

만성 통증에 대한 척수자극술 치료법

Spinal Cord Stimulation for Control of Chronic Pain

김영수

한양대학교 의과대학 신경외과학교실

Young Soo Kim, M.D., Ph.D.

Department of Neurosurgery, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

책임저자 주소: 133-792, 서울 성동구 행당동 17번지

한양대학병원 신경외과

Tel: 02-2290-8498, Fax: 02-2281-0954

E-mail: ksy8498@hanyang.ac.kr

투고일자: 2011년 4월 8일 심사일자: 2011년 4월 28일 게재확정일자: 2011년 5월 13일

Abstract

Spinal cord stimulation (SCS) has undergone a variety of technical modifications and advances and has been applied to a variety of pain conditions. The group of patients in which SCS has been most commonly applied is those with chronic back and leg pain, failed back surgery syndrome (FBSS), complex regional pain syndrome or other ischemic pain syndromes. Goal of its treatment is palliative treatment and suppression of severity of pain intensity and frequency, although the mechanism of action of SCS has not been well known.

The author reviews indications, surgical techniques, mechanism of action of SCS and management of the patient.

Key Words: Failed back surgery syndrome, Chronic pain, Spinal cord stimulation

서론

만성통증에 대한 치료는 어려운 점이 많다. 그 이유로는 정확한 병태생리가 밝혀져 있지 않으며 또한 정신신체장애가 포함되기 때문이다. 하지만 여러 방향에서 치료는 시도되어왔다. 만성 통증에 대한 치료는 그 목표에 따라 다양한 치료 방법을 선택할 수 있다. 이는 다른 말로 하면 만성 통증의 치료가 어려우므로 다양한 치료 방법을 시도해 볼 수 있다는 이야기와 같다. 통증의 치료는 그 원인 치료로 이루어질 수 있으나 만성 통증의 경우는 이와는 다른 치료 방법이 선택된다. 특히 체성 통증과 신경인성 통증이 복합된 척추수술 후 통증 증후군과 같은 경우 통증의 양상에 따른 다양한 치료 방법을 선택할 수 있으며 또한 치료 목표 또한 통증 완화를 목표로 하는 경우가 주를 이룬다. 특히 신경완화 시술법의 이용으로 척수자극술의 이용이 활발해 지고 있다.

척수자극술은 1967년도 Shealy 등⁷이 최초로 척수강 내 전극자극술 및 척수경막외전극자극술을 시행한 것을 처음으로 보고한 이후에 최근까지 여러 형태의 전극 및 전류발생장치가 개발되어 신경인성 통증 및 여러 불인통에 널리 사용되고 있다.

이 시술의 기전으로는 1965년 Melzack과 Wall⁴의 Gate-Control 이론을 근거로 시작되었다. 이 이론에 따르면 척수의 후각에서 촉감과 진동감을 전달하는 A-beta 구심신경이 통증을 전달하는 C와 A-delta 구심신경의 중추신경계로의 통증 전달을 조절하는 것이다. 이를 근거로 Shealy⁷가 처음으로 척수강내전극자극술을 시도하였으나 당시에는 신경생리기전이 잘 알려져 있지 않았다. 그러나 최근에 신경생리학적 연구가 발달하여 척수자극술의 효과는 전극 접촉 척수 부위와 상척수부에서 척수 후각 내 연결신경세포(interneuron)들 간에 전기적 작용과 신경화학적 기전으로 통증 조절을 설명하고 있다.

임상적으로는 장기간에 걸친 여러 가지 통증 치료법들과 물리 치료에 전혀 반응하지 않는 만성 요통의 경우에 척수자극술을 고려해 볼 수 있다. 척추수술 후 증후군(failed back surgery syndrome), 복잡국부통증증후군(complex regio-

nal pain syndrome), 허혈성 만성통증 질환(angina pain) 등에 이용되고 있고 효과가 좋은 편이다.

저자는 본 논문에서 척수자극술에 관련된 적응증, 작용기전, 수술방법 및 환자관리 등에 대하여 설명하고자 한다.

