

特別講演

頭位性眩暈に対する理学療法の基礎と臨床

Basic mechanism and clinical efficacy of physical therapy for
benign paroxysmal positional vertigo

鈴木 衛

東京医科大学耳鼻咽喉科学教室

はじめに

良性発作性頭位眩暈症（以下 BPPV と略す）は日常診療においてしばしばみられるめまい疾患であるが、その病態は未だ議論的となっている。近年 Epley ら¹⁾、Brandt ら²⁾により理学療法としての頭位変換療法が典型的な BPPV に有効であると報告され、以来多くの追試によりその有効性が確認されている。本項では、BPPV の病態と頭位変換療法の臨床的有効性について著者の経験をもとに概説したい。

1. BPPV の臨床像について

BPPV は末梢前庭性眩暈疾患のうち最も頻度の高い疾患で、頭位の変化により誘発される回転性めまい発作を特徴とする。耳なり、難聴などの蝸牛症状を伴わず、中枢神経症状もみとめない。めまいは通常 1 分以内の短時間に消失し、回旋成分の強い眼振をみとめる。また、この眼振は頭位によって逆転することが多い。予後は比較的良好で、薬物などの保存的療法で数週から数か月で軽快することが多いが、中には数年以上も続く難治例もある。

2. BPPV の病態について

病態には、半規管障害説、耳石障害説、循環障害説など諸説あるが、眼振の性質や側頭骨標本の所見などにより、半規管とくに後半規管に原因を求める

説が有力となっている。半規管障害説にも二つの説があり、一つは cupulolithiasis、他は canalolithiasis である。両者ともに定められた和訳はないが、ここでは前者を便宜上クプラ結石症、後者を半規管結石症と呼ぶことにする。内耳は聴覚の受容器である蝸牛と平衡覚の受容器である前庭とから成る。前庭はさらに、3 個の半規管と 2 個の耳石器から成る。半規管は半周状の管で、回転加速度を感受し、耳石器は重力など直線加速度を感受する。耳石器の感覚上皮の上には炭酸カルシウムから成る多数の耳石が存在しており、直線加速度が加わった際に感覚細胞の毛を偏位させ、感覚細胞の興奮を起こさせる機構を持っている。

耳石は感覚細胞周囲の支持細胞で生成され、数か月の周期で前庭の他部位で吸収されるという代謝サイクルを有している³⁾。この耳石そのもの、あるいは変成した耳石がクプラに付着するとその重力でクプラが偏位し、ひいては感覚細胞の興奮性が変化することになる。このようにしてめまいが起こるのがクプラ結石症で、これは Schuknecht が側頭骨標本でクプラ表面の付着物を観察したことによる⁴⁾。一方の半規管結石症は、遊離した耳石その他が半規管内を重力に従って移動し、内リンパ流動とクプラの偏位を起こすというものである。とくに、仰臥位でもっとも下位となる後半規管に耳石が集まりやすいとされている（図 1-a, b）。両者ともに、耳石が盛んに内耳内で代謝していることや、耳石器周囲のみならず、半規管感覚上皮周囲でも吸着された耳石が観察された⁵⁾ ことから病態としての可能性は充分

