

임상신경생리 분야에서의 신경생리적 검사법의 응용

서울대학교 의과대학 신경과학교실

이 광 우 · 박 경 석

Application of Neurophysiological Studies in Clinical Neurology

Kwang-Woo Lee, M.D., and Kyung-Seok Park, M.D.

Department of Neurology, College of Medicine, Seoul National University

- Abstract -

Since Hans Berger reported the first paper on the human electroencephalogram in 1920s, huge technological advance have made it possible to use a number of electrophysiological approaches to neurological diagnosis in clinical neurology. In majority of the neurology training hospitals they have facilities of electroencephalography(EEG), electromyography(EMG), evoked potentials(EP), polysomnography(PSG), electronystagmography(ENG) and, transcranial doppler(TCD) etc.

Clinicians and electrophysiologists should understand the technologic characteristics and general applications of each electrophysiological studies to get useful informations with using them in clinics. It is generally agreed that items of these tests are selected under the clinical examination, the tests are performed by the experts, and the test results are interpreted under the clinical background. Otherwise these tests are sometimes useless and lead clinicians to misunderstand the lesion site, the nature of disease, or the disease course.

In this sense the clinical utility of neurophysiological tests could be summerized in the followings. First, the abnormal functioning of the nervous system and its environments can be demonstrated when the history and neurological examinations are equivocal. Second, the presence of clinically unsuspected malfunction in the nervous system can be revealed by those tests. Finally the objective changes can be monitored over time in the patient's status. Also intraoperative monitoing technique becomes one of the important procedures when the major operations in the posterior fossa or in the spinal cord are performed.

In 1996, the Korean Society for Clinical Neurophysiology (KSCN) was founded with the hope that it will provide the members with the comfortable place for discussing their clinical and academic experience, exchanging new informations, and learning new techniques of the neurophysiological tests. The KSCN could collaborate with the International Federation of Clinical Neurophysiology(IFCN) to improve the level of the clinical neurophysiologic field in Korea as well as in Asian region. 1

In this paper the clinical neurophysiological tests which are commonly used in clinical neurology and which will be delt with and educated by the KSCN in the future will be discussed briefly in order of EEG, EMG, EP, PSG, TCD, ENG, and Intraoperative monitoring.

Key Words : Neurophysiological monitoring, Neurologic disorder, EMG, EP, EEG, TCD

교신저자 : 이 광 우

서울특별시 종로구 연건동 28번지

서울대학교 의과대학 신경과학교실

TEL) 02-760-2278, FAX) 02-744-1785, e-mail) kwoo@plaza.snu.ac.kr

서 론

오늘날 신경과 의사들은 전자, 전기기술의 발전과 함께 개발된 각종 신경생리적 진단기기를 응용하여 신경계 질환을 진단하고 치료하는데 많은 도움을 받고 있다. 중추신경계 또는 말초신경계 병변의 병태생리는 아직도 많은 부분이 규명되지 않은 상태이다. 신경생리학적 관점에서 각각 질환의 특성이 이해되고 있다는 점에서 신경생리검사법은 임상신경학분야에서 매우 중요하다고 하겠다³.

임상신경학 분야에서 응용되는 신경생리적 진단기법은 여러 가지가 있다. 이들 검사방법도 각각 특이성을 갖고 있으므로 의사들은 이들 검사법에 대한 충분한 이해를 갖고 있어야 이들을 알맞게 응용할 수 있다. 또한, 신경생리검사법은 임상신경학적 배경 아래에서 실시되고 응용되어야 한다. 즉, 각 신경계 병변 위치와 병변의 내용에 따라 검사종목이 선택되어야 하며, 선택된 검사법은 임상적 진찰소견을 기준으로 하여 세부적으로 수행되어야 하고, 해당검사의 결과는 신경계 질환과 해당 신경생리 검사법에 전문지식을 갖춘 의사에 의해 임상적 소견에 기준하여 분석되어야 한다. 따라서 이러한 전문적 지식이 없이 이들 검사를 임상에 응용한다는 것은 거의 가치가 없는 일이며, 자칫 잘못하면 틀린 정보를 제공하게 될 수도 있을 것이다.

이런 의미에서 신경생리검사법의 임상 응용성을 요약한다면 다음과 같다. 첫째, 임상신경학적 질환에서 불분명한 소견이 관찰될 경우 신경생리적 검사법을 통해 신경계의 기능 이상을 확인할 수 있으며, 둘째, 신경생리 검사법을 통해 신경학적 진찰에서 발견되지 않은 신경계와 이상부위를 찾아낼 수 있으며, 셋째 신경계의 병변이 시간이 흐름에 따라서 어떻게 변화되는지 객관적으로 추적관찰이 가능하다는 것이다.

이상에서와 같이 신경생리검사법은 임상신경학에서 매우 중요하며 신경과 수련기간중 필요한 만큼 학술기회가 주어져야 함이 당연하다. 신경학 발전의 시대흐름에 맞추어 1996년 대한임상신경생리학회(The Korean Society for Clinical Neurophysiology, KSCN)가 창립되었다. 본 학회는 국내적으로는 신경생리검사법에 대한 학문교류의 장소를 마련하고 교육의 기회를 제공하며 회원들간의 친목을 도모할 수 있고, 국제적으로는 국제임상신경생리(IFCN)에 동참하여 이들과의 협력관계를 유지함으로써 국내 신경생리학문 분야를 국제적으로 발전 유지시킬수 있는 골격을 갖추게 되었다고 볼 수 있다.

