회전운동검사에서 각가속도의 변화에 따른 전정안구반사의 변화

연세대학교 의과대학 이비인후과학교실
지장훈 · 이원상 · 정명현 · 정운교 · 이정준 · 이해성

= Abstract =

Vestibulo-Ocular Reflex according to the Change of Angular Acceleration in Sinusoidal Harmonic Acceleration Test

Janghoon Chi, M.D., Won Sang Lee, M.D., Myung-Hyun Chung, M.D., Woon-Kyo Chung, M.D., Jung-Jun Lee, M.D., Hae-Song Lee, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea

We investigated the vestibulo-ocular reflex which is followed by the change of angular acceleration in sinusoidal harmonic acceleration test. 20 normal volunteers with no evidence of previous otoneurologic disease were tested. The maximal slow phase eye velocity, gain and asymmetry were obtained in five different amplitudes of rotation, 30°, 60°, 90°, 120°and 150°with properly fixed conditions such as darkness and the frequency of rotation fixed at 0.05Hz. During each test, we asked the examinees to be alert and keep the eyes open. At least 5 minute interval was given between the tests and recalibrations were done before each test.

The results of this test were as follows.

1) The maximal slow phase eye velocities were gradually increased according to the increment of the amplitudes of rotation with the statistical significances ($p<0.05$).

2) The gains were gradually decreased according to the increment of the amplitudes of rotation between the range of 30°and 90°with the statistical significances ($p<0.05$).

3) The asymmetries of each amplitude were the highest (13.6%) at 30° and the lowest (6.9%) at 120°, but there were no statistical significances ($p>0.05$).

Therefore, from the above results, sinusoidal harmonic acceleration test with the frequency fixed at 0.05Hz, gain is higher when the amplitude of rotation is smaller and the pattern of the nystagmus is more evident when the amplitude of rotation is bigger. But The authors conclude that in order to get the results which are statistically significant, the amplitude of rotation should be lower than 90°.

(Korean J Otolaryngol 40 : 5, 1997)

KEY WORDS : Vestibulo-ocular reflex · Sinusoidal harmonic acceleration test · Angular acceleration.

논문접수일 : 1996년 9월 16일
심사통과일 : 1997년 3월 25일

서 론

현훈증이란 개체가 정적인 중력의 힘을 인지하는 작용이 변형되는 상태로써 개체는 회전감각을 느끼게 되는데, 이는 평형감수기의 생리적인 또는 병적인 상태를 대변하게 된다. 따라서 원인이 매우 다양한 여러 유형의 현기증은 병인에 따라서 치료방향의 설정도 달리하는 것이 바람직하다. 특히 내이의 병적인 상태로 유발되는 현훈증의 정확한 진단은 여러 평형감수기의 복잡한 상호 관계로 인하여 매우 어려우나, 효과적인 치료를 위해서는 객관적인 기능검사의 결과에 따른 치료방향의 설정이 절대적으로 필요하다.

전정기관의 기능을 진단하기 위하여 사용되어온 회전자극검사는 전정기관에 생리적인 자극을 주어서 시행하는 유일한 검사로서, Barany(1907)가 impulsive 회전자극을 이용하여 전정반사에 관한 연구를 시작한 이래로 전정계 질환의 진단을 위하여 다양한 방법과, 또 그 결과에 대한 연구가 진행되어 왔다[35]. Szentagothai[40]는 전정계의 해부생리 연구의 기초가 되는 전정안구반사궁(Vestibulo-ocular reflex arc)을 기술하였고, van Egmond와 Groen[42], Torok[41]은 각각 Cupulometry, Vestibu-lometry라는 평형기능검사방법을 기술하였으며, Cramer등[9], Niven등[30], Eviator와 Goodhill[10]이 연속적으로 회전자극검사에 대한 연구결과를 보고하였다. 회전운동검사(Sinusoidal harmonic acceleration test, SHAT)는 Wolfe등[46]이 처음 기술한 방법으로 현재는 전정계 질환의 진단과 치료에 가장 많이 사용되는 검사이다.

회전자극검사는 검사실 및 검사자의 조건과 검사자극의 상태에 따라 검사결과의 변화를 보이므로, 검사시에는 일정한 조건과 검사방법의 확립이 필수적으로 선행되어야 한다. 이에 저자들은 정상적인 내이의 기능을 가진 정상 성인에서 회전자극인 각가속도에 변화를 주면서, 이에 따른 전정안구반사의 변화를 살펴서 전정기관의 이상여부를 확인하는데 있어서 가장 적절한 검사조건을 알아보고, 향후 환자 진료와 연구의 지평이 되고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구의 대상은 귓병, 청력소실, 이명, 현훈증, 멀미 등의 과거력이 없고 이신경학적인 검사상 이상이 없다는 조건[28]을 충족시키는 이신경학적으로 정상인 20대, 30대의 남자 10명과 여자 10명을 대상으로 하였다.

피검자는 회전의자에 앉아서 몸체를 고정시킨 상태로 머리를 30° 앞으로 숙여서 고정을 시켜, 내이의 수평반규관이 회전하는 면과 평행하게 되도록 하였으며, 완전한 암시야하에서 눈을 뜬 상태와 각성상태를 유지하도록 하였다. 검사실은 철저하게 방음이 되며, 빛이 없는 상태를 유지하도록 하였다.