* 1997 年 11 月 15 日第 140 回東京医科大学医学会総会における特別講演

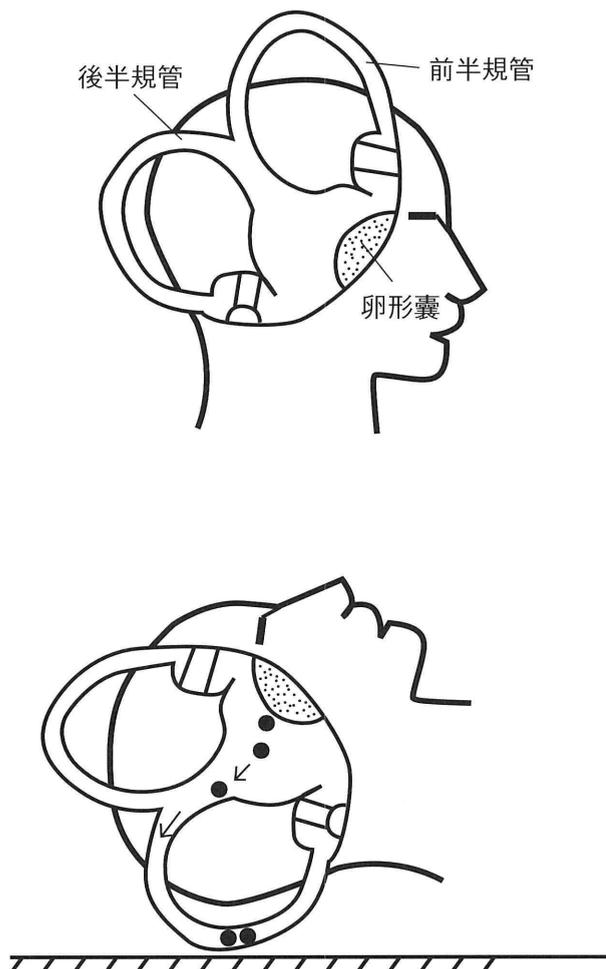


図 1-a 座位と仰臥位での後半規管の位置
仰臥位では遊離した耳石が後半規管脚部に集積する。

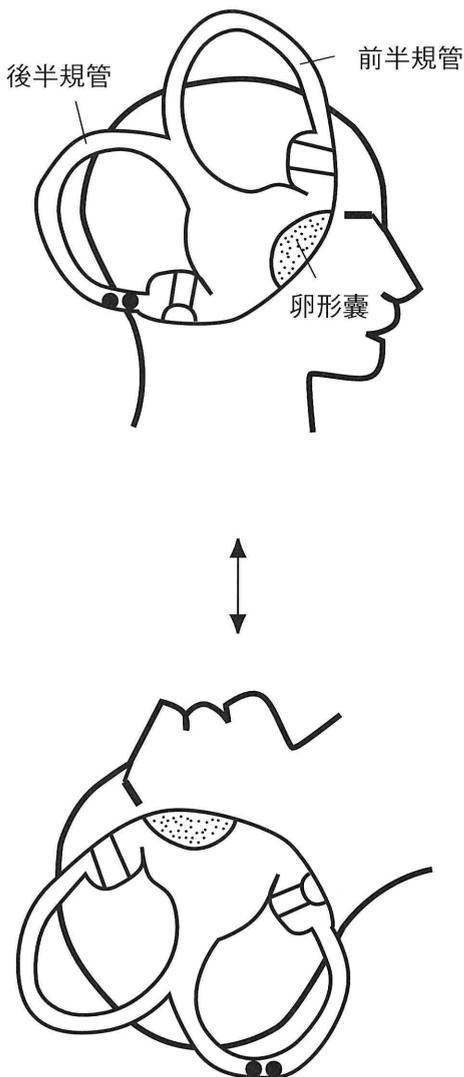


図 1-b 後半規管型 BPPV の発症メカニズム
座位では、遊離耳石は後半規管膨大部近辺にあり、仰臥位では脚部中央に移動する。

考えられる。頭位変換療法はこの半規管結石症に基づいて考案されたもので、その有効性がきわめて高いことから半規管結石症が主な病態である可能性が高いと考えられるが、はたして管内で移動する耳石がクプラや感覚細胞を有効に刺激するか否かについてはこれまで検討されていなかった。著者はウシガエル半規管をモデルとして用い、半規管結石症とクプラ結石症とについてその生理学的有効性について検討を行った。

3. 病態解明のためのモデル実験について

両生類半規管は哺乳類のそれと形態学的に酷似しており、受容器の電気生理学的性質も共通点が多いのでこれまで半規管の実験にしばしば使用されてきた。著者もウシガエル半規管を用い種々の実験により半規管やクプラの機能を明らかにしてきた^{6,7)}。

