パネルディスカッション2 「めまいの画像診断—中枢性めまいと末梢性めまい」

内リンパ水腫の画像診断

寺西 正明・曾根三千彦

Image diagnosis of endolymphatic hydrops

Masaaki Teranishi, Michihiko Sone

Department of Otorhinolaryngology, Nagoya University, Graduate School of Medicine

The characteristic symptoms of Meniere's disease are recurrent vertigo, fluctuating hearing loss and tinnitus, and the principal underlying pathology is endolymphatic hydrops (ELH). Imaging of endolymphatic hydrops is now possible by 3-Tesla MRI after intratympanic (IT) or intravenous injection (IV) of gadolinium (Gd). 3 D-FLAIR and 3 D-real IR are obtained in the case of IT injection of contrast, while heavily T2-weighted 3 D-FLAIR and HYbriD of Reversed image Of Positive endolymph Signal and native image of positive perilymph signal (HYDROPS) are obtained in the case of IV injection of contrast, to visualize the endolymphatic space. Higher concentrations of the contrast agent can be introduced into the perilymph by IT injection than by IV injection. However, the IV method is preferable in the clinical setting, as the endolymphatic spaces of both ears can be evaluated after a single intravenous injection of Gd. ELH is observed more frequently in patients with definite Meniere's disease than in those with possible Meniere's disease. ELH is observed in both the cochlea and the vestibule in patients with atypical Meniere's disease. The vestibular Meniere's disease patients show significant vestibular predominance in the distribution of ELH. ELH is observed more frequently in patients with fluctuating tinnitus than in patients with stable tinnitus. Examination of ELH can be performed as part of preoperative evaluation prior to stapes surgery in patients with otosclerosis; the presence of ELH is a risk factor for the development of severe vertigo after stapes surgery. Examination to detect vestibular ELH can be helpful in the differential diagnosis between vestibular migraine and vestibular Meniere's disease. MRI is a sensitive technique for detecting ELH and the relationships between ELH and clinical symptoms are expected to be widely investigated using this technique.

Key words: Meniere's disease, endolymphatic hydrops, MRI

はじめに

従来めまいの画像診断では、中枢病変の有無を

診断することが大きな目的であった。最近の画像診断の進歩により、多くの内耳疾患で画像所見が得られるようになり、内リンパ水腫の画像化も可能となった。内リンパ水腫をきたす疾患として、

名古屋大学大学院医学系研究科耳鼻咽喉科

原因不明といわれるメニエール病の他、前庭水管拡大症、内耳梅毒、蝸牛耳硬化症、上半規管裂隙症候群の多くの症例、外リンパ瘻の一部などが挙げられる。メニエール病は、回転性めまいを反復し、難聴や耳鳴などの蝸牛症状を伴う疾患で、内耳性めまいをきたす代表的な疾患である。1938年に、メニエール病の病態を示す側頭骨病理がYamakawa¹⁾、Hallpikeら²⁾により報告され、内リンパ水腫が病態の本質と考えられるようになった。メニエール病を定義するために、米国で1995年に作成されたAAO-HNSの基準では、剖検によって内リンパ水腫が確認されたものをCertain Meniere's disease (確認例)としてDefinite Meniere's disease (確実例)より上位に置いている。内リンパ水腫の診断にはこれまで臨床症状や蝸电图、VEMPなどの生理機能検査によってなされてきたが、最近の画像の進歩により内リンパ水腫の有無を診療の一環として把握することができるようになった。本稿ではGd造影MRIによる内リンパ水腫の画像評価の現状について述べる。