회전자극은 Hortmann사에서 제작된 PD-S7110 Rotating chair를 사용하였으며, 전정안구반사의 결과는 Nicolet사의 Nystar Plus software를 사용하여 분석하였다. 검사는 완전한 암시야하에서 0.05Hz의 주파수로 고정시킨 조건하에 회전의 진폭을 각각 30°, 60°, 90°, 120°, 150°의 다섯 가지로 변화시키면서 회전운동검사(SHAT)를 시행하였다. 각 검사 전에는 기준눈금을 조정하였고, 검사와 검사 사이에는 5분의 시간 간격을 철저히 유지하였으며, 이 동안에 안구의 운동을 관찰하여, 만약 안진이 계속되면 완전히 없어질 때까지 충분히 기다려서 이전 검사의 영향을 배제하였다. 또한 피검자의 각성 상태를 유지하기 위해서 질문 및 100에서 계속 7씩을 빼내려가는 계산을 하도록 하였는데, 이 경우 대답할 때에는 긴장하여 검사에 오차가 생기지 않도록 작은 소리로 대답하도록 하였다. 또한 안정된 반응을 보기 위하여 자극후 45초이상 지난 후부터 결과를 분석하였다.

각 검사 조건하에서 최대 완서상 안구속도(Vmax), 획득도(Gain)와 좌우 안구의 운동속도의 비대칭성(Asymmetry)을 측정하였다.

검사 결과의 분석은 Manova test를 이용한 반복 검증을 하였고, 각 진폭간 결과의 통계학적 유의성은 Paired t-test를 이용하여 분석하였다.

결 과

각가속도의 변화에 따른 각 개체의 최대 완서상 안

Table 1. Maximum slow phase eye velocity at each amplitude of rotation in volunteers (deg/sec)

No.	Age	30 °		60 °		90 °		120 °		150 °	
		L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
1	26	9	10	8	9	12	9	13	11	13	14
2	30	12	18	18	14	24	22	25	25	26	29
3	32	12	13	13	14	18	18	24	29	32	41
4	26	18	20	15	21	18	18	16	20	25	29
5	29	10	12	5	5	20	24	23	28	23	28
6	31	11	8	11	8	12	19	20	23	21	19
7	28	11	8	14	15	17	17	20	20	22	27
8	32	10	19	16	19	25	26	29	37	36	43
9	26	16	21	16	19	17	15	17	18	38	38
10	24	10	11	11	14	14	11	16	17	27	19
11	24	17	9	17	12	19	15	15	14	36	36
12	27	11	11	18	23	19	16	20	28	20	19
13	21	14	11	23	21	27	31	38	33	55	57
14	25	13	11	17	19	23	26	31	27	33	42
15	25	9	14	19	16	25	20	26	26	36	40
16	27	13	9	11	9	17	14	18	16	16	13
17	22	17	18	15	14	26	28	27	32	31	42
18	22	15	9	12	10	17	16	20	22	25	22
19	20	5	7	11	12	12	15	15	22	24	31
20	24	15	12	21	21	10	14	22	21	38	31

L : Left ear, R : Right ear

Table 2. Gain at each amplitude of rotation in volunteers

No.	Age	30 °		60 °		90 °		120 °		150 °	
		L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
1	26	0.60	0.67	0.27	0.30	0.27	0.20	0.22	0.18	0.17	0.19
2	30	0.80	1.20	0.60	0.47	0.53	0.49	0.42	0.42	0.35	0.39
3	32	0.80	0.87	0.43	0.47	0.40	0.40	0.40	0.48	0.43	0.55
4	26	1.20	1.30	0.50	0.70	0.40	0.40	0.27	0.33	0.33	0.39
5	29	0.67	0.80	0.17	0.17	0.44	0.53	0.38	0.47	0.31	0.37
6	31	0.73	0.53	0.37	0.27	0.27	0.42	0.33	0.38	0.28	0.25
7	28	0.73	0.53	0.47	0.50	0.38	0.38	0.33	0.33	0.29	0.36
8	32	0.67	1.27	0.53	0.63	0.56	0.58	0.48	0.62	0.48	0.57
9	26	1.07	1.40	0.53	0.63	0.38	0.33	0.28	0.30	0.51	0.51
10	24	0.67	0.73	0.37	0.47	0.31	0.24	0.27	0.28	0.36	0.25
11	24	1.13	0.60	0.57	0.40	0.42	0.33	0.25	0.23	0.48	0.48
12	27	0.73	0.73	0.60	0.77	0.42	0.36	0.33	0.47	0.27	0.25
13	21	0.93	0.73	0.77	0.70	0.60	0.69	0.63	0.55	0.73	0.76
14	25	0.87	0.73	0.57	0.63	0.51	0.58	0.52	0.45	0.44	0.56
15	25	0.60	0.93	0.63	0.53	0.56	0.44	0.43	0.43	0.48	0.53
16	27	0.87	0.60	0.37	0.30	0.38	0.31	0.30	0.27	0.21	0.17
17	22	1.13	1.20	0.50	0.47	0.58	0.62	0.45	0.53	0.41	0.56
18	22	1.00	0.60	0.40	0.33	0.38	0.36	0.33	0.37	0.33	0.29
19	20	0.33	0.47	0.37	0.40	0.27	0.33	0.25	0.37	0.32	0.41
20	24	1.00	0.80	0.70	0.70	0.22	0.31	0.37	0.35	0.51	0.41

L : Left ear, R : Right ear

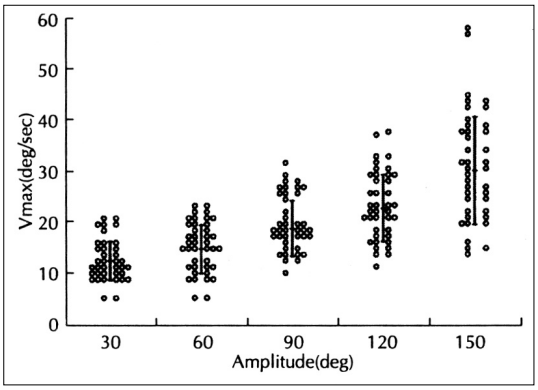

Fig. 1. Maximum slow phase eye velocity at each amplitude of rotation ($p<0.05$).

