

유발안진검사(II)

— 회전검사, 전기안진검사, 누공검사 및 두진안진검사 —

인제대학교 의과대학 이비인후과학교실 부산백병원

이 상 철

Evoked Nystagmus Test(II)

— Rotation, Galvanic, Fistular and Head-shaking test —

Sang Cheol Lee, M.D.

Department of Otolaryngology, College of Medicine, Inje University,
Pusan Paik Hospital

서 론

전정기능검사의 목적은 현기증을 호소하는 환자에서 그 원인이 전정계와 관계가 있는 것인지, 그 중에서도 미로나 전정신경 혹은 중추 전정계 부위의 장애인지, 장애의 정도가 어느 정도이지, 어떤 종류의 장애인지 등을 알고자 함이다. 자발안진과는 달리 유발안진(誘發眼振, evoked nystagmus)은 전정미로의 자극(입력: 온도, 회전, 전기, 압박, 두부진동 등의 자극)과 반응(출력: 안진)의 양적관계를 밝히는 것으로 미로기능의 상태를 알고자 하는 것이다. 최근 컴퓨터의 비약적 발전으로 입력과 출력을 모두 효과적으로 분석하여 임상에 이용하고 있다. 저자는 유발안진의 검사법중 회전검사, 전기안진검사, 누공검사 및 두진안진검사에 대해서 설명하고자 한다.

회전검사 Rotation test

주위가 정지된 혹은 움직이는 환경에서 머리를 움직이면 시각동안반사(visuo-ocular ref-

lex), 경부동안반사(cervico-ocular reflex)와 함께 전정동안반사(vestibulo-ocular reflex)를 통해서 가장 적절한 눈의 위치를 유지하여 주시를 용이하게 한다. 반규판에 대한 각가속도 자극은 생리적인 자극으로 반규판의 기능을 파악하는데 가치가 있다. 효과적인 자극은 회전을 시작했을 때부터의 가속도와 회전을 정지시키고 난 후의 감속도에 의한 것으로 각가속도에 따른 내임파액의 흐름에 의해 cupula가 편기되어 전정동안반사를 경유하여 나타나는 안진을 검사한다.

I. 검사 조건 및 유발기전

피검자를 회전의자에 앉게한 후 수평반규판이 수평이 되게 머리를 30°숙인 자세로 고정시켜 시계방향[시계반대방향]으로 회전시킨다. 신빙성에 대해서 논란이 있으나 그림 1과 같이 시계방향[시계반대방향]으로 회전시키면 Edwald법칙에 의해 우측[좌측]의 미로가 우선적으로 자극을 받아 우측[좌측] 방향의 회전중안진(回轉中眼振, perrotatory nystagmus)이, 감속회전 혹은 회전을 중지시키면 좌측[우측] 미로가 우선적으로 자극을 받아 좌측[우측]

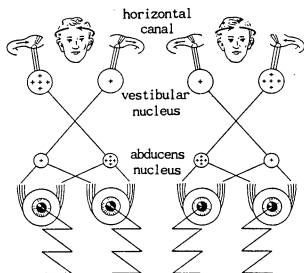


Fig. 1. Mechanism of rotatory nystagmus.

방향의 회전후안진(回轉後眼振, postrotatory nystagmus)이 나타난다. 회전중에 비비로성 자극(소리, 빛 등)이 개입되지 않고 순수하게 각 가속도만 자극되도록 하기 위해서는 어두운 곳에서 눈을 뜬 상태로 Frenzel안경을 쓰고 검사하는 것이 좋다. 안진을 ENG에 기록하여 회전 자극과 형태에 따른 전정반응을 정량적으로 분석한다. 한편 검사중에 환자의 의식이 명료하지 못하면 반응이 약해져 부정확하므로 압산을 시킨다든지, 미리 주의시켜 항상 환자의 각성상태를 유지시켜야 한다. 또한 피검사 자신이 회전하고 있음을 지나치게 의식하면 반응에 미묘한 영향을 미치므로 유의하여 편안함을 갖도록 할 필요가 있다. 각 검사 사이에는 적어도 15분 정도 휴식한다.

II. 회전검사방법의 종류

1906년 Barany⁸⁾가 간단한 회전검사법으로 20초간에 10회전시킨 후 갑자기 정지시켜(이때의 각속도는 약 $-180^{\circ}/\text{sec}$ 가 됨) 회전후안진을 조사하여 정상에서는 약 20~30초간 유발된다고 보고한 이래 지금까지 여러 회전검사 방법이 제안되어 왔으나 임상적으로 많이 사용하고 있는 방법으로는 회전방법과 관찰하는 안진의 종류에 따라 분류할 수 있는데 회전후안진을 검사하는 방법으로 constant angular

acceleratory cupulometry, 회전중안진을 검사하는 방법으로 acceleratory-deceleratory cupulometry, sinusoidal rotatory test에 대해서 기술하고자 한다. 그 외에도 impulsive rotation, trapezoid acceleration, pseudorandom sinusoidal acceleration, sinusoidal harmonic acceleration, damped sinusoidal acceleration test 등이 있으나 여기서는 생략한다.

A. Constant angular acceleratory cupulometry

Van Egmond 등⁴⁾은 일정한 각속도로 유지시켜 충분히 회전시킨 다음 갑자기 정지시킨후 나타나는 회전후 안진의 지속시간과 동반되는 자각증상을 관찰하였다. 그림 2와 같이 검사자가 의자를 잡고 일정한 회전속도(20, 30 및 $60^{\circ}/\text{sec}$)가 되면 그 속도로 유지하여 3바퀴 회전한후 회전후안진을 관찰한다. 이 방법으로 시계방향 및 시계반대방향으로 각각 검사(총 6회)하여 회전후안진의 지속시간을 검사하는 것으로 횡축을 자극의 강도, 종축을 회전후안진의 지속시간(초)으로 한 cupulogram(그림 3)을 분석하여 비로의 기능을 평가한다. 동일한 자에서 반복검사하여 나타나는 회전후안진의 지속시간을 이용한 cupulogram은 거의 일치하므로 실험성이 있고, 검사하기가 쉬워 기본검사(routine test)로 이용할만 하다. Cupulogram의 분류는 1) 정상 cupulogram; 직선을 나



Fig. 2. Rotatory chair for manual cupulometry.

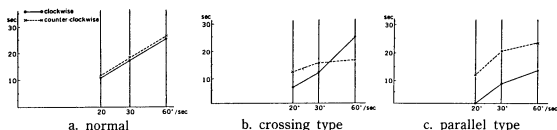


Fig. 3. Types of cupulogram.

타내며 회전 방향에 따른 차이가 없다(5초 이내). 2) 병적 cupulogram : (a) 평행형(parallel type)은 직선을 나타내고 평행하나 회전방향에 따른 차이가 있다. (b) 교차형(crossing type)은 한쪽 방향의 회전에서 회전속도가 낮은 자극에서는 반응이 약하나 보다 자극강도를 높이면 반응이 강해져 “vestibular recruitment”가 나타난다. 임상적 의의는 1) 현기증 환자의 150례중 75%에서 병적 cupulogram을 나타내었으며, 말초전정장해에서는 38%에서 교차형으로 나타났다¹⁹⁾. 교차형에서 steeper line은 환측을 의미하며 이러한 예에서 온도안진검사를 시행하면 CP가 많다. 반면 평행형은 중추성 혹은 말초성 전정장해 모두에서 나타날 수 있는데 온도안진검사를 시행하면 DP가 많다. 2) 현기증의 치료중 증상의 증감과 일치하여 평행형의 좌우회전의 반응의 폭이 일치해서 증감하므로 이성현기증이 효과적으로 치료되고 있는가를 평가하는데 도움이 된다. 3) 현기증의 치료에 대한 평가로 “현재의 치료가 효과적인가”, “증상이 호전된 경우에는 언제 치료를 종결할 것인가”를 결정하기가 용이하지가 않다. 만약 증상이 소실되었더라도 cupulogram에서 좌우차가 남아있으면 재발할 가능성

이 있으므로 좌우차가 없어지고 난 후 적어도 3주간은 치료를 계속함이 좋다¹⁹⁾.