Gd 鼓室内投与と Gd 静脈内投与

内リンパ水腫の確認のためのMRI造影検査のGd投与法には鼓室内投与と静脈内投与がある。これまで当科では鼓室内投与法を193耳に施行し、静脈内投与法を2736耳(1368人)に施行している(2016年10月末時点)。Gd鼓室内投与とGd静脈内投与法を比較し、利点・欠点を表1に示す。鼓室内注入法では生理食塩水で8倍希釈したGdを鼓室内投与する。鼓膜麻酔施行後に頭位を約30度回旋し前下象限に、鼓室を満たすように0.3~0.6 ml注入し、1時間、注入側を上にして仰臥位を保ちその間嚙下を禁止している。鼓室内Gd投与は院内の倫理委員会の承認と十分な患者への説明をし、文書による同意を得て施行している。造影剤は鼓室内投与では静脈内投与より外リンパに高濃度に移行する。中耳腔から内耳への薬剤移行ルートは正円窓経由とアブミ骨底の輪状韌帯経由が考えられる。鼓室内に注入されたGdは、注入後2時間で前庭主体に造影されわずかに蝸牛基底回転も描出される。7時間後には蝸牛や半規管の造影も強くなる。24時間経過すると蝸牛は頂回転まで造影され、前庭、半規管も含め、造影剤の濃度はピークになる。3日後には信号が低

図1 初診時オーディオグラム。左感音難聴を認める。難聴は変動を繰り返していた。

下し、6日経過するとGdはほぼ消失する³⁾。Gdを投与すると内リンパにはほとんど入らず外リンパに入るのでそのコントラストを3T MRIを用い、3D-FLAIR法で捉える。正常内耳ではリンパ腔全体に占める内リンパ腔は外リンパ腔に比較してきわめて小さいため、蝸牛のほぼ全体は白色部として、前庭や三半規管は球形嚢や卵形嚢、膨大部以外が白色部として描出される。FLAIR MRIは、内耳内の微細なタンパク質や出血、微細なガドリニウムを検出できる撮影法で三次元(3D)で信号を拾うとsignal to noise ratioを上げることができ、3D-FLAIR画像により内耳異常陰影が捉えられることが多くなってきた。Gdを鼓室内投与後のFLAIR法では外リンパは白く、内リンパは黒く見えるが周囲の骨も黒くなるため、内リンパと骨の区別が難しい。そこでinversion-recovery sequence with real reconstruction (real IR)法が用いられるようになった。real IR法では、内リンパと外側の骨との区別ができる。薄い造影剤の描出にはFLAIR法の方が優れており、鼓室内にGd投与24時間後に3D-FLAIRおよび3D-real IRを3TのMRIで撮影し、内リンパ腔の画像評価をおこなっている。近年メニエール病に対するゲンタマイシン鼓室内注入療法や突発性難聴に対するステロイド鼓室内注入療法が多く報告されるようになってきた。正円窓の薬物の透過性

図2 Gd 静脈注射 4 時間後の 3 T MRI (HYDROPS)。左前庭に著明な内リンパ水腫（長い矢印）を認め、右前庭には内リンパ水腫は認めない。両蝸牛に軽度の内リンパ水腫（短い矢印）を認める。

図3 MRI (T2 強調像)。A：左小脳半球の陳旧性脳梗塞疑い（短い矢印）。B：左側頭葉皮質の脳梗塞疑い（長い矢印）。

は個人差があり、実際に鼓室内 Gd 注入後 MRI を撮影した症例のうち、13%では Gd の内耳への移行が不良であった⁴⁾。鼓室内に投与された Gd の内耳への移行を把握することにより、局所投与される薬物の内耳への移行を事前に予想することができる。Gd 造影剤はキレート剤と一体で含有されているが、Gd が遊離した状態では容量依存性な毒性を持つことが知られている。Kakigi ら⁵⁾ は動物実験で Gd 原液では鼓室内注入後 60 分で蝸牛内直流電位 (EP) の低下を引き起こしたが、8 倍希釈では内耳に影響はなかったと報告している。Suzuki ら⁶⁾ は 8 倍希釈 Gd をモルモットに鼓室内注入したが、電顕で観察したところ内耳組織に影響はなかったと報告している。ヒトでは 8 倍

希釈の Gd を鼓室内投与後 6 日経過すると Gd はほぼ消失する。また外リンパでの希釈濃度は Gd 原液の約 5000 倍と推定されている。これまで当科では Gd 鼓室内注入後、内耳障害を含む合併症は 1 例も経験していない。