따라서 본 논제에서는 현재 임상신경학 분야에서 널리 응용되고 있으며, 향후 대한임상신경생리학회에서 관심을 갖고 회원들에게 지식과 정보를 제공해야되는 신경생리 검사법에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

본 론

1. 뇌파 검사(Electroencephalography : EEG)

Hans Berger가 1920년대에 인간의 두피에 전극을 부착하여 뇌파를 기록한 이후 뇌파 검사는 신경계 질환을 진단하는데 광범위하게 응용되고 있다. 뇌파 검사는 다른 신경생리검사법과 마찬가지로 신체, 특히 대뇌피질의 두점에서의 전위차를 시간좌표를 이용해 시각적인 여러 형태의 파형으로 나타낸다. 편의상 뇌파 파형은 α , β , θ , δ 파로 구분되며, 이들 각각 파형의 분포, 특성 등에 대하여 잘 아는 것이 뇌파 검사의 판독에 있어서 매우 중요하다. 뇌파는 피검자의 연령, 의식상태, 체내 대사상태, 산-염기 평형상태 등에 따라 다르게 나타날 수 있으므로 이것을 고려하여 정상과 이상 소견을 분석한다. 뇌파 검사는 최근 신경계의 영상학적 진단방법이 눈부시게 발전하였음에도 불구하고 간질환자의 진단, 치료, 추적 평가 등을 위해서 필수 불가결한 검사이다¹¹.

1-1. 기록 방법

두피 전극은 국제적으로 통일된 "10-20" system을 따라서 붙인다. 기록 전극의 조합 형태를 montage라 부르는데 bipolar(differential)와 referential montage의 두가지가 있다. 뇌의 여러 부위의 서로 다른 전기적 활동을 최대한으로 선명하게 나타내기 위하여 여러 가지 형태의 montage를 사용한다. bipolar montage는 인접한 두 전극의 전위 차이를 측정함으로 잡음이 적고, 판독이 용이하고, 간질파를 쉽게 알아볼 수 있는 위상 역전(phase reversal)을 보이는 장점이 있지만, 뇌파활동의 절대치를 나타내는 것이 아니므로 이상이 있는 부위를 잘못 나타낼 수 있는 것이 단점이다. referential montage는 전기적 신호가 없다고 생각되는 한 점과 각각의 전극과의 전위차를 측정함으로 각 전극에서의 뇌파활동의 절대치를 구할 수 있는 반면 전기적 신호가 전혀 없는 점을 구할 수가 없어서 contamination이 되는 것이 단점이다¹⁴.

1-2. 뇌파의 이상 유발방법

간질환자의 뇌파검사시 이상파형을 유발시키기 위하여 시행하는 방법들로 광자극, 과호흡, 감각자극(시각, 청각 등), 수면/수면박탈, 간질유발 약물 등이 사용된다¹⁹.

1-3. 임상적 응용

간질은 뇌파 검사가 가장 중요하고 흔하게 이용되는 질환이다. 발작간 뇌파검사는 간질의 진단, 가성발작과의 감별, 발작형태 분류, 치료에 대한 반응 분석, 간질 발생대(epileptogenic zone)등의 규명에 이용된다. 뇌파검사 추적(monitring)은 장시간 비디오-뇌파 집중 감시를 실시하여 기록하며 간질의 심한 정도 평가, 유발 요인 분석, 발작의 징후분석, 간질발생대 찾기 등에 이용된다. 간질환자의 수술적 치료를 위해서는 간질 병소를 정확하게 진단하여 수술할 부위를 결정하는 것이 매우 중요하다. 이러한 경우에 대뇌피질뇌파검사(electrocricography)와 심부 뇌파검사(depth electrography) 등이 많은 도움이 된다. 이 검사들은 두개내의 대뇌피질 또는 뇌의 심부에 전극을 장치하여 각 해당부위에서의 뇌파활동을 직접 측정하므로 간질발생부위를 진단하는데에 매우 중요한 정보를 제공할 뿐만 아니라, 해당부위를 직접 자극함으로써 대뇌의 기능적 정위(localization)에도 이용된다²⁰. 뿐만아니라 뇌파검사는 뇌사판정에도 응용되며 의식장애를 유발하는 여러 원인 중에서 중독성 혹은 대사성 뇌병증, 저산소증, 뇌염과 같은 감염성질환 및 Creutzfeldt-Jacob 병 등의 감별에도 응용된다.

2. 근전도 검사 (Electromyography : EMG)

근전도 검사는 신경근계 질환(neuromuscular disorders)을 진단하고 평가하는데 매우 중요한 검사법이다. 근전도 검사는 임상질환에 관한 객관적 단서를 제공할 뿐 아니라, 임상질환에서 관찰되지 않았던 중요한 소견에 대한 새로운 정보를 제공한다는 점에서 매우 중요하다.

근전도는 의심되는 질환이 무엇인가에 따라 몇 가지로 구분되어 시행된다. 기본적 검사로는 말초신경에 전기적 자극을 가하여 유발되는 복합전위(compound potentials)를 측정하여 신경기능을 평가하는 신경전도 검사(nerve conduction studies : NCS), 근육에 바늘을 찔러 근섬유로부터 나오는 전기적 활동을 평가하는 침근전도 검사(needle EMG), 운동신경을 반복적으로 자극하여 이에 따른 복합근육 활동전위의 진폭의 감소정도를 평가하는 반복신경자극 검사(repetitive nerve stimulation test : Jolly test)등이 있으며 그 외 단일근섬유 근전도 검사(single fiber electromyography : SFEMG) 등이 대표적이다.

