

정상 성인에서 Galvanic 자극에 의한 유발 안진

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실, 의학공학교실¹

정운교, 이주형, 김수찬¹, 남기창¹, 김덕원¹, 이원상

Galvanic Nystagmus in Normal Person

Woon Kyo Chung, M.D., Ju Hyoung Lee, M.D., Soo Chan Kim¹,
Ki Chang Nam¹, Deok Won Kim¹ and Won-Sang Lee, M.D.

*Department of Otolaryngology, Department of Medical Engineering¹,
College of Medicine Yonsei University, Seoul, Korea*

Background and objectives: Vestibulo-ocular reflex and vestibulo-spinal reflex are induced by transmatoid galvanic stimulation of vestibular system. Nystagmus and body sway are result of each reflex. Recently, videoculograph possible to record a minute ocular movement was commonly used, vestibulo-ocular reflex induced by galvanic simualtion is easily documented. The purposes of this study are to evaluate the galvanic nystagmus in nomal persons in order to better understand the physiology of the vestibular system.

Materials and methods: Eye movement of 20 neurootologic normal subjects by both side transmstoid galvanic stimulation (40cases) were analyzing by videonystagmography.

Result: The direction of nystagmus in fast phase was to the negative electrode. Galvanic nystagmus was occured all normal subjects when stimulus intensity was more than 2mA. There was positive correlation between slow phase velocity(SPV) and electric current but negative correlation was noted between asymmetry of SPV and electric current.

Conclusion: It is suggested that the galvanic nystagmus test could be a new diagnostic tool for evaluation of vestibular status.

Key Word: Galvanic nystagmus, videonystagmography

서 론

유양돌기에 전기자극을 하여 발생하는 Galvanic 안진의 검사방법은 180여년전부터 많은 학자로부터 주목을 받고 연구가 되어왔으나 측정 및 이를 분석하는 방법의 한계로 말미암아 지속적으로 발전하지 못하였다. (Purkinje, 1820¹⁾; Hitzig, 1871²⁾; Mackenzie, 1909³⁾; Buys, 1909⁴⁾; Brunner, 1943⁵⁾; Bellen, 1950⁶⁾;

Pfaltz 1968⁷⁾; Breson & Krag, 1967⁸⁾) Breson 등은 constant current와 photocell을 이용한 측정 방법을 도입함으로써 기술적으로 해결하지 못하던 문제를 보완하였으며 실제 임상 응용의 가능성을 높여주게 하였다.⁹⁾ 그러나 Galvanic 전정자극검사가 이신경학적 진단에 보편적으로 사용되지 못한 이유는 첫째, 전기 자극의 강도를 일정하게 유지 할 수 없다는 점, 둘째, 반응을 측정하기가 어렵고, 셋째, 자극에 반응하는 전정신경 부위가 모호하다는 점이다.¹⁰⁾

최근 안진의 분석방법 중에서 영상전기안진기의 개발이 활발해지면서, 자극의 정도를 임의로 세밀히 쉽게 조절할 수 있는 장점이 있는¹¹⁾ Galvanic 안진 검사는 임상적 적용에 많은 가능성을 더하고 있다. 저

• 교신저자 : 이원상

120-752 서울서 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실
Tel: 361-8470, 8477 Fax:393-0580
E-mail: wsleemd@yumc.yonsei.ac.kr

자들은 영상전기안진기를 이용하여 정상인에서 전기 자극에 따른 Galvanic 반응의 결과를 알아 보았으며, 전정계 질환의 병리 생리기전의 연구를 위한 Galvanic 안진 검사의 기본 연구자료로 사용하고자 본 연구를 실시하였다.