カエル半規管は、その膜迷路が強靱で摘出しやすく、摘出後もリンゲル液中で受容器の生理学的反応性が2時間程は保たれるという特性があり、この種の実験にはきわめて適している。また、人工的に膨大部方向、反膨大部方向の内リンパ流動を与えることでそれぞれ抑制性、興奮性の膨大部神経活動電位が容易に記録される(図2)。

本実験の詳細はすでに報告した^{8,9)}ので、ここでは概略のみ述べることにする。摘出したウシガエル後半規管をリンゲル液内に入れ、後半規管神経をガラス吸引電極で吸引し、自発放電の変化を記録した。クプラ結石症のモデルとしては、球形嚢耳石塊をクプラ表面に付着させた(図3)。半規管結石症のモ

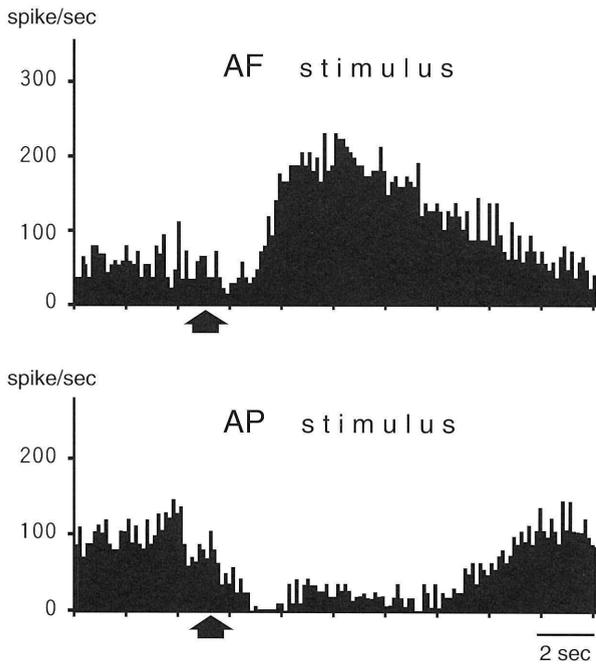


図2 カエル摘出後半規管膨大部神経活動電位のスパイク密度ヒストグラム
反膨大部方向の内リンパ流動(上段)で興奮性の電位、膨大部方向のリンパ流動(下段)で抑制性の反応が見られる。

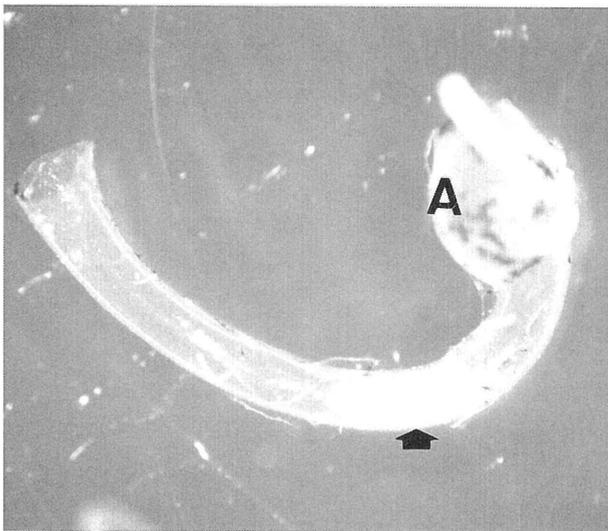


図4 半規管結石症モデルの実体顕微鏡像
半規管内に挿入した耳石塊が見える(矢印)。Aは膨大部。

モデルとしては、球形囊耳石を管内に挿入した(図4)。半規管の脚部を下位(canal down, CDと略す)あるいは上位(canal up, CUと略す)にして位置の変換を行うと、クプラ結石症では耳石の重力によってクプラに負荷がかかり(図5)、半規管結石症では

