

# 보존적인 치료에 반응하지 않는 과민성방광 증상 및 만성 골반통증을 가진 환자에서 Interstim® 천수신경조정술의 효과 및 안전성

## Efficacy and Safety of Sacral Neuromodulation (Interstim®) for the Treatment of Refractory Overactive Bladder Symptoms and Chronic Pelvic Pain

Jin Woo Chung, Deok Hyun Han, Kyu-Sung Lee

From the Department of Urology, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** We evaluated the efficacy and safety of sacral neuromodulation for treating the patients suffering with an overactive bladder (OAB) or chronic pelvic pain (CPP) that was refractory to conservative therapies. **Materials and Methods:** Between November 2002 and May 2006, a total of 30 patients underwent testing with sacral nerve modulation via either a traditional percutaneous approach or a staged procedure to predict the efficacy of this treatment for refractory OAB and/or CPP. 17 patients had 50% or greater improvement in their presenting symptoms and they underwent a procedure to implant a permanent sacral nerve stimulator. The results of the treatment were evaluated according to the 3 day-voiding records, the severity of pain, the patients' perception of their bladder condition and the benefits of the treatment.

**Results:** Twelve patients had CPP and 5 had OAB. The number and severity of their urgency episodes were improved. However, the number of times they passed urine was not significantly changed. The number of incontinence episodes was reduced for the 7 patients who suffered with urge incontinence. For 12 patients with CPP, the severity of their average pain was significantly decreased. There was a reduction in the number of the patients with a moderate or more severe bladder condition, from 17 to 10, after sacral neuromodulation. The overall rate of the patients' perceiving treatment benefit was 53%. The complications were lower limb numbness in 2 cases, wound infection in 1, foreign body sensation in 1, anal pain in 1 and lead migration in 1.

**Conclusions:** Sacral Neuromodulation using Interstim® significantly improves the OAB symptoms and CPP in the patients who did not respond to other therapies. (Korean J Urol 2007;48:701-705)

**Key Words:** Overactive bladder, Interstitial cystitis, Chronic pelvic pain

대한비뇨기과학회지  
제 48 권 제 7 호 2007

성균관대학교 의과대학  
비뇨기과학교실

정진우 · 한덕현 · 이규성

접수일자 : 2007년 4월 20일  
채택일자 : 2007년 6월 7일

교신저자: 이규성  
삼성서울병원 비뇨기과  
서울시 강남구 일원동 50  
☎ 135-710  
TEL: 02-3410-3554  
FAX: 02-3410-3027  
E-mail: lks@smc.samsung.co.kr

### 서 론

과민성방광 증상 및 만성 골반통증은 사회적, 개인적 활동의 감소와 정신적 고통의 증가, 삶의 질의 전반적인 하락을 초래한다. 이러한 증상에 대해 여러 가지 행동치료 및

약물치료 등의 보존적인 치료방법이 쓰이고 있으나 일부에서는 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있다.

천수신경조정술은 1997년 난치성 절박 요실금에 대한 치료로 미국식품의약국 (Food and Drug Administration; FDA)에서 승인을 받았으며, 1999년에는 빈뇨-요절박증후군과 만성 요폐에 대해서도 승인받았다. 최근에는 그 적응증이

골반통, 간질성방광염, 난치성 골반저기능장애까지 확대되고 있다.<sup>1,2</sup> 천수신경조정술의 정확한 작용기전은 알려져 있지 않으나 천수신경을 자극함으로써 불안정한 신경반사를 억제하고 정상적인 배뇨로 되돌릴 수 있다고 보고되고 있다. 최근 우리나라에서도 보존적인 치료에 반응하지 않는 과민성방광 증상 및 만성 골반통증을 가진 환자에서 천수신경조정술이 기존의 침습적 치료에 대한 대안으로 제시되고 있으며 그 수요가 증가하고 있으나, 아직 천수신경조정술의 효과 및 합병증 등에 대한 보고는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 보존적인 치료법에 효과가 없는 과민성방광 증상 및 만성 골반통증에 대한 천수신경조정술의 효과 및 안전성을 알아보려고 하였다.