B. Acceleratory-deceleratory cupulometry
다양한 각가속도(1, 2 및 $4^\circ/\text{sec}^2$)로 회전을 시작하여 30초후 일정한 속도(30, 60 및 $120^\circ/\text{sec}$)에 이르면 그 상태로 약 2~3분간 회전시킨 후 같은 각가속도로 감속(trapezoid rotation)시키거나, 1초 이내에 갑자기 정지(impulsive stop)시키는 방법으로 검사한다. trapezoid rotation은 그림 4의 오른쪽과 같이 시계방향[시계반대방향]으로 10초간 $2^\circ/\text{sec}^2$ 의 등가속도 회전, 50초간 등속도 회전, 다시 10초간 $-2^\circ/\text{sec}^2$ 의 등감속도 순으로 회전시킨다. 각가속도는 $\pm 4, \pm 6, \pm 8, \pm 10^\circ/\text{sec}^2$ 등 모두 5단계로 시행한다. 가속 및 감속시의 각각의 회전중안진의 지속시간 및 최대완상속도의 좌우차를 평가하고 또한 정상과 비교한다. 급정지 방법에서는 가속시의 회전중안진과 급정지후의 회전후안진을 검사한다.

한편 Hozawa¹⁰⁾는 피검자의 눈앞에 텔레비전 카메라를 장착시키고 모니터를 통해 안구를 관찰하면서 등가속-등속-등감속의 등가감속회전으로 검사하는 self-recording cupulometry를 시행하였다(그림 5-a). 그림 5-b에서와 같

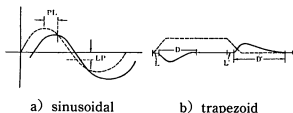


Fig. 4. Methods of rotation.

dotted line : rotation of chair
continuous line : speed of slow phase of per-rotatory nystagmus.

PL : phase lag

LP : labyrinthine preponderance

D & D' : per-rotatory nystagmus of acceleration & deceleration

이 회전을 시작(A)하여 회전중안진이 나타날 때(B)까지 일정하게 각가속시킨후[A에서 B까지의 시간차(lag time)를 잠복기간(latency, La)이라 함] 안진이 나타나면 가속장치를 정지시켜 회전속도를 일정하게 유지시켜 회전중안진이 사라지면(C) 등감속시킨다. 다시 일정한 시간이 지나면 반대방향으로 향하는 안진이 나타난다(D) (C에서 D까지의 시간차를 Ld라 함). 만약에 La와 Ld의 크기가 같으면 기저선에서의 A와 D의 높이는 같다. 만약 양측미로의 반응이 다르면 기저선에서 이탈(divergence)

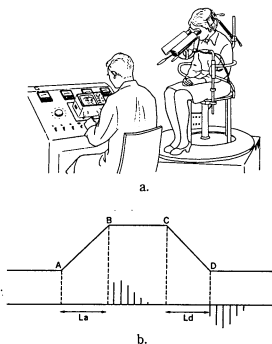


Fig. 5-a,b. The test method of self-recording cupulometry and cupulogram.

되는데 이것을 “divergence phenomenon”이라고 한다. 등가감속도의 크기를 $\pm 2, 6$ 및 $10^\circ/\text{sec}^2$ 으로 자극하여 결과를 분류하면 그림 5-c와 같이 1) type I (normal type); 3종류의 각가속도에서 모두 기저선이 일치하는 것, 2) type II (divergence type); 3자극에 모두 divergence phenomenon이 나타나는것, 3) type III (reversion type); ± 2 혹은 $6^\circ/\text{sec}^2$ 의 자극에서는 divergence phenomenon이 나타나나 강한 자극인 $10^\circ/\text{sec}^2$ 에서는 기저선에 다시 되돌아 오는(reversion phenomenon) 것이다. 156명의 현기증 환자중 85%에서 type II나 type III였으며 특히 type III는 예외없이 말초전정장애였다고 하였다¹⁹⁾(표 1). reversion현상은 청각보충현상과 유사한 것으로 말초전정장애로 생각된다.

이 검사의 잇점은 1) 시간이 약 15분 정도로 적게 걸리고, 2) 검사중에 환자가 별로 불편한 것이 없으며, 3) 다른 회전검사에서 나타나는

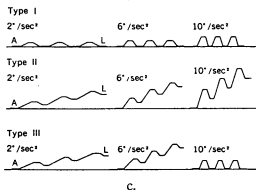


Fig. 5-c. Classification of Self-recording cupulogram.

Table 1. Results of self-recording cupulometry

| Case | type I | Type II | Type III | Total |
|-----------------------|--------|---------|----------|-------|
| Peripheral lesion | | | | |
| Meniere's disease | 1 | 0 | 24 | 25 |
| Other disease | 6 | 0 | 26 | 32 |
| Acoustic tumor | 0 | 6 | 1 | 7 |
| Central lesion | | | | |
| Cerebellum, brainstem | 1 | 16 | 0 | 17 |
| Others | 4 | 19 | 0 | 23 |

반응저하(adaptation)의 현상이 없고, 4) 어느 정도 말초전정장애와 중추장애의 감별이 가능하다는 것이다.

C. Sinusoidal rotatory test(=Pendular rotation test)

정현파 방식의 회전(진자양 회전, 正弦波回轉, 振子樣回轉)은 회전중안진을 관찰하는 것으로 회전방법은 centric pendular rotation 과 eccentric pendular rotation의 2가지 방법이 있으나 여기서는 centric pendular rotation test 만 설명하고자 한다. 일상생활에서 무의식적으로 머리를 움직일때 반구관에 가해지는 가속도의 양식은 정현파 가속도회전 방식에 가깝다고 볼 수 있다. 환자의 신체의 수직축을 중심으로 일정각도내의 범위(amplitude)를 일정주기(frequency)로 진자양 회전(to-and-fro swinging movement)하는 것으로 대개 임상적으로는 주기 0.05Hz, 진폭 5~360°의 방법³⁰⁾을 이용한다(그림 4의 왼쪽 및 6). 회전주기를 다양하게 검사하여 변화하는 것도 검토할 필요가 있다. 그림 7-a, b³⁰⁾는 약 120°의 진폭을 2~8 초 사이에 회전하는 것으로 시성 조건은 1) 눈을 전방의 한점을 주시, 2) 눈을 뜨기는 하나 주시하지는 않음, 3) 눈을 가리고, 혹은 4) 눈을 감은 상태에서 안구운동을 ENG에 기록한 것이다. 회전중안진의 수, 최대완서상속도를 측정하여 좌우차 즉 미로우위성(labyrinthine preponderance, LP) 및 위상차를 조사한다. 말초성 미로장애에서는 저주파수 회전에서 이상

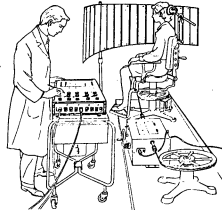


Fig. 6. Sinusoidal rotation test.

율이 높다. 이 방법은 가속도의 크기가 시시각각으로 변하므로 간단히 계산되지 않고 컴퓨터를 이용한 계산이 필요하다. 진단적 의의는 1) 양측의 미로기능이 완전히 소실하면 회전중에 안구운동은 나타나지 않는다. 일측성일 경우는 충분한 보상(compensation)이 된 후에는 정상으로 나타난다. 2) 중추성 장애는 시성 조건에 따라 의미있는 소견이 나타나기도 한다. 3) 시성조건에 따라 DP가 나타나기도 한다. 다른 회전검사법에서 나타날 수 있는 반응감쇠(response decline) 현상은 없다.