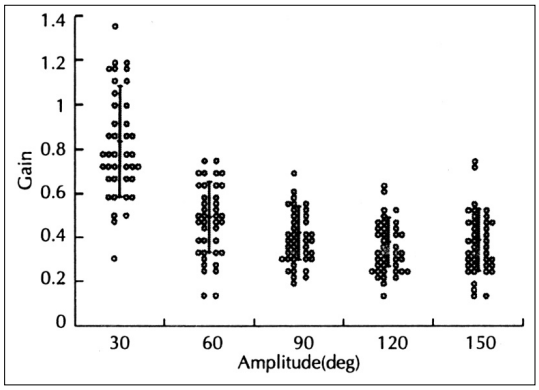

Fig. 2. Gain at each amplitude of rotation ($p<0.05$).

구속도를 각각 수치로 나타낸 것이 Table 1으로, 최대 완서상 안구속도는 30 ° 의 진폭에서는 평균이 12.5deg/sec, 표준편차는 3.8이었으며, 60 ° 의 진폭에서는 평균이 14.7deg/sec, 표준편차는 4.7이었고, 90 ° 의 진폭에서는 평균이 18.7deg/sec, 표준편차는 5.4였으며, 120 ° 의 진폭에서는 평균이 22.6deg/sec, 표준편차가 6.5였고, 150 ° 에서는 평균이 29.9deg/sec, 표준편차는 10.5였다(Table 4). Fig. 1은 각가속도의

변화에 따른 최대 완서상 안구속도를 도식화한 것으로, 세로축은 최대 완서상 안구속도를, 가로축은 회전의 진폭을 나타내며, 각 점은 주어진 진폭에서의 최대 완서상 안구속도를 각각 표시한 것이고, 가운데의 막대는 각 진폭에서의 최대 완서상 안구속도의 평균과 표준편차를 나타내고 있다. 최대 완서상 안구속도는 진폭이 증가함에 따라서 증가하였으며, 95%의 신뢰도를 적용하였을때 통계학적인 유의성이 있었다.

각가속도의 변화에 따른 각 개체의 획득도를 각각 수치로 나타낸 것이 Table 2로, 획득도는 30° 의 진폭에서는 평균이 0.83, 표준편차는 0.25였고, 60° 의 진폭에서는 평균이 0.49, 표준편차는 0.16이었으며, 90° 의 진폭에서는 평균이 0.42, 표준편차는 0.12였고, 120° 의 진폭에서는 평균이 0.38, 표준편차는 0.11이었으며, 150° 의 진폭에서는 평균이 0.39, 표준편차는 0.14였다(Table 4). Fig. 2는 각가속도의 변화에 따른 획득도의 변화를 도식화한 것으로, 세로축은 획득도를, 가로축은 회전의 진폭을 나타내며, 각 점은 주어진 진폭에서의 획득도를 각각 표시한 것이고, 가운데의 막대는 각 진폭에서의 획득도의 평균과 표준편차를 나타내고 있다. 획득도는 30° 에서 120° 의 진폭사이에서는 진폭이 증가함에 따라 감소하며 150° 의 진폭에서는 증가하였지만, 90° 에서 150° 의 진폭사이에서 획득도의 변화는 통계학적으로 의미가 없었으며, 30° 에서 90° 의 진폭사이에서 획득도는 통계학적으로 의미있는 감소를 보였다.

Table 3. Asymmetry at each amplitude in volunteers(%)

No.	Age	30°	60°	90°	120°	150°
1	26	5.3	5.9	14.3	8.3	3.7
2	30	20.0	12.5	4.3	0.0	5.5
3	32	4.0	3.7	0.0	9.4	12.3
4	26	5.3	16.7	0.0	11.1	7.4
5	29	9.1	0.0	9.1	9.8	9.8
6	31	15.8	15.8	22.6	6.9	5.0
7	28	15.8	3.4	0.0	0.0	10.2
8	32	31.0	8.6	1.9	12.1	8.9
9	26	13.5	8.6	6.3	2.9	0.0
10	24	4.8	12.0	12.0	3.0	17.4
11	24	30.8	17.2	11.8	3.4	0.0
12	27	0.0	12.2	8.6	16.7	2.6
13	21	12.0	4.5	6.9	7.0	1.8
14	25	8.3	5.6	6.1	6.9	12.0
15	25	21.7	8.6	11.1	0.0	5.3
16	27	18.2	10.0	9.7	5.9	10.3
17	22	2.9	3.4	3.7	8.5	15.1
18	22	25.0	9.1	3.0	4.8	6.4
19	20	16.7	4.3	11.1	18.9	12.7
20	24	11.1	0.0	16.7	2.3	10.1

각가속도의 변화에 따른 각 개체의 비대칭성을 각각 수치로 나타낸 것이 Table 3으로, 30° 의 진폭에서는 평균이 13.6%, 표준편차는 9.0이었고, 60° 의 진폭에서는 평균이 8.1%, 표준편차는 5.2였으며, 90° 의 진폭에서는 평균이 7.9%, 표준편차는 5.9였고, 120° 의 진폭에서는 평균이 6.9%, 표준편차는 5.2였으며, 150° 의 진폭에서는 평균이 7.8%, 표준편차는 4.8이었다(Table 4). Fig. 3은 각가속도의 변화에 따른 비대