### 대상 및 방법

2002년 11월부터 2006년 5월까지 보존적인 치료에 반응하지 않은 과민성방광 증상 및 만성 골반통증으로 내원한 환자들 중 30명에서 시험적 신경자극술을 시행하였다. 시험적 신경자극술 전 모든 환자에서 병력청취, 신체검사, 3일간의 배뇨기록, 요검사, 요속검사, 배뇨 후 잔뇨량 검사, 요역동학검사 등을 조사하였다. 18세 이상이고 최소 6개월 이상의 보존적 치료에 효과가 없는 환자를 대상으로 하였다. 복잡성요실금, 임신, 급성요로감염, 다발성경화증 혹은 사지마비 등의 신경계 질환, 조절되지 않거나 말초신경의 장애가 있는 당뇨, 6개월이 경과하지 않은 척추손상이나 뇌혈관사고, 출혈성 소인, 정신질환을 앓고 있는 환자는 제외하였다.

신경자극은 모두 3번째 천수신경에 시행하였다(좌측 16례, 우측 14례). 자극선의 정확한 위치를 확인하기 위해 투시조영검사를 동시에 시행하였으며, 신경자극에 대한 운동 및 신경 반응을 관찰하였다. 3번째 천수신경에 대한 일시적 전기자극에 항문 괄약근 수축, 엄지 발가락의 발바닥쪽 굽힘 등의 운동 반응이 있고 환자의 직장, 방광, 회음부, 음낭, 질에 자극과 관련된 진동감각 등이 있으면 적절한 반응으로 판단하였다.

시험적 신경자극술을 시행 한 후 약 1-2주 동안 증상의 변화를 관찰하였다. 3일간의 배뇨기록과 평균 통증 정도(visual analogue scale; VAS)를 조사하여 요절박, 절박 요실금, 빈뇨, 골반통증 등 가장 고통스러운 증상이 50% 이상 감소되었을 때를 자극에 반응이 있는 것으로 정의하였다. 자극에 반응이 있는 환자는 18명이었으며, 이 중 17명에서 천수신경조정술을 시행하였다. 1명은 경제적 이유로 인하여 천수신경조정술을 시행하지 않았다.

천수신경조정기는 Interstim<sup>®</sup> (Medtronic, Minneapolis, USA)

을 사용하였고 엉덩이 윗부분 피하에 삽입하였다. 14례는 전신마취, 3례는 국소마취하에 시행되었다. 술 후 신경조정기의 초기에 진동주파수(pulse frequency)는 초당 16 cycle/sec, 진동폭(pulse width)은 210 microseconds, 그리고 진동세기(pulse amplitude)는 1V로 설정하였으며, 환자들에게 소형 프로그래머를 나누어 주어 가장 편안하고 적절한 효과를 나타내는 진동폭을 스스로 조절할 수 있게 하였다. 본 연구에서 초기 7명의 환자에서는 일시적 신경자극선을 이용한 시험적 신경자극술 후 천수신경조정술을 시행하였고, 이후에 시행한 나머지 10명에서는 timed lead를 이용한 시험적 신경자극술 후 천수신경조정술을 시행하였다. 그러나 대상 환자가 적어 두 군에서의 결과를 따로 조사하지는 않았다.

천수신경조정술을 시행 받은 17명을 대상으로 치료효과 판정을 위하여 진료기록을 검토하였고, 최근 3일간의 배뇨일지, 통증 정도, 방광상태에 대한 인식, 치료 효과에 대한 인식에 대하여 설문을 시행하였다. 이를 통해 천수신경조정술 전, 후 요절박 횟수 및 정도의 변화, 절박 요실금 횟수의 변화, 평균 배뇨횟수의 변화(주간, 야간), 평균 통증 정도의 변화, 환자의 방광상태에 대한 주관적 인식의 변화, 그리고 술 후 치료 효과에 대한 환자의 인식에 대해 후향적으로 조사하였다. 요절박은 5점 척도를 이용한 요절박 정도에서 3점 이상인 경우로 정의하였다.<sup>3</sup> 환자의 방광 상태에 대한 인식은 6점 항목별 등급을 이용하여 평가하였다.<sup>4</sup> 치료 효과에 대한 환자의 인식은 두 단계의 질문을 함으로써 평가하였다. 첫 번째 질문은 “당신이 받은 치료가 효과가 있었습니까?”이고 답변은 “예” 혹은 “아니오”로 하게 하였으며, “예”로 답변을 한 경우 치료 효과의 정도를 “약간 효과가 있다” 또는 “상당한 효과가 있다”로 환자를 분류하였다.

검사 결과의 통계적 분석은 Student's t-test (paired)와 Wilcoxon signed rank test를 이용하였고, p값이 0.05 미만일 경우 유의한 것으로 판정하였다.

