

상반된 결과를 보이는 온도안진검사와 비디오 두부충동검사

인하대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실,¹ 소리이비인후과²

양승찬¹ · 황준하¹ · 김현지¹ · 이승철² · 김규성¹

Dissociation between Caloric Test and Video Head Impulse Test

Seung-chan Yang, MD¹, Jun-ha Hwang, MD¹, Hyun Ji Kim, MD¹,

Seung-Chul Lee, MD, PhD² and Kyu-Sung Kim, MD¹

¹Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Inha University College of Medicine, Incheon; and ²Soree Ear Clinic, Seoul, Korea

— ABSTRACT —

Background and Objectives : The caloric test has been useful method to recognize the loss of peripheral vestibular function. The video head impulse test (vHIT) is also very simple and useful method to detect the peripheral vestibular loss by observing the corrective saccade as well as by measuring the gain of vestibulo-ocular reflex (VOR). But the results between these two tests can be different, depending on the functional status of clinical entity of dizziness. In this study, cases with different results between two tests were categorized to find out the further diagnostic value of these two tests and have useful insight for pathophysiology of the vestibular disease. **Materials and Methods** : 211 ears from 201 patients of dizziness who both bithermal caloric test and vHIT were performed, were included. vHIT was performed using ICS impulse[®] (ICS impulse[®], Otometrics, Taastrup, Denmark) on horizontal plane and was repeated about 20 times in each direction randomly. Peak head velocity was controlled as 150–200 degree/second by monitoring the recording of head velocity during the test. Canal paresis (CP) more than 25% in caloric test and the presence of corrective saccade with low gain (less than 0.8) in vHIT were decided as abnormal. Clinical findings of the patients with different results between caloric test and vHIT were reviewed and categorized according to the causes of dizziness. **Results** : The results between caloric test and vHIT were opposite in 32.2% (68/211 ears) which were normal vHIT with canal paresis ('CP+ & vHIT-') in 92.6% (63 ears) and abnormal vHIT without canal paresis ('CP- & vHIT+') in 7.4% (5 ears). 63 ears of 'CP+ & vHIT-' included Meniere's disease (32 ears, 50.8%), benign recurrent vertigo (12 ears, 19%), positional vertigo of unknown cause (9 ears, 14.3%) and other causes of dizziness (10 ears, 15.9%). In case of 55 ears of Meniere's disease included in this study, the results were opposite in 32 ears (58.2%) which all of them were 'CP+ & vHIT-'. 'CP- & vHIT+' were only 5 ears, which were acute vertigo syndrome in 2 ears, opposite ears of unilateral vestibular loss in 2 ears, and unknown cause of dizziness in 1 ear. **Conclusions** : In 32.2% of dizzy patients, the loss of VOR depends on the frequency range of VOR, and 'CP+ & vHIT-' is the most common pattern. The most common clinical entity of 'CP+ & vHIT-' is Meniere's disease, but the frequency selective loss of VOR occurs in variety of causes of dizziness.. (J Clinical Otolaryngol 2016;27:269–274)

KEY WORDS : Caloric tests · Head impulse test · Vestibular function tests.