본 론

척수자극술은 어떠한 환자에 적용이 가능한가? 우선 만성통증 환자들 중에서 신경인성 통증이 동반된 환자가 좋은 결과를 보인다. 대표적인 질환으로 척추수술 후 증후군(failed back surgery syndrome, or postoperative back pain), 복잡국부통증증후군(complex regional pain syndrome), 마미송 손상후 통증, 척수손상후 통증들과허혈성 질환 통증 대표적으로 심근경색증으로 동반되는 만성 흉통에도 효과적이다(Table 1). 예를 들어 설명하면 한 환자가 요통 및 방사통으로, 추간판제거술, 신경공확장술, 그리고 척추 유합술 등 수술을 받게 되어 해당 신경근 분포 지역에 심한 통증이 지속되며, 감각 둔마 및 근력의 약화 그리고 이질감을 호소하는 경우이다. 이런 환자가 강한 진통제를 복용해도 통증 조절이 안되며, 신경블럭을 하여도 일시적으로 통증이 감소하나 이후 다시 재발하는 환자의 경우에 척수자극술은 효과적이다. 이에 반하여 척수자극술을 할 수 없는 경우로는 내과적 수술 부적응증, 정신과적 문제, 심박동기를 사용해야 할 경우 등이다(Table 2).

수술에 사용되는 기기는 체내 척추 경막외에 삽입하는 전극이 있다. 전극은 와이어형과 패들형이 있다. 와이어 형은 4극과 8극이 있으며 전극의 노출 사이즈와 전극간의 간격에 따라 여러 가지 형태가 있다. 이는 경피적으로 척수외강으로 바

늘을 찌르고 삽입하는 것이다. 패들형은 국소마취하에 척추 후궁을 미세 절제한 후 척추 경막외로 삽입한다. 8극과 16극의 두가지 형태가 있다. 이러한 전극과 연결되는 전류발생장치 있다. 이 장치는 재충전이 가능한 것과 일회용 두 가지가 있으며 현재 크기에 따라 몇 가지가 있다.

수술의 방법은 방사선투시기하에 환자를 엎드린 채로 요추 부를 소독한다. 이후 국소 마취를 한후 토이바늘(14게이지)을 척추 경막외에 삽입한다. 이후 와이어형 전극을 방사선투시기 모니터링 하에 바늘을 통하여 전극을 삽입한다. 예를 들면 제 4-5요추 신경근 부위에 심한 통증을 가진 환자이면 제 8 흉추 높이까지 전극을 삽입한다. 이때 전극은 8극을 사용하는 것이 편리하다. 이후 체외 전류발생장치와 전극을 연결하여 각 전극에 자극을 보내어 테스트를 한다. 이때 환자가 호소하는 통증 부위를 전부 포함되는 것을 확인해야 한다. 전기자극으로 인한 저린 감이 허리나 다리 혹은 발목 등에 오는 것을 확인하면서 전극의 위치를 조절할 수 있다. 전극자극 시험으로 통증이 있는 부위에 저린 감이 오는 것을 확인하면 전극에 외부 전극연결 장치를 연결한 후에 전극을 고정하고 수술을 마친다. 이후 병실에서 체외 전류발생장치에 연결하여 실제로 통증이 어느 정도 호전되는 지를 수일간 관찰한다. 이때 환자가 입원 전에 호소하는 통증내용과 통증의 빈도와 그 강도를 기록하였다가 시술 후 전기 자극 후 변화를 기록한다. 수일간 테스트 기간 동안 통증의 빈도와 강도가 50%이상 줄어들고 환자가 만족하게 되면 체내전류발생장치를 삽입한다(Fig. 1).

일반적인 척수자극술의 임상효과로는 우선 신경인성 통증과 교감신경 유도 통증에 효과가 있고, 전기 자극 시 발생하는 저린 감이 통증 부위를 포함해야 통증이 조절된다. 만성통증에 효과적이고 급성 통증에는 효과가 없다. 통증의 성질에 따라서는 작열감 통증과 이질통(allodynia)을 동반한 경우

Table 1. Indications to Spinal Cord Stimulation

Failed Back Syndrome (FBS) or low back syndrome or failed back
Radicular pain syndrome or radiculopathies resulting in pain secondary to FBS or herniated disk
Postlaminectomy pain
Multiple back operations
Unsuccessful disk surgery
Degenerative Disk Disease (DDD)
Peripheral causalgia
Epidural fibrosis
Arachnoiditis or lumbar adhesive arachnoiditis
Complex Regional Pain Syndrome (CRPS)