2-1. 신경전도 검사

(nerve conduction studies; NCS)

말초신경계 병변들을 평가하기 위해서 신경전도 검사를 시행한다. 이 검사는 운동신경전도 검사(motor NCS), 감각신경전도 검사(sensory NCS), 혼합신경전도 검사(mixed NCS)로 구분되며, 그외 지발성 반응(late responses) 검사로 F-파 검사와 H-반사 검사 등이 있다. 운동신경전도 검사(motor NCS)는 말초신경에서 전기자극을 주고 근육에서 발생하는 복합근육 활동전위(compound muscle action potentials : CMAP)를 기록하고 이때 잠복기(latency), 진폭(amplitude), 모양 등을 관찰하며, 감각신경전도 검사(sensory NCS)는 말초신경을 자극했을 때 그 원위부 또는 근위부에서 발생하는 복합신경 활동전위(compound nerve action potentials : CNAP)를 기록하여 평가한다. 평가방법은 각 신경분절에서의 신경전달 속도, 진폭 등의 결과를 검사실의 고유의 표준화된 기준치와 비교하여 이상여부를 판정하게 된다¹⁶.

말초신경병은 병리학적으로 주로 축삭변성(axonal degeneration)을 일으키는 것과 분절성 탈수초(segmental demyelination)를 일으키는 것으로 대별할 수 있는데, 이를 신경전도 검사를 수행함으로써 감별이 가능하나 즉, 축삭변성 질환에서는 신경전도 속도는 약간 감소하지만 복합근육 활동전위의 진폭이 심하게 감소되며, 탈수초성 질환에서는 주로 신경전도 속도가 심하게 감소되며 일시적 분산(temporal dispersion)이나 전도차단(conduction block)이 관찰된다.

F-파는 말초신경에 역행성으로 최대 이상의 자극을 가할 경우에 나타나는 파형으로 성인에서는 상하지의 작은 근육에서 잘 관찰된다. 잠복기를 측정하여 정상치와 비교하며 좌우차이가 2 msec를 초과하면 이상으로 생각할 수 있다. 말초운동신경의 근위부가 전도경로에 포함되므로 신경근병증(radculopathy), 신경총병증(plexopathy), 말초신경의 근위부 병변의 평가에 주로 사용되며, 말초신경병증의 조기 발견에도 유용하다.

H-반사는 족반사에 해당하는 전기생리 검사로 생후 12개월 이후에는 비복근-가자미근(gastrocnemius-soleus muscle)에서 주로 관찰된다. 슬와(popliteal) 부위에서 후경골신경(posterior tibial nerve)을 역치 이하로 자극하면 가자미근(soleus muscle)에서 기록할 수 있다. 자극의 강도를 점차로 높이면 복합근육 활동전위(CMAP)가 커지면서 H-파는 점점 작아져서 없어지게 된다. 잠복기를 측정하여 정상치와 비교하며, 좌우 차이가 1.5 msec를 초과하면 이상으로 여길 수 있다. S1 신경근병증(radculopathy)과 L5 신경근병증의 감별과 말초신경병증의 조기 발견에 유용하다.

2-2. 침근전도 검사(needle EMG)

근육에 근전도 침을 찔러 해당 근육의 전기생리학적 특성을 평가하는 검사법으로서 검사시에 다음과 같은 기본적인 소견을 분석하게 된다¹⁵.

삽입 활동성(insertional activity)은 근육에 근전도 침을 찌르는 순간의 활동전위 소견이며 정상에서는 침을 움직이는 동안만 아주 짧게 지속되다가 곧 사라진다. 신경병증(neuropathy)에서는 이러한 전기적 활동이 지속적으로 나타나게 되고, 근병증(myopathy)에서는 근육의 상태에 따라 지속되기도 하고 감소되기도 한다.

자발적 활동(spontaneous activity)은 근전도 침을 찌른 후 근육을 이완된 상태로 유지하면서 평가한다. 정상에서는 아무런 전기적 활동 또는 이상 파형이 관찰되지 않지만 말초신경병증, 운동신경원 질환과 같은 신경병증(neuropathy)이나 빠르게 악화되는 근병증(myopathy)에서는 세동전위(fibrillation)와 양성예파(positive sharp wave)가 나타난다. 그 외에 근육이 이완된 상태에서 비정상적으로 관찰되는 자발적 활동으로는 속상연축(fasciculation) 전위, myokymic discharge, myotonic discharge, complex repetitive discharge("bizarre high frequency potentials", "pseudomyotonia") 등이 있다.

운동단위전위(motor unit potential : MUP)는 근전도 침을 찌른 상태에서 해당 근육을 최소한으로 수축시키면서 평가한다. 이때 이 운동단위전위는 한 개의 신경축삭에 의해 지배를 받는 근섬유들의 전위의 합을 의미한다. 정상에서는 운동단위 전위의 진폭이 1~3 mV 이내이고 기간이 5~10 msec 정도이다. 그러나 근병증에서는 진폭이 작으며 기간이 짧고 위상이 많은(polyphasic) 운동단위 전위를 보이고, 신경병증에서는 진폭이 크고 기간이 긴 운동단위 전위(소위 "giant MUP")를 보인다¹³.