造影剤静脈内投与では外リンパに入る濃度が薄いので、静脈内投与法での最初の内リンパ水腫の画像診断では、2 倍量の Gd を用い、静注 4 時間後に 3 D-FLAIR 法でメニエール病患者においての内リンパ水腫の描出が行われた。造影剤の倍量投与は、転移性脳腫瘍など一部の疾患の適応しか保険診療としては認められておらず、倫理委員会の承認も必要である。通常量の Gd 静注での描出が検討され、より薄い造影剤の検出に鋭敏な

表1 Gd 鼓室内投与法および Gd 静脈内投与法の比較

鼓室内投与法の利点	鼓室内投与法の欠点
内耳での Gd の造影強度が高い。 内耳への薬剤の移行の程度が評価できる。	Gd 注入した耳の内耳のみの評価となる。 正円窓の透過性が乏しい場合、Gd により内耳は造影されない。 倫理委員会の承認が必要である。
静脈内投与法の利点	静脈内投与法の欠点
両耳の内耳の評価が可能である。 内耳血管透過性が評価できる。	鼓室内投与法より内耳の造影の程度は弱い。 副作用の可能性（腎障害など）。

表2 MRI における内リンパ水腫の程度分類

	前庭 内リンパ腔の内外リンパ腔に 対する面積比	蝸牛
水腫なし	3 分の 1 まで	ライスネル膜の伸展なし
軽度水腫	2 分の 1 まで	蝸牛管面積 ≤ 前庭階面積
著明水腫	2 分の 1 超	蝸牛管面積 > 前庭階面積

Heavily T2-weighted 3D-FLAIR 法を用いることにより、通常量の Gd 静注 4 時間後に内リンパ水腫の描出が可能になった。さらに HYbriD of Reversed image Of Positive endolymph Signal and native image of positive perilymph signal (HY-DROPS) では通常量の Gd 静注にて造影剤の濃度が薄い条件でも鼓室内注入法での real IR 法のような、内リンパと外リンパと周囲の骨の三つを一枚の画像で分離して観察できるようになった。通常量 Gd 静注法は、両耳の内耳を一度の造影剤静注で評価可能であり、Gd のオフラベルユースを伴わず一般臨床で施行可能である⁷⁾。MRI による内リンパ水腫の程度評価は表 2 に示すように三段階のスケールを用いている。左右別々に前庭と蝸牛についてそれぞれ評価し、前庭は外側半規管が 240 度以上観察できるもっとも下方のスライスをを用いて判定し、蝸牛は蝸牛軸中心を通るスライスをを用いて判定する。前庭では面積の 3 分の 1、2 分の 1 を正常、軽度水腫、著明水腫の境とした⁸⁾。

症例一左メニエール病一

症例：38 歳、男性。

病歴：3 年前に、突然の左耳鳴、難聴、その後めまい出現し、近医耳鼻咽喉科、内科を受診した。

4 カ月前から左難聴増悪した。近医耳鼻咽喉科では左耳の聴力変動を指摘された。精査希望のため、当科紹介受診となった。初診時のオーディオグラムを図 1 に示す。通常量 Gd 静脈注射後 4 時間での MRI (HYDROPS) を図 2 に示す。前庭では、左耳に著明な内リンパ水腫を認め、右耳には内リンパ水腫を認めなかった。蝸牛では、両耳に軽度の内リンパ水腫を認めた。なお症状との関連は不明であるが、同時に撮影した T2 強調画像では、左小脳半球に陳旧性脳梗塞疑い、左側頭葉皮質の脳梗塞疑いを指摘された (図 3)。神経内科も受診し、神経学的診察では異常所見なく、採血では LDL コレステロール 158 mg/dl (140 > 正常) とやや高値であったが、ホルター心電図、心エコー、頸動脈エコーで異常所見認めなかった。塞栓をきたす原因なく、血栓性の梗塞を起こしたのと考えアスピリン内服開始となった。当科は内リンパ水腫に対し生活指導を行い、定期診察の予定となった。