대상 및 방법

대상은 20세에서 30세까지 이신경학적으로 어지러움증의 병력이나 청력 소실이 없으며, 온도안진 검사에서 정상인 성인 여자 11명, 남자 9명 총 20명을 대상으로 하였고, 좌우측 전기 자극을 시행하여 총 40례의 결과를 얻었다. 전기자극기는 일정 전류를 유지할 수 있게 제작하였으며, 입력 전원은 9V, 300mA의 어댑터를 사용하였다. 자극기의 구성은 액정디스플레이 (liquid crystal display;LCD), 전류계, 트리거스위치 (trigger switch) 및 전원 스위치로서 액정 디스플레이 패널은 현재 자극 파형에 대한 정보, 발광 다이오드 (light emitting diode;LED)는 자극 상태, 그리고 전류계는 실제 자극 부위에 가해지고 있는 정전류 출력 상태를 보여준다. 자극 전류의 방향을 바꾸고자 할 때 극성 전환 스위치를 부착하여 손쉽게 자극 전류 방향을 바꿀 수 있도록 하였다. 트리거스위치는 자극을 가하고자하는 시점에 자극을 시작시키는 역할을 한다. 최종 실험 환경을 자동으로 저장하는 기능을 설정해서 자극기를 켜다가 다시 켜더라도 이전의 실험 환경이 그대로 저장되어 있어 손쉽게 실험을 반복할 수 있도록 하였다. 전극은 직경 15mm 인 Ag-AgCl 전극을 이용하였다. 전극은 bipolar 전극으로 양측 유양돌기에 부착하여 각각 음전극과 양전극으로 구분하여 부착하였다. 자극 전류의 형태는 양극성 직류자극 파형 (bipolar constant DC waveform)으로 하였으며, 전기자극의 크기는 0.75, 1, 2, 3mA의 전류를 각각 30초간 자극하였다. 안진의 측정은 암실에서 개안상태에서 SMI회사의 영상안진기록기 (video-nystagmography)를 이용하여 앉은 자세에서 30초간 자발안진의 유무를 측정하고 곧이어 30초간 직류전류로 자극하여 발현되는 안진을 측정하였다. 이때 피부 저항은 5k Ω 이하로 유지하였다. 안진 발현의 기준은 빠른 성분의 안구운동 (fast phase eye movement)과 느린 성분의 안구운동 (slow phase

eye movement)이 연속되게 3개 이상 유발되는 완전한 안구운동으로 정하였다. 분석 변수는 모두 3개로 첫째, 안진을 유발시키는 전압 크기, 둘째, 각 전압에 따른 최대 및 평균 느린 성분의 안구운동속도 (slow phase velocity: SPV), 마지막으로 좌우의 비대칭도 (asymmetry)로 최대 및 평균 SPV와 안진 수를 이용하여 각각 이들 좌, 우의 값의 차를 합으로 나눈 백분율 값으로 정의하였다.

결 과

1. 전류 자극에 의한 안진

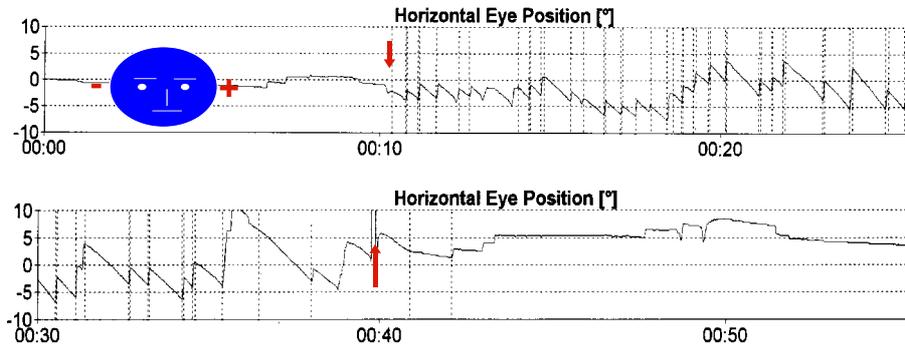
Fig. 1은 정상인의 양쪽 유양돌기에 2mA의 전류 자극을 주었을 때와 멈추었을 때의 안진을 나타낸 것이다. 가로 축은 시간이며, 세로 축은 안구가 움직인 각도이다. 안구가 오른쪽으로 움직이면 값이 증가하고, 왼쪽으로 움직이면 감소한다. 정상인의 경우 전류 자극기의 음자극을 우측에, 양자극을 좌측에 주었을 때 안진은 음자극을 가하는 우측으로 빠른 성분의 안구 운동(fast phase eye movement)이 발생하였고, 자극의 방향을 바꾸었을 때는 반대로 음자극을 준 좌측으로 빠른 성분의 안구 운동이 발생하였다.

