

## 두부충동 검사

서울대학교 의과대학 분당서울대병원 신경과학교실,  
부산대학교 의과대학 신경과학교실 의학연구소\*, 충남대학교 의과대학 신경과학교실†

최광동\* · 오선영† · 김지수

## Head Thrust Test

**Kwang-Dong Choi, M.D.\*, Sun-Young Oh, M.D.†, Ji Soo Kim, M.D.**

*Department of Neurology, College of Medicine, Seoul National University,  
Seoul National University Bundang Hospital, Department of Neurology, Pusan National University Hospital,  
Pusan National University School of Medicine and Medical Research Institute\*,  
Department of Neurology, Chungnam National University Hospital†*

The head thrust maneuver is a simple bedside test of the higher frequency vestibulo-ocular reflex, which is based on Ewald's second law. It is performed by grasping the patient's head and applying a brief, small-amplitude, high-acceleration head turn, first to one side and then to the other. The patient fixates on the examiner's nose and the examiner watches for corrective rapid eye movements (saccades), which are a sign of decreased vestibular response. The "catch-up" saccades after a head thrust in one direction indicate a peripheral vestibular lesion on that side (in the labyrinth or the 8<sup>th</sup> nerve including the root's entry zone in the brain stem). An individual pair of vertical semicircular canals can also be stimulated by turning the head to the right or left by 45° and then by rotating the head in the pitch plane relative to the body. Recent studies have suggested that assessment of individual semicircular canal function by head thrust test may provide useful information for anatomical and functional details of a variety of peripheral vestibulopathies and for predicting the prognosis of vestibular neuritis. In central vestibulopathy, the head thrust test may also be valuable sign to determine dysfunction of the central pathways from individual semicircular canals and its role for the development of diverse central nystagmus.

**Key Words:** Head thrust test, Semicircular canal function, Vestibulopathy

## 서 론

전정안반사(vestibulo-ocular reflex, VOR)는 머리 회전 시 머리 회전 속도와 동일하게 반대 방향으로 안구를 움직임으로서 선명한 시각(vision)을 얻게 하는 반응으로, 전정신경의 머리 회전 속도 정보가 전정신경핵(vestibular nucleus)을 거쳐 안구 운동 신경원(ocular

motor neuron)으로 전달되어 발생한다.<sup>1</sup> 전정안반사는 잠복기가 16 ms 이내로 다른 안구운동들에 비해 상당히 짧아, 머리 회전에 대해 보다 신속하게 안구운동을 유도한다. 전정안반사는 머리 회전에 반응하는 반고리관(semicircular canal)에 의해 유발되는 각전정안반사(angular VOR)와 머리의 기울임, 상하 또는 전후 운동과 중력 등이 주어지는 상태를 감지하는 이석기관(otolithic organ)에 의하여 유발되는 선전정안반사(translational VOR)로 분류할 수 있다. 전정안반사는 저주파에서 고주파 영역 전반에 걸쳐 작동하며, 저주파 영역에서의 이득(gain)은 0.3~0.6으로 낮은데 반해, 고주파 영역(1~5 Hz)에서는 1에 가깝다. 낮은 저주파 영역에서의 이득은 원할추종운동(smooth pursuit)으로 보상된다. 일상 생활에서의 전정안반사는 대부분 고주파 영역(1~5 Hz)에서

Address for correspondence

**Ji Soo Kim, M.D., Ph.D.**

Department of Neurology, College of Medicine, Seoul National University  
Seoul National University Bundang Hospital  
300 Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-707, Korea  
Tel: +82-31-787-7463 Fax: +82-31-719-6828  
E-mail : jisookim@snu.ac.kr

이루어지며, 일상적인 보행(locomotion) 시에도 0.5~5 Hz 고개 흔들림이 발생한다.<sup>2</sup> 하지만, 임상에서 흔히 사용되고 있는 전정안반사의 검사들은 저주파영역에만 국한되어 있어(온도안진검사: 0.003 Hz, 회전외자검사: 0.01~0.64 Hz), 일상 생활에서의 전정안반사를 반영하는데 무리가 있으며, 가쪽반고리관(horizontal semicircular canal)의 기능 평가에만 국한되어 있다는 한계점이 있다. 이에 반해 두부충동검사(head thrust test)는 2 Hz 이상 고주파 영역에서의 전정안반사를 평가할 수 있고, 임상에서 누구나 손쉽게 시행할 수 있으며, 무엇보다도 수직반고리관들의 기능 평가가 가능하다는 점에서 임상적 중요성이 크다. 본 장에서는 두부충동검사의 원리, 검사법과 실제 말초 및 중추성 전정신경병증에서의 임상적 적용에 대해 설명하고자 한다.

