

체성감각유발전위검사에 대한 고찰

대구문성병원 재활센터 물리치료실

김 명 철

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

김 진 상

Review of SomatoSensoryEvokePotential Test

Kim, Myung-Chul, P.T.,M.S.

Dept. of Physical Therapy & Rehabilitation, Daegu MunSung Hospital

Kim, Jin-Sang, D.V.M., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Deagu University.

<Abstract>

The SSEP(SomatoSensory Evoke Potentials) test is a valid and repeatable technique which correlates with clinically assessed joint position & vibration sense, skin touch & pressure sense. Also SSEP study is a simple and quantitative test, and has been used to evaluate the sensoty system along the somatosensory pathway from peripheral sensory receptor to the cortex. The ascending pathway of SSEP has been know to be posterior column-lemniscal pathway, but not without controversy.

There are two kind of test methods : one of test is median nerve SSEP and other test is posterior tibial nerve SSEP.

Recently, SSEP used to performed to evaluate the usefulness of dermatomal SSEP(D-SSEP) and segmental SSEP(S-SSEP) for the diagnosis of lumbasacral radiculopathy, and it can be measure of ingual ahd palatine evoked potentials & indicator of medullary function useful for the diagnosis of brain death.

I. 서 론

문명의 발달과 더불어 과학기술의 발달은 의학장비의 과학화와 현대화에 지대한 영향을 끼치고 있으며, 특히 의학적 검사도구의 발달은 여러질병의 원인과 경로를 밝히는데 중요한 요인으로 작용하고 있다. 최근 10년간 뇌전산화단층촬영, 핵자기 공명촬영 등의 발달로 신경 해부학적인 병소의 발견이 비교적 용이하여졌으며, 신경생리학적인 측면에서는 유발전위 반

응의 이용으로 신경학에 많은 발전이 이루어지고 있다. 유발전위 반응은 감각신경을 일정한 시간 간격으로 반복 자극하여 얻어지는 신경조직의 전기생리학적인 반응을 말하며 19세기 말에 Caton이 유발전위 반응을 처음으로 발견한 이후(Brazier, M.A.B. 1984), 1950년대에 Dawson이 불규칙적인 배경에서 미세한 파만 합산(signal average)하는 기술을 이용하여 유발전위 반응을 얻을 수 있었으며, 1960년대부터 컴퓨터를 이용한 현대의 유발전위 반응 기제가 출현하게 되었다.

김국기 등(1986)은 현재 임상에서 많이 이용되는 유발전위 반응검사는 정중신경이나 후경골신경을 자극하여 말초신경 및 내측용대(medial lemniscus) 전도계의 이상 여부를 측정하는 체성감각 유발전위 반응(somatosensory evoked potential : SSEP), 청신경을 자극하여 5-7개의 파를 얻어 뇌간의 기능을 검사하는 뇌간 청유발전위 반응(brainstem auditory evoked potential : BAEP), 시신경을 자극하여 시신경계의 전도기능의 이상 여부를 검사하는 시 유발전위 반응(visual evoked potential : VEP) 등이 널리 측정되고 있다고 하였다.

Ganes, T.(1980)와 Greenber, R.P.(1981)는 체성감각, 뇌간 청,시 유발전위 반응은 각 신경축의 전도이상 여부를 판정하는 신경생리학적 검사이므로 다발성 경화증, 두부손상, 다발성 손상환자 및 병소가 불명확한 환자 등에서는 세가지 검사를 함께 시행함으로써 무증상 병소의 발견에 도움을 받을 수 있으며 또한 주병소가 대뇌, 뇌간, 척수 혹은 말초신경인가를 감별하는데 도움을 받을 수 있다고 하였다.