メニエール病およびその周囲疾患と MRI

メニエール病症例について MRI を用いた内リンパ水腫の評価では、AAO-HNS の診断基準 (1995) 別にみると possible Meniere's disease

表3 前庭型メニエール病における MRI による内リンパ水腫の程度（文献11より改変）

	内リンパ水腫なし	軽度内リンパ水腫	著明内リンパ水腫
前庭	9	16	31
蝸牛	27	8	21

前庭有意に内リンパ水腫が確認される。P<0.01

表4 蝸牛型メニエール病における MRI による内リンパ水腫の程度（文献11より改変）

	内リンパ水腫なし	軽度内リンパ水腫	著明内リンパ水腫
前庭	12	16	28
蝸牛	18	17	21

(MD) では122例中100例 (82.0%) に前庭内リンパ水腫, 65例 (53.3%) に蝸牛内リンパ水腫を認め, probable MD では15例中12例 (80%) に前庭内リンパ水腫, 10例 (66.7%) に蝸牛内リンパ水腫を認めた。definite MD ではさらに内リンパ水腫の出現率は高く, 68例中67例 (98.5%) に前庭内リンパ水腫, 64例 (94.1%) に蝸牛内リンパ水腫を認めた⁹⁾。

一側性 definite MD (29例) および両側性 definite MD (12例) の検討では, いずれも全例に患側の前庭, 蝸牛の少なくともどちらかには内リンパ水腫を認めた。一側性メニエール病では, 反対側の耳に症状がなくても内リンパ水腫が存在することが多い。健側耳について, 一側性 definite MD のうち8例では前庭, 蝸牛ともに水腫を認めなかったが, 16例で前庭水腫, 14例で蝸牛水腫を認めた。一側性メニエール病の一部は両側メニエール病へ進行する場合があるが, 画像精査によって予想できると考えられた¹⁰⁾。

メニエール病診療ガイドラインでは非定型メニエール病として前庭型メニエール病と蝸牛型メニエール病の記載がある。非定型メニエール病について内リンパ水腫存在部位の検討を行ったところ, 前庭型メニエール病では全例両側評価を行い, 56耳中前庭では31耳 (55.4%) で著明内リンパ水腫, 16耳 (28.6%) で軽度内リンパ水腫を認め, 9耳 (16.1%) では内リンパ水腫を認めなかった。また56耳中, 蝸牛では21耳 (37.5%) で著明内リンパ水腫, 8耳 (14.3%) で軽度内リンパ

水腫を認め, 27耳 (48.2%) では内リンパ水腫を認めなかった (表3)。蝸牛型メニエール病では症状を認めた56耳中前庭では28耳 (50.0%) で著明内リンパ水腫, 16耳 (28.6%) で軽度内リンパ水腫を認め, 12耳 (21.4%) では内リンパ水腫を認めなかった。また56耳中, 蝸牛では21耳 (37.5%) で著明内リンパ水腫, 17耳 (30.4%) で軽度内リンパ水腫を認め, 18耳 (32.1%) では内リンパ水腫は認めなかった (表4)。前庭型メニエール病では蝸牛に比べ前庭に有意に多く内リンパ水腫を認めた ($p<0.01$) が, 蝸牛型メニエール病では蝸牛のみならず前庭にも内リンパ水腫は同様に確認された。メニエール病確実例ではほとんどの症例で前庭, 蝸牛両方に内リンパ水腫は認められる¹¹⁾¹²⁾。Kitahara ら¹³⁾ は蝸牛型メニエール病の74例中59例 (79.7%) は定型メニエール病に移行したが, 前庭型メニエール病の111例中24例 (21.6%) のみが定型メニエール病に移行したと報告しており, 蝸牛型メニエール病の方が前庭型メニエール病よりメニエール病への移行率が高いが, 蝸牛型メニエール病では症状がなくてもMRI上内リンパ水腫が前庭にも存在している結果からも理解できる。Paparella ら¹⁴⁾ は耳鳴や耳閉感を初発症状とした早期の内リンパ水腫があると報告しているが, 耳鳴を主訴として来院した15例30耳を対象にMRIで内リンパ水腫の評価をおこなったところ, 変動性耳鳴を有する症例は変動性耳鳴のない症例に比較して有意に内リンパ水腫が存在し, 耳閉感を伴う症例は耳閉感を伴わない

