

Significance of Correcting the Spontaneous Nystagmus in Sinusoidal Harmonic Acceleration Test

Hyun Jung Lee, Sung Do Jung, Jae Yun Jung and Myung-Whan Suh

Department of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, College of Medicine, Dankook University, Cheonan, Korea

정현파 회전의자검사에서 자발안진 보정의 의미

이현정 · 정성도 · 정재윤 · 서명환

단국대학교 의과대학 이비인후과학교실

Received July 26, 2011

Revised September 15, 2011

Accepted September 23, 2011

Address for correspondence

Myung-Whan Suh, MD
Department of Otolaryngology-
Head & Neck Surgery,
College of Medicine,
Dankook University,
359 Manghyang-ro, Dongnam-gu,
Cheonan 330-715, Korea
Tel +82-41-550-6469
Fax +82-41-556-1090
E-mail drmung@naver.com

Background and Objectives Spontaneous nystagmus may have an influence on the results of sinusoidal harmonic acceleration (SHA) test, although it has not been ascertained through sufficient studies. This study evaluated the effect of spontaneous nystagmus on the gain, asymmetry and phase values of the SHA test.

Subjects and Method We retrospectively analyzed 19 patients with acute unilateral vestibular weakness and spontaneous nystagmus (sn). All patients underwent a battery of vestibular testing including videonystagmography, bithermal caloric test, and SHA test. Gain, asymmetry, and phase were calculated with the conventional method without correcting for sn, thus the non-corrected SHA (nSHA). Then the same three parameters were calculated again after manually correcting for spontaneous nystagmus, thus the corrected SHA (cSHA). The two methods were compared with respect to gain, asymmetry and phase values. Correlation between the SHA test and caloric test was also analyzed.

Results The gain of nSHA was significantly larger than that of cSHA in all frequencies. There was no difference in the phase values between the two analysis methods. The asymmetry of nSHA was 2.8 times larger than that of cSHA. The asymmetry values of both nSHA and cSHA showed a significant correlation between the caloric test and degree of spontaneous nystagmus.

Conclusion It seems that the SHA test is significantly influenced by spontaneous nystagmus. Although correcting for spontaneous nystagmus may not always be necessary, we should consider the effect of spontaneous nystagmus when interpreting the SHA test results of a patient who has spontaneous nystagmus. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2011;54:761-5

Key Words Vertigo · Nystagmus · Rotation chair test.

서론

정현파 회전의자검사(sinusoidal harmonic acceleration, SHA)는 온도안진검사와 더불어 어지럼 환자에서 전정기능의 비대칭을 확인할 수 있는 유용한 검사이다.¹⁾ 일반적으로 정현파 회전의자검사를 시행하면 이득(gain), 비대칭(asymmetry), 위상(phase) 값이 계산된다.²⁾ 이들 값은 자발안진이 없다는 전제하에 고안된 지표들이다. 따라서 자발안진이 있는 환자에

서는 자발안진으로 인해 결과 값이 어떻게 달라지는지 생각해 볼 필요가 있다.

온도안진검사에서 Canal Paresis(CP) 값은 자발안진이 존재하는 경우 Fig. 1A와 같이 자발안진 값만큼 수치가 가감되어 자동으로 자발안진으로 인한 오류가 보정되어 계산된다. 정현파 회전의자검사에서 비대칭 값은 자발안진이 없는 경우 $|b1-b2|/(b1+b2)$ 의 공식을 통해 산출된다(b1은 우측 회전시 최대 안진 크기, b2는 좌측 회전시 최대 안진 크기). 즉 우측

