



김 상 범

강동경희대학교병원 신경과

Cost-benefit and comparative effectiveness of intraoperative neurophysiological monitoring in spinal surgery

Sang Beom Kim

Department of Neurology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong, Seoul, Korea

Intraoperative neurophysiological monitoring for surgeries of the spine has been performed in clinical practice in recent years. Decision modeling using comparative effectiveness techniques holds the promise of evidence-based assessment of both cost and meaningful outcomes. In this paper, we briefly review the elements of comparative effectiveness analyses followed by a critical appraisal of the small but growing body of cost-effectiveness literature for intraoperative neurophysiological monitoring in spine.

Key Words: Comparative effectiveness, Cost, Value, Monitoring

서 론

척추수술중 유발전위와 근전도신호감시는 노동과 장비면에서는 비용이 들지만 척수나 다른 신경계손상을 방지할 수 있다. 척추수술중 안전장치로서의 활용이 증가함에 따라 수술중신경계감시는 제3자지불자로부터 상당한 정밀조사를 받게 되었다. 수술중신경계감시에 대해 무작위제어연구자료가 가용하지 않기 때문에,¹ 비용대비효과분석은 비용-효과 틀에서 수술중신경계감시의 편익을 보여주는 기존연구의 근거들을 수집하는 수준이었다. 비용대비효과분석기법이 복잡하고 낯설기 때문에, 척추수술에서 수술중신경계감시와 관련된 비용대비효과 논문들을 소개하고 비평하고자 한다.²

비용-효과와 척추수술중신경계감시 (cost-effectiveness and spinal surgery intraoperative neurophysiological monitoring)

척추수술에서 수술중신경계감시는 비용대비효과기법면에서 매력적이다. 어떠한 단일시점에서 중재를 하면 술후신경계합병증과 같은 즉각적인 결과와 마비와 조기사망과 같은 장기결과가 초래된다. 수술중신경계감시 환경에서는 감시유무만이 유일한 비교측정기가 된다.³ CMS (Center for Medicare and Medicaid Studies) 상환은 수술중신경계감시당 상황에 사용된다. 신경계합병증이나 마비 발생률과 기타 결과는 지역적으로 가용한 자료나 광범위한 증례일련연구들로부터의 메타분석에서 결정되는데, 척추손상에 대한 직간접건강관리 비용은 National Spinal Cord Injury Statistical Center (NSCISC)에서 발표되었다.⁴

척추수술에서 수술중신경계감시의 비용-효과를 도입한 몇몇 연구를 소개한다. 단일기관증례일련연구이거나 근거중심가설모형에 기반하였다.

Ayoub 등은 1년동안 체성감각유발전위감시를 하면서 척추수술을 시행한 210명의 증례일련연구를 하였는데,⁵ 수술중

Sang-Beom Kim, MD, PhD

Department of Neurology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong, 892 Dongnam-ro, Gangdong-gu, Seoul 05278, Korea

Tel: +82-2-440-6168 Fax: +82-2-440-7242

E-mail: sbkim@khu.ac.kr

신경계감시경보를 받고 적절한 조치를 취해서 체성감각유발 전위가 소실되었다가 회복된 환자는 3명이었다. 체성감각유발 전위가 소실되어 영구적인 척수손상이 발생되었다고 가정하면, 신경계손상의 술후산출비용은 병원의 즉각적인 비용과 연령범주 척수손상비용의 합이 된다. 체성감각유발전위감시의 비용은 수술과정에 부가된 시간, 신경과협진비용, 완전정맥마취비용 등이 합산되어 835달러이고, 병원은 연간 31,564달러의 체성감각유발전위감시비용을 포함해서 64,075달러에서 102,193달러에 달하는 연간건강관리비용을 절약한 셈이 된다. 이 연구에서 비용결정을 위해 수명시계사용은 제안했지만, 연구자들은 단지 1년동안 환자의 직접건강관리비용을 보고했고, 그 이유는 감시없이 연간 이론적으로 손상이 발생한 환자에 대한 계산편이성으로 추론된다.