Table 2. Contraindications to Spinal Cord Syndrome

Medical
Coagulopathy
Sepsis
Psychological or Behavioral
Untreated major comorbidity
Serious drug-related behavioral problems
Inability to cooperate
Secondary gain
Technical
Demand cardiac pacemaker
Magnetic resonance imaging needs

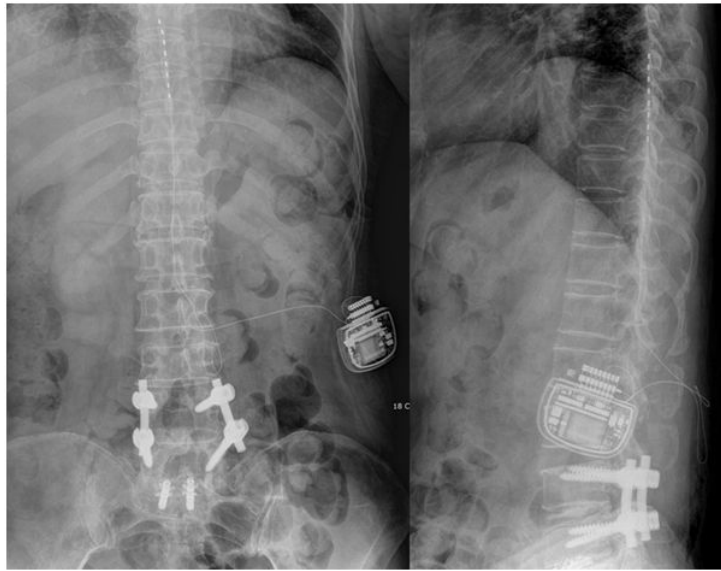


Fig. 1. These pictures show postoperative finding of spinal cord stimulation. Electrode is located in the level of T8-9 and implantable pulse generator is inserted into subcutaneous space of left flank.

효과적이다. 자극을 하면 수분 후에 통증이 감소하며, 수분 혹은 수시간 자극 후에는 통증 완화가 지속되는 현상을 보인다.^{3, 5}

척수자극술의 기전을 확실히 밝혀져 있지 않지만 다음과 같이 설명하고 있다. 척수에 위치한 전극은 전자가 이동하는 음극에서 자극이 이루어진다. 전극은 음극과 양극으로 임의로 정할 수 있다. 음극(cathode)에 접촉된 신경세포는 과이온화(hyperpolarized)되며 이후에 활동전위(action potential)의 전달이 감소하게 된다. 또한 직경이 굵은 구심 신경섬유는 음극부위에서 쉽게 자극된다. 이 구심신경이 척수후각에서 “gate”를 닫게 된다. 일반적으로 통증 부위의 저린감을 만들기 위해서는 해당 감각부위의 상방을 자극한다. 전극이 중앙에 있는 경우 우선 배주(dorsal column) 내 굵은 구심신경이 자극되어 “gate”를 닫게 되어야 한다. 전기량이 올라가서 후각으로 들어오는 구심신경을 직접 자극하는 것은 기본적인 전기 자극술로 인한 통증조절 보다는 불쾌감을 줄 수 있다. 하지만 척수수술 후 증후군 중에 “battered root syndrome”에 의한 통증인 경우 손상이 예상되는 구심 신경근을 직접 자극해야 통증을 완화시키는 경우도 있다.^{1, 2}

전기 자극시 전류량을 크기 조절에는 기본적인 자극 방법이 있다. 우선 전류를 올리면 처음 저린감을 느끼는 감각 역치(perception threshold) 시점의 전류량에서, 더 증가 시키면 저린감이 심해서 참기 어려운 불편 역치(discomfort thre-

shold) 시점의 전류량이 치료 범위에 해당된다. 따라서 각 전극이 자극되는 부위와 통증 부위 완화 정도를 일일이 검토하여 자극을 시행해야 한다.