특히 SSEP에 관해 김진호(1981)는 말초신경, 그 중에서도 특히 감각신경, 혹은 혼합신경을 자극하여 유도할 수 있으며, 이러한 자극을 두피를 통해 기록할 수 있는데, 이는 일반 신경전도검사라도 감각신경 혹은 혼합신경의 전도기능을 검사할 수는 있으나, 그 검사가능 범위가 주로 말초신경의 원위부에 국한될 수 밖에 없는 반면 SSEP는 말초신경의 근위부는 물론 spinal root, central somatosensory pathway의 기능까지 알아볼 수 있는 이점이 있다고 하였다. 그리고 SSEP는 미세한 반응이므로 보통 자연 발생적인 뇌파나 그 외 다른 배경잡음(background noise)에 매몰되어 구별할 수 없게 되기도 한다. 그러므로 이를 잡아내기 위해서는 여러개(100-200)의 sweep를 축적하여 이를 평균하는 방법을 쓰게 되며, 그러므로써 불규칙(random)적인 잡음으로부터 분리할 수 있다고 하였다.

SSEP의 검사를 위한 말초신경자극에 대해서 이광수 등(1991)은 상지에서는 정중신경, 하지에서는 후경골신경이 흔히 이용하고 있으며 이들 신경의 전달경로는 말초신경계와 중추신경계의 감각경로를 둘 다 포함하고 있으므로 이 전달과정중 어디의 질환에서도 이상이 나타날 수 있지만 말초신경계 질환에서는 주로 신경전도검사나 근전도검사가 더 유용하기 때문에 SSEP는 주로 중추신경계의 전달경로 장애를 검출하기 위하여 흔히 이용되는 경향이 있다고 하였다.

Chiappa, KH(1983)는 근래에 와서 유발전위검사는 신경학적 진단의 보조적 수단으로 매우 가치있게 이용되고 있으며 특히 임상적으로 또는 타 검사로서 발견되지 않는 중추감각계 병소를 발견하는데 매우 도움이 된다고 하였다.

Tamada T 등(1983)은 과거에는 말초신경, 경수, 뇌간 및 대뇌피질에 병변을 가진 환자들에게서 정중신경을 자극하여 묘기된 장잠복기(long latency) SSEP에 관한 보고들이 많았으며 이들 장잠복기 SSEP는 단잠복기 SSEP보다 진폭이 커서 기록하기가 용이하나 이들 파를 분석함에 있어 말초신경에서부터 뇌피질까지 정확한 감각계 병변 부위를 결정하기에는 불충분하였다고 한다. 따라서 Kimura J., 등(1978) 많은 학자들은 근래에와서 말초신경 자극 후 30msec 이내에 나타나는 단잠복기 SSEP에 관한 연구가 집중되고 있다고 한다.

또한 Kusoffsky 등(1982)은 SSEP가 joint position sense를 평가하는데 적절하고 반복할 수 있는 테크닉이며 또한 뇌졸중 환자에 있어 운동기능회복을 예측하는데 유용하다고 보고하였다.

이렇듯 SSEP는 말초신경을 자극하여 두정엽부위의 체성감각부위에서 얻어진 유발전위를 통해 말초신경과 중추신경계 사이의 질병의 유무를 파악하는 검사도구로서 현재 임상에서 많이 사용되고 있으며, 특히 중추신경계 손상환자에게 나타나는 유발전위의 여러 가지 이상파형과 이 파형의 발생에 대해 아직까지 활발한 연구가 진행중에 있다.

따라서 본 고찰에서는 물리치료사가 임상에서 접할수 있는 SSEP에 대한 소개와 측정시의 전도경로와 측정과 분석방법, 그리고 임상적 적용등에 관해 알아보려고 한다.

II. 본 론

1. SSEP의 전달경로

SSEP의 전달경로는 진동감각이나 체위감각과 유수신경섬유(large myelinated fibers)를 통해 후색(posterior column) - 내측 모대(medial lemniscus) - 시상(thalamus) - 뇌피질로 전달되며 체위감각 및 진동감각의 장애와 체성경유발전위의 변화사이에는 밀접한 관계가 있다고 한다(Halliday & Wakerfield 등(1963),). 그러나 최근 SSEP의 전달경로에 관한 이견이 제시되어서 일부 학자는 후색-내측모대 경로가 아닌 다른 경로도 전달에 관여한다는 주장이 있다(Greenberg & Erwin. (1986)).

