KM, Holsheimer J: New trends in neuromodulation for the management of neuropathic pain. *Neurosurgery* 2002; 50: 690-703.
- Holsheimer J, Barolat G: Spinal geometry and paresthesia coverage in spinal cord stimulation. *Neuromodulation* 1998; 1: 129-36.
- Oakley JC: Spinal cord stimulation in axial low back pain: solving the dilemma. *Pain Medicine* 2006; 7: S58-63.
- Barolat G, Massaro F, He J, Zeme S, Ketcik B: Mapping of sensory responses to epidural stimulation of the intraspinal neural structures in man. *J Neurosurg* 1993; 78: 233-9.
- Holsheimer J, Den boer JA, Struijk JJ, Rozeboom AR: MR assessment of the normal position of the spinal cord in the spinal canal. *Am J Neuroradiol* 1994; 15: 951-9.
- Barolat G, Zeme S, Ketcik B: Multifactorial analysis of epidural spinal cord stimulation. *Stereotact Funct Neurosurg* 1991; 56: 77-103.
- Alo KM: Spinal cord stimulation for complex pain: initial experience with a dual electrode, programmable, internal pulse generator. *Pain Practice* 2003; 3: 31-8.
- Lee SC: Electrical nerve stimulation. In: *Pain medicine*. 2nd ed. Edited by the Korean Pain Society: Seoul, Koonja Publishing Inc. 2000, pp 560-4.
- Holsheimer J, Wesselink WA: Optimum electrode geometry for spinal

- cord stimulation: the narrow bipole and tripole. *Med Biol Eng Comput* 1997; 35: 493-7.
17. Khan YN, Raza SS, Khan EA: Application of spinal cord stimulation for the treatment of abdominal visceral pain syndromes: case reports. *Neuromodulation* 2005; 8: 14-27.
  18. North RB, Kidd DH, Zahurak M, James CS, Long DM: Spinal cord stimulation for chronic, intractable pain: experience over two decades. *Neurosurgery* 1993; 32: 384-95.
-