회전과 좌측 회전시 나타나는 최대 안진의 크기를 비교하는 것이 비대칭 값이다. 자발안진 없이 일측 전정기능 저하가 발생하는 경우, 기준선의 위 또는 아래 일측만 안진의 완서상 속도를 연결한 사인곡선이 점점 작아지게 된다(Fig. 1B). 이후 일측 기능이 완전히 소실되면 안진 사인곡선이 기준선에 수렴하여 결국 직선으로 변화한다. 반면 자발안진이 있는 경우는 안진 사인곡선이 위 또는 아래로 수직 이동하게 된다(Fig. 1C). 따라서 전정기능이 고정되어 있어도, 자발안진이 커지면 비대칭 값은 점점 커지게 되는 효과가 있음을 알 수 있다. 이를 정량적으로 생각해 보면, spontaneous nystagmus(sn) 크기의 자발안진이 있는 경우 Fig. 1D와 같이 $2sn/(b1+b2)$ 만큼 비대칭 값이 자발안진이 없는 경우보다 커지는 결과가 나타나게 된다. 대부분의 정현파 회전의자검사 장비들은 이러한 영향을 고려하지 않고 증가된 검사 결과를 그대로 비대칭 값으로 표시한다. 그러나 환자에게 실제로 발생한 전정기능의 비대칭 정도를 알기 위해서는 자발안진으로 인한 증가분을 뺀 정확한 $|b1 - b2|/(b1+b2)$ 값을 알아내야 한다. 또 비단 비대칭 값 뿐만 아니라 이득과 위상에 있어서도 자발안진이 검사 결과에 어떤 영향을 주고 그 영향이 얼마나 큰지를 알아야 할 것이다.

기준에 보고된 정현파 회전의자검사에 대한 연구들은 검사의 임상적 유용성, 온도안진검사와 일치 정도, 전정유발근전위검사와 일치 정도 등에 초점을 맞추고 있다.³⁻⁷⁾ 아직까지 정현파 회전의자검사에서 자발안진이 검사 결과에 미치는 영향에 대해서는 연구된 바가 거의 없다. 이에 저자들은 본 연구를 통해 자발안진이 정현파 회전검사의 이득, 비대칭, 위상 값에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

2009년 4월부터 2010년 6월까지 현훈을 주소로 내원한 환자 중 회전의자검사 시행 당시 비디오 안진검사에서 자발안진이 확인되었고, 온도안진검사를 함께 시행한 일측성 전정기능 저하 환자 19명을 선정하였다. 전체 환자 중 남자가 13명, 여자 6명이었으며, 평균 연령은 52.5 ± 18.0 세였다. 환자들의 자발안진의 크기는 $10.3 \pm 7.6^\circ$ 였다.

회전의자검사는 System 2000(Micromedical, Chatham, IL, USA)을 이용하였다. 검사는 완전히 어두운 원형통 속에서, 눈을 뜨고도 아무 것도 보이지 않는 상태에서 시행하였다. 앉은 자세에서 머리를 30° 전굴시켜서 회전자극에 대해 가쪽 반고리관이 평행이 되게 한 후에 비디오 안진측정기를 눈에 씌우고 검사를 시행하였다. 모든 피험자는 검사 전 안구 움직임과 장비 측정 값 사이 보정을 시행한 이후 회전의자검사를 받았다. 피험자의 각성 상태를 유지하기 위해 검사자는 계속 피험자와 간단한 대화를 하였다.

정현파 회전의자검사는 $60^\circ/\text{sec}$ 의 최고 속도로 0.01 Hz, 0.04 Hz, 0.16 Hz의 세 가지 주파수에서 시행하였다. 우선 기존 방식으로 자발안진을 고려하지 않은 채 이득, 비대칭, 위상 값을 구하였다: non-corrected SHA(nSHA)(Fig. 2A). 이후 동일한 원 데이터를 바탕으로 자발안진의 크기를 보정하여 다시 보정된 이득, 비대칭, 위상 값을 구하였다: corrected SHA(cSHA). 자발안진이 있는 경우는 안진 사인곡선이 위 또는 아래로 수직 이동하게 된다. 현재 분석 프로그램상에는 안진 사인곡선을 위 아래로 수직 이동시키는 기능이 없기 때문에 저자들은 수동으로 안진 사인곡선을 별개의 용지에 복사하여 수직

