原 著

持続型方向交代性下向性頭位眼振の検討

一條 宏明

Persistent Type of Geotropic Direction-changing Positional Nystagmus

Hiroaki Ichijo

Ichijo Ear, Nose and Throat Clinic

Geotropic direction-changing positional nystagmus is considered to be caused by canalolithiasis of the horizontal semicircular canal. However, horizontal nystagmus, which persists without decreasing over time, can not be explained by canalolithiasis. The pathophysiology of the persistent type of geotropic direction-changing positional nystagmus is considered to be a result of light debris cupulolithiasis of the horizontal semicircular canal. In the supine position, permanent horizontal nystagmus toward the intact side is observed. In neutral position 1, with the head turned about 30 degrees to the affected side, the nystagmus decreases and eventually stops. With greater head-turn, nystagmus toward the earth lasts for more than one minute. These phenomena are considered to indicate that the cupula is deflected by the buoyancy of attached light debris which is hypodense compared with the endolymph. In the nose-down position, persistent horizontal nystagmus to the affected side is detected. In neutral position 2, with the head turned about 30 degrees to the affected side, the nystagmus stops. To evaluate Ewald's first law, we quantitatively compared horizontal nystagmus in the supine position and that in the nose-down position with the use of video-oculography. The patients were fifteen women and four men with persistent horizontal positional nystagmus toward the ground, ranging in age from 23 to 83 years (average, 59.2 years). They had no evidence of neurologic disease. In fifteen patients (78.9%), the maximum slow phase velocity in the nose-down position was greater than that in the supine position. Therefore, an ampullopetal deviation of the horizontal semicircular canal cupula was considered to bring about stronger nystagmus than an ampullofugal displacement of the cupula.

Key words: Ewald's first law, direction-changing positional nystagmus, cupulolithiasis, light debris, horizontal semicircular canal

はじめに

末梢性頭位性めまい症はおおむね後半規管型と外側半規管型に分類でき、その病態はかなりの部

分まで明らかになってきた^{1)~4)}。後半規管型は懸垂頭位で回旋成分の強い眼振を呈し、治療法である浮遊耳石置換法に関しても多くの施設でその有効性が確かめられている^{5)~7)}。

他方、外側半規管型は側臥位で水平性眼振を呈

	持 続 型	減 衰 型												
VOG
下向性	<div><div>NP ↓</div><table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>←</td><td>→</td><td>→</td></tr></table><div>○ 座 位 ← 前屈位</div></div>				←	→	→	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>←</td><td>○</td><td>→</td></tr></table>				←	○	→
←	→	→												
←	○	→												
上向性	<div><div>NP ↓</div><table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>→</td><td>←</td><td>←</td></tr></table><div>○ →</div></div>				→	←	←							
→	←	←												

図1 外側半規管型頭位性めまい症の分類（患側：右）
方向交代性下向性頭位眼振は持続型と減衰型の2つに分類でき、方向交代性上向性頭位眼振は例外なく持続型である。
VOG: video-oculography, NP: neutral position（眼振停止点）。

し、その頭位眼振の方向と性状から3つに分類できる（図1）。外側半規管クプラに重い固体成分が附着した場合は、側臥位でクプラが重力方向へ持続的に屈曲するため結果的に反重力方向へ水平性眼振が出現すると考えられる⁸⁾⁹⁾。したがって方向交代性上向性頭位眼振は例外なく1分以上持続し、また外側半規管クプラが矢状面に平行に位置していないという解剖学的事実から、仰臥位でもクプラは屈曲し持続型の患側向き水平性眼振を呈する。

方向交代性下向性頭位眼振には2つのタイプが存在する。側臥位での眼振が20～30秒で減衰し停止する減衰型と、1分以上持続し減衰傾向に乏しい持続型である。前者は浮遊耳石理論によって説明可能であり、後者はクプラ結石の場合とは逆に、内リンパ液よりも比重の小さな浮遊物が一侧の外側半規管クプラに附着した病態を想定すると、頭位眼振の特徴が矛盾なく説明できる¹⁰⁾¹¹⁾。