간섭양상(interference pattern)은 근전도 침을 찌른 상태에서 해당 근육을 최대한으로 수축시키면서 평가한다. 정상에서는 적당한 크기의 운동단위 전위들이 화면에 명확하게 관찰된다. 근병증에서는 전반적으로 진폭이 작고 조기 동원양상(early recruitment pattern)이 관찰되며, 신경병증의 경우에는 진폭이 크고 감소된 간섭양상 소견이 특징적으로 관찰된다.

최근에 개발된 전환점-진폭비를 이용한 간섭양상분석법(interference pattern analysis : IPA)은 비교적 빠르고 쉽게 이용할 수 있는 검사방법으로 기존의 근전도 검사상 근육병증과 신경병증의 감별이 어려울 때 보조적으로 이용하면 도움을 받을 수 있다¹.

2-3. 반복신경자극 검사(repetitive nerve stimulation test : RNS test, Jolly test)

반복신경자극 검사는 신경근 접합부(neuromuscular junction) 질환인 중증근무력증(myasthenia gravis), Lambert-Eaton 증후군(LEMS)이나 보툴리누스중독증(botulism)의 진단을 위하여 반드시 필요한 검사법이다. 검사방법은 운동신경을 반복자극하여 해당근육에서 복합근육 활동전위(CMAP)를 얻은 후, 제일 진폭의 변화가 큰 복합근육 활동전위가 첫 번째의 것과 비교할 때 그 진폭이 얼마나 감소되는지 또는 증가되는지를 파악한다. 자극방법은 일반적으로 2, 3, 5 Hz의 느린 반복자극과, 30 또는 50 Hz의 빠른 반복자극 방법이 있다. 이 검사는 주로 외향무지소근(abductor digiti quinti), 척추수근굴근(flexor carpi ulnaris), 삼각근(deltoid), 안륜근(orbicularis oculi)에서 시행한다¹⁷.

중증근무력증은 복합근육 활동전위의 진폭이 정상이고 느린 반복자극에서 진폭이 감소되며 빠른 반복자극에서는 변화가 없거나 감소되는 소견을 보인다. Lambert-Eaton 증후군은 복합근육 활동전위의 진폭이 작고 느린 반복자극에서 진폭이 감소되며 빠른 반복자극에서는 특징적으로 대폭 증가되는 소견을 보인다.

2-4. 단일근섬유 근전도 검사(single fiber electromyography : SFEMG)

주로 신경근 접합부(neuromuscular junction) 질환의 평가에 응용되는 검사로서 기본 원리는 특수한 근전도 침을 사용하여 동일한 축삭에 의해 지배되는 인접한 두 근섬유의 활동전위를 측정하는 것이다. 즉, 신경축삭을 통해 전달된 전기적 자극은 두 근섬유에 전달되어 이 둘로부터 일련의 활동전위를 유발시키게 되는데, 이때에 한쪽 근섬유의 활동전위를 고정시키면 다른 근섬유의 활동전위의 변화성(variation)이 뚜렷해지게 된다. 단일근섬유 근전도 검사에서는 신경근 접합부 기능을 반영하는 변화성(variation)의 평균치("jitter")가 정상 범위에 속하는지 또는 초과하는지를 판정한다.

2-5. 안면신경과 연관된 검사

일반적으로 다음의 세가지 방법이 응용된다. 안면신경의 운동신경전도 검사(motor NCS)는 안륜근에 기록 전극을 부착하고 안면신경을 전기자극하여 복합근육 활동전위(CMAP)와 잠복기(latency)를 구한다. 이것을 정상치나 반대측의 검사치와 비교하면 안면신경의 손상정도를 평가할 수 있다.

안면신경 흥분도 검사(facial nerve excitability)는

주로 말초성 안면신경 마비에서 많이 사용되는 검사로 안륜근에 기록 전극을 부착하고 외이도 아래 부위의 안면신경을 전기 자극한다. 자극의 강도를 점차 올리면서 안륜근에 눈으로 확인할 수 있는 최소한의 수축이 일어나는 자극치를 측정한다. 안면마비 후에 예후 판정에 도움이 된다.

순목 반사(Blink reflex)는 1969년에 Kimura 등이 발표한 검사법으로 각막 반사에 해당하는 전기생리 검사이다. 상안와 신경을 전기자극하고 양측 안륜근의 수축을 기록하면 동측에서 R1, R2 신호를, 반대측에서는 R2 신호를 구할 수 있다. 각 파형의 잠복기와 파형을 정상치와 비교하여 삼차신경이나 안면신경, 또는 두 신경핵이 연결되는 뇌간에 이상이 있는지를 판정한다.

2-6. Motor unit number estimation (MUNE)

해당 근육 운동단위의 숫자를 측정하는 검사방법으로 노화에 따른 근육의 기능적 운동단위의 소실을 평가하거나, 근위축성 측삭경화증(ALS)과 척수 근위축증(SMA)에서 기능적 운동신경원의 소실을 확인하고 추가적인 소실의 속도를 측정하는데 응용된다. 그외에 만성 탈신경 질환에서 측부 신경재지배를 평가하며, 신경 손상시에 근육 탈신경 여부와 심한 정도를 평가하고 그 진행 과정을 추적 검사할 수 있다.