### 결 과

천수신경조정술을 시행 받았던 17명 모두 추적관찰이 가능하였으며 평균 추적관찰기간은 21.6개월(6-43)이었다. 평균연령은 58.5세(43-73), 남녀 각각 9, 8명이었다. 대상환자들의 진단으로는 간질성방광염 10명, 과민성방광 5명, 만성 골반통증증후군 2명이 있었다. 간질성방광염은 National Institute of Arthritis, Diabetes, Digestive and Kidney Disease (NIDDK), 과민성방광은 국제요실금학회(International Continence Society; ICS), 만성골반통증증후군은 미국립보건원(National Institute of Health; NIH)의 진단기준에 따라 진단하였다. 술 전 시행한 요역동학검사서 평균 최대방광용

적은  $284.8 \pm 148.9$  ml였다 (Table 1).

시술 후 요절박 횟수와 요절박 정도는 유의하게 감소하였다 ( $p=0.004$ ,  $p=0.011$ ). 절박 요실금을 호소한 7명의 환자를 대상으로 분석하였을 때, 일일 절박 요실금 횟수는 유의하게 감소하였다 ( $p=0.039$ ). 수술 후 평균 배뇨 횟수 및 평균 야간뇨 횟수는 유의한 변화를 보이지 않았다 ( $p=0.397$ ,  $p=0.314$ ). 과민성 방광으로 진단된 5명의 환자를 대상으로 분석하였을 때, 평균 배뇨횟수는  $20.3 \pm 14.9$ 회에서  $10.7 \pm 3.1$ 회로 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았고 ( $p=0.144$ ), 평균 야간뇨 횟수도  $2.1 \pm 1.67$ 회에서  $2.1 \pm 1.24$ 회로 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p=1.000$ ).

만성골반통증이 있던 12명의 환자에서 평균 통증 정도는 술 후 의미 있게 감소하였다 ( $p < 0.001$ ) (Table 2). 방광상태에 대한 인식에 관하여 질문하였을 때, 방광문제로 인하여 ‘중등도 이상’의 문제를 가지고 있다고 답한 경우는 술 전 17명 (100%)에서 술 후 10명 (58%)으로 감소하였다 (Fig. 1). 치료 효과에 대한 환자의 인식에 관한 질문에 9명 (53%)의 환자가 치료 효과가 있었다고 답하였으며, 모두 상당한 효과가 있었다고 답하였다.

수술과 연관된 합병증으로 다리저림 2례, 자극기 삽입부위의 감염 1례, 삽입부위의 이물감 1례, 항문통증 1례, 자극선 이탈 1례가 있었다 (Table 3). 합병증으로 인해 자극기의 제거가 필요하였던 경우는 3례가 있었으며, 감염, 항문통증, 이물감 등이 원인이었다. 다리저림이 있었던 2례는 천

수신경조절술과 함께 진통제 복용 등 보존적인 치료를 병행하였으며, 자극선 이탈이 있었던 1례는 이탈된 자극선을 제거 후 새로운 자극선을 삽입하였다. 수술 후 증상의 지속으로 추가적인 치료가 필요하였던 환자는 2례가 있었으며, 1례는 음부신경조절술, 1례는 방광확대술을 시행하였다.

## 고 찰

천수신경조절술은 1980년대 Schmidt<sup>5</sup> 및 Tanagho와 Schmidt<sup>6</sup>가 보고한 이후 난치성 하부요로증상과 배변기능장애 등에

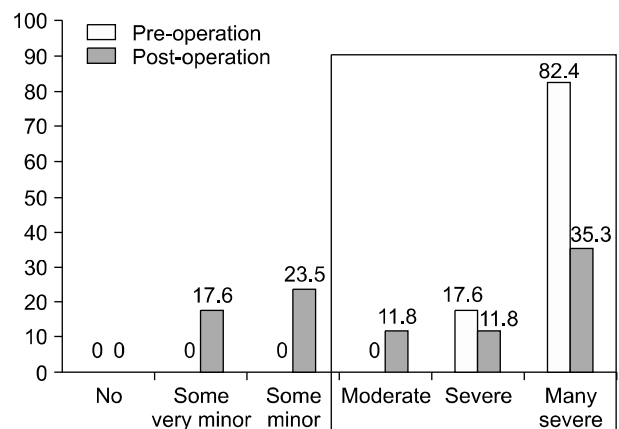


Fig. 1. Patient's perception of their bladder condition.