논문접수일 : 2016년 9월 1일 / 논문수정일 : 2016년 10월 5일 / 심사완료일 : 2016년 11월 14일

교신저자 : 김규성, 22332 인천광역시 중구 인항로 27 인하대학교 의과대학 이비인후-두경부외과학교실

전화 : (032) 890-3620 · 전송 : (032) 890-3580 · E-mail : stedman@inha.ac.kr

서 론

말초성 전정기능장애의 평가는 다양한 검사 결과를 종합하여 이루어지므로 각 검사의 목적을 아는 것과 검사 결과의 해석 및 적용이 중요하다. 전정안반사(Vestibulo-ocular reflex, VOR)의 평가에는 온도안진검사(Caloric test)와 회전일자검사(Rotation test), 두부충동검사(Video head impulse test, vHIT)가 이용된다.¹⁾ 온도안진검사는 약 0.003 Hz, 회전일자검사는 0.01~0.64 Hz의 주파수대를 측정하는 저주파 영역에 대한 검사이며, 두부충동검사는 일상 생활에서 발생하는 약 1~5 Hz의 고주파 영역의 전정안반사를 평가할 수 있다.¹⁾ 온도안진검사는 물 또는 공기를 이용하여 측두골 내에 온도 경사를 만들어 안진을 유발하는 검사로, 양측 귀를 각각 자극하는 것이 가능하여 일측 전정기관을 독립적으로 평가할 수 있어 말초성 장애의 확인과 병변의 국소화에 유용하다.²⁾ 두부충동검사는 Halmagyi 등³⁾이 1988년에 일측 수평반고리관의 기능저하가 있는 환자들에서 병측을 향해 빠른 속도로 머리를 회전 시킬 때 교정성 단속운동이 발생함을 발견한 이후 널리 쓰이는 검사로 일측 말초성 장애를 평가할 수 있는 간단하면서도 신뢰할 수 있는 검사이다. 일상생활영역의 주파수에서 발생하는 전정안반사를 평가할 수 있으며, 수직반고리관의 평가가 가능하고 외래에서 간단하게 시행할 수 있다는 장점이 있다. 이전까지는 나안 또는 공막탐지코일법을 이용하여 두부충동검사를 시행하였으나 2009년 고속카메라를 이용하여 안구움직임을 추적할 수 있는 비디오 두부충동검사(Video head impulse test, vHIT)가 개발되어 현재는 임상에서 사용되고 있다.⁴⁾ 두 검사 모두 임상적으로 중요성이 큰 검사이며 어지럼을 호소하는 환자에서 흔히 시행되는 검사이다.

그러나 두 검사가 다른 주파수 영역을 평가하며, 상이한 메커니즘으로 전정안반사를 유발하므로 검사간에 상반된 결과를 보이는 경우가 있다.^{5-12,18)} 이 논문의 목적은 두 검사 결과를 어지럼의 원인에 따라 분류 및 분석하여 어지럼 진단과 전정질환의 병태생리학적 연구에 유용한 정보를 제시하고자 한다.

대상 및 방법

대 상

2014년 1월부터 2014년 12월까지 어지럼을 주소로 내원한 201명의 환자를 대상으로 의무기록 및 검사 결과를 후향적으로 분석하였다. 201명의 환자 모두에서 양측 귀의 양온교대 온도안진검사와 비디오 두부충동검사를 시행하여 211귀에 대한 결과를 얻었다. 연구대상에서 중추성 어지러움, 염증성 내이 및 중이 질환에 동반된 어지러움으로 진단된 환자는 제외하였다.

방 법

온도안진검사는 개방회로를 이용하여 찬물자극으로 33℃의 냉수를, 따뜻한 물 자극으로 44℃ 온수를 이용하여 각각 30초간 자극하였다. 자세는 앙와위에서 두부를 30° 거상한 상태에서 진행하였으며, 따뜻한 물 자극을 각각의 귀에 가한 후, 찬물자극을 각각의 귀에 가하였다. 비디오 안진검사장비(ICS[®], Otometrics, Taastrup, Denmark)를 사용하여 안진을 측정하였으며, 반고리관 마비(Canal paresis, CP) > 25%인 경우를 양성(CP+)으로 정의하였다.

비디오 두부충동검사는 ICS impulse[®](ICS impulse[®], Otometrics, Taastrup, Denmark)을 이용하였으며 수평반고리관을 측정하였다. 고정목표가 있는 벽에서 1 m 떨어진 곳에 환자를 의자에 앉히고, 고글을 적절하게 환자의 머리에 고정시켰다. 환자에게 목표점을 계속 응시하게 한 후 보정(Calibration)을 시행 후 검사를 시작하였다. 머리 회전각은 10~20°, 머리 회전 속도는 150~200°/sec였으며, 각 방향에서 20회 반복시행 하였으며, 머리 회전시 피검사자가 머리 회전의 방향을 예측할 수 없도록 방향을 무작위로 시행하였다. 교정성 단속운동(Corrective saccade)를 보이며, 낮은 이득(<0.8)인 경우를 비디오 두부충동검사 양성(vHIT+)으로 정의하였다.