III. 회전검사결과와 평가

회전방법에 관계없이 전반적인 회전검사 결과는 유발된 안진을 ENG에 기록하여 지속시간과 강도(intensity, 완서상속도) 및 안진수를 정량적으로 분석하고 기타 안진의 규칙성 여부

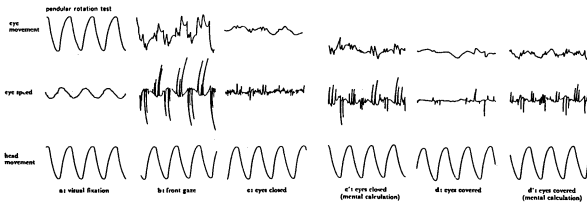


Fig. 7-a. ENG findings of sinusoidal rotation test in normal.

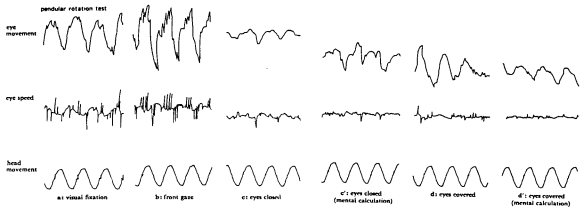


Fig. 7-b. ENG findings of abnormal sinusoidal rotation test. Abnormal findings as disturbed visual fixation, large amplitude and right-left difference in front gaze and irregular eye movements in eye closed and covered.

등을 정상적으로 평가한다. 회전후안진은 비생리적이고 반응감쇠현상이 일어나기 쉬워 임상에서 별로 이용되지 않는다²³⁾.

1) 미로우위성(迷路優位性, rotatory labyrinthine preponderance, LP); 안진이 어느 방향으로 더 잘 나타나는가를, 즉 어느 쪽의 미로가 더 많이 반응하는가를 말하는 것이다. 시계방향의 회전(CW)과 시계반대방향의 회전(CCW)으로 나타난 반응의 크기로 $DP(\%) = \frac{CW - CCW}{CW + CCW} \times 100$ 으로 계산한다. 최대완서상속도로 계산하는 것이 가장 좋고 평균완서상속도나 안진수도 이용된다. Torok⁴⁵⁾은 안진유발이 가장 활발할 때의 단위시간당안진수(frequency)가 좋다고 하였다. Baloh 등⁷⁾은 최대완서상속도로 정상에서 좌우차(DP)는 5% 이하이고 10% 이상이면 병적이라고 하였다. 이론적으로는 일측 전정미로나 신경의 장애에는 회전안진의 크기가 감소되어야 하나 항상 그런 것은 아니다⁶⁾. 일측 전정장애에서는 환측의 결절에 유효한 말초성과 중추성의 감별이 안된다. 메니에르병에서는 발작 전에는 환측 미로, 발작후에는 건측 미로의 LP를 나타낸다.

2) 전정보충현상(前庭補充現象, vestibular recruitment); 약한 가속도 자극에서는 안진의 좌우차가 나타나더라도 가속도 자극을 크게하면 그 좌우차가 줄어든다. 이 현상은 미

로의 부분적 장애에 의해 나타난다고 알려져 있으며¹⁹⁾ 청각보충현상과 같이 말초성으로 메니에르병이 비교적 안정되어 있는 간헐기나, 이성현기증의 고정기에 볼 수 있다.

3) 안진유발역치(rotatory nystagmus threshold); 회전중안진을 유발시키는 최소각가속자극의 역치를 검사하는 것으로 정상인에서는 $0.05 \sim 1.2^\circ/\text{sec}^2$ 이다^{10,13)}. 대개 양측의 전정기능장애가 있으면 역치가 상승하는데, Baloh와 Honrubia⁵⁾는 역치가 $6 \sim 7^\circ/\text{sec}^2$ 이상이면 전정장애라고 하였다. 이것은 이독성(ototoxicity)이나 퇴행성, 대사성 질환 등 양측성 전정기능장애가 예상되는 경우에 온도안진검사보다 더 유용하게 이용된다³¹⁾.

4) 전정동안반사의 이득(前庭動眼反射利得, vestibuloocular reflex gain, VOR-gain); 회전중안진의 최대완서상속도를 그때의 회전속도로 나눈 것을 VOR-gain이라고 하며 컴퓨터에 의해 간단히 계산될 수 있다. 소뇌질환에서는 VOR-gain의 값이 커지며, 말초장애에서는 일측성인 경우는 별로 작아지지 않으나 양측성인 경우는 이 값이 감소한다.

5) 위상차(位相差, phase lag); 진자양 회전에서 의자가 최대속도일 때의 시점과 안진의 최대완서상속도를 나타내는 시점의 시간차를 말한다. 말초성 장애인 경우 저주파회전에서는 위상차가 커지기 쉽다.

6) 주시억제(注視抑制, visual suppression, VS); 회전의자와 함께 주위도 회전하는 장치를 이용하여 회전중에 검사실을 밝게하여 전방의 1점을 주시하게하면 VOR-gain이 어두운 곳에서 검사할 때의 VOR-gain과 비교해서 현저히 감소한다. VS은 소뇌장해에서는 볼 수 없으므로 소뇌장해를 진단하는데 도움이 된다. 기타 상세한 것은 온도안진검사에서의 VS을 참고해 주시기 바란다.

7) Disconjugated, dissociated nystagmus; 양측 안구의 안진이 일치하지 않고 다르게 나타나는 경우를 말하며 내측종속(內側縱束, median longitudinal fasciculus)의 장애로 추정한다³⁹. 특히 급속상에 장애가 온 경우는 한측 안구의 안진의 진폭이 감소하거나 소실한다.

8) Perverted or inverted nystagmus; 정상적으로 유발되는 안진의 방향과 다르게 나타나는 perverted nystagmus나 정반대방향으로 나타나는 inverted nystagmus는 CNS의 후두개와(post fossa) 특히 제4뇌실(fourth ventricle)의 바닥(floor)의 전정신경핵 부근에 장애가 있는 것으로 생각한다⁴⁰.

9) 불규칙 안진(rhythmic disturbance); 약물이나 환자의 각성상태에 따라 영향을 받을 수가 있으나 지속시간, 급속상 및 완서상의 속도의 불규칙성을 검토한다. 급속상이 불규칙적이면 소뇌장해가 의심된다³⁹. 급속상의 소실은 ENG상에서 기저선이 완서상쪽으로 편기되는데 이것은 일측성 뇌간망상체 방정중부(一側性 腦幹網樣體 傍正中部, unilateral pontine paramedian reticular formation)의 장애로 추정된다³⁹.