척수전기자극시 자극이 말초 신경으로도 전달되는 데 이때 말초 신경의 일차 구심신경의 전도 능력을 감소시켜 통증을 완화시키기도 한다.

전기 자극 빈도가 높으면 배주 내로 넘어가는 일차 구심 신경의 척수 후각 내로의 분지를 차단하게 된다. 대개의 경우 환자가 통증 조절에 효과적인 주파수는 최고 25-30 Hz이며 낮은 경우에는 통증을 악화시킨다.

동물실험에 의하면 척수자극 시 척수 후각 내 유발 자극이 척수상회로를 억제하는 효과를 보이며 또한 중추신경계에서 anterior pretectal nucleus (전방전개핵)가 자극되어 descending inhibitory system (하방억제회로)이 활성화되는 것을 보고하고 있다.

전기자극형태에 따른 효과는 음극과 양극의 거리와 위치에 따라 결정된다. 음극이 전류를 보내 척수를 자극하는 부위를 형성하는 데 이때 양극이 가까운 거리에 위치하면 자극 범위가 양극에 끌려 가는 형태를 보이나 만일 양극이 멀리 위치하면 음극의 자극 형태는 일정한 등근 모양을 보이게 된다. 특히 전류가 척수 내로 많이 들어가기 위한 전기자극 형태를 만드는 것이 통증 조절 효과에 중요한 인자가 된다. 전기 자극의 효과는 후주의 약 0.25 mm 이내에서 위치하는 A-beta 신

경섬유에 해당한다. 후주는 중심에서 외측으로 갈수록 신경 섬유의 굵기가 굵어진다.

사람에게 척수 자극술 후에 신경화학적 변화에 대한 연구는 없으나 여러 실험 모델로 척수 후각 내 변화에 대한 보고들이 있다. 이에 따르면 전기 자극은 척수 후각 내 gamma amino butyric acid (GABA), substance P (SP), 5-HT, glycine 분비를 유도한다. 또한 Glutamate, aspartate, 기타 excitatory amino acid 분비를 감소를 유도한다.¹

신경생리학적 면에서 척수 자극술의 효과를 보면, 전기 자극은 분명히 A-beta 구심신경에 주작용을 한다. 또한 척수 후각 내의 wide dynamic range (WDR) neuron이 손상된 신경에서의 만성적 자극에 따라 신경병증 통증을 유발하게 된다. 척수 전기 자극은 이 효과를 억제한다.^{5,6}

교감신경계에 대한 척수 전기 자극의 효과도 분명하다. 협심증이나 허혈성 통증 동물 모델에서 실험한 결과에 따르면 협심증에 의한 통증 모델에서 통증의 절반을 감소시키며 허혈성 모델에서는 말초 혈관 확장 현상을 동반하면서 통증 감소 효과를 보인다. 이는 척수 후각 내에 WDR neuron의 억제와 구심성 교감 신경의 억제 및 원심성 교감 신경에 대한 antidromic (역방향의) 효과를 모두 보인다.

전기 자극술의 프로그램은 환자 주관적 통증에 따라 환자마다 다르게 조절해야 한다. 기본적으로 각 전극의 음극과 양극을 정해야 하며 정한 전극에 각기 자극빈도(frequency, Hz) 그리고 전기파의 폭(pulse width) 그리고 전류의 크기(amplitude) 그리고 자극 시간과 휴식 시간을 정하는 것이다. 위에서 설명하였던 바와 같이 환자가 통증을 호소하는 부위에 감각 역치 이상의 전기가 가도록 한다.

척추수술 후 증후군은, 문헌에 의하면 수술 후 10%에서 40%의 환자에서 발생한다고 보고되고 있다. 그 원인으로는 부적절한 수술 대상 선택, 수술 시의 신경 손상, 기술적 실패, 과도한 유합, 수술 후 섬유화, 지주막염 등이 원인이 된다. 척추수술 후 증후군의 일부는 재수술의 적응이 되지 않으며 대개의 환자는 보존적인 치료에 반응하지 않아 난치성 만성통증으로 진행하게 된다. 그리고 이 때 척수자극술은 최소 침습적인 치료의 한 방법으로 선택 되어질 수 있다.⁸