결 과

연구에 포함된 201명의 환자 중 남자는 100명, 여자는 111명이었고, 평균나이는 52.03±16.19(평균±표준편차)이었다. 201명의 환자 중 일측 전정기능저하를 보인

Table 1. Expectation of Caloric response with vHIT result

	CP+	CP-	Total (n=211)
vHIT+	55 (91.7%)	5 (8.3%)	60 (100%)
vHIT-	63 (41.7%)	88 (58.3%)	151 (100%)

CP : canal paresis, vHIT : video head impulse test, CP+ : canal paresis more than 25% in caloric test, vHIT+ : presence of corrective saccade with low gain (less than 0.8) in vHIT

Table 2. Causes of dizziness in Group 1 ('CP+ & vHIT-')

Cause of dizziness	No. of patients (%) (n=63)
Meniere's disease	32 (50.8%)
Benign recurrent vertigo	12 (19%)
Positional vertigo of unknown cause	9 (14.3%)
Others	10 (15.9%)
- Sudden SNHL with vertigo	4
- Acute vestibular neuritis	2
- First single vertigo attack	1
- Chronic imbalance with recurrent BPPV	1
- Post head injury dizziness with BPPV	1
- Recurrent dizziness of unknown cause	1

CP : canal paresis, vHIT : video head impulse test, SNHL : sensorineuronal hearing loss, CP : canal paresis more than 25% in caloric test, vHIT+ : presence of corrective saccade with low gain (less than 0.8) in vHIT

환자 191명이었다. 양측 귀에 전정기능저하를 보인 경우는 총 10명이었으며, 남자는 3명, 여자는 7명이었으며, 평균나이는 58.67±17.76(평균±표준편차)이었다. 이들 10명의 진단은 5명은 급성 현훈 증후군(Acute vertigo syndrome), 3명은 메니에르병, 1명은 현훈을 동반한 돌발성 감각신경성 난청, 1명은 양성 재발성 현훈(Benign recurrent vertigo)이었다.

온도안진검사와 비디오 두부충동검사간의 상이한 결과를 보인 경우는 전체 211귀 중 68귀로 32.2%로 확인되었다. 상이한 결과를 보인 귀를 두 그룹으로 분류하였다. 첫 번째 그룹은 CP+와 vHIT-로 측정된 그룹('CP+ & vHIT-')이며 상이한 결과를 보인 68귀 중 63귀(92.6%)가 첫 번째 그룹에 포함되었다. 두 번째 그룹은 CP-와 vHIT+로 측정된 그룹('CP- & vHIT+')이며 5귀(7.4%)가 이 그룹에 해당하였다. 비디오 두부충동검사 결과에 따른 온도안진검사 결과를 보면, vHIT+를 보인 총 60

Table 3. Causes of dizziness in Group 2 ('CP- & vHIT+')

Causes of dizziness	No. of patients (n=5)
Acute vertigo syndrome	2
Contralateral side of canal paresis	2
- Acoustic neuroma	1
- Acute vestibular neuritis	1
Unknown	1

CP : canal paresis, vHIT : video head impulse test, CP : canal paresis more than 25% in caloric test, vHIT+ : presence of corrective saccade with low gain (less than 0.8) in vHIT

Table 4. Caloric test and vHIT in patients with Meniere's disease

	CP+	CP-	Total (n=55)
vHIT+	6	0	6 (10.9%)
vHIT-	32	17	49 (89.1%)
Total	38 (69.1%)	17 (20.9%)	55 (100%)

CP : canal paresis, vHIT : video head impulse test, CP : canal paresis more than 25% in caloric test, vHIT+ : presence of corrective saccade with low gain (less than 0.8) in vHIT

귀 중, CP+를 보인 귀는 55귀로 91.7%에 해당한다. vHIT-를 보인 151귀 중, CP-를 보인 귀는 88귀로 58.3%로 확인되었다(Table 1).

CP+와 vHIT-로 측정된 첫 번째 그룹에서 가장 흔한 어지럼의 원인은 메니에르병(50.8%)로 확인되었으며, 그 뒤를 이어 양성 반복성 현훈(Benign recurrent vertigo, BRV) 및 원인 미상의 체위성 현훈이 각각 19%, 14.3%를 차지하였다(Table 2).

두 번째 그룹('CP- & vHIT+')은 총 5귀가 포함되었으며, 급성 현훈 증후군(Acute vertigo syndrome)이 2귀, Contralateral side of canal paresis 2귀, 원인미상의 어지러움이 1귀로 확인되었다(Table 3).