IV. 회전검사의 필요성과 잇점

회전검사는 1906년 Barany³⁸이래 임상에 이용해는 미로자극검사법의 하나로 온도안진검사를 시행하면 회전검사는 시행하지 않아도 된다고 생각한 적도 있으나 다음과 같은 이유²⁰로 회전검사가 필요하다. 즉, 1) 저하된 기능

저하는 중추성 보상에 의해서 증상이 완화되 어도 온도안진검사에서는 좌우차가 남아 있어 환측의 결정에는 유용하나 회전검사상에는 좌우차가 소실되며 이것은 증상의 정도와 잘 일치하므로 말초전정장해에 의한 현기증의 경과 관찰, 미로기능의 회복이나 중추성 대상과정, 치료효과의 판정에 좋다. 또한 안진(자발, 주시, 두위, 두위변환, 두진안진 등)이 현기증의 경과관찰에 이용되고 있으나 말초성현기증 환자에서는 대부분 회전안진의 좌우차가 소실하기 훨씬 이전에 없어져 버리므로 현기증의 전 경과를 관찰하는데에는 회전검사가 중요하다. 2) 현기증 병소의 말초성, 중추성의 감별에도 이용된다. 3) 전정기관에 가속도를 가해서 검사할 수 있는 유일한 방법이므로 회전검사는 가장 생리적인 검사방법이다. 4) 정확한 전동식 회전장치를 사용하여 가속자극을 가하면 자극의 물리적 양의 재현성(再現性), 항상성(恒常性), 정량성(定量性)이 가능하다. 5) 용이하지는 않으나 머리의 위치를 변화시킴으로서 수평반규관뿐만 아니고 다른 수직반규관의 기능도 검사할 수도 있다. 6) 양측 미로기능의 완전 상실인 환자의 진단에도 유용하다. 7) 온도안진검사를 받을 수 없는 소아 등의 환자에 적합하다. 8) 머리를 고정시키고 몸통부를 회전시킴으로서 경성안진(頸性眼振, nystagmus of neck origin)의 검사가 가능하다⁴¹. 9) 시간이 적게 걸린다. 10) 검사가 환자에게 그다지 불편함을 주지는 않는다.

V. 회전검사의 문제점

1) 전동식 회전의자를 사용하지 않으면 자극이 일정하지 못하다. Barany법은 $-180^{\circ}/\text{sec}^2$ 의 상당히 강한 각가속도 자극으로 생리적이지 못하여 검사방법으로 부적당하여 현재는 양측 미로기능의 완전 상실의 여부를 알기 위해 사용하는 정도로, 현재의 회전검사의 개념과는 차이가 있으나 “회전검사=Barany법”이라는 개념이 남아 있어 Barany법의 결점이 그대로 회전검사법의 결점으로 오인되고 있다.

2) 자극이 반복됨에 따라 유발되는 반응이 점차 감소하는 반응감쇠현상은 회전검사에서 잘 나타나는 것으로 알려져 있다. 그러나 이 현상은 회전자극의 종류나 자극의 방법에 따라 차이가 있어 Barany법과 같이 자극이 강한 경우나 회전후안진에서 나타나기 쉽고, 회전중안진을 대상으로 하는 검사법에는 잘 일어나지 않는다. 만약에 일어난다면 검사중 피검자의 각성(覺醒)상태의 결여가 영향을 미치고 있다고 생각하는 것이 좋다.

3) 회전검사는 양측 미로를 동시에 자극하기 때문에 순수한 일측 미로의 기능을 평가하는 것은 엄밀히 말해서 불가능하다. 그러나 회전중에 받는 자극은 시계방향[시계반대방향]회전에서 우측[좌측]미로가 더 강한 자극을 받기 때문에 양 회전에 의한 반응을 비교하여 좌우 미로계에 어느 정도 불균형(vestibular asymmetry)이 있는가를 알 수 있고, 이것으로 현기증의 진단이나 경과관찰을 정량적으로 평가하는데 중요하다.

4) 각가감속도를 정확하게, 다양한 주파수로 자극의 항상성, 재현성을 실현할 수 있는 전동장치와 자극과 반응과의 정량적 관계를 분석할 수 있는 장비가 필요하여 구입가격이 비싸다.

적당한 자극방법이 유지되고 더욱 효과적인 harmonic sinusoidal acceleration이나 pseudo-random acceleration test와 같은 방법 등 더 많은 관심과 연구가 필요하다고 생각된다.

누공검사 Fistular test

어떤 특성의 상태에서 외이도를 압박(양압; input=positive pressure)하거나 흡입(음압; input=negative pressure)을 하면 안진이 유발되며(압박안진, compression nystagmus) 동시에 현기증과 신체의 동요나 전도현상(누공증상, fistular symptom)이 동반된다. 이것은 1881년 Lucae³⁰⁾가 발견하였다. 내이의 평형감

각기관은 내이액의 미세한 진동이라도 감지하는 감각상피세포로 되어 있는데 이것은 난원창과 정원창 이외에는 골미로에 의해 둘러싸여 있다. 막미로는 정상이나 이 골미로에 국한된 결손(외임파 누공, perilymph fistula)이 생기면 특징적인 누공증상이 나타나게 된다.

1. 누공증상이 나타나는 기전

가장 보편적으로 알려진 기전(그림 8)은 수평반규관에 누공이 있는 경우 외이도에 압력을 가하면[압박한 공기를 흡입하면] 이 누공을 통해서 압력이 전달되어 내임파액이 ampullopetal[ampullofugal] 방향으로 흘러 cupula를 편기시켜 동측[반대측]으로 향하는 안진이 유발된다¹⁴⁾. 이러한 반응을 전형적 양성반응(typical positive reaction)이라고 하고, 안진의 방향이 반대이거나 가압 감압 모두에서 같은 방향의 안진이 나타나는 것을 비전형적 양성반응(inverted or paradoxical positive reaction)이라고 한다¹⁴⁾. Nylen³⁰⁾은 누공이 있는 부위의 막미로와 골미로 사이에 외임파강이 정상적으로

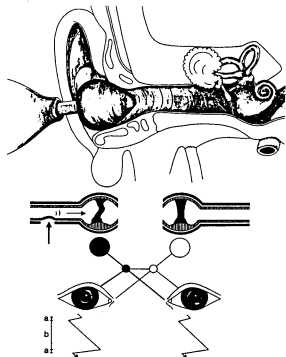


Fig. 8. Mechanism of fistular response. (a: fast phase, b: slow phase)

유지되어 있으면 전형적인 반응이, 막미로가 주위의 골미로에 바로 접해져 있으면 비전형적 반응이 나타난다고 하였다. 정상에서는 약 300 mmHg의 압력을 가해도 안진이 나타나지 않으나¹⁷⁾ 골미로에 누공이 있는 경우에는 20mmHg의 정도의 압력만 가해도 안진이 나타난다³⁷⁾. 압력을 지속적으로 가하고 있으면 처음에는 안진이 강하게 나타났다가 점차 완상 속도와 빈도가 감소하여 약 10초 정도 지나면 소실한다²⁰⁾.

II. 누공검사 방법

그림 8과 같이 외이도를 politzer구(球)나 Siegel이경으로 가압이나 감압한다. 고무구의 끝을 공기가 새어나가지 않도록 외이도에 꼭 끼우고 압력을 가하면서 안구의 운동이나 체위의 변화 및 현기증의 유무를 관찰한다. 간단하게는 이주(耳珠)를 외이도 입구쪽으로 눌러 가압하여도 현기증이 나타나며 안진이 관찰된다. 압력을 가할 때에는 서서히 압력을 증가시키는 것보다 갑작스럽게 강한 압력을 가하는

것이 안진을 더 잘 유발시킨다²⁵⁾. 한번 시도해서 안진이 나타나지 않아 바로 다시 시행하면 역시 안진이 나타나지 않을 가능성이 많다. 그리고 반복 검사를 하면 반응이 점차 약해지므로 다시 검사를 할 때에는 충분한 휴식이 필요하다. 안진은 Frenzel안경을 씌우고 직접 관찰하여도 좋으나 갑작스럽게 현기증이 있으면 환자는 눈을 감아버리는 경우도 있으므로 ENG에 기록하는 것이 좋다. 환자가 누워서 머리를 전측으로 돌린 자세로 검사를 하면 안진이 더 잘 유발된다고 한다²⁰⁾. ENG 및 임피던스를 이용하여 기록할 수도 있는데^{12,35)} +200mm H₂O까지 압력을 가하여 15~20초간 지속, 다시 급속히 감압시켜 -400mm H₂O에서 15~20초간 유지시킨다. 이 과정을 여러번 반복하여 검사한다. 정상에서는 이 정도의 압력에서 누공증상이나 안진이 유발되지 않으나 외임파루가 있으면 압력이 카해지고 있는 동안에 안진과 누공증상이 나타난다. 동시에 중심동요계³⁸⁾를 이용하여 전후, 좌우의 신체동요(body sway)를 기록하면 그림 9와 같다.