2-7. 자율신경기능검사(Autonomic function test)

근전도 검사실에서 시행할 수 있는 자율신경계 검사로는 부교감("cardiovagal") 기능을 평가하는 발살바비(Valsalva ratio) 측정과 말초 교감("sudomotor") 기능을 평가하는 교감성 피부 반응검사(sympathetic skin responses : SSR)가 대표적이다.

3. 뇌유발전위 검사(Evoked potential : EP)

1947년 Dawson은 말초신경에 전기자극을 가할 때 반대쪽 대뇌에 매우 작은 유발전위(evoked potential)가 기록된다는 사실을 처음 보고하였다. 뇌유발전위는 자극하는 신경계 부위에 따라 시각유발전위(visual evoked potential : VEP), 뇌간청각유발전위(brainstem auditory evoked potential : BAEP), 체성감각유발전위(somatosensory evoked potential : SSEP) 등으로 나눈다. 각각의 유발전위에서는 한 개 또는 몇 개의 파형(waves)들이 관찰되는데 이들 파형은 해당 감각기관계의 해부생리학적 구조 또는 상태에 의해 형성된다고 생각되어지고 있다. 따라서 임상신경학에서 이들 유발전위를 응용하는 방법은 이들 유발전위 파형이 제대로 잘 유발전는지 여부와, 또한 유발전

하더라도 자극 후 특정 파형이 나타나는데 걸리는 시간(latency)이 지연되었는지 여부를 판단함으로써 해당 감각기관계의 신경생리학적 이상을 평가하게 된다¹²⁾.

3-1. 일반 원리

유발전위는 특히 time-locked signals라 하여 신경계의 각 감각부위를 자극한 후 일정한 시간대에 비교적 일정한 형태의 신호가 나타나는 특성을 갖고 있다. 이 신호의 전위는 신체 내에 존재하는 잡음 전위(noise)에 비해 너무 낮으므로 있는 그대로는 파악이 불가능하다. 그러나 여러 신호를 거듭 반복하여 평균화 과정(averaging)을 거치게 하면 일정한 형태를 갖는 전기신호인 유발전위를 얻을 수 있게된다. 여러번 유발전위를 평균화 시킴으로써 대뇌, 근육, 심장 등에서 유래하는 전기신호는 점차 소멸되는 반면 일정한 시간대에 나타나는 유발전위는 점차 선명해지는 원리이다.

각각의 유발전위의 파형과 신경해부학적인 연관성을 설명하면 다음과 같다. 시각유발전위(VEP)의 주된 파형은 시각중추인 Brodmann 영역 17과 시각 연합피질인 Brodmann 영역 18, 19에서 발생하는 것으로 알려져 있으며, 뇌간청각유발전위(BAEP)에서 관찰되는 파형 I, II, III, IV, V는 각각 청신경, 청신경핵, 상부 올리브핵, 외측 용대(lateral lemniscus), 하부 소구(colliculi)에서 발생하는 것으로 추정되고 있다. 체성 감각유발전위(SSEP)는 정중신경을 자극하는 경우 상완 신경총, 5번째 경추부, 반대쪽 대뇌감각영역에서 기록한다. 일반적으로 경추부에서 기록되는 파형은 척수 후주(posterior column) 및 후주핵에서, 두피에서 기록되는 파형은 내측 용대(medial lemniscus) 및 대뇌 피질 혹은 피질하에서 유래되는 것으로 알려져 있다. 후경골신경(posterior tibial nerve)을 자극하는 경우는 3번째 요추부위, 12번째 흉추부위, 반대쪽 대뇌감각영역에서 유발전위를 기록한다. 3번째 요추부위에서 기록되는 파형은 마미(cauda equina)에서, 12번째 흉추부위에서 기록되는 파형은 conus medullaris에서 유래되는 것으로 추정된다.

3-2. 임상적 응용

유발전위검사 검사법은 관계된 감각 신경계의 기능을 객관적으로 평가할 수 있다는 점에서 특별한 의의가 있다. 특히 종전에는 척수 또는 뇌간 등의 기능을 적절히 평가할 수 있는 뚜렷한 방법이 없었을 뿐만 아니라, 간접적인 평가 방법에 있어서도 관철적 방법이므로 실시에 어려움이 많았다. 유발전위 검사법의 임상적 응용성은 신경계의 질환을 진단하고, 예후를 추정하고, 추적감시를 할 수 있는 점에 있다고 할 수 있다.

시각유발전위(VEP)는 시각 전달 경로의 전기생리적 기능의 이상 유무를 관찰함으로써 안구 병변을 포함한 시신경교차전 병변과 시신경교차 병변, 시신경교차후 병변을 감별하는데 도움을 줄 수 있다. 검사가 추천되는 경우는 다발성 경화증이나 시신경염 등의 탈수초성 질환, 안구 질환을 포함한 전시각 전도계(anterior visual pathway) 장애의 감별, 소아에서의 시각장애 여부 판정, 혼수상태의 감별, 수술중 신경계 집중감시 등이다.

뇌간청각유발전위(BAEP)는 청각을 자극하여 뇌간에서 발생하는 유발전위를 기록하는 검사로서 뇌간의 기능을 간접적으로 평가할 수 있으며, 과간 잠복기를 분석하여 뇌간에서 병변의 위치를 감별하는데 도움을 줄 수 있다. 검사가 응용되는 경우는 청신경종과 같은 소뇌-뇌교각종양, 이독성(ototoxic) 약물의 부작용 평가, 다발성 경화증 등의 탈수초성 질환, 뇌간을 침범하는 퇴행성 질환, 뇌간의 뇌졸중, 소아에서의 청각장애 여부 판정, 혼수상태의 감별, 뇌사 판정, 수술중 신경계 집중감시 등이다.