## 검사 원리

두부충동 검사의 원리는 빠른 속도로 반고리관을 자극할 때 흥분성 자극이 억제성 자극보다 강하다는 Ewald 제 2 법칙에 근거를 둔다.<sup>1</sup> 수평 전정안반사의 경우, 머리가 수직축을 중심으로 우측으로 회전하면(yawing) 우측 가쪽반고리관의 내림프는 팽대부방향으로 움직여 흥분성 신호가 발생하고, 반대로 좌측 가쪽반고리관에서는 반팽대부방향으로 내림프가 움직여 억제성 신호가 발생한다. 우측 가쪽반고리관의 흥분성 신호는 우측 전정신경핵의 제 I형 신경세포와 좌측의 제 II형 신경세포를 흥분시키므로 좌측 제 I형 신경세포는 좌측 가쪽반고리관의 억제성 신호와 억제성 신경세포인 인접한 제 II형 신경세포의 흥분에 의하여 더욱 억제되고, 또한 흥분된 우측의 제 I형 신경세포는 교차로(commissural fiber)를 통한 억제성 신호에 의하여 탈억제된 제 II형 신경세포의 영향으로 더욱 흥분되어 일차 구심성 신경을 통한 신호보다 더욱 강화된 원심성 신호가 유발된다.<sup>1,3</sup> 가쪽반고리관에서 기원한 일차 구심신경섬유는 안쪽 및 가쪽전정신경핵(medial and lateral vestibular nucleus)으로 전달되며, 흥분성

신호는 반대편 외전신경핵(abducens nucleus)을 통해 왼쪽 외직근(lateral rectus muscle)을 수축시키고, 동시에 외전신경의 중간신경세포는 안쪽세로다발(medial longitudinal lemniscus, MLF)을 통해 반대편 동안신경핵(oculomotor nucleus)에 흥분성 신호를 전달하여 우측 내직근(medial rectus muscle)을 수축시킴으로써 결과적으로 양쪽 안구는 좌측으로 회전한다.<sup>1</sup> 원숭이와 사람의 전정신경은 휴지기에도 약 90 spikes/s로 흥분을 하고 있으며,<sup>4,5</sup> 전정계 회전속도에 대한 민감도는 약 0.5 spikes/°/s로 180°/s의 회전속도에서 억제성 자극은 거의 0으로 떨어진다. 따라서, 일측 말초성 전정신경병증의 경우 병변 쪽으로 180°/s 미만의 저주파 머리 회전에서는 정상인 반대편 내이의 억제성 신호에 의해 전정안반사가 유지되지만, 180°/s 이상의 고주파 회전에서는 억제성 신호가 0 이하로 떨어질 수 없기 때문에 적절한 전정안반사가 발생하지 못하므로 두부충동 검사가 양성으로 나타난다. 수직 반고리관들에서의 두부충동 검사도 같은 원리로 설명될 수 있다.