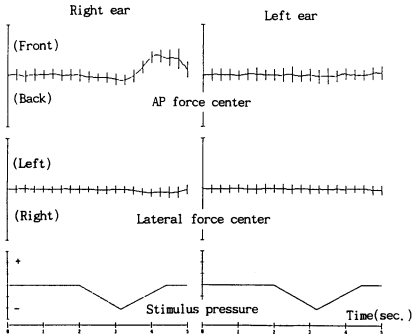


Fig. 9. Body sway examination in a patient with a right perilymph fistula showing sway to anterior direction following negative pressure in right external ear canal.

III. 임상적 의의

누공증상이 임상적으로 중요한 것은 예외없이 말초전정장애를 의미하는 것이며, 또한 환측을 결정하는데에도 이용된다. 특히 만성중이염 특히 상고실에 화농성 병변이 있는 환자에서 현기증이 있는 경우 골미로의 결손이 있는지의 판단에 도움이 된다. Daspit 등¹²⁾은 22명에서 시행하여 양성 반응이었던 환자 6명중 5명(83%)에서, 음성반응이었던 환자 16명중 15명(94%)에서 수술중에 확인한 소견과 일치하였다. Black 등¹³⁾의 보고에 의하면 압력을 가했을 때와 가하지 않았을 때의 신체동요의 진폭이 50% 이상 증가하면 양성으로 판정하여 수술시에 확인한 결과 75명중 73명(97%)에서 일치하였다. 그러나 이 동요가 압력의 변화에 따른 것인지 혹은 질한 자체 때문에 의한 것인지를 모르므로 1) 압력을 가하지 않고, 2) +300mmH₂O로 급격히 가압시킨 후, 3) -300mmH₂O로 급격히 감압 시킨후 각각의 상태에서 5초 동안 10회씩을 검사하여 컴퓨터하에 분석한다. 그외에는 미로 매독(특히 선천성)에서도 이용되는데 이러한 경우는 고막이 정상이라도 누공증상이 나타나며 이것을 위누공증상(pseudofistular or Alexander-Hennebert's sign)이라고 한다.

IV. 기타 검사방법

1) 두위누공검사⁴⁾

양와위, 현수두위, 측와위 혹은 다른 두위로 하면 뇌척수액 압력에 변화가 와서 이것이 외림파소관을 통해 림파액의 흐름에 영향을 미치는데 누공이 있으면 내림파액의 흐름에 혼란을 초래한다. 두위누공증상이 양성일 때의 두위안진의 방향은 압박에 의한 누공증상의 경우처럼 확실치는 않다. 수평반규관의 결손이 있는 경우 환측을 아래로 하는 두위에서 내림파가 누공이 있는 쪽으로 움직이고 cupula가 반난형낭성(utriclefugal)의 편기를 일으켜 전측으로 향하는 안진을 일으키고, 난원창 부위에 결손이 있으면 외림파액은 전정쪽으로 흐

르고 향난형낭성(utriculopetal)의 cupula의 편기를 초래하여 환측으로 향하는 안진이 유발된다. 다시 머리를 측와위에서 양와위로 되돌리면 혹은 그 반대쪽으로 돌리면 두위안진의 방향은 역전된다. 정원창, 난원창 혹은 수평반규관 부위에 있는 외림파루의 진단에는 두위누공증상이 있으면 확실하다.

2) 혈관성 누공증상⁴⁾

경정맥을 압박하면 뇌척수강의 압력도 상승하여 누공쪽으로 향하는 cupula의 편기와 일치하는 안진이 유발된다. 혈관의 압박을 풀면 안진의 방향도 변화한다.

전기안진검사 Galvanic test

측두부 특히 귀의 뒷쪽에 약한 전기자극을 가하면 두부 및 신체의 동요(頭部身體動搖, galvanic body sway)가 나타나고, 전기자극의 강도를 높이면 전기성안진(電氣性眼振, galvanic nystagmus)가 유발된다^{11,15)}. 안진이 나타나는 기전은 아직 잘 모르나 알려져 있는 것으로는 뇌작용설, 전정신경의 전기긴장도(electrotonus) 변화설, 전정신경절설, 전정미로 특히 이석기설, 내림파 유동설 등이 있는데, 그 중에서 전정신경의 탈분극(depolarization)을 일으키는 때문이라고 하는 학설이 유력하다^{34,48)}.

I. 검사방법

1) 전기자극방법; 좌우의 귀와 전기극성의 조합에 따라 기본적으로 4가지 방법(그림 10) 즉 일측단극법, 양측단극법, 양측양극법, 일측양극법으로 나눌 수 있다. 양측양극법이 약한 전기자극으로도 안진을 잘 유발시킨다⁴⁹⁾. 그러나 이것은 양측이에 대한 반응이므로 검사 결과를 평가하기가 어려워 임상적으로는 보통 각각의 귀에 대해서 별도로 기능을 평가할 수 있는 일측법을 많이 이용한다.

2) 전극의 부착; 전극과 피부의 접촉면적이 작을수록 전류자극시 피부에 불쾌감이 크

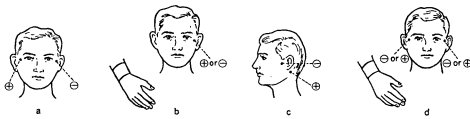


Fig. 10. Various methods of galvanic stimulation.

a : Bipolar binaural, b : Unipolar uninaural

c : Bipolar uninaural, d : Unipolar binaural

므로 전극은 가능한한 큰 것이 좋으나 부착부위의 피부표면의 면적, 굴곡 등의 문제로 보통 $2 \times 2 \text{ cm}$ 크기의 전극을 이용한다⁴⁰⁾. Hozawa²¹⁾는 직경 1cm의 은으로 만든 전극을 생리식염수를 적신 가-제에 싸서 이주(tragus)나 유양돌기 부위에 붙이고 $10 \times 4 \text{ cm}$ 크기의 전극판을 반대 전극으로 팔에 붙이면 정상에서는 약 1~6mA에서 안전이 나타난다고 하였다. 전극은 알코올솜으로 피부를 깨끗이 닦은 후 부착한다.

3) 전기자극장치; 안정적으로 0.5mA~15mA의 직류전기를 낼 수 있는 장치가 좋으며 자극전류는 직류의 거형파(square wave)를 이용하면 통증이 적다³⁰⁾. 검사내용 및 전극, 자극전류의 크기는 표 2과 같다.

II. Galvanic body sway

전기자극중에 유발되는 신체동요의 편기는 양극 쪽으로 향한다(표 2, 그림 11). 자극이 약하면 편기성 신체동요만 일어나지만 자극이 강해지면 넘어지기도 한다. 이러한 반응을 가속도계 혹은 중심동요계에 기록을 하면 그림 12와 같다³⁰⁾. Fischer¹⁵⁾는 전기안전이 나타나기

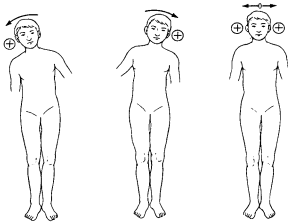


Fig. 11. Body sway following stimulation with 0.6mA of direct current in normal.

전 약 1~1.5mA의 자극에서도 전도현상이 나타난다고 하였다. 나머지 상세한 것은 체평형 검사에서 언급될 것이므로 여기에서는 생략한다.