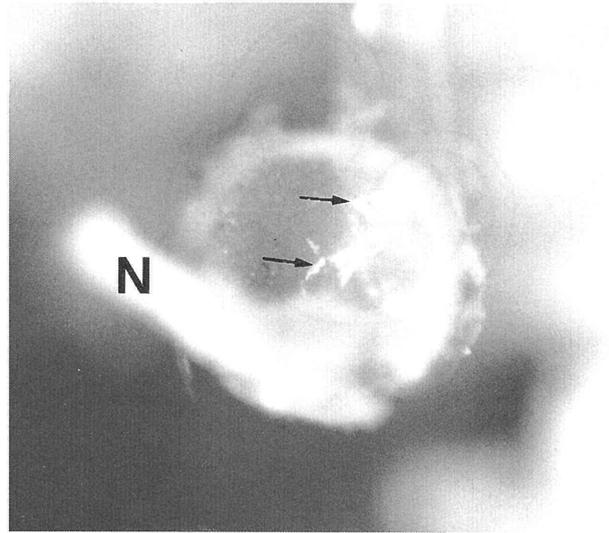


図3 クプラ結石症モデルの実体顕微鏡像
クプラ上に付着した白い耳石塊が見える(矢印)。Nは膨大部神経。

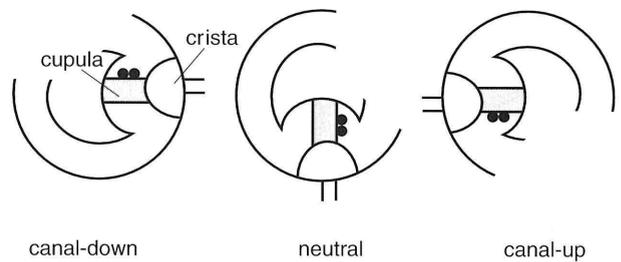


図5 クプラ結石症モデルの模式図
●は耳石。

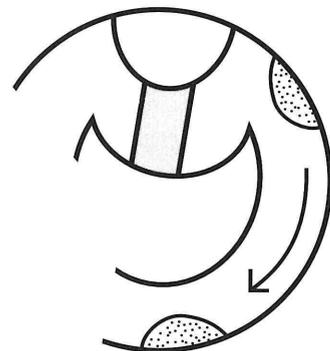


図6 半規管結石症モデルの模式図
canal down (CD)位で耳石は膨大部側から半規管遠位端へ移動する。

重力によって耳石が管内を移動するわけである(図6)。CD, CUにて惹起される自発放電の変化について検討した。

クプラ結石症のモデルでは、CDにて著明な放電の増加、CUにて放電の抑制がみられた(図7)。後

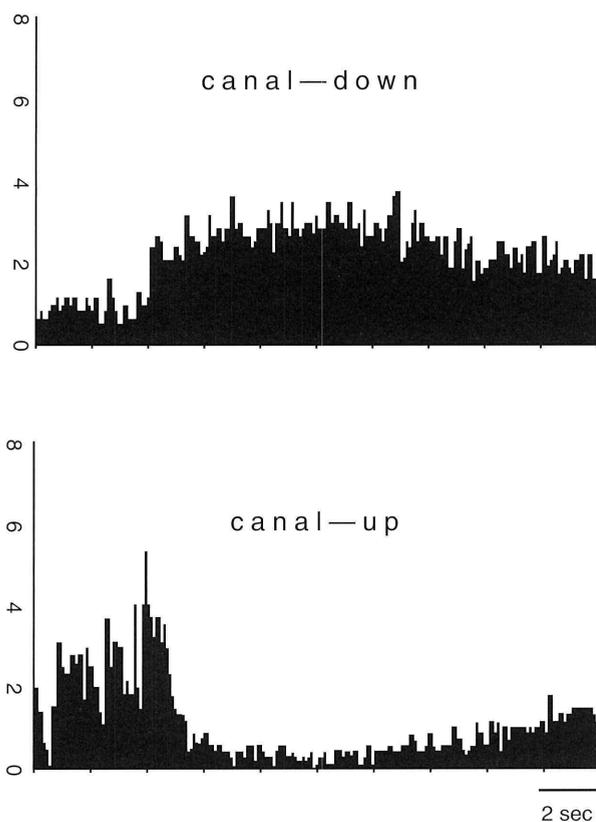


図7 クブラ結石症モデルでの膨大部神経活動電位スパイク密度ヒストグラム
canal down 位では興奮性の電位，canal up 位では抑制性の反応がみられる。