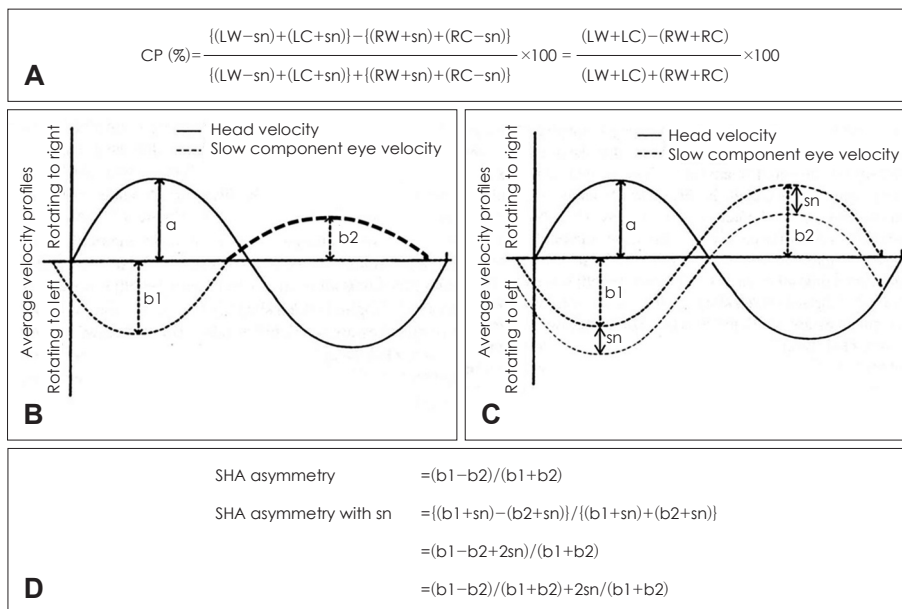


Fig. 1. Difference in the result of caloric test and sinusoidal harmonic acceleration (SHA) test when spontaneous nystagmus (sn) is present. The spontaneous nystagmus is automatically corrected in the Jongkees' formula after calculation (A). During SHA, if the patient has a left side vestibular weakness, b2 becomes smaller than b1 (B). Consequently SHA asymmetry becomes larger (D). Meanwhile, if the patient has a spontaneous nystagmus, the sine curve of the slow component eye velocity moves vertically (C). In such cases, the SHA asymmetry will become larger than the original asymmetry by $2sn/(b1+b2)$.

이동시키는 방법을 이용하였다. 먼저 컴퓨터 분석화면에 투명한 셀로판지를 대고 안진 사인곡선을 정확하게 복사하였다(Fig. 2B). 이후 각 환자별로 미리 측정해 둔 자발안진 크기만큼 안진 사인곡선을 수직으로 이동시켰다. 왼쪽 자발안진이 발생한 경우 위쪽으로, 오른쪽 자발안진이 발생한 경우 아래쪽으로 수직 이동시킨 이후 새로운 안진 사인곡선이 기준선을 중심으로 정확하게 보정되었는지 재확인하였다. 사인곡선의 최대 최소 꼭지점을 정확하게 찾은 경우, 안진 사인곡선의 x 절편은 y=0에 수렴해야 한다. 따라서 자발안진만큼 수직 이동(보정)이 정확히 되었는지를 재확인 할 수 있었다. 사인곡선이 정확하게 수직 이동한 경우, 보정된 사인곡선의 최대 최소 꼭지점의 위치를 장비에 입력하였다. 이후 장비가 보정된 이득, 비대칭, 위상 값을 계산하였다(Fig. 2C).

먼저 자발안진을 보정하지 않는 경우와 보정한 경우 이득, 위상 값이 얼마나 큰 차이가 나타나는지 확인하였다. 다음으로 자발안진 보정 전후의 비대칭 값을 비교하였다. nSHA와 cSHA 비대칭 값 중 어느 것이 임상적으로 보다 의미가 있는지 확인하기 위해 첫째, nSHA·cSHA의 비대칭 값과 온도안진검사 CP 값과의 상관관계를 확인하였다. 둘째, 자발안진이 있지만 온도안진검사상 CP 값이 정상인 환자들(내재적인 전정기능 비대칭이 크지 않는 환자들)을 선택하여 nSHA·cSHA의 비대칭 값이 동일하게 정상 범위 이내로 측정되는지 확인하였다. 셋째, nSHA·cSHA의 비대칭 값과 자발안진 크기와 상관관계를 확인하였다. 넷째, nSHA·cSHA의 비대칭 값과 어지럼 예후와의 상관관계를 분석하였다. 예후는 어지럼이 완전하게 사라진 시점까지의 기간(days)으로 규정하였다.

이득과 위상은 정상범위가 주파수 별로 다르기 때문에 주파수 별로 각각 분석하였으며, 비대칭은 주파수와 관계 없이 정상 범위가 동일하기 때문에 3개 주파수의 평균을 이용하였다. 비대칭의 정상범위는 -15~15%까지를 이용하였으며, 온도

안진검사 CP 값의 정상범위는 <30%로 규정하였다.