'CP+ & vHIT-' 그룹에서 가장 많은 비율을 차지한 어지럼의 원인은 메니에르병이었다. 메니에르병에 이환된 경우에서 온도안진검사와 비디오 두부충동검사를 분류하여 보면, 메니에르병으로 진단된 55귀 중 vHIT-로 측정되는 비율은 89.1%이며, CP+로 측정되는 비율은 69.1%이다. vHIT-와 CP+로 측정되는 비율은 55귀중 32귀가 해당하여 58%로 확인되었다(Table 4).

고 찰

온도안진검사는 비싸지 않고 재현성이 높으며, 일측의 전정기관을 독립적으로 평가할 수 있다는 장점이 있어 병변의 국소화에 매우 유용한 검사이다.²²⁾ 그러나 비생리적이며 부자연스러운 자극을 통하여 검사가 이루어지므로 피검사자가 구역, 구토 등을 경험할 수 있다. 또한 저주파 영역(약 0.003 Hz)을 측정하며, 수평 반고리관의 기능만을 파악하므로 해석에 제한이 있다. 따라서 말초성 어지러움의 평가에 다양한 종류의 전정기능 검사를 시행하는 것이 필요하다. 그 중 비디오 두부충동검사는 일측의 전정기관에 대한 독립적인 평가가 가능하며 생리적인 주파수 영역(1~5 Hz)을 측정하고 외래에서 손쉽게 시행할 수 있다는 점에서 유용성이 높다. 두 검사의 결과를 비교 분석한 연구는 그동안 다양하게 이루어져 왔으나, 국내의 보고는 많지 않았다. 본 연구는 말초성 어지러움으로 진단받은 국내의 환자를 대상으로, 두 검사 결과를 비교 분석하였으며, 본 연구의 결과는 추후 이루어질 국내 환자들을 대상으로 한 두 검사간의 비교 연구에 유용한 정보를 제공할 것으로 생각된다.

본 연구에서 분석한 바에 따르면, 두 검사간의 결과가 일치하는 경우는 211귀 중 143귀로 68%를 차지하였다. 이 중 두 검사에서 모두 양성을 보인 경우는 전체 귀 중 26%였으며, 두 검사 모두에서 음성을 보인 경우는 전체 귀 중 48%로 확인되었다. 두 검사결과간의 일치는 쉽게 예측가능하며, 이러한 양상을 보인 질환에는 전정신경염, 어지러움을 동반한 감각신경성난청, 메니에르병 등이 있었다. 본 연구에서 중점을 두어 분석한 부분인 두 검사간의 결과가 불일치한 경우에는 반고리관 마비 양성과 정상 비디오 두부충동검사를 보인 경우가 가장 흔하였다. 이 경우, 가장 많은 수를 차지하는 것은 메니에르병이었다. 이러한 결과는 이전에 다른 연구들을 통해 보고된 바와 일치한다.⁵⁻¹²⁾ McGarvie 등⁵⁾은 메니에르병에서의 이러한 현상을 온도안진검사와 비디오 두부충동검사의 팽대부릉정의 변위를 유발하는 메커니즘의 차이와 메니에르의 특징 중 하나인 확장된 막성미로에 의한 현상이라는 가설로 설명하고 있다. 이 가설에 따르면, 온도안진검사에서 정상인의 경우 온도자극이 대류현

상을 통해 내이로 전달되어 막성미로내에서 내림프의 흐름이 유발된다. 이로 인해 팽대부릉정의 변위가 유발되어 안진이 유발된다. 메니에르병에 이환된 경우, 골성미로의 크기는 그대로이나 막성미로가 확장되어 국소적인 막성미로 내의 흐름이 유발된다. 이로 인해 팽대부릉정의 편위를 유발할만한 정수압(Hydrostatic pressure)이 형성되지 않아 반고리관 마비 양성 소견이 나타나게 된다. 반면, 비디오 두부충동검사에서는 확장된 막성미로로 인해 난형낭과 팽대부 주위의 내림프의 양이 증가하게 된다. 이러한 상황에서 두부충동이 이루어 질 경우, 역학적 자극에 의해 와류의 형성이 증가하여 비디오 두부충동검사상에서 이득(Gain)이 증가할 수 있다.⁵⁾ 메니에르병에 이환된 환자에서 두 검사 모두에서 양성 또는 음성을 보이는 경우도 있었는데, 메니에르병의 병기에 따라 두 검사의 결과가 달라질 수 있음이 보고된 바 있어 이로 인한 결과일 것으로 추정된다.²¹⁾

본 연구결과에 따르면, 온도안진검사와 비디오 두부충동검사가 상반된 결과를 보이는 질환은 메니에르병 이외에 BRV와 원인미상의 체위성 현훈이 있었다.