症例に比較して有意に内リンパ水腫を認めた。耳閉感を伴う変動性耳鳴例は、メニエール病早期の症状である可能性がある^{15)~17)}。

MRI を複数回撮影することにより治療効果判定や経過観察にも有効である。メニエール病に対し保存的治療を1年以上行い、内リンパ水腫の変化をみた報告¹⁸⁾や利尿剤投与により内リンパ水腫の軽減を示した報告もある¹⁹⁾²⁰⁾。

片頭痛関連めまいは前庭型メニエール病と鑑別が困難な場合があるが、MRIによる前庭内リンパ水腫の評価では、片頭痛関連めまいでは水腫なし11例、軽度水腫1例、著明水腫2例であり、前庭型メニエール病は水腫なし0例、軽度水腫3例、著明水腫11例と二群で有意差があり、鑑別に有用である²¹⁾。

耳硬化症に内リンパ水腫が合併することは以前から指摘されているが、MRIによる内リンパ水腫の同定は耳硬化症に対するアブミ骨手術の術前の評価とリスク回避に有用である。耳硬化症27耳のMRIによる内リンパ水腫評価の結果は、蝸牛では20耳に内リンパ水腫を認め、前庭では15耳に内リンパ水腫を認めた。急性感音難聴やめまいの既往がある症例では、蝸牛、前庭に著明な内リンパ水腫を認めたが、内耳症状の既往のない症例にも蝸牛や前庭に著明な内リンパ水腫が確認された²²⁾。またアブミ骨手術前にMRI評価ができた16例のうち、前庭に内リンパ水腫を認めなかった14例中12例では術後めまいはなく2例では術後短期間のふらつきがあったが、前庭に内リンパ水腫を認めた2例ではふらつきが長期におよんだ²³⁾。

上半規管裂隙症候群や前庭水管拡大症のような、pathologic third window lesion 症例は、外リンパ圧に影響を与え内リンパ水腫が形成される可能性があるが、上半規管裂隙症候群5耳のうち4耳では蝸牛に著明内リンパ水腫を認め、2耳に前庭に軽度内リンパ水腫を認めた。前庭水管拡大症12耳は、すべての耳に蝸牛、前庭に内リンパ水腫を認めた²⁴⁾。

生理機能検査とMRI

内リンパ水腫を検出する機能検査としては、VEMP、蝸電図、グリセロールテスト、連続周波数ティンパノメトリーなどがある。VEMPは球形嚢および球形嚢由来の前庭頸反射の経路の機能検査として臨床応用されており、球形嚢の内リン