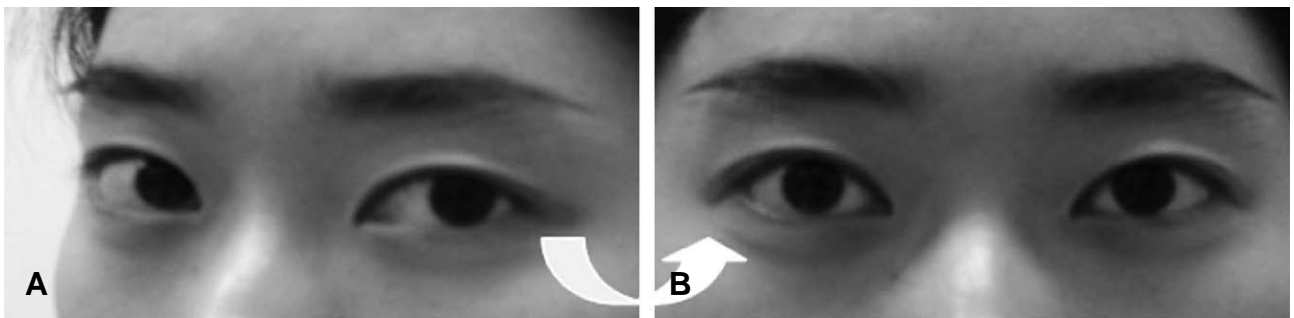
## 검사 방법

### 1. 수평반고리관 검사

양손으로 환자의 머리를 잡고 검사자의 코를 쳐다보도록 한 뒤, 고개를 좌측 또는 우측으로 약 10~20° 정도 회전시킨 상태에서 빠른 속도 (회전 속도 200~400°/s, 가속도 2000~4000°/s<sup>2</sup>)로 정면으로 고개를 회전시키면서, 환자의 눈을 관찰한다(Fig. 1).<sup>6</sup> 고개 회전 시 회전 방향과 반대로 향하는 한 번 이상의 교정성 단속운동(corrective saccade)이 관찰되면 양성으로 판단한다. 과거에 환자가 직접 고개를 회전하는 능동적(active) 두부충동 검사가 시행되기도 하였으나, 검사의 예민도가 떨어져서 실제 임상에서는 수동적(passive) 검사만을 시행한다.<sup>7</sup>

### 2. 수직반고리관 검사

앞반고리관(anterior semicircular canal)은 수직 평



**Figure 1.** Head thrust test of horizontal semicircular canals. (A) With subject's face turned a little to the right and her eyes fixed on a distant target, subject waits for her head to be moved rapidly to left by examiner. (B) After leftward head movement, gaze is still fixed on target so that no refixation saccades are required.

면에서 41° 전외방으로, 뒤반고리관(posterior semicircular canal)은 56° 후외방으로 위치하며, 앞반고리관과 뒤반고리관은 서로 90도의 각도를 유지하고 있다. 가쪽반고리관과 마찬가지로 수직반고리관도 서로 쌍을 이루고

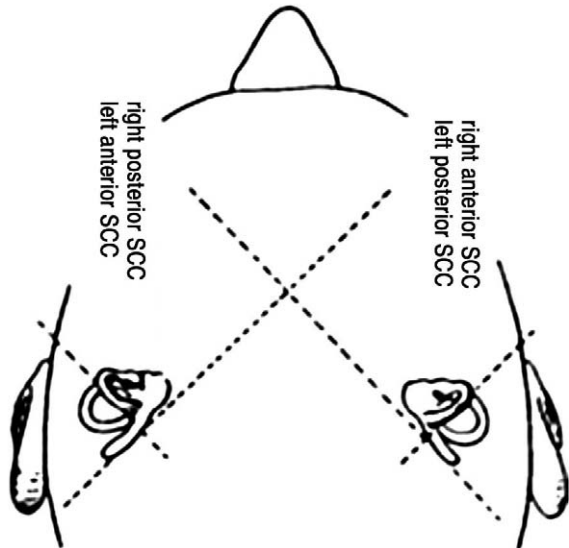


Figure 2. Functional pairs of semicircular canals.

있는데 우측의 앞반고리관과 좌측의 뒤반고리관, 우측의 뒤반고리관과 좌측의 앞반고리관이 쌍을 이루고 있어, 한 쪽이 자극되면 쌍을 이루는 반대쪽의 반고리관은 억제되어지는 기능적인 짝(functional pair)을 형성하고 있다(Fig. 2). 고개를 좌측으로 약 45° 회전시키면 우측 앞반고리관과 좌측 뒤반고리관이 정면을 향하게 되고, 이 자세에서 아래쪽으로 빠르게 고개를 회전시키면 우측 앞반고리관이 흥분하게 되어 안구는 상방으로 움직인다(Fig. 3).<sup>8</sup> 반대로 상방으로의 빠른 머리 회전 시에는 좌측 뒤반고리관의 흥분으로 안구가 하방으로 움직인다. 마찬가지로 고개를 우측으로 약 45° 회전 시킨 상태에서는 좌측 앞반고리관과 우측 후반고리관의 기능을 평가할 수 있다.