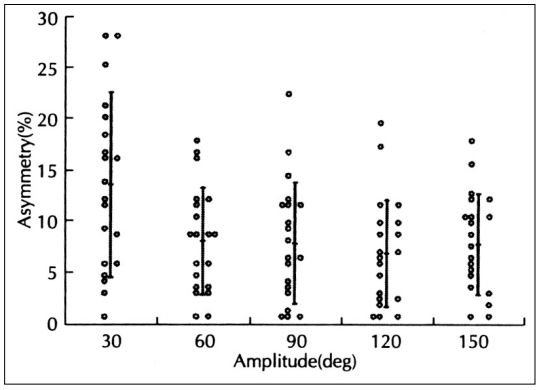

Fig. 3. Asymmetry at each amplitude of rotation($p > 0.05$).

Table 4. The results of sinusoidal harmonic acceleration test at each amplitude of rotation

Amplitude	30°	60°	90°	120°	150°
Vmax(deg/sec)	12.50±3.80	14.70±4.70	18.70±5.40	22.60±6.50	29.90±10.50
Gain	0.83±0.25	0.49±0.16	0.42±0.12	0.38±0.11	0.39± 0.14
Asymmetry(%)	13.60±9.00	8.10±5.20	7.90±5.90	6.90±5.20	7.80± 4.80

Vmax : Maximum slow phase eye velocity ($p < 0.05$)

칭성의 변화를 도식화한 것으로, 세로축은 비대칭성을, 가로축은 회전의 진폭을 나타내며, 각 점은 주어진 진폭에서의 비대칭성을 각각 표시한 것이고, 가운데의 막대는 각 진폭에서의 비대칭성의 평균과 표준편차를 나타내고 있다. 비대칭성은 진폭이 증가함에 따라서 감소하였으나 서로 통계학적으로 의미있는 차이는 없었다.

이상의 결과를 요약하면 0.05Hz의 고정된 주파수에서 회전자극의 진폭이 증가함에 따라서 최대 완서상 안구속도는 통계학적으로 의미있게 증가하였고, 획득도는 통계학적으로 의미있게 감소하였으며, 비대칭성은 감소하였으나 통계학적으로 의미있는 차이는 없었다.

고 찰

인체가 평형감을 느끼고 유지하는 것은 시각계, 전정계와 체감 수용계의 상호작용에 의해서 유지된다. 각 감수기에서 온 정보는 중추 신경계의 평형 중추에서 종합되는데, 이과정에서 이상이 있을 때에는 어지러움증, 실조증이나 안진등의 다양한 결과를 유발하게 된다.

Leigh와 Brandt[25]는 인체가 운동을 할 경우, 전정안구반사(Vestibulo-ocular reflex, VOR)가 작용해서 안구의 운동이 일어나고 우리는 어지러움을 느끼지 않고 한 물체에 시선을 고정할 수 있게 된다고 하였다. 그러나 Collewijn[6)7)8)]은 전정안구반사만으로는 운동시에 명료하고 안정된 시야를 제공할 수 없으며, 또다른 과정이 관여한다고 하였다. 특히 전정기능이 소실된 경우에도 움직임이 없는 안정된 상태에서는 환자의 진동시(oscillopsia)는 감소하게 되며, 이는 전정기관 이외에도 시각계, 경추 체감 수용계와 기대과정(anticipatory mechanism) 등이 관여한다는 것을 의미한다[5)20)22)]. 따라서 평형계는 전정계를 통한 구심성 자극뿐만 아니라 시각계, 체감 구심성 자극을 모두 이용하며, 또한 신경망을 통하여 보행의 안정, 자세 유지, 신체의 움직임등의 인식에 기여한다[25)].

이렇게 복잡한 평형계에 이상이 있는 경우, 그 원인, 병소와 손상정도를 알아야 치료의 설정이 가능하며 예후를 예측할 수 있다. 전정기능검사는 병소의 위치를 알아내고 손상정도를 파악할 수 있게 할 뿐 아니라 치료중의 회복정도를 객관적으로 평가함으로서 치료에 지대한 도움을 준다.

전정계의 기능을 평가하기 위하여 시행하는 회전운동검사의 회전자극은 (1) Sinusoid, (2) Sum of sines, (3) Pseudorandom, (4) Velocity trapezoid 등, 크게 네가지로 나뉘며, 모든 자극힘이 한 주파수로 모이고 따라서 미약한 결과를 보기에 좋은 Sinusoid자극을 이용한 검사방법인 Sinusoidal harmonic acceleration test(SHAT)는 가장 널리 사용되는 회전자극검사이다[46)]. 이 방법은 (1) 생리적인 자극을 이용하므로 환자의 불편감이 적고, (2) 자극을 정확하게 변화시키는 조절이 가능하고, (3) 결과의 변동성이 적어서 미세한 측정이 가능하며, (4) 중추성 장애와 말초성 장애를 감별할 수 있고, (5) 시간의 경과에 따른 병적상태의 변화를 감지해서 환자의 상태를 추적 관찰하고, 예후를 예측할 수 있으며, (6) 항히스타민제, 항현훈증제, 안정제, 향정신성 약물등의 영향을 적게 받고, (7) 실제 검사시간이 짧으며, (8) 냉온자극검사의 결과가 감소된 경우에도 유용하다는 등의 장점이 있다[27)36)45)]. 그러나 이 검사는 (1) 피검자의 각성 상태에 따라서 민감하게 결과가 변하며, (2) 실제로 일상적인 생활에서는 2Hz이상의 머리와 안구반사 운동이 생긴다고 하였으나, 이 검사로는 1Hz이상의 고주파수 자극이 현실적으로 어렵고[31)], (3) 머리의 고정이 충분히 안된 경우에 문제가 되며, (4) 고가의 장비로 고정된 장소에 설치해야 하고, (5) 병변의 측별 구분이 어려운 경우가 있는 등의 단점이 있다[11)]. 그러나 위상이 비정상인 경우 비대칭성의 92%가 환부측에 있다는 기술을 하고 있다[14)].