체성감각유발전위(SSEP)는 부위에 따라 상지에서는 정중신경 체성감각유발전위(median nerve SEP), 하지에서는 후경골신경 체성감각유발전위(posterior tibial nerve SEP) 등이 시행된다. 임상적으로 적용되는 경우는 말초신경질환, 여러 원인의 신경총병증(plexopathy)이나 신경근병증(radikulopathy), 탈수초성질환을 포함한 척수병증, 뇌간 병변, 뇌간이나 척수를 침범하는 퇴행성 질환, 혼수상태의 감별, 뇌사 판정, 수술중 신경계 집중감시 등이다.

4. 수면다원검사(Polysomnography : PSG)

수면의학은 새로이 발달되는 의학의 한 분야로서 수면다원검사의 출현과 더불어 획기적으로 발전하였다¹⁰. 이 검사는 여러 가지 전기생리학적인 측정 기구들을 이용하여 인간의 수면을 분석하는 검사로서 수면장애의 정확한 진단, 장애 정도의 평가, 향후 치료방향의 결정, 추적 평가 등에서 객관적인 자료를 제공하는데 매우 유용하다¹⁸.

4-1. 검사의 구성

검사의 구성은 검사 목적에 따라 다양하게 조합할 수 있으며 다음의 요소들이 포함된다. 비디오, 오디오 집중감시(video and audio monitoring)는 수면중의 행동의 변화를 감시하게 되며, 뇌파 검사(electroencephalography : EEG)는 수면의 단계와 질을 평가하는데 가장 기본적으로 필요하다. 기본적으로 한 채널만 있으면 되지만 보통 4개의 전극을 부착한다. 안전도 검

사(electro-oculography : EOG)는 입면전이나 입면시 안구가 움직이는 현상을 관찰하고, 렘(REM) 수면시의 안구 운동을 확인하는데 필요하다. 근전도 검사(electromyography : EMG)는 렘수면을 평가하기 위한 근긴장도 측정을 위하여 mentalis와 submentalis 근육에서 기록하고, 주기성 하지운동(periodic leg movement)을 감시하기 위하여 전경골근(anterior tibialis muscle)에서 기록한다. 그외에 일반적으로 심전도 검사(electrocardiography : ECG)가 포함되며, 호흡 집중감시를 위하여 respiratory air flow 측정, pulse oximeter를 통한 산소 포화도 측정, 흉부와 복부 운동 관찰, 식도압 감시, 코고는 소리(snoring sound) 등을 이용한다.

식도 pH 감시는 폐색성 수면무호흡 증후군(obstructive sleep apnea syndrome)과 야간 위식도 역류를 감별하기 위하여 시행된다.

4-2. 임상적 응용

수면다원검사를 진단할 수 있는 질환 중에서 대표적인 것은 폐색성 수면무호흡 증후군 (obstructive sleep apnea syndrome), 수면발작(narcolepsy), 특발성 수면과다증, 재발성 수면과다증, 주기성 하지운동장애(periodic leg movement syndrome), restless leg syndrome, 렘수면 행동장애, 수면 마비, 렘수면 연관성 동정지(sinus arrest) 등 광범위하다.

5. 경두개 도플러 초음파 검사 (transcranial Doppler : TCD)

1982년에 Aaslid가 처음으로 저주파 도플러 기기를 이용하여 외부에서 직접 두개강 내에 위치한 뇌혈관의 혈류 속도를 측정한 이후 경두개 도플러 초음파 검사(TCD)는 뇌혈류 역학을 이해하고 평가하는데 이용되고 있다. 이러한 뇌혈류 역학을 이해하는 것은 뇌혈관 질환을 진단하며 발생기전을 규명하고 적절한 치료를 선택하는데 도움이 된다. 또한 이 검사는 비침습적이고 자주 반복할 수 있는 장점이 있어 최근 널리 이용되고 있다⁴.

과거에는 뇌혈류를 대표하는 뇌혈류 속도나 혈관의 pulsatility index(P.I.) 등을 단순히 파악하는 정도였으나, 최근에는 혈관의 반응도 및 뇌혈류 예비능을 조사하여 뇌혈관 질환의 위험도를 예측하고 치료에 응용하고자 노력하고 있다. 경두개 도플러 초음파 검사(TCD)의 결과를 임상적인 소견과 MRI, MRA, CT, 뇌혈관 조영술과 같은 신경영상 소견과 함께 분석한다면 뇌혈류 역학을 이해하는데 더 큰 도움을 받을 수 있다⁸.

5-1. 측정 방법

초음파가 잘 투과될 수 있는 적절한 창(window)을 찾아 probe를 위치시키고 충분한 신호강도를 얻기 위하여 probe 각을 맞추는 것이 검사의 첫 단계이다. 두 번째 단계로는 대뇌기저동맥의 각각의 분절에서 얻어지는 신호강도를 측정한다. 두개내 혈관의 혈류측정시 이용되는 측정부위는 측두부위, 안와부위, 후두하(sub-occipital) 부위 등으로 비교적 두개골이 얇아서 초음파의 투과가 용이한 부위들이다. 측두부위("측두창")를 이용한 검사가 제일 흔히 이용되는데 신호가 얻어지면 어느 혈관에서 나오는지를 먼저 파악해야 한다. 이것은 probe의 깊이와 각도, 혈류의 방향, 혈관압박에 대한 신호의 변화 등으로 판단할 수 있다. 마지막으로 이렇게 측정된 결과를 정상치와 비교하여 분석한다.