치료의 결과는 효과적이다. 일차 수술 후 테스트 기간에 양성 반응을 보인 환자의 경우 일반적으로 60-70%의 통증 감소를 보인다. 저자의 경우 척추수술 후 증후군 환자의 8명에서 모두 70%이상의 Visual analog scale (시통증계)의 통증 호전을 보였으며 2명의 복잡국부통증증후군 환자들에서 60%이

Table 3. Potential Complications and Adverse Effects of Spinal Cord Stimulation

Spinal cord or nerve injury
Cerebrospinal fluid leakage
Infection
Bleeding
Hardware failure
Electrode migration or malposition
Electromagnetic field exposure

상의 통증 감소를 보였다.

척수자극술에서 성패에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 전극의 위치로, 환자의 증상과 일치하는 부분에 이식하는 것을 원칙으로 하여 상지에 증상이 있을 때는 경추부, 하지에 증상이 있을 때는 흉추부에 전극을 위치시킨다. Barolat 등¹은 상지 통에는 경추 제 5, 6번, 하지통에는 흉추 제 10, 11번에 전극을 위치시켜야 한다고 하였고, 혹은 상지통에는 경추 제 3, 4번, 하지통에는 흉추 9, 10번에 위치시켜야 한다고 하였다. 척수자극술 후에 발생하는 합병증으로는 감염과 전극이 부러지거나 혹은 빠지는 현상이 발생할 수 있다. 감염이 되는 경우는 부득이하게 제거해야 한다. 그리고 3개월 후에 다시 삽입하면 된다. 일상생활 혹은 과도한 허리 운동으로 전극이 많이 움직이게 되면 부러지거나 빠질 위험이 있다. 따라서 처음 수술 시 전극의 고정에 신중하여야 하며 만일 빠지거나 부러지면 전극을 다시 삽입하여야 한다(Table 3).

결 론

약물로 통증이 조절되지 않으며, 신경블록과 같은 중재적 치료에도 불구하고 통증이 조절되지 않는 만성통증의 경우 신경인성 통증이 포함된 환자에서는 척수자극술로 훌륭한 통증 조절 효과를 기대할 수 있다. 척수자극술의 치료 기전은 확실히 알려지지 않았다. 그러나, 척수자극술은 만성적으로 유발되는 통증이 척수 후각 내 신경세포의 변화를 일으켜 발생하는 만성 통증을 조절할 수 있으며, 또한 적절한 전류조절 프로그램을 사용하여 통증을 다양한 방법으로 조절할 수 있으므로, 맞춤형 통증 조절도 가능하다. 만성 통증에 시달리는 많은 환자에게 각 환자에게 맞는 척수자극 프로그램을 적용하여 서서히 통증을 경감시켜주는 치료법이다.

References

1. Barolat G, Oakley JC, Law JD, North RB, Ketcik B, Sharan A. Epidural spinal cord stimulation with a multiple electrode paddle lead is effective in treating intractable low back pain. *Neuromodulation* 2001;4:59-66.
2. Bennett DS, Aló KM, Oakley J, Feler CA. Spinal cord stimulation for complex regional pain syndrome I [RSD]: a retrospective multicenter experience from 1995 to 1998 of 101 patients. *Neuromodulation* 1999;2:202-10.
3. Feirabend HK, Choufoer H, Ploeger S, Holsheimer J, van Gool JD. Morphometry of human superficial dorsal and dorsolateral column fibres: significance to spinal cord stimulation. *Brain* 2002;125:1137-49.
4. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science* 1965;150:971-9.
5. Meyerson BA, Linderth B. Mode of action of spinal cord stimulation in neuropathic pain. *J Pain Symptom Manage* 2006;31:S6-12.
6. Oakley JC, Weiner RL. Spinal cord stimulation for complex regional pain syndrome: a prospective study of 19 patients at two centers. *Neuromodulation* 1999;2:47-50.
7. Shealy CN, Mortimer JT, Reswick JB. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg* 1967;46:489-91.
8. Taylor RS. Spinal cord stimulation in complex regional pain syndrome and refractory neuropathic back and leg pain/failed back surgery syndrome: results of a systematic review and meta-analysis. *J Pain Symptom Manage* 2006;31:S13-9.