Traynelis 등은 6년간 정규경추수술을 시행한 720명의 증례일련연구에서 아무도 수술중신경계감시를 받지 않았으나 신경계합병증발생률은 0.4%였고, 1년 이상 추적시에 남아 있는 신경계증상은 없었다고 하였다.⁶ 경제분석에서 병원은 수술중신경계감시비용인 100만달러를 절약한 셈이라고 하였다. 이 연구는 몇몇 시점에서 문제점을 보여 주는데, 제외기준이 외상과 종양관련 수술이었고, 선택수술 중 비감시에서 선택편향여부는 불확실하다는 점이다. 후향연구에서 지속되는 신경계결손이 없었다는 점에서는 운이 좋다고 볼 수 있으나, 전국적으로 정규경추수술을 대표한다고 보기는 어렵다. Cramer 등은 양측 하지마비나 사지마비 등의 지속적인 신경계결손이 4,075명의 환자 중 0.3%에서 보였다고 하였고,⁷ 90% power와 0.05 alpha값을 갖는 연구에서는 1,100명의 환자에서 0.3%의 합병증발생률이 기대된다.⁸ 저자들은 전적으로 기술적인 분석이었다고 항변하였다.

단일기관연구와 달리, 몇몇 연구자들은 기존연구들로부터 비용효과모형을 구축했다. Sala 등은 기초사례로 25세 환자의 척추측만증수술의 양측하지마비발생률을 0.1%로 하고 NSCISC 수명비용자료를 이용하여 수술중신경계감시가 수술당 2006년 기준으로 977달러 이하이면 비용절감이 된다고 하였다.⁹ 민감도분석에서, 저자들은 수술중신경계감시비용이 2006년 기준으로 2,924달러에 못 미치면 척수손상비용보다 더 중요하고 사지마비를 예방할 수 있는 최고편익으로 계산하였다. 또한 척추측만증수술을 시행하는 25세 환자의 제한된 기초사례를 통해 비용-편익분석의 멋진 모형을 제공하였고, 이 때력적인 모형은 다양한 척수손상에 대한 수명축적직접건강관

리비용의 유용성으로 가능해졌다. 간접건강관리비용과 생활질정보는 이 모형을 편집할 때 사용되지 않았으며, 25세 이상에서 비척추측만증수술에 대한 추산은 재계산되지 않았다. 또한 수술중신경계감시경보에 다른 손상예방률은 100로 가정하였다.

연속된 두 연구에서, Ney 등은 척추수술에서 다중수술중신경계감시를 이용한 가설모형을 세웠다.¹⁰ 집단 민감도와 특이도를 사용하고, Fehlings 등의 체계적고찰에서 언급된 연구들로부터 다중신경계감시(운동유발전위, 체성감각유발전위)의 손상률을 추산했고,¹¹ Wiedemayer 등의 준제어연구로부터 수술중신경계감시경보에 따른 손상예방률을 기초했다.¹² 관심결과는 신경계합병증 발생이고, 결과는 방지된 신경계합병증 당 비용에 근거했다. 2009년 CMS는 다중신경계감시에 대해 1,535달러를 상환했고, 94%의 민감도, 96%의 특이도, 52%의 수술중신경계감시경보에 따른 예방률, 5%의 손상률을 보였고, 예방된 신경계합병증 당 비용은 63,387달러였다.¹⁰ 10만번을 재현하는 몬테카를로 시뮬레이션은 61,939달러에서 64,836달러 사이에서 95% 신뢰구간을 제공했다. 타비용과 비교하면, 무증상경동맥초음파감시프로그램에서 방지된 신경계손상(뇌졸중) 당 비용은 290,000달러였다.

Ney 등은 비용-사건모형을 확장시켜 수술직후기간으로부터 수명시계에 해당하는 비용을 비용-편익접근을 통해 추론했다.¹³ 즉 NSCISC 자료를 이용하여, 불완전운동마비를 가진 50세 환자의 직접건강관리비용에 대한 기초사례를 구축했다. 간접비용은 손실임금과 편익형태로 결정했는데, Miller 등이 자동차사고후 노동관련손실을 위해 개발한 공식에 근거했다.¹⁴ 10만번을 재현하는 몬테카를로 시뮬레이션으로 25세에 초래된 완전사지마비척수손상환자를 대수정규분포비용의 95% 신뢰구간의 상한선으로 상정하고, 하한선으로 10만달러를 수명손상비용으로 했다. 동일한 수술중신경계감시 진단특징, 수술중신경계감시경보에 따른 예방률, CMS 상환율 등이 이전 연구에서처럼 사용되었다. 저자들은 기초사례에서 수술중신경계감시가 수술당 3,189달러를 아낄 수 있다고 계산했고, 술후신경계합병증 발생률이 0.3%를 상회하고 수술중신경계감시경보에 따른 예방률이 14.2%보다 커도 비용절감이 된다고 하였다.