III. Galvanic nystagmus

유발되는 안진의 방향은 음극(반양극)으로 향한다. 전기성안진을 검사하는 항목은 1) 안

Table 2. Direction of galvanic body sway and galvanic nystagmus in normal

| Test electrode | | Body sway | Nystagmus |
|---|---------------------|-------------|-------------------|
| Unipolar one ear anode | Strength of stimuli | 0.6~1.5mA | 10~16mA |
| | Direction | to anode | opposite to anode |
| Bipolar one ear anode another cathode | Strength of stimuli | 0.3~1.0mA | 2~5mA |
| | Direction | to anode | to cathode |
| Double electrode both ear anode | | not induced | not induced |

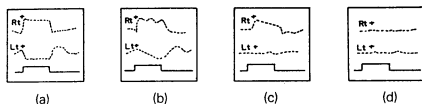


Fig. 12. Galvanic responses measures using a body sway platform, (a) normal, (b) vestibular neuronitis, (c) acoustic neurinoma and (d) mute.

진을 유발시키는데 필요한 최소자극전류의 역치(threshold of galvanic nystagmus)를 검사²²⁾하거나 감수성지수(galvanic sensitivity index = $1/\text{threshold of galvanic nystagmus}$)를 이용하여 전기안진검사도(galvanogram, 그림 13)를 그려서 좌우차를 평가한다. 2) 일정한 전류를 보내어 나타나는 안진의 상태를 관찰⁴³⁾(그림 14)한다. 정상인에서는 약 1~6mA에서

안진이 나타나나 병적인 경우 역치가 아주 높아 안진을 유발시키는데에는 10mA 이상의 전류가 필요한 경우도 있다²¹⁾. 이렇게 강한 자극은 환자에게 불쾌감과 통증을 유발시키므로 기본 검사로는 이용하지 않는 것이 좋다. Pfaltz²⁰⁾는 photoENG를 이용하면 안진의 관찰이 더 용이하여 전기안진의 역치가 더 낮아지므로 환자의 불쾌감을 줄일수 있다고 하였다. 이 밖에 전기가 통하고 있는 중에 글씨를 쓰게(galvanic square drawing)하여 글씨의 편기정도를 관찰하는 방법도 있다.

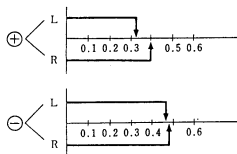


Fig. 13. Galvanogram according to galvanic sensitivity index.

IV. 전기안진검사의 의의

일반적인 전정기능검사방법으로는 전정미로장애와 전정신경장애의 감별이 곤란하다. 그러나 전기안진검사는 전기자극이 작용하는 부위가 전정신경으로 알려져 있고 온도반응이 상실된 경우에도 전정신경이 건재한 경우에는

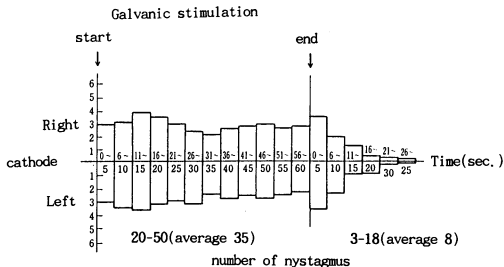


Fig. 14. Galvanic nystagmus pattern in normals.

정상적인 전기안진반응을 보이므로 전기안진이 나타나지 않으면 전전신경의 장애로 볼 수 있다.^{33,44,45)}

두진안진검사 Head-shaking test

두진안진검사(頭振眼振檢査, head-shaking test, HST)란 머리를 급속히 반복적, 수동적으로 흔든 후에 유발되는 안진(頭振眼振, head-shaking nystagmus, HSN)을 검사하는 것으로, 1932년 Vogel⁴⁷⁾이 처음으로 전정기능검사에 도입하였고, 1951년 Moritz³⁵⁾가 처음으로 head-shaking nystagmus라고 불렀다. 검사방법이 간단하고 안진의 유발율이 높으며 장애부위나 관측의 추정에 관한 진단적 의의가 보고^{28,30,47)}된 이래로 중요한 검사로 여겨지고 있다. 잠재성 자발안진을 유발시킬 수 있고 안진의 출현율이 높으며 전정계가 병적일 때면 유발되므로 신경이과학적으로 이용되고 있다.

I. 검사 방법

HST는 그림15에서와 같이 여러 평면으로 검사를 시행하나 龜井 등²⁸⁾이 시행한 수평면에서 30°전굴상태로 시행하는 경우가 대부분이다. 암실에서 피검자의 머리를 두축(頭軸)을 중심으로 검사자의 양손으로 진폭이 약 90°되게 15초 정도에 왕복 30회 흔든 직후 급정지

하여 눈을 뜨고 암실에서 Frenzel안경을 통하여 관찰하고 ENG에도 기록(그림 16)한다. 단순히 안진의 유무를 알기 위해서는 외래에서 Frenzel안경만으로도 가능하다. Moritz³⁵⁾는 HST후 머리를 어느 방향에서 정중위로 정지하여도 나타나는 안진의 방향은 동일하다고 하였고, 龜井 등²⁸⁾은 전액면(coronal plane)과 시상면(sagittal plane) HST에서는 수직성안진이 더 잘 나타나는 경향이 있다고 하였으며, 田林 등⁴²⁾은 두부각가속도의 크기, 수동적 및 능동적 HST와 HSN의 완성상속도와는 관계가 없었다고 보고하였다. 시성조건을 보면 이등¹⁾은 암실에서 눈을 뜨고 검사하는 것이 가장 적절하다고 하였다. HST의 특별한 금기사항은 없으나 현저한 두개내압항진증, 망막박리환자, 혹은 현저한 고혈압이 있는 환자에서는 피하는 것이 좋다고 하였다.^{18,27)}

II. HSN가 유발되는 기전

아직 확실히 구명되지는 않았으나 龜井²⁷⁾은 두부진동에 의한 높은 빈도의 cupula의 진동으로 미로의 강한 흥분을 일으켜 일종의 after-discharge가 일과성이지만 지속적으로 나타난 것으로 추측하였고, Hain 등¹⁸⁾은 비대칭성의 전정성 입력이 중추의 안속도측정기구에 일시적으로 저장되었다가 두부진동후 그것이 방출되어 제1상의 HSN가 생기는 것으로 주장하였다.

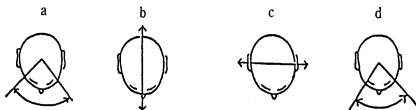


Fig. 15. Various plane of head-shaking test.

- Frankfort horizontal plane(head flexion, 30°)
- sagittal plane
- coronal plane
- horizontal plane(head straight)

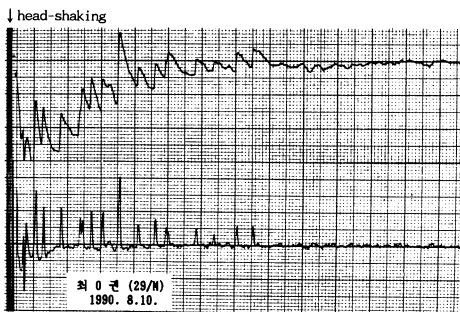


Fig. 16. Example of HSN in patient with Lt. vestibular neuronitis. (monophasic type I-A)

III. HSN의 임상적 의의

1) 정상인에서의 HSN

龜井 등²⁸⁾, 古川²⁴⁾ 등은 정상인에서는 HSN가 나타나지 않는다고 하였으며, 이와전³⁾도 정상인 22명에서 HST를 시행한 결과 3명에서만 확실치 않은 안진이 2~3타가 있었을 뿐 나머지는 전혀 HSN가 나타나지 않아 확실한 안진이 나타나는 경우 이것은 병적으로 고려하여도 좋다고 하였다.