半規管では反膨大部方向のリンパ流にて放電の増加がみられ膨大部方向の流れでは逆になることから、クブラに負荷された重力によりこれらの放電の変化がみられたものと考えられる。放電の変化は半規管の位置を変えると潜時をおかずしてただちに出現し、また電位変化の持続時間も1分以上と長かった。一方、半規管結石症のモデルでは、やはりCDで放電が増加したが、2秒程度の潜時があり、しかも電位変化の持続は10秒以内と短かった(図8)。臨床的に頭位変換後の眼振は数秒の潜時をおいて現れ、また、眼振の持続も多くは10秒程度と短いことを考えると、半規管結石症のほうがクブラ結石症よりもBPPVの病態として適しているものと考えられた。これらの電位変化がクブラの偏位によるものであることを確認するために、クブラを除去した半規管で半規管結石症のモデル実験を行った。結果は図9に示すように、管内を耳石がどの方向に移動しても電位の変化は生じなかった。

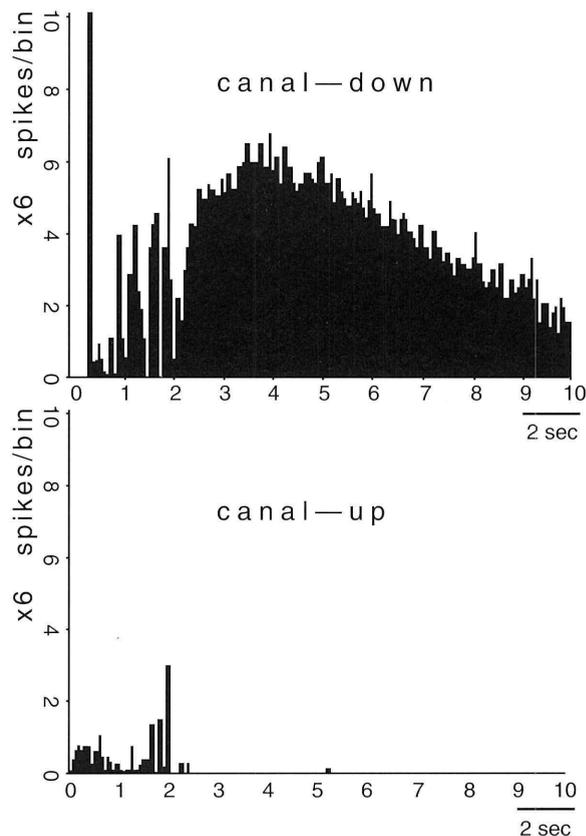


図8 半規管結石症モデルでの膨大部神経活動電位スパイク密度ヒストグラム
canal down 位では興奮性の電位，canal up 位では抑制性の反応がみられる。

4. 頭位変換療法の有効性について

1) 後半規管型 BPPV における効果

対象は、広島大学医学部耳鼻咽喉科，東京医科大学耳鼻咽喉科および関連病院を受診し、典型的な後半規管型 BPPV と診断された40名である。結果の一部はすでに報告した¹⁰⁾。頭位変換療法は Epley の原法¹⁾を用いた。すなわち、右側後半規管が病巣である場合、懸垂頭位にて頭を右に45度傾ける。ついで、懸垂頭位のまま徐々に頭を左へ傾けて左下懸垂頭位とする。ついで、身体全体を左側臥位とし、最後に座位とする。この一連の操作によって右後半規管の脚部に集合した耳石が総脚を経て卵形嚢へと移動することになる。全所要時間は5分程度である。なお、就寝までは仰臥位をとらない様指導した。病巣の判定は、後半規管刺激により起こる眼振の生理学に基づき、懸垂頭位での眼振の打ち方が反時計方向の場合を右側病巣、その逆を左とした。