パ水腫の存在を推定することができる。MRIによる内リンパ水腫との比較検討では、VEMPの消失は蝸牛水腫より前庭水腫と関連があった²⁵⁾。MRIで前庭に著明な内リンパ水腫を認める症例では、VEMPは消失する傾向にある。一部の症例では著明な前庭内リンパ水腫が存在しても反応が出る場合もある。Youngら²⁶⁾は、前庭の内リンパ水腫が大きくアブミ骨の底板に接する程度であると、VEMPの反応が増幅される例があることを報告している。蝸電図では、SP/AP比の上昇により蝸牛内リンパ水腫の検出が可能と報告されている。当科では鼓室外誘導法によりクリック音を用い測定している。MRIによる内リンパ水腫との比較検討では、蝸電図SP/AP比の大きさは、前庭水腫より蝸牛水腫と関連があった。しかしMRIで蝸牛に著明な内リンパ水腫を認めても、SP/AP比が高くない症例も一部あり、SP/AP比は、測定時期での内リンパ水腫の程度その他、蝸牛内リンパ水腫の罹患期間や難聴の進行度に影響を受ける²⁷⁾。温度眼振検査とMRIによる内リンパ水腫との比較検討では、水腫の程度と半規管麻痺(CP)との間に関連はなく、外側半規管膨大部における内外リンパ腔に対する内リンパ腔の径の比率とCP(%)との関連は認めなかった²⁸⁾。Gürkovら²⁹⁾は外側半規管へのヘルニア所見の有無とCP(%)との間で関連があると報告している。連続周波数ティンパノメトリーでは、プローベ音の周波数を変化させて測定したコンダクタンスのピークのパターンは変化してくる。プローベ音が耳伝音系の共振周波数より高くなるとピークは二峰性となる。メニエール病患者では、2000 Hzのプローベ音で観察される二峰性のピーク幅が拡大していることが報告されている。またGd造影後のMRI検査で著明な内リンパ水腫を認めた耳では、2000 Hzのコンダクタンスティンパノメトリーで観察される二峰性のピーク幅は有意に増大していた³⁰⁾。Darrrouzetらは内耳圧が上昇するとピーク幅が拡大してくることを動物実験で示しており³¹⁾、2000 Hzのプローベ音で観測されるピーク幅の拡大は内リンパ水腫の程度により内耳圧が上昇した結果を反映している可能性があることが推察される。本検査は内耳の病態を反映する検査としても期待される。

ま と め

画像診断の進歩により、内リンパ水腫の画像化が可能になった。内リンパ水腫のMRI画像評価は、臨床症状や生理学的検査と関連づけての検討が可能であり、メニエール病やその関連疾患の病態が次第に明らかになってきた。内リンパ水腫存在を手掛かりに、それぞれの耳疾患の病態把握と適切な対応の検討が必要である。

文 献

- 1) Yamakawa K: Über die pathologisch Veränderung bei einem Meniere-Kranken. J Otorhinolaryngol Soc Jpn 4: 2310-2312, 1938
- 2) Hallpike CS, Cairns H: Observations on the pathology of Meniere's syndrome. J Laryngol Otol 53: 625-655, 1938
- 3) Nakashima T, Naganawa S, Sugiura M, et al.: Visualization of endolymphatic hydrops in patients with Meniere's disease. Laryngoscope 117: 415-420, 2007
- 4) Yoshioka M, Naganawa S, Sone M, et al.: Individual differences in the permeability of the round window: Evaluating the movement of intratympanic gadolinium into the inner ear. Otol Neurotol 30: 645-648, 2009
- 5) Kakigi A, Nishimura M, Takeda T, et al.: Effects of gadolinium injected into the middle ear on the stria vascularis. Acta Otolaryngol 128: 841-845, 2008
- 6) Suzuki H, Teranishi M, Naganawa S, et al.: Contrast-enhanced MRI of the inner ear after intratympanic injection of meglumine gadopentetate or gadodiamide hydrate. Acta Otolaryngol 131: 130-135, 2011
- 7) 長縄慎二：内耳の造影MRIによる内リンパ水腫画像。画像診断 35：278-289, 2015
- 8) Nakashima T, Naganawa S, Pyykkö I, et al.: Grading of endolymphatic hydrops using magnetic resonance imaging. Acta Otolaryngol Suppl 560: 5-8, 2009
- 9) Pyykkö I, Nakashima T, Yoshida T, et al.: Ménière's disease: a reappraisal supported by a variable latency of symptoms and the MRI visualization of endolymphatic hydrops. BMJ Open 3: e001555, 2013
- 10) Morimoto K, Yoshida T, Sugiura S, et al.: Endolymphatic hydrops in patients with unilateral and bilateral Meniere's disease. Acta Otolaryngol 137: 23-28, 2017
- 11) Kato M, Sugiura M, Shimono M, et al.: Endolymphatic hydrops revealed by magnetic resonance imaging in patients with atypical Meniere's disease. Acta Otolaryngol 133: 123-129, 2013
- 12) 吉田忠雄, 中島 務：内リンパ水腫。耳鼻臨床 106：861-870, 2013
- 13) Kitahara M, Takeda T, Yazawa Y, et al.: Pathophysiology of Meniere's disease and its subvarieties. Acta Otolaryngol Suppl 406: 52-55, 1984
- 14) Paparella M: Tinnitus & early endolymphatic hydrops. Int Tinnitus J 16: 87, 2011
- 15) Yoshida T, Teranishi M, Kato M, et al.: Endolymphatic hydrops in patients with tinnitus as the major symptom. Eur Arch Otorhinolaryngol 270: 3043-3048, 2013
- 16) 曾根三千彦：内リンパ水腫—画像評価とその意義—。Equilibrium Res 74: 303-307, 2015
- 17) 寺西正明・曾根三千彦：＜最新のめまい診断＞画像検査。耳喉頭頸 89：22-28, 2017
- 18) Suga K, Kato M, Yoshida T, et al.: Changes in endolymphatic hydrops in patients with Meniere's disease treated conservatively for more than 1 year. Acta Otolaryngol 135: 866-870, 2015
- 19) Miyagawa M, Fukuoka H, Tsukada K, et al.: Endolymphatic hydrops and therapeutic effects are visualized in 'atypical' Meniere's disease. Acta Otolaryngol 129: 1326-1329, 2009
- 20) 宇佐美真一, 福岡久邦, 吉村豪兼：MRIと内リンパ水腫。JOHNS 32: 37-40, 2016
- 21) Nakada T, Yoshida T, Suga K, et al.: Endolymphatic space size in patients with vestibular migraine and Ménière's disease. J Neurol 261: 2079-2084, 2014
- 22) Mukaida T, Sone M, Yoshida T, et al.: Magnetic Resonance Imaging Evaluation of Endolymphatic Hydrops in Cases With Otosclerosis. Otol Neurotol 36: 1146-1150, 2015