검사조건은 컴컴한 방안에서 눈을 뜬 상태로 회전 의자에 앉아서 인체에 수직되는 축을 중심으로 1Hz이내의 저주파수로 회전을 시키면서 수평 반규관을 자극하여, 이때에 나타나는 안구의 반응을 측정하는 방법으로, 머리를 30° 숙여 외측반규관을 수평으로 유지하는 것이 원칙적으로는 좋으나 실제로는 머리의 고정이 어려워서 고개를 꼿꼿하게 세운 상태에서 고정대에 고정하고 검사를 시행하여도 큰 차이를 보이지 않는다[37)]. Baloh등[3)], Wall과 Furman[45)], Wall[44)]등은 눈을 감은 상태보다는 암시야하에서 검사한 경우 획득도가 높고 결과

가 안정적, 반복적이라는 장점이 있으나 눈 깜박임에 의한 인공음영(artifact)을 조심해야 한다고 하였으며, Wall[43]은 자극후 초기의 일시적인 반응이 지나고 안정적인 반응을 보기 위하여는 45초의 시간이 필요하다고 하였다. 본 연구에서도 이신경학적으로 정상인 성인을 완전한 암시야하에서 고개를 30° 숙인 상태로 몸과 머리를 고정한후, 각성상태를 철저히 유지하면서 초자극후 45초의 시간이 경과한 후의 반응을 분석하였으며, 이 과정에서 인공음영을 제거하여 검사의 최적조건을 유지하였다.

Hirsch[19], Hyden과 Larsby[20]는 저 주파수로 회전시에 전정안구반사의 자극을 조절하는 인자는 (1) 회전자극의 주파수, (2) 회전의 크기(속도)의 두가지라고 하였다. Grossman등[12], King등[23]은 실제로 운동중에 0.5 5Hz 사이의 머리의 운동이 유발되며, Pulaski등[34]은 이 경우에도 최대 머리의 속도는 150deg/sec를 넘지 못하고, 특히 걸을 때에는 30deg/sec이하가 되고, 이는 전정안구 반사가 작용하는 범위 이내가 되므로 실질적으로 운동중에 시력에 영향을 주는 것은 머리 회전의 속도보다는 주파수라고 하였고, 따라서 각 주파수에 대한 정확한 자극과 결과의 검토가 필요하다고 하였다.

Konrad등[24], Jenkins등[21]은 고 주파수 회전자극시에는 정상군과 비정상군 사이의 위상차가 적고, 0.01 25 0.05Hz사이에서는 위상차가 큰 것으로 보아서 전정기능의 이상을 알아내기 위해서는 0.0125 0.05Hz 사이의 저 주파수 자극이 가장 좋다고 하였다. 이는 Baloh등[1]이 정상치를 구하기 위한 선별검사용 자극으로 0.05Hz의 자극이 좋다고 한 것과 일치하였으며, Henry와 Dibartolomeo[17]는 0.02Hz 이상에서 결과의 재현성이 좋다고 하였다. 그러나 Myers[29]는 냉온자극검사상 양측 모두에서 반응이 떨어져있는 경우, 0.01Hz에서 약 80%의 회전검사에서 반응을 보이는 진단율을 보였고, 그후 주파수가 올라감에 따라서 진단율은 떨어진다는 결과를 보고하였다. 이상과 같이 회전자극의 주파수의 변화에 따라서 결과는 다양하게 변화하나, 본 연구에서는 가장 재현성이 높고 안정된 반응을 보이는 0.05Hz에 고정된 주파수를 사용하였다.

검사에서 나타나는 전정안구반사 반응의 결과를 판정하는 인자로는 획득도(Gain), 위상(Phase), 비대칭성(Asymmetry)이 사용된다. 일반적으로 획득도로는 검사의 신빙도를, 위상과 비대칭성으로는 환자의 전정기능의 상태를 알 수 있다.

획득도(Gain)는 한 시점에서 입력과 출력의 비 또는 최대 완서상 안구속도를 최대 머리 회전속도로 나눈 값으로 피검자의 각성 상태에 따라 값이 달라지고 검사간의 타당성(validity)도 낮은 문제점이 있으며, 회전자극의 주파수가 증가함에 따라 점점 커지나 0.16 Hz 이상으로 가면 플라토(plateau)를 이룬다. Hamid등[15]은 획득도는 전체 주파수대에서 30%이상의 변동성이 있으며, Shelhamer등[38]은 아래를 볼때는 6% 감소하고, 위를 볼때는 8% 증가되는 등 3가지 인자 중에서 값의 변화가 가장 심하다고 하였다. 이러한 획득도는 회전운동검사 결과의 신빙성과 전정안구반사의 예민도를 보는 용도로 주로 이용되며, 임상 증상과의 연관성은 적다고 하였다.