통계적 유의성을 분석하기 위해 SPSS v12.0을 이용하였으며, 상관성 분석은 Spearman 검정을 사용하였으며, nSHA와 cSHA의 위상 값과 비대칭 값의 분석은 Wilcoxon Signed Ranks test를 사용하였다. 유의수준이 0.05보다 작은 경우 유의한 차이가 있는 것으로 해석하였다.

결 과

이득, 위상 값의 차이

자발안진을 보정하는 경우 Wilcoxon Signed Ranks test상 cSHA의 이득은 모든 주파수에서 유의하게 작아졌다(Table 1). 위상 값은 nSHA와 cSHA 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

비대칭 값의 임상적 의미

cSHA의 비대칭 값과 nSHA 비대칭 값은 Spearman 검정 상 서로 좋은 상관관계를 보였다($p < 0.01$, $R^2 = 0.74$). 선형회귀 분석 결과 cSHA와 nSHA 상관관계 함수의 기울기는 0.36으로, 자발안진을 보정하지 않으면 비대칭 값이 약 $1/0.36 = 2.8$

Table 1. Gain and phase of non-corrected sinusoidal harmonic acceleration and corrected sinusoidal harmonic acceleration

	nSHA	cSHA	p
Gain 0.01 Hz	0.22 ± 0.10	0.18 ± 0.19	0.001*
Gain 0.04 Hz	0.38 ± 0.13	0.35 ± 0.13	0.005*
Gain 0.16 Hz	0.47 ± 0.15	0.45 ± 0.15	0.004*
Phase 0.01 Hz	47.1 ± 19.3	46.8 ± 9.6	0.400
Phase 0.04 Hz	25.3 ± 10.6	26.3 ± 10.9	0.550
Phase 0.16 Hz	8.5 ± 8.5	10.8 ± 9.1	0.326

*statistically significant difference. nSHA: non-corrected sinusoidal harmonic acceleration, cSHA: corrected sinusoidal harmonic acceleration

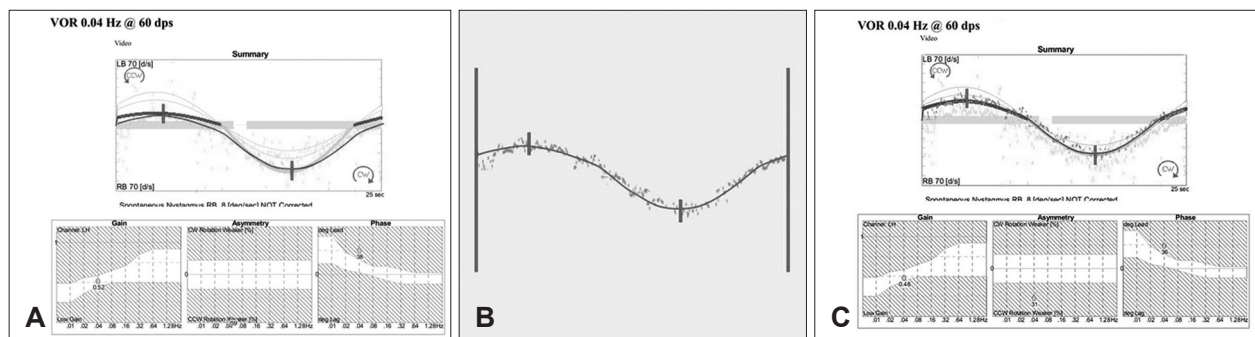


Fig. 2. Manual correction of the spontaneous nystagmus. Before correcting the spontaneous nystagmus, the green sine curve (data being entered into the computer system) is slightly different from the real tracing (blue dots) of the slow component eye velocity (A). The slow component eye velocity tracing was plotted into a transparent paper as a red sine curve (B). And then it was vertically moved according to the amount of spontaneous nystagmus. The green sine wave which can explain the vertically moved red sine curve has entered into the computer system (C). After correcting the spontaneous nystagmus, you can find that the green and red sine curve has matched exactly.

배 증가함을 알 수 있었다.

nSHA의 비대칭 값은 온도안진검사의 CP 값과 유의한 상관관계를 나타냈다(Fig. 3A, $p<0.01$, $R^2=0.56$). cSHA의 비대칭 값 역시 온도안진검사의 CP 값과 유의한 상관관계를 보였다(Fig. 3B, $p=0.02$, $R^2=0.32$).