この軽いクプラ理論が正しく、仰臥位と前屈位でのクプラの変位角度が同じだと仮定すると、仰臥位における眼振と前屈位における眼振の差異を比較することで Ewald の第一法則の妥当性が検討できる。以上の研究目的で、持続型方向交代性下向性頭位眼振を VOG（video-oculography）により定量的に解析したので報告する。

対 象

対象症例は平成15年8月から平成17年12月までに頭位変換時のめまいを主訴として当院を受診し、以下の条件を満たした外側半規管型頭位性めまい症19例である。

- 1）側臥位において重力方向に向かう水平性眼振を認めるが、短時間には減衰せず1分以上持続する。
- 2）仰臥位においても持続型の水平性眼振を認める。
- 3）仰臥位からいずれかの方向へ30度程度（こ

の角度は個人差が大きい)捻転すると眼振が停止する neutral position 1 を認める。

4) 座位を保つと眼振は停止し、そこからさらに90度前屈させると仰臥位の場合とは反対方向への持続型眼振を認め、いずれかの方向へ30度程度(この角度は個人差が大きい)捻転すると眼振が停止する neutral position 2 を認める。

5) 予後は良好で早ければ数日以内、遅くとも2ヵ月以内にはめまいと眼振は消失する。

6) めまいと関連した蝸牛症状はなく、中枢神経障害なし(神経症状はなく、MRI や CT にても頭蓋内病変を認めない)。

方 法

頭位眼振検査は通常の頭位に加え、座位と前屈位(座位で90度頭部を前屈させる頭位)において行った。ひとつの頭位を1分以上維持し減衰傾向のないことを確認した。

初診時における眼振を赤外線 CCD カメラを用いてビデオ録画した後、山口大方式による眼振解析法¹²⁾により VOG (video-oculography) として

グラフ化し、仰臥位における眼振の水平成分の緩徐相速度と、前屈位における眼振の水平成分の緩徐相速度を手動的に計測した。なお、仰臥位、前屈位ともに眼振が安定した部分を数ヵ所計測し平均値を求めた。

また、VOG をもとに眼振の垂直成分と回旋成分の有無を検討した。

結 果

1. 性別と年齢

女性15例、男性4例、平均年齢は59.2歳であった。

2. 眼振の水平成分の緩徐相速度

19例中15例(78.9%)で前屈位の緩徐相速度の方が仰臥位の緩徐相速度よりも大きかった。3例では差がなく、1例では逆に仰臥位の方が前屈位よりも緩徐相速度が大きかった(表1、図2)。

3. 眼振の垂直成分

仰臥位では4例(21.1%)に垂直成分が認められ、うち3例では上眼瞼向き、1例では下眼瞼向きであった。前屈位では14例(73.7%)に垂直成

表1 対象症例および計測結果
空欄は不明

症例	年齢	性別	発症時刻	病日	仰臥位における眼振		前屈位における眼振		眼振緩徐相速度(°/秒)	
					回旋成分	垂直成分	回旋成分	垂直成分	仰臥位	前屈位
1	23	女	起床時	3	+	+	+	+	2.1	4.3
2	34	女	起床時	1	+	+	+	+	5.7	11.4
3	43	女	就寝時	4	—	—	—	—	2.1	2.9
4	44	女			—	—	+	+	2.9	2.9
5	47	女	起床時	4	—	—	—	+	5.7	6.4
6	50	男	起床時	2	—	—	—	—	3.6	7.9
7	54	女	睡眠中	30	—	—	—	—	7.1	10
8	55	男	夕方	2	—	+	—	+	9	13.6
9	57	女		3	—	+	—	+	5	7.9
10	58	女	起床時	4	—	—	+	+	7.1	14.3
11	62	女	起床時		—	—	—	—	4.3	6.4
12	70	女	夕方	2	—	—	—	+	12.9	8.6
13	71	女	起床時	6	—	—	—	+	5	6.4
14	74	女	午後9時	7	—	—	—	+	2.9	4.3
15	74	女	就寝時	2	—	—	—	—	2.9	2.9
16	74	女		3	—	—	—	+	5.7	11.4
17	75	女	夕方	2	+	—	—	+	7.9	25.7
18	76	男	起床時	4	+	—	+	+	4.3	7.9
19	83	男	夕方	3	—	—	+	+	4.3	4.3