Baloh등[2]은 주파수를 0.05Hz에, 회전속도를 최고 60deg/sec로 설정한 경우에, 획득도는 0.50, 표준편차는 0.16으로 본 연구의 같은 조건에서 시행해서 얻은 평균 0.49, 표준편차 0.16과 같은 결과를 보였다. Wall[43]은 회전의 주파수가 0.1Hz에서 1.0Hz 사이에서 회전속도가 최고 100deg/sec까지는 회득도는 비례적인 증감을 보이며, 이 경우 획득도는 자극의 강도와는 무관하다고 하였다. 결국 저 주파수 영역에서는 회전의 속도보다는 주파수가 더 중요한 자극이라는 것을 의미한다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 획득도는 자극의 강도(진폭)에 따라서 변화했고, 특히 진폭이 30°에서 90° 사이에서는 통계학적으로 의미있게 감소하였다. 일단의 검사실에서 시행한 회전운동검사에서 얻은 전정안구반사의 획득도가 보통 0.75이하인 반면에 걸을 때는 0.9 1.1로 검사실에서 얻어지는 값보다 20%가 크다고 하였고, 이는 회전자극 자체가 걷는 등의 일상적인 운동시에 생기는 회전자극보다 훨씬 저 주파수의 자극이며, 획득도를 낮추는 것으로 알려진 어두운 상태에서 자극을 한 때문인 것으로 사료된다[4][13]. 본 연구에서도 획득도가 각각의 진폭에 따라서 값이 변화했지만 진폭이 30°에서 0.8

3인 경우를 제외하고는 0.75보다 작은 값을 보였다. 실제로 30° 보다 진폭이 큰 경우 최대 완서상 안구속도도 증가하였으나 진폭의 증가를 따라가지는 못하였고, 이는 저 주파수대의 자극이 전정계를 충분하게 자극하지 못하기 때문이라고 사료된다.

위상(Phase)은 최대 완서상 안구속도와 최대 머리 회전속도 사이의 시간차로 완전히 180° 인 경우에 위상차는 0이 되며, 완서상 안진의 방향이 머리의 회전보다 앞설 때를 phase lead라고 하고 주로 저 주파수 영역에서 나타나며, 반대의 경우를 phase lag라고 하고 주로 중-고 주파수 영역에서 나타난다. 이렇게 저 주파수 영역에서 획득도가 낮고 phase lead가 있는 것을 Stock-well[39]은 저 주파수 영역에서는 머리의 회전에 대해서 전정안구반사계가 덜 예민해서 머리의 회전에 대해서 100% 반응을 하지 못하기 때문이라고 하였다.

위상은 결과의 반복성이 높다는 장점이 있는데, 이는 자극을 정확하게 조절할 수 있고 각성 상태의 영향을 적게 받는 위상의 특성 때문이라고 하였다[46]. Hirsch[19], Henry와 Dibartolomeo[17]도 위상이 가장 안정적이고 일정한 값을 갖는 인자로서, 반복성이 있다고 하였으며, 특히 Wolfe와 Kos[47]는 위상이 0.02 0.04Hz 사이에서 가장 믿을 수 있다고 하였고, Baloh 등[2]과 Hess등[18]은 중추성 보상이 되어서 증세의 호전이 있어도 저 주파수대의 회전자극에서 오랫동안 비정상적인 값을 갖고, 따라서 전정기관의 기능을 보는데 있어서 위상은 매우 예민도가 높은 인자라고 하였다. 또한 위상은 병변의 측별 감별진단에도 매우 유용한데, 저 주파수 영역에서는 phase lead가 정상적으로 존재하나 고 주파수 영역에서는 phase lag가 없으면 전정신경을 포함한 말초 전정기능 장애를, 전 주파수 영역에서 phase lead가 있으면 중추 전정기능 장애를, 전 주파수 영역에서 phase lag가 있으면 이는 양측성 전정기능 장애 또는 각성 장애를 의심할 수 있다고 하였다[37]. 따라서 전정기능의 상태를 보기위해서는 주파수의 변화에 따른 위상의 변화에 관한 검사와 연구가 있어야 하겠다.

비대칭성(Asymmetry)은 양측의 최대 완서상 안구속도 사이의 차이를 나타내는 인자이며, 시간의 경과, 증세의 경감에 따라 변하고 환자의 임상적인 상태와 밀접한 관계가 있으며, Mathog등[26]은 비대칭성을 보아서 활동성 또는 진행성 전정기능의 장애와 중추성 보상의 여부를 감별할 수 있고, 따라서 중추성 보상의 과정을 추적 관찰할 수 있다고 하였다. 또한 말초성 전정기능 장애시에는 일시적으로 현저한 비대칭성을 보이나, 중추성 전정기능 장애시에는 보상작용이 되어도 경미하지만 영구적인 비대칭성을 보이므로 중추성과 말초성의 전정기능 장애를 감별 진단하는 데에도 유용하다고 하였다[1)2)16)17)32)]. 비대칭성은 전정기관의 평향성(bias), 신경전도의 포화, 자발성 안진에 의해서 영향을 받지만 소음에 의한 영향은 적다[43]. 본 연구에서는 진폭의 변화에 따라서 최저 6.9±5.2%, 최고 13.6±9.0%의 비대칭성을 보였는데, 이상의 결과로 보아 20% 이상의 비대칭성을 이상소견이라고 판정할 수 있겠다.

본 연구는 모집단이 적고, 검사조건을 동일하게 한 관계로 동일한 원인에 의한 인공음영의 가능성을 배제할 수 없다는 문제점이 있으나, 기계의 특성상 회전자극의 주파수가 0.05Hz에 고정된 상태였으며, 각가속도에 변화를 주면서 획득도를 측정하였을 경우, 이는 전반적인 전정기능의 선별검사로 적합하리라 사료된다. 예를 들면 획득도가 정상보다 증가된 경우에는 중추성 기능장애를, 감소된 경우에는 말초성 전정기능장애를 의심할 수 있다고 하겠다. 하지만 보다 정확한 전정기능의 평가를 위해서는 회전자극의 주파수를 변화시키고, 위상을 검사해야 할 것으로 사료된다.