1979년 Slater¹⁹⁾에 의해 도입된 BRV는 중추성 또는 여타 다른 이과학적인 질환으로 설명되지 않으며, 반복적이며 자발적으로 발생하는 어지러움 발작으로 정의된다. BRV는 일반적으로 온도안진검사상 반고리관마비를 동반하지 않지만, 장기적 추적관찰에서 메니에르병으로 진행되는 경우를 볼 수 있으므로, 이를 염두에 두어 BRV로 진단한 환자의 추적관찰 시 증상의 발현양상이나 객관적 검사 소견의 변화를 예의 주시하여야 한다.

원인미상의 체위성 현훈으로 분류된 환자군은 과거력 및 이학적 검사 결과 및 검사 시기를 고려하였을 때, 양성 돌발성 체위성 현훈이 호전된 시기에 검사를 수행하였을 가능성이 높다고 판단하였다. 양성 돌발성 체위성 현훈(Benign paroxysmal positional vertigo, BPPV)는 양측 6개의 반고리관에 반고리관이석(Canalolithiasis), 팽대부릉정이석(Cupulolithiasis), 반고리관 막힘(Canalith jam) 등의 병변이 발생하여 체위 변환시 이환된 반고리관에 따라 특징적 안진이 나타나는 질환으로 정확한 진단 및 적절한 치료로 높은 치료 효과를 보인다.^{13,14)}

과거 보고에 따르면, BPPV는 전정기능 저하를 유발하지 않는 것으로 알려졌으나,^{15,17)} 최근 BPPV가 반고리

관 마비를 흔히 동반한다는 사실이 보고되고 있다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 이에 대한 원인은 아직 명확하게 밝혀져 있지 않으나, 몇몇 연구에서는 반고리관 내의 존재하는 이석이 내림프의 흐름을 방해하게 되고, 이로 인해 팽대부릉정의 변위가 감소한다는 가설로 설명하고 있다.¹⁸⁾ 현재까지 보고된 바로는 BPPV에서 온도안진검사와 비디오 두부충동검사 결과간의 차이에 대한 연구에 부족한 실정이므로, 이에 대한 후속연구가 필요할 것으로 생각된다.

반고리관 마비 음성과 비디오 두부충동검사상 양성을 보인 그룹(CP- & vHIT+)은 매우 적은 비율로 확인되었다. 이러한 결과가 나타난 원인으로는 검사상의 오류를 가장 먼저 고려할 수 있다. 비디오 두부충동검사서 검사과정상 비디오 고글 장비가 두부에 느슨하게 고정될 경우, 고글의 미끄러짐에 의해 이득 값의 변화가 유발될 수 있다. 최근 비디오 고글 장비의 고정 정도와 두부 회전속도에 따라 이득 값이 증가 또는 감소할 수 있음이 보고된 바 있다.²⁰⁾ 또한 과도한 두부 회전속도, 순운동이 낮은 환자 등의 원인에 의해 비디오 두부충동검사상 이득이 저하되는 현상이 있을 수 있으므로 검사과정상에서 이러한 점에 유의하여야 한다.

결 론

32.2%의 어지럼 환자에서 온도안진검사와 비디오 두부충동검사상 상반된 결과를 보였으며, 이 중 반고리관 마비 양성과 정상 비디오 두부충동검사(CP+ & vHIT-)를 보인 경우가 가장 많았다. 이 그룹에서 어지럼의 원인 중 가장 흔한 것은 메니에르병이었으며, 이외에도 BRV, BPPV로 추정되는 원인미상의 체위성 어지러움에서도 상반된 온도안진검사와 비디오 두부충동검사 결과를 보였다.

중심 단어 : 온도안진검사 · 비디오 두부충동검사.

This study is supported by INHA University Research Grant. This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (NRF-2016R1C1B2014826).