CP<30%(정상)인 환자 9명을 분석한 결과 cSHA 비대칭 값은 6명에서 동일하게 정상 범위 이내의 값을 보이고, 3명만 비대칭 값이 비정상이었다. 반면, nSHA 비대칭 값은 2명만 정상 범위 이내의 값을 보이고 나머지 7명은 비정상적으로 큰 비대칭 값을 보였다.

nSHA의 비대칭 값은 자발안진과 좋은 상관관계를 나타냈다($p<0.01$, $R^2=0.81$). cSHA의 비대칭 값 역시 자발안진과 유의한 상관관계를 나타냈다($p<0.01$, $R^2=0.65$).

어지럼의 호전기간과 비대칭 값과의 상관성을 Spearman 검정으로 비교한 결과 nSHA, cSHA 모두 통계적 유의성을 찾지 못하였다.

고 찰

정현파 회전전자검사시 자발안진을 보정한 결과, 비대칭 값이 0.36배 작아졌다. 비대칭 값이 작아지는 것은 비교적 예상된 결과였다. 자발안진으로 인하여 안진 사인곡선이 위 또는 아래로 치우쳐 있던 것을 x 축을 기준으로 중앙으로 이동시키면 $|b1-b2|$ 값이 줄기 때문에 비대칭 값이 작아지게 된다. 만약 자발안진을 보정하지 않으면, 서론에서 언급한 바와 같이 약 $2sn/(b1+b2)$ 만큼 비대칭 값의 증가분이 발생하고, 본 연구 결과 비대칭 값이 약 2.8배 과장되는 효과가 발생함을 알 수 있었다. 저자들은 cSHA의 비대칭 값이 실제 환자의 내재적 전정기능 비대칭을 반영한다고 추정하였다. 왜냐하면, cSHA만 자발안진이 없는 환자와 동일한 조건에서 비대칭 값을 산출한 것이기 때문이다. nSHA의 비대칭 값은 내재적인 전정기능의 비대칭 효과와 자발안진으로 인한 효과가 합쳐진 것이라고

생각된다. 실제 본 연구에서 CP 값이 정상인 환자 9명의 비대칭 값을 조사한 결과 cSHA 비대칭 값은 6명이 동일하게 정상 범위 이내의 값을 보이고, 3명만 비대칭 값이 비정상이었다. 즉 66.7%의 환자는 온도안진검사와 cSHA 결과가 일치하였다. 반면, nSHA 비대칭 값은 2명만 정상 범위 이내이고 7명은 비정상적으로 큰 비대칭 값을 보여, 22.2%의 환자만 온도안진검사와 nSHA 결과가 일치하였다. 이러한 차이가 나타나는 이유는 nSHA의 비대칭 값이 자발안진으로 인하여 약 2.8배 과장되었기 때문으로 생각된다.

그러나 상반된 관점에서 바라보면, 자발안진이 있는 경우 비대칭 값이 크게 두드러지면 오히려 더 바람직한 것이 아닌지 생각해 볼 수도 있다. 즉, nSHA는 환자가 느끼는 증상 또는 환자의 전체적인 기능적 상태를 오히려 잘 반영하는 것이라고 생각할 수 있다. 저자들도 이러한 의견에 공감하며, nSHA의 비대칭 값을 기존의 방식으로 사용해도 문제가 없을 것으로 생각한다. 본 연구 결과에서도 nSHA의 비대칭 값이 Wilcoxon 검정상 cSHA의 비대칭 값, CP 값, 자발안진 크기와 모두 유의한 상관 관계를 보였다. 따라서 nSHA의 비대칭 값은 임상적으로 의미가 있으며 환자의 상태를 파악하는 데 도움이 될 것이다. 다만, 결과를 판독하는 임상가는 nSHA 비대칭 값이 자발안진으로 인하여 실제 환자의 내재적 전정기능 비대칭보다 과장되었을 수 있음을 이해할 필요가 있다. 즉 nSHA는 환자의 전체적인 기능적 상태를 반영한 결과이고, 환자의 순수한 내재적 전정기능 비대칭만을 파악하고자 하는 경우는 자발 안진을 보정한 cSHA 비대칭 값을 산출하면 될 것이다. 또 검사 결과를 기술할 때 자발안진을 교정한 경우는, cSHA 결과임을 정확하게 명시해 준다면 무리가 없을 것이다.