최영철 등(1992)은 SSEP의 주 전달경로가 과연 후색인지의 여부를 규명하기 위하여 척수 기능장애 환자의 하지를 측색기능장애가 주로 나타난 하지군, 후색기능장애가 주로 나타난 하지군 등으로 나누어 후경골신경자극으로 SSEP를 측정한 실험에서 후색기능장애를 보인 환자군에서 SSEP의 검출률이 59-86%정도로 낮게 나타남으로써 SSEP의 주 전달경로가 후색임을 증명함으로써 SSEP의 변화는 측색보다는 후색의 기능과 밀접한 관계가 있으며 또한 후색기능장애를 정량적으로 나타낼 수 있기 때문에 임상적으로 질병 경과의 추적은 물론 예후의 예측이나 무증상 병소의 검출 등에 있어서 유용하다고 하였다. 또한 위와 같은 결과를 통해 볼 때 SSEP의 변화는 통각과 온도감각의 장애와는 무관하고 체위감각 및 진동감각이 소실될 때 유발전위의 변화가 나타난다(Halliday & Wakerfied 등(1963))고 볼 수 있다.

따라서 SSEP의 주 전달경로를 아래와 같은 그림으로 나타낼 수 있다(그림 1).

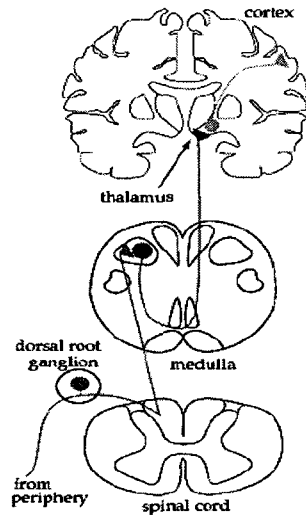


그림 1. 후주와 내측모대 경로(dorsal column-medial lemniscus pathway)

위 그림의 경로는 상지의 감각경로에서 촉각(가벼운 접촉, 진동, 압각)과 운동각(위치, 움직임) 등의 감각신경이 최종입력기관인 대뇌피질의 후정중구 부위로 입력되어지는 경로라고 할 수 있다.

2. 측정 및 분석방법

SSEP의 측정은 보통 상지의 정중신경을 자극하여 측정하는 방법과 하지의 후경골신경을 자극하여 측정하는 방법으로 나눌수 있는데, 보통 정중신경을 자극하여 자료를 얻는 방법은 주로 뇌의 병변을 연구할 때 많이 사용되어지고, 하지의 경골신경을 자극하여 자료를 얻는 방법은 주로 척수 병변에 대한 연구에 많이 사용되어진다.

먼저 하지의 후경골신경을 자극하는 방법은 족관절 부위에서 0.1msec square wave로 좌우 각각 따로 평균 초당 3회정도 자극하며 자극강도는 엄지발가락이 약간 반응하는 정도로 조절하고 512-1024회의 자극을 2회 반복하여 척수와 뇌피질에서 검출된 유발전위의 진위를 판정한다. 머리부분에 부착하는 전극의 위치(Fz,Cz)는 American EEG society guideline(10-20 international montage)과 Eisen 및 Adjustor 방법을 주로 이용하는데 이는 상지의 정중신경을 자극할 때도 같은 방법으로 부착한다(최영철 등, 1992)(그림 2).