初回の頭位変換療法施行後は原則的に1週以内に再診させ、症状の変化を問診したうえで眼振を観察

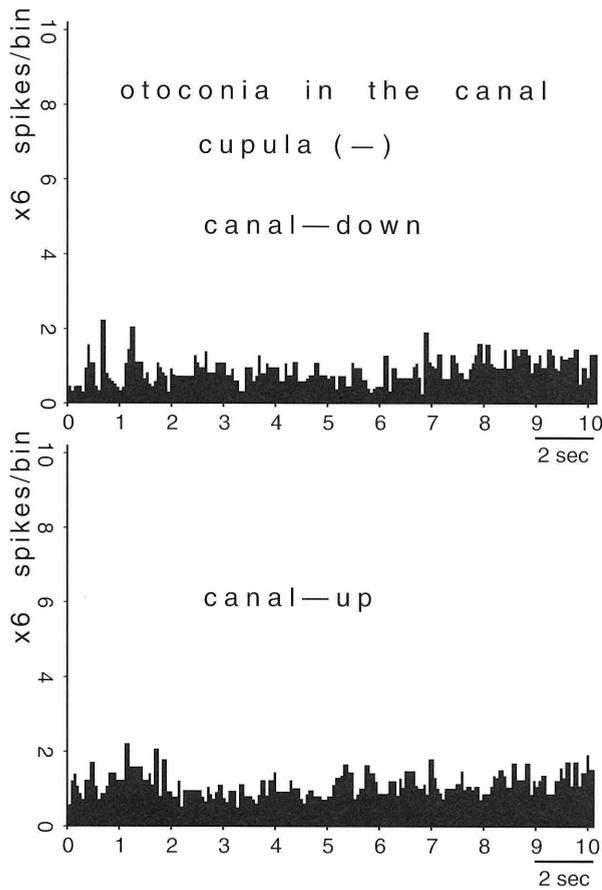


図9 クプラを除去した半規管結石症モデルでの膨大部神経活動電位スパイク密度ヒストグラム canal down 位, canal up 位いずれの場合も電位の変化はみられない。

した. 症状残存の場合は再度頭位変換療法を施行し, さらに1週後に評価した. なお, 眼振の観察, 記録には赤外線カメラを用いた. 効果の評価は, めまい, 眼振ともに消失したものを著明改善, めまい, 眼振のいずれかが軽度残存したものを改善, それ以外のものを不変とした. 結果は, 著明改善36例(90.0%), 改善3例(7.5%), 不変1例(2.5%)であり, その臨床効果が確認された. 悪化例はなかった. なお, このうち1回の頭位変換療法で著明改善となったものは27例(67.5%)あった.

従来より, 頭部外傷が耳石を遊離させ, 半規管結石症を起こすことが想像されてきた. 事実, 頭部外傷の既往歴がBPPV症例に多いことが報告されている. 今回の症例のうち, 既往歴を検索しえた症例の約40%に頭部外傷の既往があった.