흥미로운 사실은 자발안진을 보정한 결과, 모든 주파수에서 이득 값이 유의하게 작아졌다는 점이다. 이득은 사인곡선의 최대 꼭지점부터 최소 꼭지점 사이의 peak to peak amplitude를 이용하여 구하기 때문에, 이론적으로 사인곡선이 위 아래로만 수직 이동한다면 이득 값이 변하지 않아야 한다. cSHA

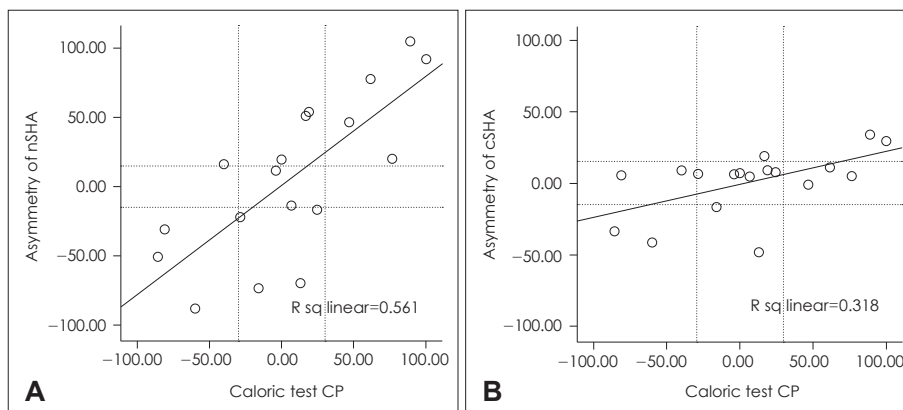


Fig. 3. Correlation between the sinusoidal harmonic acceleration asymmetry and canal paresis (CP). A significantly correlation was identifiable between the asymmetry and CP in both nSHA (A) and cSHA (B). Vertical lines represent normal limits of CP (<30%) and horizontal lines represents normal limits of asymmetry (<15%). nSHA: non-corrected sinusoidal harmonic acceleration, cSHA: corrected sinusoidal harmonic acceleration.

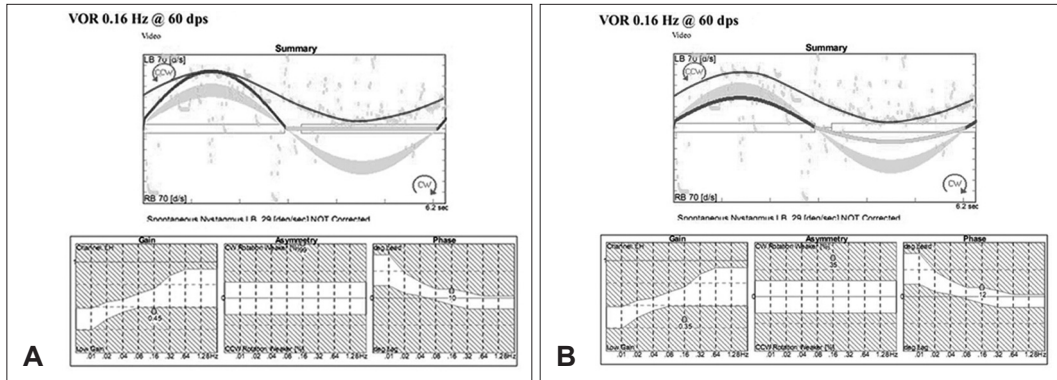


Fig. 4. A case with large spontaneous nystagmus. Due to the large spontaneous nystagmus the slow component eye velocity tracing has been vertically shifted upward beyond the horizontal baseline (blue dot and red line). In such cases it is difficult to fit the green sine curve (data being entered into the computer system) correctly to the slow component eye velocity tracing. Accordingly the examiner will tend to fit the green curve as a straight line to represent the upward shifting of the slow component eye velocity tracing (A, nSHA). This may result in a slight change of the gain. When the spontaneous nystagmus is corrected (B, cSHA), the curvature of the green and red sine curve matches exactly and the gain becomes slightly smaller than the nSHA. nSHA: non-corrected sinusoidal harmonic acceleration, cSHA: corrected sinusoidal harmonic acceleration.