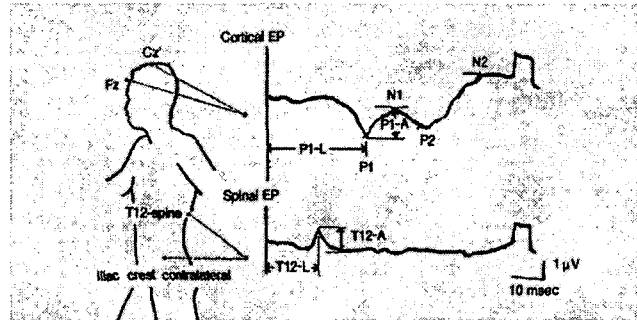


그림 2. 후경골신경자극시 SSEP 전극부착도 및 유발전위파의 명칭
 T12-L : 척수유발전위 절대잡복기 T12-A : 척수유발전위 전위폭
 P1-L : 뇌유발전위 절대잡복기 P1-A : 뇌유발전위 전위폭

다음은 상지의 정중신경을 자극하는 방법으로 자극은 손목부위 정중신경을 자극하는데 보통 자극강도는 모지나 인지가 약간 움직일 정도(100-150volts)로 초당 5회정도로 자극하고 기록전극의 위치는 양측 Erb's point(EP), 제2경추(C2) 및 자극부위 반대측 C3 또는 C4에서 2cm 후방부위(Cc)에 부착하며 기준전극은 다 같이 Fz에 부착한다. 분석시간(analysis time)은 보통 50msec로 맞추고, Low Filter와 High Filter의 기준 Hz는 분석기계의 특성에 따라 조절하여 측정하면 된다(그림 3).

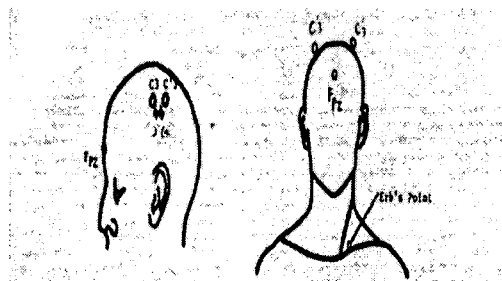


그림 3. 정중신경자극시 전극부착부위

위와 같은 전극의 부착으로 얻어진 정중신경자극시 SSEP의 그래프는 몇 개의 파형을 형성하는데 이 파형들은 각 접지부위에 따른 잡복기와 간격, 그리고 진폭들을 나타낸다. 보통 3개의 파형을 형성하는데 이는 정중신경을 자극한 SSEP에서 Fz-EP파는 Erb's Point에서의 유발전위를 나타내는 파로서 N9(EP)를 나타내고 Fz-C2파는 제 2경추(C2)부위의 유발전위를 나타내는 파로서 N11과 N13을 나타내며 마지막으로 Fz-Cc파는 자극부위의 반대편 두정엽 감각피질부위의 유발전위를 나타내는 N19와 N22를 나타낸다(박영훈 등(1986, 1987))(그림 4).

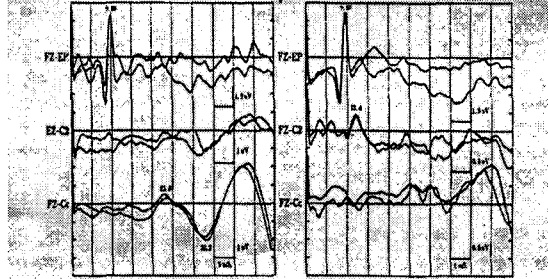


그림 4. 정중신경 자극시 SSEP 그래프

왼 쪽 그래프 : 오른쪽 손목 부위 정중신경 자극

오른쪽 그래프 : 왼쪽 손목 부위 정중신경 자극

SSEP의 분석방법은 정상인의 SSEP검사에서 나온 정상치와 비교하여 절대잠복기의 지연과 진폭의 감소로 질병의 유무를 판단할 수 있는데 그림 4의 그래프를 예로들어보면 이 그래프는 한 사람의 정중신경자극시 SSEP 그래프로 왼쪽 그래프에서 Fz-C2 파형의 N13 진폭이 사라진 것을 볼 수 있으며 또한 오른쪽의 그래프에서 Fz-Cc 파형의 N22 진폭이 크게 줄어든 것을 볼 때, 위의 사람은 오른쪽 경수부위에 감각질환을 가지고 있으며 오른쪽 뇌의 시상이나 시상피질로에 이상이 있음을 짐작할 수 있다.