2) 外側半規管型 BPPV における効果

前述のように耳石は代謝を営んでおり, 内耳の

種々の部位に耳石の吸着された所見がみられることから, 後半規管以外にも半規管結石症の起こることが想像される. 臨床的にも側臥位でめまいを訴える症例に遭遇することがあり, 外側半規管型 BPPV として報告されている. 今回, 独自に開発した頭位変換療法を外側半規管型 BPPV に応用し, その効果について検討した. 対象は広島大学医学部耳鼻咽喉科学教室ならびに関連病院で外側半規管型 BPPV と診断され, 薬物療法を受けていない13例である. 詳細はすでに報告した¹¹⁾ ので概略のみ記す. 診断基準は後半規管型のものと同様であるが, 特徴的な項目は, 右側臥位あるいは左側臥位にてめまいが誘発されることと, 水平性または水平回旋混合性方向交代性下向性眼振をみとめることである. 今回考案した頭位変換療法の原理は, 後半規管の場合と同様, 半規管の一部に集合した耳石などの粒子を頭位の変換により卵形囊部へと移動させるものである. とくに, 外側半規管の前部が水平面よりやや上方に向いており, 座位や臥位では半規管内の粒子が重力によって管内の後方に集まるであろうことを想定して考案されたものである. その方法は以下の通りである. 右外側半規管が病巣の場合であるが, 正頭位で座位の状態では半規管内粒子は管の後方に集まっている. つぎに可能な限り左側に頭部を傾斜した姿勢, さらに下向きの姿勢をとる. この位置で半規管の粒子は重力により卵形囊へと移動していく. この姿勢のまま右に頭部を捻転し, 座位に戻って終了とする. 左側の場合はこれの逆を行った. 各ポジションは30秒以上とし, 施行当日の就寝時までは臥位を禁止した. なお, 患側はめまいあるいは眼振の強くなる側を下にした頭位で表した.

結果であるが, 著明改善例は7例, 改善例は4例で, 有効率は13例中11例, 84.6%となった. めまいが消失した7例のうち6例は初回治療施行翌日にめまいが消失したとのことであった. なお, 眼振に変化のみられなかった1例では, 治療施行後眼振が後半規管型の純回旋性眼振に変化していた. この症例には直ちにEpley原法の後半規管型頭位変換療法を行い, めまい・眼振ともに消失した.

なお, 以上の13症例とは別に抗めまい剤を併用した外側半規管型 BPPV 例が5例あり, 今回用いた頭位変換療法で全例めまいが消失し, これら5例の有効率は100%となった.

5. 考察

近年, Epley ら¹⁾, Brandt ら²⁾ による頭位変換療法が典型的な BPPV 症例に対しきわめて有効であることが報告され, BPPV の病変は後半規管内の canalolithiasis である可能性が提唱されている。われわれも Epley の原法を後半規管型の BPPV 症例に応用し, その有効性を確認した¹⁰⁾。同様の機序は外側半規管の BPPV にも存在することが想像できる。すでに述べたように, 外側半規管型の BPPV に対しても頭位変換療法の効果は, 有効率 84.6% と高く, 満足すべきものであった。Agus ら¹²⁾ も外側半規管型の BPPV に独自の頭位変換療法を施行し, 良好な結果を得ている。

我々の症例の眼振についてみると, 後半規管型, 外側半規管型いずれの BPPV も持続 10 秒前後の短い眼振であった。カエル半規管モデルを用いた実験からも半規管結石症の方がクブラ結石症よりも BPPV の臨床像により合致すると思われる。頭位変換から眼振出現までの潜時については, 1 秒から 3 秒程度とまちまちであった。半規管モデルで観察した結果, 耳石が移動し始める時期や移動する速度は管内の耳石の量や管壁との摩擦の大小, さらに半規管の位置を変換する速度によって大きく影響を受けることがわかった。したがって, 眼振の潜時が症例により異なる可能性は充分考えられる。

今回無効であった症例も少数ながらあった。我々の半規管モデルで観察していると, 移動する耳石の量や耳石と半規管壁との粘着性によって耳石の移動性が左右されたり, 移動する間に耳石塊が分散して一部が半規管壁に付着したまま残留したり, さらに耳石がクブラに付着する現象がみられた。無効例では, このように耳石の粘着性が高く, 耳石すべてが卵形嚢に戻らないことや, 耳石の一部がクブラに付着してクブラ結石症の状態となることなどが想像される。臨床的にも Steddin ら¹³⁾ は頭位変換眼振が変化し, 半規管結石症からクブラ結石症へ病態が変化する可能性を報告している。これら難治例については, 振動刺激を併用したり, 頭位変換時間を延ばすことで今後検討する予定である。

今回は方向交代性下向性眼振例が多くみられたのでこれを対象とした。方向交代性上行性眼振も日常臨床で時として遭遇する。上向性眼振の場合もクブラ結石症あるいは, 半規管結石症を想定して頭位変換療法を工夫し, 施行したいと考えている。