- 23) Sone M, Yoshida T, Sugimoto S, et al.: Magnetic resonance imaging evaluation of endolymphatic hydrops and post-operative findings in cases with otosclerosis. *Acta Otolaryngol* 2016 Sep 27: 1-4 [Epub ahead of print]
- 24) Sone M, Yoshida T, Morimoto K, et al.: Endolymphatic hydrops in superior canal dehiscence and large vestibular aqueduct syndromes. *Laryngoscope* 126: 1446-1450, 2016
- 25) Katayama N, Yamamoto M, Teranishi M, et al.: Relationship between endolymphatic hydrops and vestibular-evoked myogenic potential. *Acta Otolaryngol* 130: 917-923, 2010
- 26) Young YH, Wu CC, Wu CH: Augmentation of vestibular evoked myogenic potentials: an indication for distended saccular hydrops. *Laryngoscope* 112: 509-512, 2002
- 27) Yamamoto M, Teranishi M, Naganawa S, et al.: Relationship between the degree of endolymphatic hydrops and electrocochleography. *Audiol Neurotol* 15: 254-260, 2010
- 28) Kato M, Teranishi M, Katayama N, et al.: Association between endolymphatic hydrops as revealed by magnetic resonance imaging and caloric response. *Otol Neurotol* 32: 1480-1485, 2011
- 29) Gürkov R, Flatz W, Louza J, et al.: Herniation of the membranous labyrinth into the horizontal semicircular canal is correlated with impaired caloric response in Ménière's disease. *Otol Neurotol* 33: 1375-1379, 2012
- 30) Kato K, Yoshida T, Teranishi M, et al.: Peak width in multifrequency tympanometry and endolymphatic hydrops revealed by magnetic resonance imaging. *Otol Neurotol* 33: 912-915, 2012
- 31) Darrouzet V, Dulon D, Franco-Vidal V: Multifrequency immittanceometry in experimentally induced stapes, round window and cochlear lesions. *Audiol Neurotol* 12: 85-100, 2007

利益相反に該当する事項はない。