### 3. 검사실 검사

기존의 전기 또는 비디오 안구운동기록기로는 머리의 움직임을 측정할 수 없고, 비디오 안구운동기록기의 경우 고글에 움직임을 측정할 수 있는 장치를 부착한다 하더라도, 두부충동 시 고글의 미끌어짐이 발생할 수 있고, 수직 방향으로 머리 회전 시 고글 때문에 환자의 시야가 가려져 목표물을 놓치는 경향이 있으며, 낮은 sampling 속도 (60 Hz) 등의 문제로 인해 현재 두부충동을 이용한 안구

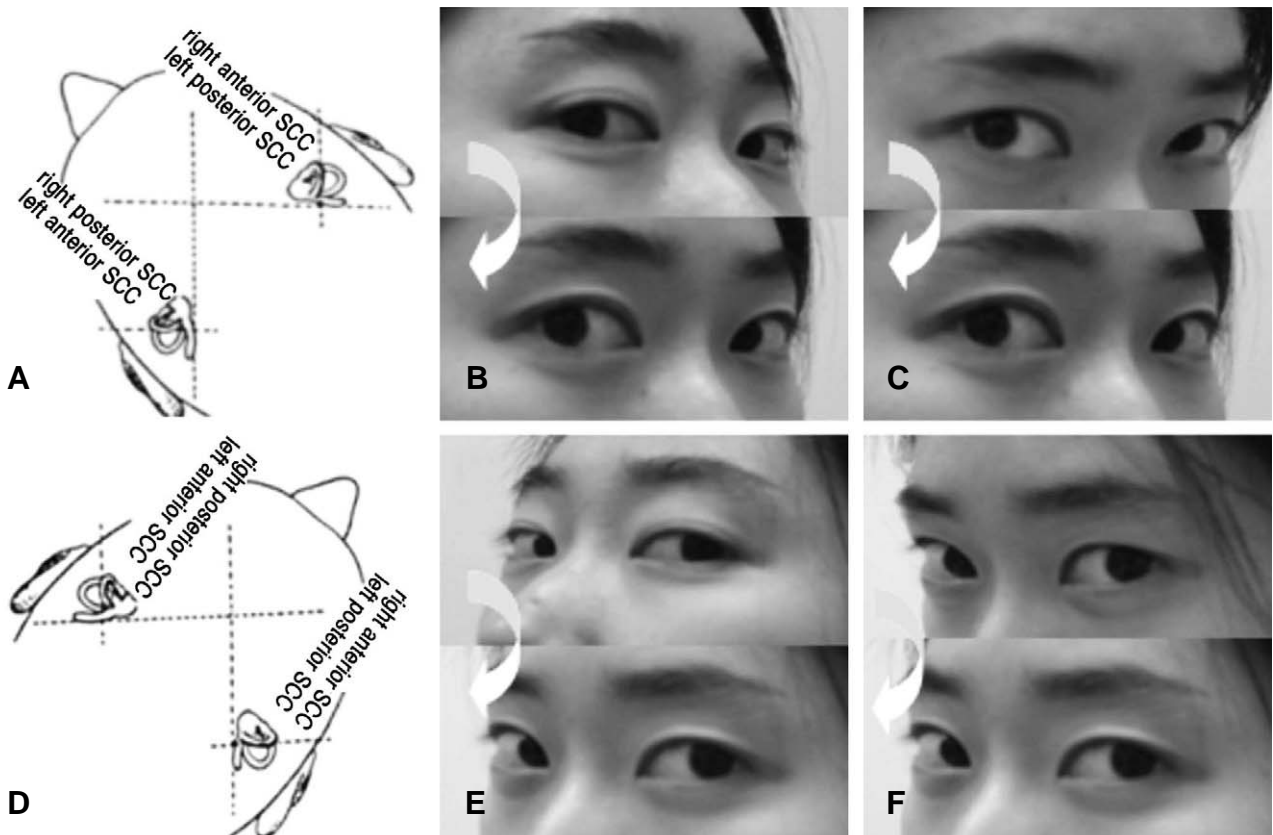


Figure 3. Head thrust test of vertical semicircular canals. (A) Right anterior/left posterior semicircular canals plane (RALP) with head rotated to the left and head thrust test of right anterior (B) and left posterior canals (C). (D) Left anterior/right posterior semicircular canals plane (LARP) with head rotated to the right and head thrust test of left anterior (E) and right posterior canals (F).