이렇게 각 파형들은 신체의 어느부위에서 특정하게 발생되는데 Jones (1977)과 Chiappa (1978) 등은 Erb's Point에서 기록되는 N9파는 상완 신경총의 말초신경부분에서 발생된다고 하였으며, Desmedt 등(1981)과 Leandri 등(1981)은 전극을 Fz-C2에 둘 때 제 2경추 부근에서 기록되는 N11파는 경수의 후근부위에서 발생되며, N13파는 상부경수나 cuneatus 핵에서 발생된다고 하였고 Jones (1977)과 Favale 등(1982)은 이렇게 형성된 N11파와 N13파는 상부뇌간에는 거의 영향을 주지 않는다고 하였다.

위의내용과 같이 N9파는 상완신경총 인접 말초신경에서, N11파는 경수의 후근 또는 후삭 부근에서, 그리고 N13파는 상부 경수에서 발생한다는데는 여러 학자들의 의견이 대체로 일치하고 있다. 그러나 N19파의 발생부위에 관하여는 여러 가지 의견들이 있는데 Chiappa 등 (1979, 1980)은 시상에서, Anziska 등(1980)과 Allison 등(1980)은 시상피질로 또는 지각피질에서 발생된다고 주장하였으며, Chiappa (1979, 1982)와 Goldie 등(1981)은 전극을 Fz-Cc에 둘 때 기록되는 N19파와 N22파는 시상 및 시상피질로와 지각피질로에서 각각 발생된다고 하였다. 따라서 N19파의 발생에 대해서는 아직까지 분명한 해답을 제시하지 못하고 있지만 대체로 시상부위나 두정엽의 지각피질부위에서 발생한다는 의견이 지배적이다.

3. 임상적 적용방법

Eisen 등(1979) 여러학자들은 SSEP는 그 전달경로가 다른 유발전위에 비하여 길다는 특징이 있고 척수질환의 진단에 유용하다고 하였으며, Dorfman 등(1980)은 척수손상후 운동기능 및 감각기능의 회복 여부를 판단하는데 도움을 준다고 하였으며 또한 Van Buggenhout

등(1982)은 무증상 병소의 발견에 도움을 줄 수 있으며, 주 병소가 중추신경인지 혹은 말초신경이지를 감별하는데도 매우 유용하게 사용될 수 있다고 하였다. 또한 SSEP에 대한 여러 연구에 의하면 정중신경의 자극 후 피질에서 기록되는 파형은 중심구의 해부학적 위치에 의해 중심구를 중심으로 상역전(phase reversal)이 일어나는 것으로 알려져 있으므로 중심구를 찾는데 매우 정확한 검사로 알려져 있는데 최근에 간질환자를 대상으로 중심구 주변의 운동 감각기능에 대한 SSEP의 검사를 통해 서대원 등(1999)은 뇌자극 검사상 알기 어려운 중심구 주변의 감각 및 운동기능의 혼재에 대해 정중신경 SSEP를 통해 중심구 및 손부위 운동 및 감각 영역을 확인하는데 도움을 줄 수 있다고 하였다.

최근들어 N18의 파형에 대한 연구가 활발한데 이는 N18이 연수의 하방 특히 설상핵에서 유발된다면 임상적으로 큰 의의를 갖기 때문인데, 왜냐하면 설상핵의 해부학적 위치가 뇌간의 최하방 임으로 뇌사판정에 기준으로 이용할 수 있기 때문이다. 이 때문에 N18과의 정확한 발생부위를 찾기 위해 김대현 등(1999)은 비강인두 전극을 사용하여 신경학적으로 이상이 없는 19명의 정상인들과 시상, 뇌교, 뇌교-연수 연결부, 그리고 경추 척수부에 병변을 갖는 11명의 환자들을 대상으로 하여 정중신경 자극에 의한 SSEP에서 N18의 기원(origin)에 대하여 연구하였는데 그 결과 N18은 연수의 하방에서 유발되며 아마도 연수의 설상핵이 그 기원으로 생각되어진다고 결론을 내렸다.