2. 전기 자극 세기에 따른 안진

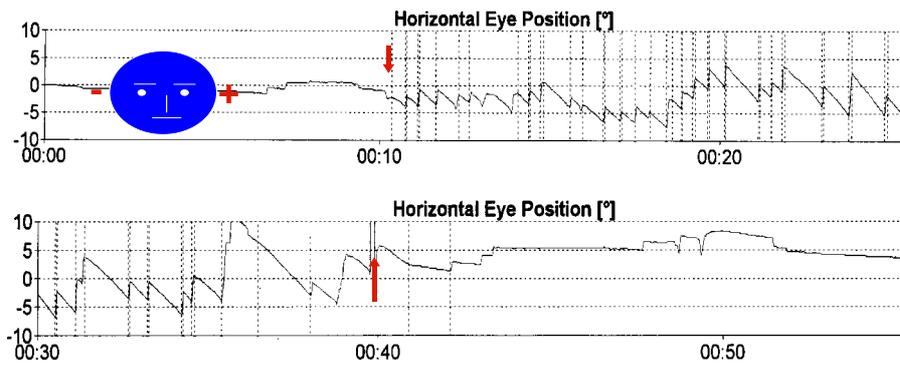
전류 자극의 세기는 0.75, 1, 2, 3mA를 사용하였으며 0.75mA에서 20명의 40개 귀 자극시 34개(85%)에서 Galvanic 유발 안진이 측정되었으며, 1mA에서는 40귀 중 35개(87.5%)에서, 2mA 이상에서는 모두 예에서 안진이 유발되었다. (Table 1)

3. 전기 자극의 크기에 따른 SPV와 안진의 횟수

전기 자극의 크기에 따른 SPV는 전류 세기의 증가에 따라 선형적 증가를 보였는데, 평균 SPV는 0.75mA에서 1.08도/초(deg/sec), 1mA에서 1.30도/초, 2mA에서 2.83도/초, 3mA에서 4.76도/초였다. 최대 SPV는 0.75mA에서 1.48도/초, 1mA에서 1.84도/초, 2mA에서 3.97도/초, 3mA에서 6.72도/초였다. 평균 안진의 수는 0.75 및 3mA에서 각각 17개, 47.7개였고, 자극의 크기가 증가할수록 비례하여 증가함을 볼 수 있다. (Table 1)



A



B

Fig. 1. Normal Galvanic nystagmus resulting from 2mA stimulus in normal subject. x-axis is time(second) and y-axis is degree of eye movement, eye movement to right side is positive value; A: negative stimulation of right side, B: positive stimulation of right side (↓: start of stimulation, ↑: end of stimulation)

4. SPV와 안진 수의 비대칭도

전류 자극의 세기가 0.75 mA에서는 평균 SPV의 비대칭도는 30.32%이었으나, 3mA에서 14.81%로 SPV의 비대칭도가 제일 낮게 나왔다. 특히 3mA에서의 평균 SPV의 비대칭도의 분포는 32% 발현된 1명을 제외하고 모두 30% 미만이었다. 전류 자극의 세기가 커질수록 반비례하여 비대칭도가 낮았다. 안진 수의 비대칭도 역시 전류의 세기의 증가에 따라 반비례하

여 감소하였다. 전류의 세기가 전류 자극의 세기가 0.75 mA 일 때 34.76%로 가장 높았고, 3mA일 때 7.8%로 가장 낮았다. 3mA의 비대칭 값이 전부 30% 이내에 있음을 알 수 있다. (Table 2)

고 찰

Galvanic 전정 자극 검사는 전기적 자극을 이용하

Table 1. Correlation between expression rate, SPV, number of nystagmus and stimulation(N=40)

| Galvanic stimulus (mA) | Positive nystgmus N(%) | Mean SPV (deg/sec) (average±SD) | Maximum SPV (deg/sec) (average±SD) | Nystagmus (number) (average±SD) |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 0.75 | 34(85) | 1.08±0.69 | 1.48±1.12 | 17.0±10.9 |
| 1 | 35(88) | 1.30±0.90 | 1.84±1.30 | 20.6±13.7 |
| 2 | 40(100) | 2.83±1.35 | 3.97±2.13 | 35.0±14.7 |
| 3 | 40(100) | 4.76±1.96 | 6.72±3.06 | 47.7±14.6 |