운동의 측정은 자기추적코일장치(scleral magnetic search coil system)를 이용하고 있다.

환자를 자기장이 흐르는 정육면체 모양의 자기추적틀 내에 위치시키고, 두 개의 코일 중 하나는 환자의 한쪽 눈에 부착하여 안구운동을 측정하고, 다른 하나는 이마에 부착하여 고개 움직임을 측정한다. 검사 도중 환자는 안구로부터 약 90 cm 떨어진 목표물을 지속적으로 주시하도록 한 뒤 빠른 속도(회전 속도 200~400°/s, 가속도 2000~4000°/s<sup>2</sup>)로 고개를 각 방향으로 회전시켜 전정안반사의 이득을 구한다. 전정안반사의 이득은 안구운동의 속도에 대한 고개움직임 속도로 구할 수 있다(Fig. 4).<sup>8</sup>

## 임상적 적용

### 1. 말초성 신경병증

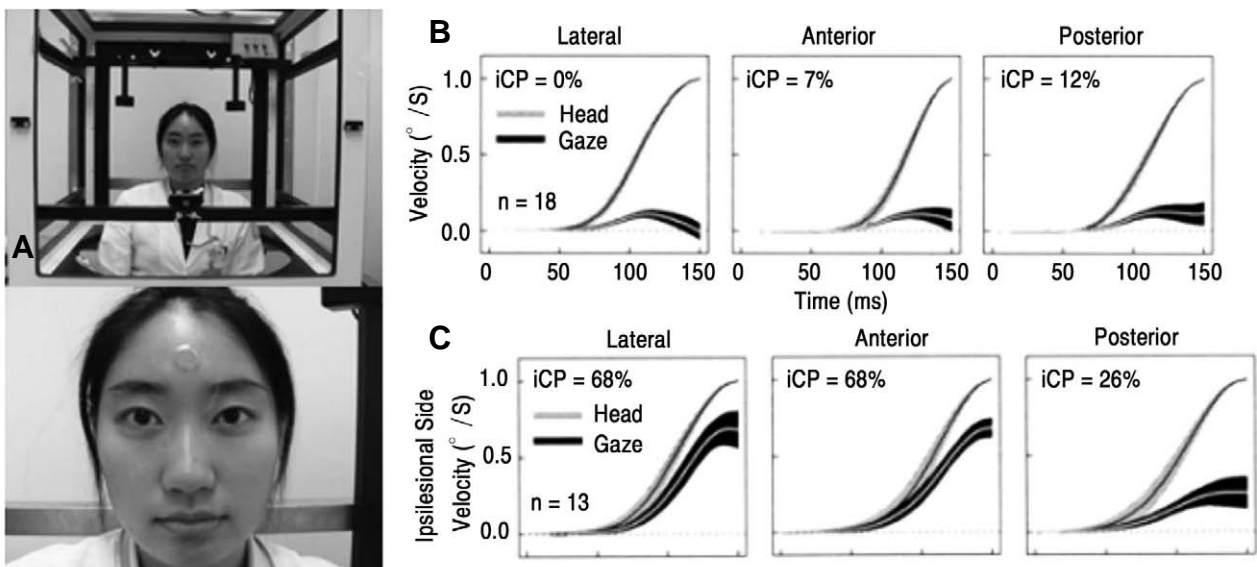
1988년에 Halmagyi와 Curthoys등이 전정신경절제술(vestibular neurectomy)을 받은 환자들을 대상으로 처음 시행한 이후 두부충동 검사는 현재까지 반고리관의 기능을 평가하는 임상 검사로 널리 시행되고 있다.<sup>6</sup> 전정신경절단술을 받은 환자에서 두부충동 검사의 민감도는 100%까지 보고되고 있고,<sup>6,9</sup> 자기추적코일장치로 이러한 환자들을 추적 관찰한 연구들에 의하면 두부충동 검사의 이상은 수 년 후에도 지속된다고 알려져 있다. 이에 반해, 비수술적인 일측성 전정신경병증에서의 민감도는 35~71%, 특이도는 84~95 %로 비교적 낮게 보고되고 있으며,<sup>10-13</sup> 전정신경염 후 자기추적코일장치로 추적 관찰한