이득이 줄어드는 이유는 명확하지 않지만, 아마도 사인곡선이 수평 기준선($y=0$)을 벗어날 정도로 심하게 수직 이동하는 경우가 발생하기 때문으로 추정된다. 자발안진이 커질수록 수직 이동 거리가 멀어지고, 자발안진의 크기가 회전의자 자극으로 유발된 안진의 크기보다 커지면, 안진 사인곡선이 수평 기준선보다 위로 또는 아래로 이동하게 된다(Fig. 4A). 이 경우 장비에 입력되는 사인곡선을 실제 측정된 안진에 맞추려면 사인곡선 형태를 유지할 수 없고, 절반의 꼭지점들이 반대 방향으로 반전되어 마치 위 또는 아래로 접힌 사인곡선 형태가 되어야 한다. 검사자들은 이 경우 사인곡선을 반전시키지 않고 수평에 가까운 직선으로 대체하게 되는데, 이렇게 되면 실제 측정된 안진을 연결한 곡선의 꼭지점이 대체된 직선에 미처 도달하지 못하게 되는 경우가 발생한다(Fig. 4A). 즉 장비에 입력되는 사인곡선의 peak to peak amplitude가 실제보다 커지게 되어 이득이 과장되는 효과가 발생하는 것으로 생각된다. 반면 자발안진을 보정하면, 안진 사인곡선이 중앙으로 돌아오기 때문에 장비에 입력되는 사인곡선의 최대·최소 꼭지점을 실제 측정된 안진의 최대·최소 꼭지점에 정확히 일치하게 만들 수 있다(Fig. 4B). 따라서 사인곡선의 peak to peak amplitude 오류가 교정되는 것으로 생각된다.

추가적으로 유념해서 관찰할 점은, 자발안진을 보정하지 않은 경우 Fig. 4A와 같이 장비에 입력되는 사인곡선과 실제 측정된 안진 곡선 사이에 상당한 괴리가 있다는 점이다. 최대·최소 꼭지점 위치만 비슷하게 맞출 수 있을 뿐, 실제 측정된 안진 점들의 궤적에 정확히 부합하는 사인곡선을 입력하는

것이 불가능하다. 반면 자발안진을 교정하면 nSHA와 달리 장비에 입력되는 사인곡선과 실제 측정된 안진 곡선이 정확히 잘 일치하게 된다. 이러한 점은 회전의자점사시 자발안진 보정이 필요한 추가적인 근거가 될 수 있을 것이다.

본 연구에서 아쉬운 점은, 어지럼이 호전된 기간과 회전의자 검사 결과의 연관성을 증명하지 못한 점이다. 만약 cSHA가 내재적 전정기능 비대칭을 반영하는 것이 맞다면, 임상적 예후와 더 좋은 상관 관계를 보이지 않을까 기대하였다. 그러나 nSHA, cSHA 모두 예후와는 유의한 상관 관계가 없는 것으로 나타났다. 또 환자 수가 19명으로 많지 않다는 점 또한 본 연구의 한계점으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Clarke AH. Perspectives for the comprehensive examination of semi-circular canal and otolith function. *Biol Sci Space* 2001;15(4):393-400.
- 2) O'Leary DP, Davis LL. High-frequency autorotational testing of the vestibulo-ocular reflex. *Neurol Clin* 1990;8(2):297-312.
- 3) Ahmed MF, Goebel JA, Sinks BC. Caloric test versus rotational sinusoidal harmonic acceleration and step-velocity tests in patients with and without suspected peripheral vestibulopathy. *Otol Neurotol* 2009;30(6):800-5.
- 4) Hamid MA. Determining side of vestibular dysfunction with rotatory chair testing. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;105(1):40-3.
- 5) Hamid MA. Clinical value of sinusoidal harmonic acceleration test results. Site of lesion and side of lesion. *Neurol Clin* 1990;8(2):287-95.
- 6) Rubin W. Sinusoidal harmonic acceleration test in clinical practice. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1981;90(4 Pt 3):18-25.
- 7) Suh MW, Kim YH, Jung JY, Rhee CK. Clinical implication of high VOR gain in slow harmonic acceleration. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2009;52(11):874-79.