おわりに

BPPV の臨床像とその病態について著者の実験結果をもとに概説した。頭位変換療法は典型的な BPPV にきわめて有効で, 副作用や悪化例もないことから, まず積極的に試みるべき治療法と考えられた。

参考文献

- 1) Epley JM : Positional vertigo related to semicircular canalolithiasis. *Otolaryngol Head Neck Surg* **112** : 154~161, 1995
- 2) Brandt T, Steddin S : Current view of the mechanism of benign paroxysmal positioning vertigo : Cupulolithiasis or canalolithiasis? *J Vest Research* **3** : 373~382, 1993
- 3) 田頭宣治 : モルモット耳石の形態と代謝. *日耳鼻* **85** : 1076~1086, 1982
- 4) Schuknecht HF: Cupulolithiasis. *Acta Otolaryngol* **90** : 765~778, 1969
- 5) 藤井 守 : モルモット前庭器耳石のカルシウム変化. *耳鼻臨床* **89** : 1015~1025, 1996
- 6) Suzuki M, Harada Y, Sugata Y : An experimental study on a function of the cupula. Effect of cupula removal on the ampullary nerve action potential. *Arch Otorhinolaryngol* **241** : 75~81, 1984
- 7) Suzuki M, Harada Y, Omura R, Hirakawa H : A comparative study of the isolated anterior and posterior semicircular canals of the bull frog. *Acta Otolaryngol* **104** : 85~89, 1987
- 8) Suzuki M, Kadir A, Hayashi N, Takamoto M : Functional model of benign paroxysmal positional vertigo using an isolated frog semicircular canal. *J Vest Research* **6** : 121~125, 1996
- 9) Suzuki M, Kadir A, Takamoto M, Hayashi N : Experimental model of vertigo induced by detached otoconia. *Acta Otolaryngol* **116** : 269~272, 1996
- 10) 林 賢, 鈴木 衛, 林 直樹, 夜陣絃治 : 頭位眩暈症に対する頭位変換療法の有効性—後半規管型について—. *耳鼻臨床* **91** : 341~345, 1998
- 11) 鈴木 衛, 林 直樹, 林 賢, 夜陣絃治 : 外側半規管型良性発作性頭位眩暈症に対する頭位変換療法の効果. *耳展* **40** : 535~538, 1997
- 12) Agus G, Nuti D, Calabro C : Positional physical therapy for BPPV of the horizontal semicircular canal. *J Vest Research* **6** : 4s, s48, 1996
- 13) Steddin S, Ing D, Brandt T : Horizontal canal benign paroxysmal positioning vertigo (h-BPPV) : transition of canalolithiasis to cupulolithiasis. *Ann Neurology* **40** : 918~922, 1996

Basic mechanism and clinical efficacy of physical therapy for benign paroxysmal positional vertigo

Mamoru SUZUKI

Department of Otolaryngology, Tokyo Medical University

Two lesions, cupulolithiasis and canalolithiasis have been proposed to be responsible for benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). Bull frogs' posterior semicircular canals (psc) were used to examine validity of these lesions. The psc was isolated in frog Ringer's solution and the saccular otoconia were used as a responsible material to stimulate the cupula. When the otoconia were placed on the cupular surface to mimic the condition of cupulolithiasis, the psc ampullary nerve action potentials instantaneously changed according to direction of the gravity produced by otoconia. When the otoconia were dropped into the canal to mimic the condition of canalolithiasis, the action potentials changed together with the otoconial flow after a latent period. Both cupulolithiasis and canalolithiasis possibly are a valid mechanism of BPPV, since they effectively stimulate the cupula. However, canalolithiasis with a latent period would better explain clinical features of BPPV.

Epley's canalith repositioning procedure was performed on 40 patients with posterior canal type BPPV. Both nystagmus and symptom disappeared in 90% of the patients. Canalith repositioning procedure was designed for lateral canal type BPPV. This procedure was effective in 84.6% of the patients. Canalith repositioning procedure should be given the top priority for treatment of BPPV.