5-2. 임상적 응용

임상적 응용은 매우 다양하다. 혈류역학상 중요한 뇌혈관의 협착을 발견하거나 내경동맥, 추골동맥, 쇄골하동맥의 협착이나 폐색시에 측부순환의 양상과 정도 평가, 지주막하출혈 후의 혈관경축과 같은 혈관수축의 평가와 추적검사, 동정맥 기형의 발견과 치료효과 판정, 뇌사의 판정, 색전의 발견 등에 응용할 수 있다. 그의 혈관의 반응도 및 뇌혈류 예비능의 평가, 실신(syncope)의 원인 규명, 수술중이나 수술후의 집중감시, 뇌손상 환자의 집중감시 등을 위해서도 응용된다.

6. 전기안진 검사

(Electronystagmography : ENG)

안전도검사(electro-oculography, EOG)는 눈의 운동을 기록하는 가장 간단하고 사용하기 쉬운 검사방법이다. 이와같은 검사법이 전정기능 평가를 위하여 이용하는 경우 전기안진검사(Electronystagmography : ENG)라고 부른다. 전기안진 검사는 일시적으로 나타나는 안진을 객관적으로 기록하므로 다양한 안진을 효과적이고 정확하게 분석할 수 있다⁶. 전기안진검사는 여러 가지 안진의 빈도, 진폭, 완서 성분(slow component)의 속도 등을 정량화하고, 주시(fixation)하지 않을 때의 안진 변화도 기록할 수 있다. 또한 시각적으로 조절되는 안구운동을 기록하고 정량적으로 분석할 수 있다.

6-1. 검사 원리

망막의 색소층은 주위 조직에 비하여 음전위를 띠게 되므로 각막과 망막 사이의 전위차가 생긴다. 안구의 움

직임에 따라 전위차의 방향이 바뀌게 되는데 이것을 증폭하여 기록하는 것이다.

6-2. 임상 응용

병적 안진인 자발성 안진, 주시 유발성 안진, 위치성 안진 등을 측정할 수 있다. 냉온 검사(bithermal caloric test)를 통해서서는 말초성 전정장애의 유무와 병변이 있는 쪽을 알 수 있으며, 시각-안구 조절 검사로서 단속성 안구운동(saccadic eye movement)이나, 평활 추적운동(smooth pursuit), 시운동성 안진(optokinetic nystagmus) 등을 측정할 수 있다.

7. 수술중 신경계 집중감시

(Intraoperative neuromonitoring : IOM)

수술중 신경계 집중감시(intraoperative neuromonitoring : IOM)는 Penfield와 Jasper가 1930년대 말에 간질수술을 받는 환자의 뇌피질에서 직접 뇌파를 기록한 것이 처음이라고 볼 수가 있다. 이것은 주로 전기생리학적 방법을 사용하여 수술중에 신경계의 이상유무를 감시하는 검사방법이다. 이때에 사용되는 방법으로는 유발전위(EP), 뇌파(EEG), 근전도(EMG)를 이용하며, 적용 수술로는 뇌종양수술, 뇌혈관수술, 기능적 신경외과수술(functional neurosurgery), 척추수술, 안면신경이나 말초신경수술 등이 있다².

7-1. 검사 방법

필요에 따라 유발전위 검사(EP), 뇌파 검사(EEG), 근전도 검사(EMG)등이 수술중 응용된다. 유발전위는 가장 흔히 사용되는 수술중 신경계 집중감시 방법으로 감각유발전위(sensory evoked potential : SEP)와 운동유발전위(motor evoked potential : MEP)로 크게 구분되며 감각유발전위는 다시 뇌간척각유발전위(BAEP)와 체성감각유발전위(SSEP)로 구분된다. 뇌간척각유발전위(BAEP)는 뇌간종양을 포함하는 후두와(posterior fossa) 수술에 이용되며 수술도중 뇌간에 손상이나 허혈상태가 발생할 경우 파형의 진폭이 감소하고 잠복기가 증가하게 된다. 체성감각유발전위(SSEP)는 수술중 체성감각경로(dorsal column-medial lemniscal pathway)에 이상이 발생하는 경우 진폭 및 잠복기가 변하는 것을 이용한다⁵. 운동유발전위는 체성감각유발전위가 운동신경계(corticospinal tract)를 간접적으로 감시하는데 비해 직접 감시하는 장점이 있다.

뇌파 검사(EEG)에서는 수술중 뇌혈류의 감소로 허혈상태가 되거나, 뇌출혈 등의 뇌조직 손상이 생기는 경

우에 서파가 증가된다.

근전도 검사(EMG)는 수술중 신경손상에 의하여 발생하는 운동단위전위(motor unit potential : MUP)를 기록하는 방법("spontaneous EMG monitoring")과 신경근(nerve root)을 직접 전기자극하여 신경에 이상유무를 확인하는 방법("triggered EMG monitoring")이 있다.

수술중 집중감시를 시행하는데 있어서 마취를 적당하게 유지하는 것이 필수적이다. 마취가 너무 깊거나 근이완제를 과다하게 쓰면 검사 파형의 변화가 생기고 이것이 신경계 이상일 때의 변화와 혼동될 수 있기 때문이다. 또한 정확한 집중감시를 위해서는 체온, 혈압 등도 일정하게 유지되어야 한다.