(SPV : slow phase velocity, SD : standard deviation)

Table 2. Asymmetry of mean SPV and number of nystagmus

| Galvanic Stimulus (mA) | Asymmetry(%) | |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|
| | mean SPV (average±SD) | No. of nystgmus (average±SD) |
| 0.75 | 30.32±37.15 | 34.76±35.30 |
| 1 | 29.71±31.74 | 21.70±29.51 |
| 2 | 24.56±22.40 | 16.96±22.49 |
| 3 | 14.81±12.18 | 7.80±5.68 |

(SPV : slow phase velocity, SD : standard deviation)

여 전정안반사와 전정척수반사를 유발시켜 안구 운동 및 체위 운동을 일으킨다.¹²⁾ 그 기전으로, Goldberg¹¹⁾ 등은 유양동 (mastoid bone)에 전기 자극을 주게되면, 전정신경의 감각상피세포 바로 밑의 자극부위(trigger zone)가 흥분되어 전정 신경의 활동전위가 발생하게 된다고 보고하였다. 이 때 안구 운동의 방향은 자극 중에는 음극 부착 부위로 일어나게 되고, 그 크기는 주어진 전류량의 강도에 비례한다고 하였다. 본 연구에서는 정상인의 경우 양쪽 유양돌기에 2mA 이상의 전류를 가할 경우 전례에서 안진이 유발되었고 좌우 측에 관계없이 음자극을 가하는 전극이 있는 방향으로 빠른 성분의 안구 운동이 나타났다.

자극 전류가 0.75 mA, 3mA 일 때 평균 SPV는 각각 1.08±0.7도/초(deg/sec), 4.76±2.0도/초였고 평균 안진의 수는 각각 17±11회, 48±15회였다. 본 연구의 결과를 통해서 자극 전류의 세기에 따른 평균 SPV와 안진횟수는 전류의 크기가 증가할수록 증가함을 알 수 있었다. 이는 다른 연구들의 결과와도 일치한다.^{7, 13)}

평균 SPV와 안진 횟수의 좌우 비대칭도는 전기 자극이 0.75mA일 때 각각 30.3%, 34.8%로 가장 높았고, 3mA일 때 14.8%, 7.8%로 가장 낮았다. 2가지 변수에

대한 비대칭도는 전류 자극의 크기가 증가할수록 감소하였으며 표준편차도 감소하였다. 좌우 비대칭도가 낮다는 것은 좌우측 자극 극성에 관계없이 유사한 반응을 보이는 것을 뜻하며, 이는 좌우측 전정계의 이상 유무를 진단하거나 비정상인의 측정 결과와 비교하는데 하나의 인자로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

역사적으로 Mackenzie³⁾가 처음으로 인간 전정계 연구에 Galvanic 전기자극검사를 이용한 후 Dix와 Hallpike¹⁴⁾는 전정신경염 진단에 Galvanic 체위 운동을 적용했으며, Coats^{15, 16)}는 청신경종과 같은 8번 뇌신경 병변을 감별하는데 이용하는 등 전정 신경계 말초 병변의 국소화에 중요한 정보를 제공하는데까지 이르렀다. 그러나 지금까지 Galvanic 자극검사는 주로 체위운동으로 연구가 이루어졌는데, 그 이유는 Nashner¹³⁾와 Britton¹⁷⁾등에 의하면, 1mA이하의 작은 전류에서는 체위운동을 유발할 수 있지만, 안구 운동을 유발하기 위해서는 4mA이상의 전류가 필요하여 안구 운동 검사 시에 전기 자극에 의한 통증과 매우 적은 움직임의 안구 운동 측정의 문제점을 제시하였다. 그러나 본 연구에서는 0.75mA의 자극에서도 1.08도/초의 안진이 나타남을 알 수 있었으며, 3mA이하의 전기 자극으로 전기자극시의 환자의 통증을 완화시켰으며, 본 연구를 시행하는 도중 통증으로 인하여 검사가 중단되는 경우는 없었다. 또한 bipolar-biauricular형의 전극을 사용하고, 전기 자극을 constant current로 함으로써, 측정시의 오차를 줄일 수 있었으며, 안진의 측정을 photocell이 아닌 영상전기안진기를 이용함으로써 더 작은 안구운동도 탐지 할 수 있었다. 따라서 체위운동 뿐만 아니라 안진 운동으로도 충분히 Galvanic전기 자극 검사의 결과를 얻을 수 있었다. 지금까지 전정 신경계 말초 병변의 정량적 측