図2 仰臥位における眼振と前屈位における眼振の差
前屈位の方が眼振緩徐相速度が大きい傾向にあった。

分が認められ全例下眼瞼向きであった。

4. 眼振の回旋成分

仰臥位で4例(21.1%)に回旋成分を認め、前屈位では6例(31.6%)に認められた。図3に実際のVOGを示した。

考 察

老人性難聴を除くと、頭位性めまい症は最も頻度の高い内耳疾患である。懸垂頭位で回旋成分の強い眼振を呈する場合は、良性発作性頭位めまい症と称され50年以上も前から認知されているが、側臥位で水平成分の強い眼振を呈する症例も少なからず存在し¹³⁾、それらはその頭位眼振の性状から考え外側半規管が責任病巣と考えられる。

外側半規管型頭位性めまい症は方向交代性上向性頭位眼振と方向交代性下向性頭位眼振の2つに大別できる。方向交代性下向性頭位眼振にはさらに2つのタイプが存在する。20~30秒で減衰し停止する減衰型と、1分以上持続し減衰傾向に乏しい持続型である(図1)。前者は浮遊耳石理論によって説明可能であり、後者は軽い浮遊物が一側

成ノ前movx2
Time(sec)=10.0

図3 症例10の前屈位におけるVOG

水平成分(H)は右向き、垂直成分(V)は下眼瞼向き、回旋成分(T)は右向きであり、減衰傾向に乏しい。平坦な部分は閉眼である。

の外側半規管クプラに付着した病態を想定すると、頭位眼振の特徴が矛盾なく説明できる(図4)。すなわち、仰臥位ではクプラが浮力によって反重力方向(反膨大部方向)に変位して健側向き持続型眼振が生じるが、患側下の側臥位では健側方向に持続的に屈曲するため結果的に眼振は患側方向(重力方向)に出現する。反対に健側下頭位では患側のクプラは患側方向に屈曲するため、眼振は健側方向(重力方向)に生じる。前屈位では仰臥位の場合とは反対に、持続的に健側方向(向膨大部方向)に変位するため、患側向き眼振が出現する。

ただし、以上の理論は外側半規管のクプラの先端が外側を向いているという解剖学的事実を前提としている。一般に頭蓋骨の大きさや形状は個人差があり、左右の垂直半規管のなす角度も個人差が大きい¹⁴⁾¹⁵⁾。多くの場合は外側半規管のクプラの先端が外側を向いていると考えられるが⁴⁾、すべての症例に当てはまるとは断言できない。この点は今後の解剖学的検証が待たれるところである。

軽いクプラ理論によって方向交代性下向性頭位眼振を説明した報告は過去にいくつかあるが⁴⁾¹⁰⁾¹¹⁾、この理論における最大の問題点は、内リンパ液よりも比重の小さな浮遊物が存在するか