7-2. 임상 응용

병원마다 방법의 차이는 다소 있으나 수술중 신경계 집중감시가 흔히 이용되는 수술을 설명하면 다음과 같다. 경동맥 내막절제술, 관상동맥 우회로술, 지주막하출혈의 동맥류 클리핑 등의 혈관수술에서는 뇌파와 체성감각유발전위가 이용되며, 최근에는 경두개 도플러 초음파 검사(transcranial Doppler : TCD)가 추가로 이용된다.

청신경종 등의 뇌간종양 제거수술, 반측안면연축(hemifacial spasm)이나 삼차신경통에서의 미세혈관감압수술, 두개저 수술과 같은 후두와(posterior fossa) 수술에서는 뇌간척각유발전위 및 안면신경 근전도(triggered facial nerve EMG)가 이용된다.

척수종양 제거수술, 측만증 교정수술, 선택적 후궁절제술(selective dorsal rhizotomy), 척추골융합술과 척추 instrumentation 등의 척추 수술에서는 체성감각유발전위 및 운동유발전위가 이용된다.

말초신경 수술에도 이용되는데, 상완신경총 신경종의 경우 상지의 근육에서, 이하선절제술(parotidectomy)의 경우에는 안면근육에서 근전도 집중감시를 시행한다. 그외에 간질수술에서는 경막하전극으로 피질뇌파를 기록하여 수술할 부위를 결정하는데 도움을 받을 수 있으며, 뇌수술시에는 체성감각유발전위를 운동피질, 감각피질, 중심구(central sulcus) 등을 확인하는데 이용하기도 한다.

이러한 신경계 집중감시를 다양한 수술에 적절히 이용한다면 수술후의 신경장애를 미리 방지하거나 최소화시킬 수 있을 것이다.

결 론

이상에서 임상신경학 분야에서 널리 이용되고 있는 신경생리 검사법과 최근에 새로이 개발되어 앞으로 많이 사용될 몇 가지 검사법에 대하여 약술하였다. 임상신경학 분야는 최근 10여년간 다른 눈부시게 발전하고 있다. 따라서 신경과 의사들이 이러한 검사법들을 숙지한다면 근신경계 질환의 정확한 진단과 치료, 연구에 많은 도움이 될 것이다. 더 나아가 기존의 신경생리 검사법을 응용한 검사방법이나, 새로운 신경생리 검사법의 개발에 지속적인 연구와 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김승현 등. 전환비-진폭비를 이용한 근전도 간섭패턴의 정량적 분석. *대한신경과학회지* 1995;12:368-394.
2. 서대원. 수술중 신경계 집중감시. *대한의사협회지* 1996;39(5):638-645.
3. 이광우, 정희원. *임상 신경학*. 서울: 고려의학, 1997.
4. 홍근식, 노재규. Transcranial Doppler를 이용한 정상군과 동맥경화군의 뇌혈관 반응성 평가. *대한신경과학회지* 1994;12(2).
5. Arroyo S et al. Subdural and Epidural Grid and Strips. In: Engel J, Jr. *Surgical Treatment of the Epilepsies*. 2nd ed. New York: Raven Press, 1993;377-386.
6. Baloh RW, Honrubia V. *Clinical Neurophysiology of the Vestibular System*. Philadelphia: F.A. Davis company, 1990.
7. Baloh RW, Furman FMR. *Modern vestibular function testing*. *Western J Med* 1989;150:59-67.
8. Babikian VL, Wechsler LR. *Transcranial Doppler Ultrasonography*. St. Louis: Mosby, 1993.
9. Bromberg MB et al. Motor unit number estimation, Isometric strength, and Electromyographic measure in Amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle & Nerve* 1993;16:1213-1219.
10. Carskadon MA, Rechtsschffen A. Monitoring and Staging human sleep. In: Kryger MH et al. *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Philadelphia: Saunders, 1989.
11. Chabolla DR, Cascino GD. Interpretation of Extracranial EEG. In: Wyllie E. *The Treatment of Epilepsy*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997;264-279.
12. Chiappa KH. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. 2nd ed. New York: Raven Press, 1987.
13. Doherty TJ et al. Determination of Mean Motor Unit Size: Impact on Estimate of Motor Unit Number. *Muscle & Nerve* 1993;16:1226-1331.
14. Ebstein CM. *Technical Aspects of EEG: An Overview*. In: Wyllie E. *The Treatment of Epilepsy*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997;218-227.
15. Kimura J. *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principle and Practice*. 2nd ed. Philadelphia: F.A. Davis company, 1989.
16. Oh SJ. *Clinical Electromyography: Nerve Conduction Studies*.

- 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993.
17. Oh SJ. *Electromyography: Neuromuscular Transmission Studies*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1988.
 18. Orr WC. Utilization of Polysomnography in the Assessment of Sleep Disorder. *Med Clin North Am* 1987;69(6):1153-1167.
 19. Reilly EL. EEG recording and Operation of the Apparatus. In: Niedermeyer E, Da Silva FL. *Electroencephalography: Basic Principle, Clinical Applications, and Related Fields*. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993;104-124.
 20. Spencer SS et al. Depth Electrodes. In: Engel J, Jr. *Surgical Treatment of the Epilepsies*. 2nd ed. New York: Raven Press, 1993;359-376.
-