2) 각 질환에서의 출현빈도 및 HSN의 형태

龜井 등²⁸⁾은 현기증 환자에서 HSN의 유발율이 70%이상으로 자발안진 5.2%, 두위안진 17.9%, 두위변환안진 23.2%보다 월등히 높았다고 하였고, 이와김³⁾은 293명의 현기증 환자에서 질환별로 각 안진의 출현율을 조사하였는데 전체적으로 HSN의 출현율이 74.1%로 가장 높았고, 주시안진 37.2%, 두위변환안진 31.1%, 두위안진 25.6%, 자발안진 14.3%의 순으로 HSN의 출현율이 다른 전정기능검사에서의 안진의 출현율보다 현저하게 높았다고 하였다(표 3). 결국 다른 안진이 나타난 경우는 물론 다른 안진이 나타나지 않는 경우도 HSN은 고

율로 출현하였다. 질환별 HSN의 출현율은 내이장애에서 80.9%, 전정신경장해에서 94.3%, 심혈관장애에서 54.7%, 기타 30.8%로서 내이 및 전정신경장해에서 월등히 높았다²⁾.

3) HSN의 분류

馬場 등⁴⁾은 HSN가 한쪽 방향으로만 나타나는 1상성 두진안진(monophasic HSN), 1상성 안진이 나타났다가 어느 시점에서 안진이 사라진 후(interval) 다시 반대방향으로 안진이 나타나는 2상성 두진안진(biphasic HSN), 그 외 2상성에서 다시 안진의 방향이 바뀌는 3상성 두진안진(triphasic HSN), 대부분의 HSN가 수평성 혹은 수평회전혼합성 안진인데 반해 순회전성인 회전성 두진안진(pure rotatory HSN) 혹은 수직성인 수직성 두진안진(vertical HSN)으로 나눈다. 한편 1상성, 2상성, 3상성 HSN의 각각에서 가장 먼저 나타나는 안진(제1상, first phase)이 잠복시간없이 HST 직후부터 나타나는 경우를 I형, HST 후 약 5~10초의 잠복시간이 경과한 후 나타나는 경우를 II형으로, 또한 제1상이 전측으로 향하는 경우를 A형, 환측으로 향하는 경우를 B형으로 세분하였다(표 4). 2상성 HSN의 특징은 1) 보통 말

Table 3. Appearance of nystagmus in various vestibular function test

| Causative disease | tested Pt | Results of VFT(No. of positive) | | | | |
|------------------------------|--------------|---------------------------------|--------|----------|----------|-----------|
| | | Spon | Gaze | Pos. nal | Pos. ing | HSN(%) |
| A) Labyrinth end organ : | 183 | 28 | 72 | 53 | 60 | 148(80.9) |
| Meniere's disease | 75 | 16 | 36 | 24 | 27 | 66 |
| D E H | 17 | | 5 | 5 | 5 | 13 |
| Sudden deafness with vertigo | 26 | 7 | 10 | 9 | 8 | 22 |
| Labyrinthine concussion | 22 | | 7 | 3 | 6 | 17 |
| Serous labyrinthitis | 23 | 3 | 6 | 2 | 3 | 17 |
| Circumscribed labyrinthitis | 13 | 2 | 7 | 5 | 5 | 12 |
| B P P V | 6 | | | 5 | 6 | |
| Ototoxicity | 1 | | 1 | | | 1 |
| B) Vestibular nerve : | 35 | 10 | 19 | 13 | 14 | 33(94.3) |
| Vestibular neuronitis | 19 | 5 | 10 | 7 | 8 | 19 |
| Ramsay-Hunt syndrome | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| Multiple sclerosis | 4 | | | 1 | | 3 |
| C-P angle tumor | 6 | 2 | 6 | 3 | 3 | 6 |
| Diabetic neuropathy | 2 | | | | 1 | 1 |
| C) Vascular : | 53 | 4 | 13 | 8 | 14 | 29(54.7) |
| OD/unstable BP | 10 | | 1 | | | 2 |
| Labyrinthine ischemia | 30 | 4 | 10 | 5 | 11 | 19 |
| V B I | 13 | | 2 | 3 | 3 | 8 |
| D) Others : | 13 | | 2 | | 1 | 4(30.8) |
| Cervical vertigo | 5 | | 1 | | 1 | 2 |
| Motion sickness | 4 | | 1 | | | 2 |
| Neurosis | 4 | | | | | |
| E) Unknown : | 9 | | 3 | 1 | 2 | 3(33.3) |
| Total | 293 | 42 | 109 | 75 | 91 | 217 |
| (%) | | (14.3) | (37.2) | (25.6) | (31.1) | (74.1) |

VFT : vestibular function test

Spon.: spontaneous nystagmus

Pos. nal : positional nystagmus

Pos. ing : positioning nystagmus

DEH : delayed endolymphatic hydrops

BPPV : benign paroxysmal positional vertigo OD/unstable

BP : orthostatic disorder/unstable blood pressure

VBI : vertebrobasilar artery insufficiency

초전정장해인데 특히 일측성의 경과중에 수개 월정도 일시적으로 볼 수 있고, 2) 제1상은 건측으로 향하는 탈락안진, 제2상은 환측으로 향하는 회복안진이며, 3) 일측장해에서 제2상은 환측으로 향하지만 환측의 미로기능이 어느 정도 남아있어야 한다²⁶⁾. 수직성 HSN는 중추 특히 후두개와 부위의 장애가 의심된다²⁷⁾.

馬場 등⁴⁾은 말초전정기능장애에서 1상성이 23.3%, 2상성이 60.0%, 3상성이 6.7%, 순회전성이 3.3%, 수직성이 1.7%라고 보고하였는데, 이와김²⁵⁾은 1상성 I-A형과 2상성 A형이 각각 35.0%로 가장 많았고, 다음은 1상성 II-B형이 18.4%였다. 1상성과 2상성의 비율은 60.4% : 39.6%로 1상성이 더 많았다.

Table 4. Classification of the head-shaking nystagmus

| Type | Subtype | Latency | Direction* |
|------------|------------|---------|------------|
| Monophasic | I - A | - | normal |
| | B | - | lesion |
| | HSN II - A | + | normal |
| | B | + | lesion |
| Biphasic | A | - | normal |
| | HSN B | - | lesion |

Others · Triphasic HSN

· Pure rotatory HSN

· vertical HSN

* Direction: side of direction of first phase of HSN

4) HSN의 방향에 의한 환측의 판단

3)항에서 분류한 안진의 1상성 안진이나 2상성 안진의 제1상의 방향으로 환측의 판단을 할 수도 있는데 다소 예외는 있으나 Kamei와 Kornhuber²⁹⁾는 잠복기간이 없이 나타나는 1상성 안진이나 2상성 안진의 제1상은 건측으로 향하고, 일정한 잠복기가 경과한 다음에 나타나는 1상성 안진은 환측으로 향한다고 하여 HSN가 나타나는 방향으로 환측을 추정할 수 있다고 하였다. 말초성 전정장애인 경우는 거의 대부분 건측으로 향하는데 이것을 탈락안진(脫落眼振, deficiency nystagmus)라 하고, 잠복기가 있는 후 환측으로 향하는 경우를 회복한진(回復眼振, irritative or recovery nystagmus)라고 하였다. 그러나 중추성 장애에서도 약 25%에서 HSN에서 양성으로 나타났다고 하였으나 환측의 구별점에 대한 언급은 없었다. 龜井 등³⁰⁾은 메니에르병이나 지발성내임과 수종에서는 1상성 안진이나 2상성 안진의 제1상이 환측으로 향하는 비율이 증가(25~30%)한다고 하였다. 이와같이³¹⁾은 임상적으로 환측으로 추정되는 것과 HSN의 방향으로 추정되는 환측이 일치하는 1상성 I-A, II-B형 및 2상성 A형의 HSN는 모두 88.4%로서 높은 일치율을 나타내었다.