REFERENCES

- 1) Choi KD, Oh SY, Kim JS. Head thrust test. *J Korean Soc Clin Neurophysiol* 2006;8(1):1-5.
- 2) Eza-Nuñez P, Fariñas-Alvarez C, Perez-Fernandez N. The caloric test and the video head-impulse test in patients with vertigo. *Int Adv Otol* 2014;10(2):144-9.
- 3) Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Arch Neurol* 1988;45(7):737-9.
- 4) MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS. The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology* 2009;73(14):1134-41.
- 5) McGarvie LA, Curthoys IS, MacDougall HG, Halmagyi GM. What does the dissociation between the results of video head impulse versus caloric testing reveal about the vestibular dysfunction in Ménière's disease? *Acta Otolaryngol* 2015;135(9):859-65.
- 6) McGarvie LA, Curthoys IS, MacDougall HG, Halmagyi GM. What does the head impulse test versus caloric dissociation reveal about vestibular dysfunction in Ménière's disease?. *Ann N Y Acad Sci* 2015;1343(9):58-62.
- 7) Jung J, Suh MJ, Kim SH. Discrepancies between video head impulse and caloric tests in patients with enlarged vestibular aqueduct. *Laryngoscope*. 2016 Jul 4.
- 8) Maire R, van Melle G. Vestibulo-ocular reflex characteristics in patients with unilateral Ménière's disease. *Otol Neurotol* 2008;29(5):693-8.
- 9) Furman JM, Kamerer DB. Rotational responses in patients with bilateral caloric reduction. *Acta Otolaryngol* 1989;108(5-6):355-61.
- 10) Park HJ, Migliaccio AA, Della Santina CC, Minor LB, Carey JP. Search-coil head-thrust and caloric tests in Ménière's disease. *Acta Otolaryngol* 2005;125(8):852-7.
- 11) Funabiki K, Naito Y, Honjo I. Vestibulo-ocular reflex in patients with Meniere's disease between attacks. *Acta Otolaryngol* 1999;119(8):886-91.
- 12) McCaslin DL, Jacobson GP, Bennett ML, Gruenwald JM, Green AP. Predictive properties of the video head impulse test: measures of caloric symmetry and self-report dizziness handicap. *Ear Hear* 2014;35(5):e185-91.
- 13) Jeon HG, Song SH, Han GC, Huh JM. Analysis of Factors that Affect the Result of Vestibular Rehabilitation in the Treatment of Benign Paroxysmal Position Vertigo. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2001; 44(12):1259-63.
- 14) Baloh RW, Honrubia V, Jacobson K. Benign positional vertigo: clinical and oculographic features in 240 cases. *Neurology* 1987;37(3):371-8.
- 15) Dix MR, Hallpike CS. The Pathology, Symptomatology and diagnosis of certain common disorders of the vestibular system. *Proc R Soc Med* 1952;45(6):341-54.
- 16) Stahle J, Terins J. Paroxysmal positional nystagmus: an electronystagmographic and clinical study. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1965;74(1):69-83.

- 17) Katsarkas A. *Electronystagmographic (ENG) findings in paroxysmal positional vertigo (PPV) as a sign of vestibular dysfunction. Acta Otolaryngol 1991;111(2):193-200.*
- 18) Kim BG, Lee JS, Chun JH, Chang JH, Kim IW, Choi DJ et al. *Clinical analysis of the canal paresis in patients with benign paroxysmal positional vertigo. J Korean Balance Soc 2007;6(1):36-40.*
- 19) Slater R. *Benign recurrent vertigo. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1979;42(4):363-7.*
- 20) Suh MW, Park JH, Kang SI, Lim JH, Park MK, Kwon K. *Effect of goggle slippage on the video head impulse test outcome and its mechanisms. Otol Neurotol 2016 Oct.*
- 21) Mahringer A, Rambold HA. *Caloric test and video-head-impulse: a study of vertigo/dizziness patients in a community hospital. Eur Arch Otorhinolaryngol 2014;271(3):463-72.*
- 22) Park MH, Hong SJ, Nam EC, Yoon TH, Kim YK, Lee KS. *Correlations of caloric test, velocity step test and posturography in unilateral peripheral vestibulopathy. J Clinical Otolaryngol 2000;11(1):53-9.*