정은 caloric 검사와 같은 냉온 자극을 이용한 외측 반고리관의 기능을 측정하는 정도의 한계가 있었으나, 이제 전기 자극을 이용한 Galvanic 검사로 전정계 연구에 더 세밀한 정량적 결과를 얻음으로써, 새로운 전정계 생리 연구의 한 방법으로 그 가치는 충분하다고 할 수 있다. 향후에 전정계에 병변이 있는 환자에서 Galvanic 전기 자극 검사를 시행함으로써, 정상인과 비정상인 간의 반응 차이에 대한 연구가 진행되어야 된다고 사료된다.

결 론

정상인에서 Galvanic 반응은 자극의 크기에 따라 점차 증가하는 반응을 보이며, 항상 일정한 전정 안 반사를 볼 수 있어 전정계 연구에 많은 정보를 제공할 수 있다고 사료된다. 또 전정기능 상태의 평가의 진단적 기법으로 유용하게 이용될수 있을 것으로 사료된다.

중심단어 : Galvanic 안진, 비디오영상안진기

REFERENCES

- 1) Purkinje J. *Med. jahrbuch des K.K. Oesterreichschen staates*:1820. p.79-125.
- 2) Hitzig E. *Über Gavanische Schwindel. Reichertz und du Bois Reymond's Archiv*:1871. p.5-6.
- 3) Machenzie G. *Klinische studien Über Galvanismus. Z Ohrenheik*:1909. p.1-3.
- 4) Buys E. *Beitrag zum Studium des Galvanschen Nystagmus mit Hilfe der Nystagmographie. Mschr Ohrenheilk*:1929. p.801.

- 5) Brunner H. *Die Galvanische Prung. J Aviat Med* 1943; 14:132-9.
- 6) Bellen S. *Etude critique de l'épreuve galvanique. Acta Otorhinolaryng Belg* 1950;4:418-25.
- 7) Pfaltz CR, Koike Y. *Galvanic test in central vestibular lesions. Acta Otolaryng(Stockh.)* 1968;65:161-8.
- 8) Breson K, Krag E. *Galvanic pseudonystagmus. Acta Otolaryng(Stockh.)* 1967;64:403-11.
- 9) Breson K, Krag E. *Galvanic pseudonystagmus: Electroneurographically recorded nystagmus-like reaction induced by galvanic action. Acta Otolaryng(Stockh.)* 1967;64(5):403-14.
- 10) Galversek V, Jobert F. *L'épreuve galvanique en electonystagmographie. Rev Neuro(Par.)* 1965;112:266-72.
- 11) Goldberg JM, Smith CE, Frenandez C. *Relation between discharge regularity and response to externally applied galvanic currents in vestibular nerve afferents of the squirrel monkey. J Neurophysiol* 1984;51:1236-55.
- 12) Frenzel H. *Über den heutigen stand der funkiionspruung des vestibularis*:1957. p.372-8.
- 13) Nashner LM, Wolfson P. *Influence of head position and proprioceptive cues on short latency postural reflexes evoked by galvanic stimulation of the human labyrinth. Brain Res* 1974;67:255-68.
- 14) Dix MR, Hallpike CS. *The pathology, symptomatology and diagnosis of cerain common disorder of the vestibular system. Proc R Soc Med* 1969;251:1-28.
- 15) Coats AC. *Vestiblar neuronitis. Acta Otolaryng(Stockh.)* 1969;251:1-28
- 16) Coats AC. *Galvanic body sway in normals and patients with VIIIth nerve lesion. Adv otholaryngol* 1973;19:318-34.
- 17) Britton TC, Day BL, Brown P. *Postural electromyographic responses on the arm and leg following galvanic vestibular simulation in man. Exp Brain Res* 1993;94:143-51.