Table 1. Patient characteristics. The data in parentheses are percentages

Age (years)	58.5±11.4
Male/Female	9/8
Maximal cystometric capacity (ml)	284.8±148.9
Diagnosis	
Overactive bladder	5 (29.4)
Interstitial cystitis	10 (58.8)
Chronic pelvic pain	2 (11.8)

Table 3. Description of adverse events

Adverse event	No. of patients
Lower limbs numbness	2
Wound infection	1
Foreign body sensation	1
Anal pain	1
Lead migration	1
Total	6

Table 2. Changes in the clinical parameters after sacral neuromodulation

Parameters	Pre-SNM	Post-SNM	p-value
Micturition number/24 hours	19.6±10.3	17.8±10.9	0.397
Micturition number/night	2.94±1.75	3.57±2.32	0.314
No. of urgency/24 hours	14.0±12.4	8.3±7.7	0.004
Severity of urgency/voiding*	3.2±0.7	2.4±0.9	0.011
No. of urge incontinence/24 hours (n=7)	5.8±5.0	3.7±5.1	0.039
Severity of pelvic pain (VAS) (n=12)	8.0±1.7	4.9±2.1	<0.001

\*measured by Five-point urgency rating scale. SNM: sacral neuromodulation, VAS: visual analogue scale

대해 세계적으로 약 25,000례 이상 시행되었다. 최근에는 절박 요실금, 빈뇨·요절박증후군과 비폐쇄성 만성 요폐, 만성 골반통증증후군, 변비, 대변실금 등으로 진단된 환자에서 보존적인 치료에 실패 후 방광확장술, 요로전환술, 장 절제술 등 더 침습적인 치료에 앞서 시도해 볼 수 있는 좋은 대안으로 제시되고 있다. 그 동안 보고에 따르면 천수신경조정술은 절박 요실금, 과민성방광 및 요폐 등에 대해 지속적이고 만족할 만한 효과를 보여주고 있으며,<sup>7</sup> 골반통, 간질성 방광염, 난치성 골반저 기능장애 등도 적응이 되고 있다.

Jonas 등<sup>8</sup>은 특발성 요폐 환자 68명을 대상으로 한 전향적 연구에서 청결간헐적도뇨 없이 지낼 수 있거나 잔뇨량이 50% 이상 줄어든 것을 치료 성공이라고 가정하였을 때 천수신경조정술을 시행받은 환자의 83%가 6개월째 성공적인 치료 성적을 보였고, 18개월째에도 71%에서 치료효과가 유지되었으며, 천수신경자극기 삽입부위 통증(15.3%), 새로운 통증(9%), 신경자극선 이동(8.4%) 외의 심각한 합병증은 없었다고 보고했다.

Spinelli 등<sup>9</sup>은 절박 요실금과 특발성 요폐로 천수신경조정술을 시행 받은 환자 196명 중 103명을 대상으로 한 전향적 연구를 통해 천수신경조정술의 효과를 보고하였다. 저자들은 18개월째 절박 요실금 환자의 57%에서 절박 요실금 횟수가 1일 1회 이하로 줄었으며, 특발성 요폐 환자의 67%가 간헐적청결도뇨 없이 지낼 수 있었다고 보고했다. 합병증은 수술 부위 통증(3.9%), 혈종과 상처 부위 합병증(1.9%) 등을 포함하여 15.5%에서 나타났으며 수술적 교정술이 필요하였던 경우는 9.7%, 천수신경조정기 제거가 필요하였던 경우는 3.9%였다고 발표하였다. Comiter<sup>10</sup>는 간질성 방광염 환자 17명을 대상으로 한 전향적 연구에서 천수신경조정술을 시행받은 환자의 94% (16/17)가 성공적인 치료성적을 보였으며 합병증은 없었다고 보고하였다.

그러나 최근에는 장기간 효과가 유지되던 환자들에서도 시간이 경과함에 따라 증상이 다시 악화되는 경향을 보이는 연구 결과들이 보고되고 있다. Kessler 등<sup>11</sup>은 천수신경조정술을 시행 받은 91명을 대상으로 한 연구에서 하부요로 증상과 통증에 대한 천수신경조정술의 효과를 보고하였다. 저자들은 일부의 환자들에서 시간이 경과함에 따라 증상이 다시 악화되는 경향을 보인다고 하였으며, 이러한 현상은 만성골반통증증후군을 가진 환자들에서 더욱 특징적이었다고 보고하였다. 하부요로증상과 통증이 50% 이상 호전된 것을 치료 성공이라고 정의하였을 때, 천수신경조정술을 시행 후 초기에 반응이 있었던 환자의 약 30% (27/91)가 경과관찰 중 치료에 실패하였고 이중 12명은 천수신경조정기 제거가 필요했다고 보고하였다.