図4 持続型方向交代性下向性頭位眼振の病態（患側：右）

仰臥位でも軽い付着物によって外側半規管クプラが反重力方向に変位し、健側向き眼振を呈する。前屈位では反対に患側向き眼振を呈する。矢印は眼振方向。

AF: ampullofugal（反膨大部方向）、AP: ampullopetal（向膨大部方向）。

どうかという点である。軽い浮遊物の可能性として、遊離した細胞が時間経過とともに変性して体積が増え結果的に比重が小さくなった場合が考えられる。リスザルでの組織学的検討では、内リンパ嚢や後半規管膨大部に単球やリンパ球などの細胞のかたまりが浮遊していることが確認されている¹⁶⁾。また、脱落した耳石が化学変化を起こしたため二酸化炭素などの気体成分を生産した可能性もある。耳石の主成分は炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）であり、式量は100.09で密度は 2.711 g/cm^3 であるから、耳石に不純物がなければ比重は2.711と内リンパ液の比重1.008よりもかなり大きい。したがって耳石自体が変化して軽くなるとは考えにくい¹⁷⁾、以下のいずれかの化学反応が起きれば二酸化炭素（ CO_2 ）が生成され、気泡が発生する。

(a) は熱分解反応なので 36°C では起こりにくいが、内リンパ液には H_2O も H^+ 、 Cl^- も微量で

はあるが存在するので (b), (c) の反応は起こり得る。発生した気泡が微量であっても、クプラの先端部分に付着すると、この原理によってクプラを屈曲し得ると考えられる。

軽いクプラ理論を説明するうえで、Money ら¹⁷⁾ が提唱したアルコール性頭位眼振が参考になるが、この浮力説では現象を十分には説明できない。血中のアルコールがクプラに移行し相対的に軽くなったとするならば、6つの半規管のクプラがすべてが軽くなるはずである。すると側臥位では後半規管や前半規管も同時に刺激され、出現する眼振は垂直成分や回旋成分を伴った複雑な眼振になるはずであり、また座位でも両側の前半規管が刺激され垂直性眼振が出現するはずである。ところが実際のアルコール性頭位眼振は側臥位でのみ出現する水平性の方向交代性下向性頭位眼振である。血行動態から考えて、外側半規管のクプラのみに選択的にアルコールが移行するとは考えにくく、アルコール性頭位眼振の解釈には疑問が残る。むしろアルコールにより小脳の抑制が低下したために出現した中枢性眼振の可能性がある。

Ewald の第一法則とは、半規管に生じる内リン

パ流動に関する法則で、外側半規管の向膨大部流は刺激として作用し、反膨大部流は抑制として働くとするものである。有毛細胞の配列の形態学的特徴から考えればこの法則は妥当と考えられるが、向膨大部流の方が反膨大部流よりも強い眼振を生じさせるかどうかについては一定の結論が得られていない。しかしながら、ここでは便宜上 Ewald の第一法則を「向膨大部流の方が反膨大部流よりも強い眼振をもたらす」と拡大解釈することとする。

持続型方向交代性下向性頭位眼振における軽いクプラ理論が正しく、仰臥位と前屈位でのクプラの変位角度が同じだと仮定すると、多くの症例(78.9%)において前屈位の眼振の緩徐相速度が仰臥位の眼振のそれよりも大きかったという今回の結果は Ewald の第一法則に基づいて説明可能である。

また、減衰型の方向交代性下向性頭位眼振の病態は外側半規管内の浮遊耳石と考えられ、仰臥位から患側方向へ頭部捻転した時の方が健側方向へ捻転した時よりも強い眼振が出現する。このことも Ewald の第一法則に基づいて説明可能である。

外側半規管型頭位性めまい症の頭位眼振において、回旋成分や垂直成分が混じることがある。これらが後半規管や前半規管に由来する可能性もあるが、軽い浮遊物が外側半規管クプラと垂直半規管クプラに同時に付着するという確率は極めて低く、また後半規管は解剖学的に最も後方で下方に位置しているので、軽い浮遊物は付着しにくいと考えられる。興味深い点は、前屈位で高頻度に垂直成分と回旋成分が認められることである。この現象は視運動性後眼振における三次元特性(cross-coupling)を想起させる。すなわち、座位における通常の視運動性後眼振は水平成分のみで垂直成分は認められないが、側臥位では垂直成分が、仰臥位や腹臥位では回旋成分が混じるという現象である¹⁸⁾。これは頭部に作用する重力の方向の変化が速度蓄積機構に影響を与えるという証拠であり、外側半規管動眼反射に対しても速度蓄積機構を介して同様の機序が働き垂直成分と回旋成分が出現した可能性がある。しかしなぜ前屈位の方が仰臥位よりも垂直成分、回旋成分ともに出現頻度が高いのかについては不明である。