결 론

현훈증의 한 원인인 전정기능 이상시에 이를 진단하기 위하여 회전운동검사가 많이 사용되는데, 아직까지 우리나라에서는 활발하게 사용되지는 못하였다. 이에 연구자는 회전자극인 각가속도에 변화를 주면서, 이에따른 전정안구반사의 변화를 살펴서 적절한 검사조건을 알아보고, 향후 환자 진료와 연구의 기초자료를 마련하고자, 이신경학적으로 정상인 20대, 30대의 성인 남녀 각각 10명씩을 대상으로 주파수를 0.05Hz로 고정시킨 상태에서 진폭을 30°, 60°, 90°, 120°, 1

50 ° 의 다섯가지 조건으로 변화시키면서 회전운동검사를 시행하여 각 조건하에서 최대 완서상 안구속도, 획득도, 좌우 안구 운동속도의 비대칭성을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 각 진폭에서의 최대 완서상 안구속도의 평균은 30 ° 에서 12.5deg/sec, 60 ° 에서 14.7deg/sec, 90 ° 에서 18.7deg/sec, 120 ° 에서 22.6deg/sec, 150 ° 에서 29.9deg/sec로 진폭이 증가할수록 최대 완서상 안구속도도 증가하여 통계학적으로 의미있는 차이를 보였다($p<0.05$).

2) 각 진폭에서의 획득도의 평균치는 30 ° 에서 0.83, 60 ° 에서 0.49, 90 ° 에서 0.42, 120 ° 에서 0.38, 150 ° 에서 0.39를 보여 진폭이 증가할수록 획득도는 감소하며, 30 ° 에서 90 ° 까지는 통계학적으로 의미있는 차이를 보였다($p<0.05$).

3) 각 진폭에서의 좌우 안구 운동속도의 비대칭성은 30 ° 에서 평균 13.6%로 가장 높았고, 120 ° 에서 평균 6.9%로 가장 낮았지만 통계학적인 의미는 없었다($p>0.05$).

이상의 결과로 보아 회전운동검사에서 0.05Hz로 주파수를 고정할 경우 획득도는 진폭이 작을때 높고, 안진의 형태는 진폭이 클때 더 명료하게 나타난다. 그러나 실제 검사시에는 전정안구반사의 변화가 통계학적인 의의를 보이는 90 ° 이하의 진폭으로 검사하는 것이 전정기관의 병변유무 확인에 있어서 적절할 것으로 사료된다.

References

1) Baloh RW, Hess K, Honrubia V : *Low and high frequency sinusoidal rotational testing in patients with peripheral vestibular lesions. Acta Otolaryngol Suppl (Stockh). 1984 ; 406 : 189-193*
2) Baloh RW, Sakala SM, Yee RD : *Quantitative vestibular testing. Otolaryngol Head Neck Surg. 1984 ; 92 : 145-150*
3) Baloh RW, Solingen L, Sills AW : *Caloric testing : 1. Effect of different conditions of ocular fixation. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1977 ; 86 : 1-6*
4) Barr CC, Schultheis LW, Robinson DA : *Voluntary, non-visual control of the human vestibulo-ocular reflex. Acta Otolaryngol (Stockh). 1976 ; 81 : 365-375*
5) Bronstein AM, Hood JD : *Oscillopsia of peripheral vestibular origin : Central and cervical compensatory mechanisms. Acta Otolaryngol (Stockh). 1987 ; 104 : 307-314*
6) Collewijin H : The vestibulo-ocular reflex : *An outdated concept? Prog Brain Res. 1989 ; 80 : 197-209*
7) Collewijin H : The vestibulo-ocular reflex : *Is it an independent system? Rev Neurol (Paris). 1989 ; 145 : 502-512*
8) Collewijin H, Martin AJ, Steinman RM : *Compensatory eye movements during active and passive head movements : Fast adaptation to changes in visual magnification. J Physiol (Lond). 1983 ; 340 : 259-286*
9) Cramer RL, Dowd PJ, Helms DB : *Vestibular responses to oscillations about the yaw axis. Aerospace Med. 1963 ; 34 : 1031*
10) Eviator A, Goodhill V : *Comparative sequential studies of effects of drugs on the vestibular system of labaratory animals Acta Otolaryngol Suppl (Stockh). 1968 : 237*
11) Goebel JA, Hanson JM, Langhofer LR : *Headshake vestibulo-ocular reflex testing : Comparison of results with rotational chair testing. Otolaryngol Head Neck Surg. 1995 ; 112 : 203-209*
12) Grossman GE, Leigh RJ, Abel LA : *Frequency and velocity of rotational head perturbations during locomotion. Exp Brain Res. 1988 ; 70 : 470-476*
13) Grossman GE, Leigh RJ, Bruce RJ : *Performance of the human vestibuloocular reflex during locomotion. J Neurophysiol. 1989 ; 62 : 264-272*
14) Hamid MA : *Clinical value of sinusoidal harmonic acceleration test results site of lesion and side of lesion. Neurol Clin. 1990 ; 8 : 287-295*
15) Hamid MA, Hughes GB, Kinney SE : *Results of sinusoidal harmonic acceleration test in one thousand patients : Preliminary report. Otolaryngol Head Neck Surg. 1986 ; 94 : 1-5*
16) Hamid MA, Parker W : *An approach to quantify central vestibular compensation. Acta Otolaryngol Suppl (Stockh). 1983 ; 406 : 87*
17) Henry DF, Dibartolomeo JD : *Closed-loop caloric, harmonic acceleration and active head rotation tests : Norms and reliability. Otolaryngol Head Neck Surg. 1993 ; 109 : 975-987*
18) Hess K, Baloh RW, Honrubia V : *Rotatinal testing in patients with bilateral peripheral vestibular disease. Laryngoscope. 1985 ; 95 : 85-88*