본 연구에서는 천수신경조정술 후 평균 21.6개월의 추적

관찰 동안 과민성방광 증상과 만성 골반통증이 호전되어 상당한 치료효과가 있었다고 답한 환자는 전체의 53% (9/17)였으며, 합병증으로 천수신경조정기 제거가 필요하였던 경우는 약 18% (3/17)였다. 과민성방광, 절박 요실금, 특발성 요폐 환자들을 대상으로 한 연구들에서 약 59-85%의 환자가 증상이 호전되었고, 약 4-13%의 환자에서 천수신경조정기 제거가 필요했다고 보고한 것에 비해 다소 낮은 성적으로 보인다.<sup>8,9,11-13</sup> 본 연구에서 과민성 방광으로 진단된 환자들 중 치료 효과를 보인 경우는 60%로 이전의 연구 결과들에 비해 크게 다르지 않다. 본 연구에 간질성 방광염으로 진단된 환자들 중 과민성 이상 포함되었던 점과 만성골반통증증후군 환자가 포함되었던 점이 낮은 치료성적의 원인이었을 것으로 생각한다. Comiter<sup>10</sup>는 간질성 방광염 환자의 94% (16/17)가 성공적인 치료성적을 보였다고 보고하였지만 평균 추적관찰 기간이 14개월 (2-28)에 불과했다. 본 연구에서 간질성 방광염 환자들의 치료효과는 60%로 이전 보고에 비해 낮았지만 평균 추적관찰 기간이 32.9개월 (20-43)이었던 점과 효과가 유지되던 환자들에서도 시간이 경과함에 따라 증상이 다시 악화되는 경향을 보이는 연구 결과들을 고려한다면 본 연구의 성적이 이전의 연구 결과에 비해 다소 낮게 나온 이유를 설명할 수 있을 것으로 생각한다.

천수신경조정술 시행 초기에는 일시적 신경자극선을 영구적으로 천골 구멍을 통해 위치시켜 시험적 신경자극술을 시행하였으며,<sup>14</sup> 신경자극에 대한 운동 및 신경 반응이 적절한 경우 일시적 신경자극선을 피부에 고정시켜 외부 신경자극기에 연결했다. 관찰 기간 동안 천수신경자극이 효과가 있으면 일시적 신경자극선을 제거하고 영구적 신경자극선을 다시 삽입한 후 천수신경조정기에 연결하였다. 하지만, 이러한 방법은 신경자극기를 프로그래밍할 수 있는 기간이 제한적이었고, 신경자극선 이동 등이 비교적 빈번한 문제가 되었다. 이에 Janknegt 등<sup>15</sup>은 1997년에 영구적 신경자극선을 이용한 시험적 거치술 후 천수신경조정기 삽입술에 대해 보고하였다. 영구적 신경자극선을 이용한 시험적 거치술은 신경자극선 이동이 적고, 시험적 거치술 기간을 연장할 수 있을 뿐만 아니라, 증상의 호전을 보인 환자들에게는 신경자극선이 같은 위치에 있는 상태에서 천수신경조정기에 연결할 수 있다는 장점이 있었다. 2001년에는 피부 절개와 근막에 고정이 필요 없는 새로운 tined lead가 개발되었다.<sup>16,17</sup> Spinelli 등<sup>18</sup>은 새로운 tined lead를 이용한 시험적 거치술을 부분마취로 쉽게 시행할 수 있으며 환자에게 자극에 대한 감각을 물어볼 수 있어 신경자극선을 더 정확하게 위치시킬 수 있었다고 하였고, 덜 침습적이며 신경자극선 삽입시간도 단축할 수 있어 더 안전하고, 간편하게 신

경자극선을 위치시키는 것이 가능하다고 보고하였다. 뿐만 아니라 신경자극선 제거도 더 빠르고, 안전하게 할 수 있었다고 하였다.

본 연구는 소수의 환자를 대상으로 한 후향적 연구라는 점과 다양한 질환군이 포함되어있던 점, 시험적 신경자극술 시행 시 일시적 신경자극선을 사용했던 군과 tined lead를 사용했던 군을 따로 분류하지 않았던 점 등을 한계로 지적할 수 있다. 그러나 천수신경조정술에 대한 관심이 높아지고 있는 시점에서 천수신경조정술에 대한 결과 보고가 거의 없는 우리나라 실정을 고려한다면 향후 국내에서 시행되는 천수신경조정술에 대한 연구에 기틀을 마련할 수 있으리라 생각한다.