ま と め

末梢性の持続型方向交代性下向性頭位眼振症例において、

- 1) 前屈位での眼振の水平成分の緩徐相速度は仰臥位におけるそれよりも大きい例が多かった。
- 2) 病態を一侧の外側半規管の軽いクプラと仮定すると、向膨大部方向のクプラの変位の方が反膨大部方向のそれよりも強い眼振をもたらすのではないかと考えられた。
- 3) 眼振の回旋成分と垂直成分に関しては、いずれも前屈位において高頻度に認められた。

文 献

- 1) 重野浩一郎：頭位眼振の分類とその意義。Equilibrium Res 59: 254-265, 2000
- 2) 鈴木 衛：方向交代性頭位眼振の臨床。耳鼻臨床 93: 177-183, 2000
- 3) 武田憲昭：良性発作性頭位めまい症—臨床疫学と病態生理—。耳鼻臨床 94: 763-776, 2001
- 4) 高石 司：外側半規管型良性発作性頭位めまい症の臨床。Equilibrium Res 61: 412-419, 2002
- 5) Epley JM: The canalith repositioning procedure; for treatment of benign paroxysmal positional vertigo. Otolaryngol Head Neck Surg 107: 399-404, 1992
- 6) 一條宏明, 阿部聡子, 石井賢治, 他：頭位眩暈症に対する浮遊耳石置換法の効果。耳鼻臨床 89: 299-304, 1996
- 7) Prokopakis EP, Chimona T, Tsagournisakis M, et al: Benign paroxysmal positional vertigo: 10-year experience in treating 592 patients with canalith repositioning procedure. Laryngoscope 115: 1667-1671, 2005
- 8) Bisdorff AR, Debatisse D: Localizing sings in positional vertigo due to lateral canal cupulolithiasis. Neurology 57: 1085-1088, 2001
- 9) 重野浩一郎：外側半規管のクプラ結石症とクプラの位置。Equilibrium Res 61: 97-98, 2002
- 10) Hiruma K, Numata T: Positional nystagmus showing neutral points. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 66: 46-50, 2004
- 11) 一條宏明：持続型方向交代性下向性頭位眼振の病態。耳鼻臨床 97: 781-787, 2004
- 12) 池田卓生, 橋本 誠, 堀池 修, 他：NIH

- Image を用いた簡易眼球運動画像解析法—三次元解析と回転軸解析について—. *Equilibrium Res* 61: 90–96, 2002
- 13) 林裕次郎, 國弘幸伸, 東野一隆, 他: 方向交代性頭位眼振の臨床的検討. *Equilibrium Res* 59: 198–205, 2000
- 14) Blanks RHI, Curthoys IS, Markham CH: Planar relationships of the semicircular canals in man. *Acta Otolaryngol* 80: 185–196, 1975
- 15) 一條宏明: 左右の後半規管および前半規管のなす角度に関する研究. *日耳鼻会報* 105: 1138–1142, 2002
- 16) Yamane H, Igarashi M: Free-floating cells in the endolymphatic sac after surgical utricular nerve section. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 46: 289–293, 1984
- 17) Money KE, Johnson WH, Corlett BMA: Role of semicircular canals in positional alcohol nystagmus. *Am J Physiol* 208: 1065–1070, 1965
- 18) Raphan T, Cohen B: Organizational principles of velocity storage in three dimensions. The effect of gravity on cross-coupling of optokinetic after-nystagmus. *Ann N Y Acad Sci* 545: 74–92, 1988
-
- 原稿到着: 平成18年3月17日
別刷請求先: 一條宏明
〒036-8002 青森県弘前市駅前3-2-1
イトーヨーカドー 6F
一條耳鼻咽喉科クリニック