연구들에 의하면 전정신경절단술을 받은 환자와는 달리 첫 수 주 이내부터 저하되었던 병변 측의 이득이 회복되기 시작한다고 한다.<sup>14</sup> 이는 손상되었던 말초 전정기관의 회복에 의하거나 남아있던 전정신경에 의한 중추성 보상 기전에 기인하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 두부충동 검사는 온도안진 검사에서 비대칭성이 50% 이상인 경우 양성으로 나타나며,<sup>15</sup> 최근의 한 보고에 의하면 전정신경염의 급성기에 두부충동 검사가 양성인 환자들의 경우 온도안진 검사의 회복율이 낮아 급성기의 두부충동 검사 양성 유무가 전정신경염의 예후에도 중요하다고 한다.<sup>16</sup>

1998년 이후부터는 수직반고리관에 대한 두부충동 검사가 시행되어 내이의 모든 전정기관에 대한 개별적인 기능 평가가 가능하게 되었고,<sup>8</sup> 이를 통해 말초성 전정신경병증의 해부학적 침범 정도와 병리학적 특성(신경병증 또는 혈관병증) 등을 간접적으로 알 수 있게 되었다. 보고된 논문들에 의하면, 전정신경염 환자들의 일부에서는 병변 측 모든 반고리관의 기능이 저하되어, 전정신경염이 아래전정신경(inferior vestibular nerve)도 같이 침범할 수 있음을 주장하기도 하였고,<sup>17</sup> 난치성 메니에르병(Meniere's disease)으로 전정신경절단술을 받은 후에도 반복적인 어지럼증을 호소하는 환자들의 경우 기능이 남아있는 뒤반고리관에서 어지럼증이 발생하는 것이 밝혀지기도 하였다.<sup>18</sup>

### 2. 중추성 신경병증

중추성 전정신경병증에서는 두부충동 검사를 이용한 연



**Figure 4.** Head thrust test with magnetic search coil technique. (A) The eye coil is placed on the subject's left eye and the head coil is mounted on the subject's forehead. Head and gaze velocities in semicircular canal paresis (ICP) values for lateral, anterior, and posterior semicircular canals. Gaze is stable in normal subject (B) in response to head impulse, and therefore, the ICP values are low. Gaze is unstable in a patient unilateral superior vestibular neuritis (C) during head impulse toward the affected lateral and anterior semicircular canals.

구가 많지 않아 향후 활발한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 몇몇 보고들에 의하면, 하향안진(downbeat nystagmus)을 가진 환자에서 수평(yaw), 수직(pitch), 회전(roll) 두부충동 검사가 정상인 점으로 미루어, 수직 전정안반사의 불균형이 하향안진의 직접적인 원인이 아닐 수 있음을 주장하기도 하였고,<sup>19</sup> 우측 핵간안근마비(internuclear ophthalmoplegia, INO) 환자에서 시행한 두부충동검사에서 좌측의 뒤반고리관의 기능은 심하게 저하되어 있는데 반해 좌측의 앞반고리관의 기능은 비교적 유지되어 있어, 앞반고리관의 중추성 경로가 안쪽세로다발이 아닌, 다른 경로를 경유할 것이라고 주장하기도 하였다.<sup>20</sup>

**결 론**

두부충동 검사는 임상적으로 말초성 전정신경병증을 진단하는 데 있어 아주 손쉽고, 우수한 검사이다. 모든 반고리관들에 대한 기능적 평가를 통해 말초성 전정신경병증의 해부학적 침범 정도를 평가할 수 있고, 이를 통해 병변의 특성을 유추하거나, 전정신경염의 경과 관찰 시 회복 정도 및 예후를 예측하는 데도 유용하다. 또한, 중추성 전정신경병증의 경우 각 반고리관에서 기원하는 전정안반사로의 기능을 개별적으로 평가할 수 있어 다양한 유형의 안진 발생에 이들 전정안반사로의 기능적 이상이 어떤 역할을 하는지에 대한 연구에 있어서도 효과적인 분석틀을 제공할 수 있으며, 이들 반사로의 해부학적 경로를 규명하는 데도 유용할 것으로 판단된다.