## 결론

천수신경조정술 (Interstim®)은 보존적인 치료에 효과가 없었던 과민성방광 증상 환자에서 요절박 횟수 및 요절박 정도, 절박 요실금의 횟수를 효과적으로 개선시킬 수 있었으며, 만성 골반 통증을 호소하는 환자에서도 통증을 효과적으로 호전시켰다. 수술 전, 후 환자의 주관적인 방광상태에 대한 인식에서도 개선 효과가 있었으며, 53%의 환자에서 상당한 치료효과가 있었다고 답하였다. 천수신경조정술은 보존적인 치료에 효과가 없었던 과민성방광 및 만성 골반 통증 환자에서 방광확장술, 요로전환술 등 더 침습적인 치료에 앞서 시도해 볼 수 있는 유용한 치료법으로 판단된다.

## REFERENCES

- Bernstein AJ, Peters KM. Expanding indications for neuromodulation. *Urol Clin North Am* 2005;32:59-63
- Aboseif S, Tamaddon K, Chalfin S, Freedman S, Kaptein J. Sacral neuromodulation as an effective treatment for refractory pelvic floor dysfunction. *Urology* 2002;60:52-6
- European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, Committee for Proprietary Medicinal Products. Note for guidance on the clinical investigation of medicinal products for the treatment of urinary incontinence. London. December 2002. CPMP/EWP/18/01
- Coyne KS, Matza LS. Validation of the perception of bladder condition measure in overactive bladder. 7th Annual International Meeting of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research, Arlington, VA, 2002
- Schmidt RA. Advances in genitourinary neurostimulation. *Neurosurgery* 1986;19:1041-4
- Tanagho EA, Schmidt RA. Electrical stimulation in the clinical management of the neurogenic bladder. *J Urol* 1988;140:1331-9
- van Voskuilen AC, Oerlemans DJ, Weil EH, de Bie RA, van Kerrebroeck PE. Long term results of neuromodulation by sacral nerve stimulation for lower urinary tract symptoms: a retrospective single center study. *Eur Urol* 2006;49:366-72
- Jonas U, Fowler CJ, Chancellor MB, Elhilali MM, Fall M, Gajewski JB, et al. Efficacy of sacral nerve stimulation for urinary retention: results 18 months after implantation. *J Urol* 2001;165:15-9
- Spinelli M, Bertapelle P, Cappellano F, Zanollo A, Carone R, Catanzaro F, et al. Chronic sacral neuromodulation in patients with lower urinary tract symptoms: results from a national register. *J Urol* 2001;166:541-5
- Comiter CV. Sacral neuromodulation for the symptomatic treatment of refractory interstitial cystitis: a prospective study. *J Urol* 2003;169:1369-73
- Kessler TM, Buchser E, Meyer S, Engeler DS, Al-Khodairy AW, Bersch U, et al. Sacral neuromodulation for refractory lower urinary tract dysfunction: results of a nationwide registry in Switzerland. *Eur Urol* 2007;51:1357-63
- Siegel SW, Catanzaro F, Dijkema HE, Elhilali MM, Fowler CJ, Gajewski JB, et al. Long-term results of a multicenter study on sacral nerve stimulation for treatment of urinary urge incontinence, urgency-frequency, and retention. *Urology* 2000;56(6 Suppl 1):87-91
- Shaker HS, Hassouna M. Sacral nerve root neuromodulation: an effective treatment for refractory urge incontinence. *J Urol* 1998;159:1516-9
- Siegel SW. Management of voiding dysfunction with an implantable neuroprosthesis. *Urol Clin North Am* 1992;19:163-70
- Janknegt RA, Weil EH, Eerdmans PH. Improving neuromodulation technique for refractory voiding dysfunctions: two-stage implant. *Urology* 1997;49:358-62
- Chai TC, Mamo GJ. Modified techniques of S3 foramen localization and lead implantation in S3 neuromodulation. *Urology* 2001;58:786-90
- Spinelli M, Giardiello G, Arduini A, van den Hombergh U. New percutaneous technique of sacral nerve stimulation has high initial success rate: preliminary results. *Eur Urol* 2003;43:70-4
- Spinelli M, Giardiello G, Gerber M, Arduini A, van den Hombergh U, Malaguti S. New sacral neuromodulation lead for percutaneous implantation using local anesthesia: description and first experience. *J Urol* 2003;170:1905-7