19) Hirsch BE : *Computed sinusoidal harmonic acceleration. Ear Hear. 1986 ; 7 : 198-203*
20) Hyden D, Larsby B : *Velocity dependence of the vestibulo-ocular reflex over a broad frequency range. Acta Otolaryngol Suppl (Stockh). 1991 ; 481 : 293-294*
21) Jenkins HA, Honrubia V, Baloh RH : *Evaluation of multiple-frequency rotatory testing in patients with peripheral labyrinthine weakness. Am J Otolaryngol. 1982 ; 3 : 182-188*
22) Kasai T, Zee DS : *Eye-head coordination in labyrin-thine-defective human beings. Brain Res. 1978 ; 144 : 123-141*
23) King OS, Seidman SH, Leigh RJ : *Control of head stability and gaze during locomotion in normal subjects and patients with deficient vestibular function. Second symposium on head-neck sensorymotor system. New York, Oxford University Press, 1992 : 568-570*
24) Konrad HR, Sills AW, Baloh RW : *The impulsive test in man. Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol. 1976 ; 82 : 232-238*
25) Leigh RJ, Brandt T : *A reevaluation of the vestibuloocular reflex : New ideas of its purpose, properties, neural substrate and disorders. Neurology. 1993 ; 43 : 1288-1295*
26) Mathog RH : *Testing of the vestibular system by sinusoidal angular acceleration. Acta Otolaryngol (Stockh). 1972 ; 74 : 96-103*
27) McClure JA, Lycett P, Johnson WH : *Value of rotational tests in the diagnosis vestibular disease. Ann Otol 1973 ; 82 : 532-537*
28) Moore DM, Hoffman LF, Beykirch K : *The electrically evoked vestibuloocular reflex : 1. Normal subjects. Otolaryngol Head Neck Surg. 1991 ; 104 : 219*
29) Myers SF : *Patterns of low-frequency rotational responses in bilateral caloric weakness patients. J Vestib Res. 1992 ; 2 : 123-131*
30) Niven JI, Hixon C, Correia MJ : *An experimental approach to the dynamics of the vestibular mechanisms. Symposium on the role of the vestibular organs in the exploration of space. Pensacola, Florida, NASA SP, 1965 ; 77 : 43-65*
31) O'Leary DP, Davis LL : *Vestibular autorotation testing of the vestibulo-ocular reflex. Neurol Clin. 1990 ; 8 : 297-312*
32) Olson JE, Wolfe JW : *Comparison of subjective symptomatology and responses to harmonic acceleration in patients with Meniere's disease. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1981 ; 90 (Suppl 3) : 15-17*
33) Pulaski PD, Zee DS, Robinson DA : *The behavior of the vestibulo-ocular reflex at high velocities of head rotation. Brain Res. 1981 ; 222 : 159-165*
34) Rubin W : *Sinusoidal harmonic acceleration test in clinical practice. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1981 ; 90 (Suppl 3) : 18-25*
35) Rubin W : *Symposium on low frequency harmonic acceleration, the rotray chair sinusoidal acceleration as a modality for monitoring patient progress. Laryngoscope. 1981 ; 91 : 1282-1285*
36) Rubin W, Brookler KH : *Objective confirmation of symptoms in dizziness : Etiologic approach to management. New York, Thieme-Stratton Inc, 1991 : 28-63*
37) Shelhamer M, Robinson DA, Tan HS : *Context-specific adaptation of the gain of the vestibulo-ocular reflex in humans. J Vestib Res. 1992 ; 2 : 89-96*
38) Stockwell CW : *Vestibular function testing : 4-year update. Otolaryngology-HNS Update II, Cummings et al (eds). St Louis, Mosby Year Book, 1990 : 39-53*
39) Szentagothai J : *The elementary vestibulo-ocular arc. J Neurophysiol. 1950 ; 13 : 395-407*
40) Torok N : *An attempt to integrate various physical stimuli in vestibulometry. Confin Neurol. 1961 ; 21 : 412*
41) van Egmond AAJ, Groen JJ : *Cupulometry. Practical Otorhinolaryngol (Stockh). 1954 ; 44 : 594*
42) Wall CⅢ : *The sinusoidal harmonic acceleration rotary chair test : Theoretical and clinical basis. Neurol Clin. 1990 ; 8 : 269-285*
43) Wall CⅢ, Black FO, O'Leary DP : *Clinical use of pseudorandom binary sequence white noise in assessment of the human vestibulo-ocular system. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1978 ; 87 : 845*
44) Wall CⅢ, Furman JM : *Eyes open versus eyes closed : Effect on human rotational responses. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1989 ; 98 : 625-629*
45) Wolfe JW, Engelken EJ, Kos CM : *Low-frequency harmonic acceleration as a test of labyrinthine function : Basic methods and illustrative cases. Otorhinol-aryngology. 1978 ; 86 : 130-142*
46) Wolfe JW, Kos CM : *Nystagmic responses of the rhesus monkey to rotational stimulation following unilateral labyrinthectomy : A preliminary report. Trans Am Ophthalmol Otolaryngol. 1976 ; 82 : 60-69*