References

- 1) 이상원 · 채세용 · 김형태 등 : Head shaking nystagmus에 대한 연구 (I). 한이인지 33 : 876~879, 1990.
- 2) 이상철 · 김상현 : 현기증 환자에서의 頭振眼振의 의의. 인제의학 12 : 367~379, 1991.
- 3) 이상철 · 전경명 : 말초성현기증 환자에서의 頭振眼振에 관한 연구. 한이인지 34 : 458~476, 1991.
- 4) 馬場完仁 · 坂田英治 · 大都京子 : 頭振り後眼振——側末梢前庭障害例の検討. 耳鼻臨床 81 : 19~32, 1988.
- 5) Baloh RW, Honrubia A : Clinical neurophysiology of the vestibular system. Philadelphia, Davis Co., 1979.
- 6) Baloh RW, Honrubia A, Konrad HR : Ewald's second law reevaluated. Acta Oto-Laryngologica 83 : 475~479, 1977.
- 7) Baloh RW, Sills AW, Honrubia A : Impulsive and sinusoidal rotatory testing : a comparison with results of caloric testing. Laryngoscope 89 : 646~654, 1979.
- 8) Barany R : physiologie und Pathologie des Bogengangsapparates beim Menschen. Franz Deuticke, Leipzig, Wien, 1907(Cited from 2).
- 9) Black FO, et al : Quantitative diagnostic test for perilymph fistulas. Otolaryngol Head Neck Surg 96 : 125, 1987.
- 10) Clark B : Threshold for the perception of angular acceleration in man. Aerospace Med 38 : 443~450, 1970.
- 11) Coats AC : Galvanic body sway in normals and patients with VIII nerve lesions. Adv Otorhinolaryngol 17 V 857~860, 1971.
- 12) Daspit CP, Churchill D, Linthicum FH : Diagnosis of perilymph fistula using

- ENG and impedance. *Laryngoscope* 90 : 217, 1980.
- 13) Dittrich FL, Wilmot TJ: Threshold testing of vestibular function. *J Laryngol Otol* 79 : 888~892, 1965.
 - 14) Dohlman G : The mechanism of the fistula test. *Acta Oto-Laryngologica, Suppl* 199 : 22~26, 1953.
 - 15) Fischer : 1956(cited from 9)
 - 16) Hain TC, Fetter M, Zee DS : Head-shaking nystagmus in patients with unilateral peripheral vestibular lesions. *Am J Otolaryngol* 8 : 30~41, 1987.
 - 17) Herzog : 1910(cited from 8)
 - 18) Hinchcliffe R : Hearing and balance in elderly. *Edinburgh, Churchill Livingstone*, pp. 335~336, 1983.
 - 19) Hozawa J : The rotation test, In *Neuro-otologic examination with special reference to equilibrium function test*(Ed. Uemura et al), Igaku shoin, Tokyo, pp. 80~101, 1977.
 - 20) Hozawa J : Test for a labyrinthine fistula, In *Neuro-otologic examination with special reference to equilibrium function test*(Ed. Uemura et al), Igaku shoin, Tokyo, pp. 101~102, 1977.
 - 21) Hozawa J : The galvanic test, In *Neuro-otologic examination with special reference to equilibrium function test* (Ed. Uemura et al), Igaku shoin, Tokyo, pp. 102~104, 1977.
 - 22) 朴澤 二郎 : 電気性眼振の本態に関する臨床的考察. *耳鼻科* 33 : 939~942, 1961.
 - 23) 朴澤 二郎 : 回轉検査. 平衡機能検査の實際(日本平衡神経科学會編), 東京, 南山堂, pp. 174~185, 1986.
 - 24) 古川 裕 : 水平頭振後眼振検査(HSAN test)の臨床的ならびに實驗的研究. *日耳鼻* 83 : 923~940, 1980.
 - 25) 石井 哲夫 : 瘻孔症狀検査. 平衡機能検査の實際(日本平衡神経科学會編), 東京, 南山堂, pp. 210~212, 1986.
 - 26) Kamei T : Der biphasisch auftretende Kopschüttelnystagmus. *Arch Oto-Rhinolaryng* 209 : 59~67, 1975.
 - 27) 龜井民雄 : 頭振り眼振. *耳鼻臨床* 82 : 747~755, 1989.
 - 28) 龜井民雄・木村喜久雄・金子 寛 等 : 眼振誘發法としての頭振り検査の再検討. 第1報 : 眼振誘發率について. *日耳鼻* 67 : 1530~1534, 1964.
 - 29) Kamei T, Kornhuber HH : Spontaneous and head shaking nystagmus in normals and in patients with central lesions. *Canadial J Otolaryngol* 3 : 372~380, 1974.
 - 30) 龜井民雄・高橋佐知子・鎌田英男 等 : 眼振誘發法としての頭振り検査の再検討. 第2報 : 患側の診斷的意義について. *Equilibrium Res* 43 : 236~242, 1984.
 - 31) Kayan A : Diagnostic tests of balance. In *Scott-Brown's Otolaryngology*, 5th Ed. vol 2, Butterworths, London, pp. 333~341, 1987.
 - 32) Lucae A : Über optischer Schwindel bei Druckerhöhung im Ohr. *Archiv Fur Ohrenheilkunde*, 17 : 237~245, 1881(cited from 8).
 - 33) Ludman H : Mawson's diseases of the ear. 4th Ed. Year book med publish Inc., Chicago, pp. 174~175, 1988.
 - 34) McCabe BF : Vestibular physiology : its clinical application in understanding the dizzy patients. In *Paparella's Otolaryngology* 3rd Ed. Vol III WB Saunders Co. Philadelphia, pp. 916~917, 945~946, 1991.
 - 35) Moritz W : Auswertungen des Kopfschüttelnystagmus. *Z Laryng Rhinol* 30 :

- 269~275, 1951.
- 36) Nylen : 1923(cited from 8)
 - 37) Nylen : 1943(cited from 8)
 - 38) Pfaltz : 1969(cited from 9)
 - 39) Sekitani T : Vestibular neuritis-its clinical characteristics. Adv Otorhino-laryngol 29 : 111~123, 1983.
 - 40) 關谷 透 : 電気刺激検査. 平衡機能検査の實際(日本平衡神経科学會編), 東京, 南山堂, pp. 212~219, 1986.
 - 41) Stoll W, Matz DR, Most E : Schwindel und Gleichgewichtsstorungen.(translated Ed. by Sakata E and Takahashi S, めまいと平衡障害, pp. 76~78 and 82~83, Nankodo, Tokyo, 1988).
 - 42) 田林徳昭・八木伸也・内藤 泰 : 頭振後眼振と頭部角加速度および温度眼振との比較. Equilibrium Res 47 : 280~283, 1988.
 - 43) 時田 喬 他 : 電気性眼振の検討. 耳鼻臨床 60(Suppl 1) : 38~41, 1967.
 - 44) Tokita T, Miyata H, Ito Y, et al : Diagnosis of otolith and semicircular canal lesions by galvanic nystagmus and spinal nystagmus. The vestibular system : neurophysiologic and clinical research, edited by Graham MD and Kemink JL, New York, Raven press, pp. 305~313, 1987.
 - 45) Torok N : Nystagmus frequency versus slow phase velocity in rotatory and caloric nystagmus. Annal Otol Rhinol Laryngol 78 : 625~638, 1969.
 - 46) Van Egmond AAJ, Groen JJ, Jongkees LBW : The turning test with small regulable stimuli. I. Method of examination ; cupulometria. J Laryngol Otol 62 : 63~69, 1948.
 - 47) Vogel K : Uber Klinische Anhaltspunkte zur Unterscheidung von peripheral und zentral bedingtem Nystagmus. Dtsch Med Jour 6 : 48~53, 1953(cited from 18).
 - 48) Weiss AD, Tole JR : Effect of galvanic vestibular stimulation on rotating testing. Adv Otorhinolaryngol 19 : 311~317, 1973.