이외에도 전형적인 SSEP의 검사대상으로 신체 여러부위의 지각이상증이나 감각장애와 같은 질병에 주로 사용되고 있는데 박미영 (1998)은 대퇴신경지각이상증(Meralgia paresthetica;MP)의 진단에 있어 SSEP가 아주 유용하다고 주장하였고, 정두교 등(1998)은 시상부위의 손상으로 인한 감각장애의 객관적인 평가에 SSEP는 아주 정확한 데이터를 제공한다고 하였다. 또한 신경근병증에 대한 피부분절의 이상 징후를 발견하기 위해 피부분절 체성감각유발전위(Dermatomal SomatoSensory Evoked Potentials:D-SSEP)를 사용하는데 이는 신경근병변을 검사하는데 정확하며 간편하게 비관혈적으로 검사할 수 있으며, 여러차례 반복실시가 가능하고 또한 경제적이기 때문에 신경근병증을 진단하는데 유용한 검사방법으로 알려져 있다(Innocenti 등, 1992 ; Roberto 등, 1992). 우리나라에서도 김광수 등(1993)은 요천골 신경근병증을 D-DSEP로 통하여 검사를 하였고, 손성일 등(1995)도 요천골 신경근병증에 따른 전기생리학적 진단에 있어 D-SSEP와 구역성SSEP(Segmental SomatoSensory Evoked Potentials:S-SSEP)의 유용성에 대해 조사하였다.

최근에는 운동유발전위(Motor Evoked Potentials:MEP)를 함께 사용하여 여러가지 신경계 질환의 검사방법으로 활용하고 있는데 이용주 등(2000)은 SSEP와 MEP를 함께 사용하여 상행 감각로와 추체로의 기능을 평가하므로써 중추신경계의 다양한 병변에 의한 감각장애와 운동장애의 평가에 이용될 수 있다고 하였다. 그러나 SSEP와 MEP가 서로 다른 신경경로의 평가방법으로서 척수병증의 진단에 상호보완적이지만 두 검사방법중 어느것이 임상적으로 더 유용한지는 아직도 논란이 있다(Kim & Lee 1998, De Noordhout, et al, 1991).

Ⅲ. 결 론

SSEP검사는 여러 가지 질병으로 인하여 발생하는 감각장애의 정확한 진단에 아주 유용하게 사용되어지고 있는데, 이는 어떠한 질병이 감각장애를 동반하는지의 여부를 결정지어 주는데 아주 중요한 요소이기에 이렇게 얻어진 정보들을 통해 질병의 기본지식을 좀 더 깊

이 연구할 수 있는 좋은 도구로서 사용될 수 있다.

특히 신경계 질환에 아주 많은 시간을 투자하고 있는 물리치료에 있어, 신경계 손상으로 발생하는 여러 가지 형태의 질병에 있어 유난히 운동장애나 통증조절에만 치료가 너무 국한되어 있어 임상적으로 많은 부분이 치료의 한계점에 도달하게 되는 경우가 많은데 이런 경우 좀 더 넓은 지식과 시야로 신경계 손상으로 일어날 수 있는 다양한 형태의 감각장애를 함께 진단하고 이를 통해 얻어진 자료를 분석하여 운동장애와 감각장애를 통합적으로 치료하는 접근법을 갖는다면 좀 더 나은 신경계 질환에 대한 물리치료가 이루어 질 것으로 생각되어진다.