마지막 두 모형은 가까운 근거에 의해 제한된다. 특히 Wiedemayer 등의 연구에 근거하고 있는데, 그 연구에서 수술중신경계감시경보를 받은 환자들 중 중재하지 않은 42명

전원에서 신경계결손이 발생한 반면, 중재를 가한 42명 중 22명(52.4%)에서 새로운 신경계합병증은 생기지 않았다.¹² 또한 이 연구는 대조군에서 경보에 따른 수술중중재가 많은 경우에서 가능하지 않을 수 있어서 합병증예방률은 26%로 낮았다. 게다가 두개내수술과 종양도 포함되어 있어서 정규척추수술을 대표한다고 보기도 어렵다. 또다른 비평은 술후신경계합병증발생률이 5%로 높아서(다중수술중신경계감시를 이용한 척추수술의 집단메타분석에 근거), 1% 미만이라고 알려진 정규척추수술신경계합병증발생률을 대표한다고 할 수 없다는 점이다.

결 론

제한점이 있지만 이러한 연구들은 추가적인 분석을 위한 토대를 제공한다. 척추손상에 대한 환자-보고 생활질 정보가 주어지면, 모형은 질-보정수명에 대한 비용을 보고하는 비용-효용분석으로 쉽게 전환될 수 있다. 마르코프 모델화를 이용하면, 보고된 수명비용은 1년 또는 그 미만의 주기길이 동안의 관련건강상태에 대한 직간접비용을 추산하기 위해 조정될 필요가 있고, 전주기에 걸쳐 합산할 수 있다. 이러한 결과들이 모이면 영국의 NICE (The National Institute for Health and Care Excellence)나 미국의 CMS (Center for Medicare and Medicaid Studies)와 기관과 관련하여 다양한 범위의 질병상태와 중재를 가로지르는 알려진 건강상이익에 대한 지속적인 평가를 할 수 있을 것이다.

References

1. Nuwer MR, Emerson RG, Galloway G, Legatt AD, Lopez J, Minahan R, et al. Evidence-based guideline update: intraoperative spinal monitoring with somatosensory and transcranial electrical motor evoked potentials. *Neurology* 2012; 78:585-589.
2. Ney JP, van der Goes DN. Comparative effectiveness analyses of intraoperative neurophysiological monitoring in spinal surgery. *J Clin Neurophysiol* 2014;31:112-117.
3. Physician Fee Schedule, by HCPCS Code. Available at: www.cms.gov. Accessed December 18, 2010.
4. National Center for Spinal Cord Injury Statistics. Spinal cord injury, facts and figures at a glance. 2010. Available at: <https://www.nscisc.uab.edu/>. Accessed December 18, 2010.
5. Ayoub C, Zreik T, Sawaya R, Domloj N, Sabbagh A, Skaf G. Significance and cost-effectiveness of somatosensory evoked potential monitoring in cervical spine surgery. *Neurol India* 2010;58:424-428.
6. Traynelis VC, Abode-Iyamah KO, Leick KM, Bender SM, Greenlee JD. Cervical decompression and reconstruction without intraoperative neurophysiological monitoring. *J Neurosurg Spine* 2012;16:107-113.
7. Cramer GD, Darby SA. Pain of spinal origin. In: Cramer GD, Darby SA, Fryszak RJ. *Basic and clinical anatomy of the spine, spinal cord, and ANS*. 2nd ed. St. Louis: Elsevier Mosby, 2005; 480-517.
8. Ney JP, van der Goes DN. Letter to the editor: cervical decompression. *J Neurosurg Spine* 2013;19:523-525.
9. Sala F, Dvorak J, Faccioli F. Cost effectiveness of multimodal intraoperative monitoring during spine surgery. *Eur Spine J* 2007;16(suppl 2): S229-S231.
10. Ney JP, van der Goes DN, Watanabe JH. Cost-effectiveness of intraoperative neurophysiological monitoring for spinal surgeries: beginning steps. *Clin Neurophysiol* 2012;123:1705-1707.
11. Fehlings MG, Brodke DS, Norvell DC, Dettori JR. The evidence for intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery: does it make a difference? *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35:S37-S46.
12. Wiedemayer H, Fauser B, Sandalcioğlu IE, Schäfer H, Stolke D. The impact of neurophysiological intraoperative monitoring on surgical decisions: a critical analysis of 423 cases. *J Neurosurg* 2002;96:255-262.
13. Ney JP, van der Goes DN, Watanabe JH. Cost-benefit analysis: intraoperative neurophysiological monitoring in spinal surgeries. *J Clin Neurophysiol* 2013;30:280-286.
14. Miller T, Hoskin A, Yalung-Mathews D. A procedure for annually estimating wage losses due to accidents in the U.S. *J Saf Res* 1987;18:101-119.