**REFERENCES**

1. Leigh RJ, Zee DS. The neurology of eye movements. New York: Oxford University Press, 1999.
2. Grossman GE, Leigh RJ, Abel LA, Lanska DJ, Thurston SE. Frequency and velocity of rotational head perturbations during locomotion. *Exp Brain Res* 1988;70:470-476.
3. Carleton SC, Carpenter MB. Afferent and efferent connections of the medial, inferior and lateral vestibular nuclei in the cat and monkey. *Brain Res* 1983;278:29-51.
4. Goldberg JM, Fernandez C. Physiology of peripheral neurons innervating semicircular canals of the squirrel monkey. I. Resting discharge and response to constant angular acceleration. *J Neurophysiol* 1971;34:635-660.
5. Miles FA, Braitman DJ. Long-term adaptive changes in primate vestibuloocular reflex. II. Electrophysiological observations on semicircular canal primary afferents. *J Neurophysiol* 1980;43:1426-1436.
6. Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis.

7. Black RA, Halmagyi GM, Thurtell MJ, Todd MJ, Curthoys IS. The active head-impulse test in unilateral vestibulopathy. *Arch Neurol* 2005;62:290-293.
8. Cremer PD, Halmagyi GM, Aw ST, et al. Semicircular canal plane head impulses detect absent function of individual semicircular canals. *Brain* 1998;121:699-716.
9. Halmagyi GM, Curthoys IS, Cremer PD, et al. The human horizontal vestibulo-ocular reflex in responses to high-acceleration stimulation before and after unilateral vestibular neurectomy. *Exp Brain Res* 1990;81:479-490.
10. Harvey SA, Wood DJ, Feroah TR. Relationship of the head impulse test and head-shake nystagmus in reference to caloric testing. *Am J Otol* 1997;18:207-213.
11. Della Santina CC, Cremer PD, Carey JP, Minor LB. Comparison of head thrust test with head autorotation test reveals that the vestibulo-ocular reflex is enhanced during voluntary head movements. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;128:1044-1054.
12. Perez N, Rama-Lopez J. Head-impulse and caloric tests in patients with dizziness. *Otol Neurotol* 2003;24:913-917.
13. Schubert MC, Tusa RJ, Grine LE, Herdman SJ. Optimizing the sensitivity of the head thrust test for identifying vestibular hypofunction. *Phys Ther* 2004;84:151-158.
14. Palla A, Straumann D. Recovery of the high-acceleration vestibulo-ocular reflex after vestibular neuritis. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2004;5:427-435.
15. Hamid M. More than a 50% canal paresis is needed for the head impulse test to be positive. *Otol Neurotol* 2005;26:318-319.
16. Nuti D, Mandala M, Broman AT, Zee DS. Acute vestibular neuritis: Prognosis based upon bedside clinical tests (Thrusts and Heaves). *Ann N Y Acad Sci* 2005;1039:359-367.
17. Aw ST, Fetter M, Cremer PD, Karlberg M, Halmagyi GM. Individual semicircular canal function in superior and inferior vestibular neuritis. *Neurology* 2001;57:768-774.
18. Lehen N, Aw ST, Todd MJ, Halmagyi GM. Head impulse test reveals residual semicircular canal function after vestibular neurectomy. *Neurology* 2004;62:2294-2296.
19. Glasauer S, von Lindeiner H, Siebold C, Buttner U. Vertical vestibular responses to head impulses are symmetric in downbeat nystagmus. *Neurology* 2004;63:621-625.
20. Cremer PD, Migliaccio AA, Halmagyi GM, Curthoys IS. Vestibulo-ocular reflex pathways in internuclear ophthalmoplegia. *Ann Neurol* 1999;45:529-533.