<참고문헌>

- 김국기, 임영진, 김태성, 김광명, 이봉암, 임언 : 유발전위반응의 정상치. 대한의학협회지, 29(8), 1986.
- 김광수, 박영춘 : 각종 운동신경계 병변에서 자기자극에 의한 운동유발전위의 변동. 대한신경과학회지, 10(1), 1992.
- 김대현, 차재관, 김상호, 김재우: 체성감각 유발전위중 N18 Far-field 전위의 비강인 두를 통한 접근. 대한신경과학회지, 17(1), 112-116, 1999.
- 박미영 : 대퇴신경 지각이상증 진단에 있어서 체감각 유발전위검사의 유용성. 대한신경과학회지, 16(4), 519-523, 1998.
- 박문선, 김국기, 임영진, 김태성, 이봉암, 임언. : 뇌혈관 질환의 유발전위반응. 대한신경외과학회지, 16, 747-760, 1987.
- 박영관, 김승민, 선우일남, 김기환, 박기덕. : 뇌졸중 환자의 정중신경자극 체감각 유발전위반응. 대한신경과학회지, 11(1), 33-42, 1993.
- 박영춘, 서정규, 이상도 : 정상 한국인의 단잠복기체감각유발전위에 관한 연구. 계명의대논문집, 5, 37-44, 1986.
- 박영춘, 이상도, 유경무. : 각종 국부적 신경병변에서의 정중신경단잠복기 체감각유발전위반응. 계명의대논문집, 6, 290-299, 1978.
- 이광수, 선우일남. : 성, 연령 및 신장에 따른 후경골신경자극감각유발전위의 변화. 대한신경과학회지, 9(2), 203-213, 1991.
- 이인구, 김희상, 나영설, 안경희. : 뇌졸중 환자의 SEP와 운동기능회복에 관한 비교 연구. 대한재활의학회지, 11, 2, 1987.
- 이용주, 박성파, 서정규. : 척수병증에서 체감각 및 운동유발전위의 임상적 유용성. 대한신경과학회지, 18(1), 60-67, 2000.
- 최경, 박규현, 김상욱. : 감각장애를 동반한 뇌혈관계 질환 환자에서의 체감각 유발전위에 관한 연구. 대한신경과학회지, 6, 202-209, 1988.
- 최영철, 선우일남, 박영관, 김기환, 박기덕. : 척추질환에서 감각장애와 후경골신경자극감각유발전위검사의 비교 연구. 대한신경과학회지, 10(3), 331-338, 1992.
- Allison T, Goff WR, Williamson PD. : On the neural origin of early components of the human somatosensory evoked response. Prog Clin

- Neurophysiol, 7, 51-68, 1980.
- Anziska B, Cracco RQ. : Short latency somatosensory evoked potentials; Studies in patients with focal neurological disease. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 49, 227-239, 1980.
- Carpenter MB. : *Cortex of neuroanatomy*. Williams & Wilkins, pp76, 1985.
- Chiappa KH, Yonug PR, Goldie WD. : Origins of the components of human short-latency somatosensory evoked responses. *Neurology*, 29, 598, 1979.
- Chiappa KH, Choi SK, Young RR. : Short-latency somatosensory evoked potentials following median nerve stimulation in patients with neurological lesions. *Prog Clin Neurophysiol*, 7, 264-281, 1980.
- Chiappa KH. : Physiologic localization using evoked responses; pattern shift visual, brainstem auditory and short latency somatosensory. In: *New perspective in cerebral localization*. Edited by Thompson RA Green JR, New York, Raven Press, pp63-114, 1982.
- Chiappa KH. : *Evoked potentials in clinical medicine*. Raven Press, New York, pp252-253, 1983.
- Chiappa K, Ropper A. : *Evoked potentials in clinical medicine*. *N Engl J Med*, 306(20), 1140-1150, 1205-1211, 1982.
- Dawson GD. : Cerebral responses to electrical stimulation of peripheral nerves in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 10, 137-140, 1947.
- Dawson GD. : A summation for detection of small evoked potentials. *Electroencephalogr & Clin Neurophysiol*, 6, 65-84, 1954.
- Desmedt JE, Cheron G. : Central somatosensory conduction in man neural generators and interpeak latencies of the far-field components recorded from neck and right or left scalp and earlobes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 50, 382-403, 1980.
- Emerson RG, Seyal M, Pedley TM. : Somatosensory evoked potentials following median nerve stimulation; I. The cervical components. *Brain*, 107, 169, 1984.
- Favale E, Ratto S, Leandri M, Abbruzzese M. : Investigations on the nervous mechanisms underlying the somatosensory cervical response in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 45,

796, 1982.

- Giblin DR. : Somatosensory evoked potentials in healthy subjects and in patients with lesions of the nervous system. *Ann NY Acad Sci*, 112, 93-142, 1964.
- Halliday AM, Wakefield GS. : Cerebral evoked potentials in patients with dissociated sensory loss. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 26, 211-219, 1963.
- Hammond JE, Wilder BJ, Ballinger WE. : Electrophysiologic recordings in a patient with discrete unilateral thalamin infarction. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 45, 640-643, 1982.
- Jones SJ. : Short latency potentials recorded from the neck and scalp following median nerve stimulation in man. *Electroencephal Clin Neurophysiol*, 43, 853, 1977.
- Kim JY, Lee KW. : Motor evoked potentials in transverse myelitis. *J Korean Neurol Assoc*, 16, 353-359, 1998.
- Kimura J, Yamade T, Kawamura H. : Central latencies of somatosensory cerebral evoked potentials. *Arch Neurol*, 35, 683-688, 1978.
- Kusoffsky A, Wadell I, et al. : The relationship between sensory impairment and motor recovery in patient with hemiplegia. *Scand J Rehab Med*, 14, 27-32, 1982.
- Leandri M, Favale E, Rotto S, Abbruzzese M. : Conducted and segmental components of the somatosensory cervical response. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 44, 719, 1981.
- Lesser RP, Lueders H, Hahn J, Klem G. : Early somatosensory potentials evoked by median nerve stimulation; Intraoperative monitoring. *Neurology*, 31, 1519, 1981.
- Masahiro Sonoo, Yasunobu Tsai-Shozawa, Makoto Aoki, et al. : N18 in median somatosensory evoked potentials; a new indicator of medullary function useful for the diagnosis of brain death. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 67, 374-378, 1999.
- Mauguiere F, Courjon J. : The origins of short-latency somatosensory evoked potentials in human. *Ann Neurol*, 9, 607-611, 1981.
- Markand O.N, Garg B.P, DeMyer W.E, et al. : Brainstem auditory, visual and somatosensory evoked potentials in leuhodystrophies. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 54,

39-48, 1982.

- Sid Gilman, Sarah Winans Newman. : Essentials of Clinical Neuroanatomy and Neurophysiology, ed 9. pp220, 1996.
- Spehlmann R. : Evoked Potential Primer, Visual, Auditory, and Somatosensory Evoked Potentials in Clinical Diagnosis. Boston, Butterworth Pub, p7, 1985.
- Synek VM, Cowan JC. : Somatosensory evoked potentials from stimulation of cutaneous femoris lateralis nerve and their application in meralgia paresthetica. Clin Electroencephalogr. 14, 161-163, 1983.
- Riggs JE, Chamberlain SM, Gutierrez AR, et al. : Dermatomal somatosensory evoked potentials in meralgia paresthetica. Arch Neurol, 43, 1101-1102, 1986.
- Rossini P.M, Treviso M, Di Stefano E, Di Paolo B. : Nervous impulse propagation along peripheral and central fibers in patients with chronic renal failure. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 56, 293-303, 1983.
- Yamada T, Kimura J, Wilkinson JT, Kayamori R. : Short and Long Latency median somatosensory evoked potentials. Findings in patients with localized neurological lesions. Arch Neurol, 40, 215-220, 1983.
- Yu YL, Jones SJ. : Somatosensory evoked potentials in cervical spondylosis. Brain, 108, 273-300, 1985.