

核医学検査による水頭症と低髄圧症候群の評価

筑波大学 水戸地域医療教育センター/水戸協同病院 脳神経外科

柴田 靖 Yasushi Shibata

前回は Radioisotope(RI) cisternography の歴史と役割、方法、正常像を中心に述べた。今回は最も多い髄液循環障害であり、RI cisternography がその役割を発揮する正常圧水頭症と低髄圧症候群、髄液漏について、他の画像モダリティとの比較も含めて述べる。

1. 正常圧水頭症の評価

CT や MRI が無い時代では水頭症の画像評価は気脳写と RI cisternography しかなく、RI cisternography は水頭症の診断に必須であった(1)。現在では必須ではないが、RI cisternography は脳脊髄液の動態を直接に視覚評価できる画像診断方法であり、病態の理解、手術適応の判断などに有用であることに変わりはない。

閉塞性水頭症では閉塞部位を RI が通過しない。交通性水頭症では脳室逆流と全体のクリアランスを評価する。正常では脳室逆流は原則として見られない。6 時間までの早期に脳室逆流が見られ、その後、吸収、排せつされる所見は早期脳室逆流 early ventricular reflux と呼ばれ、交通性水頭症の初期所見と考えられるが、この所見のみではシャント手術の適応とはされない。6 時間以降も脳室にトレーサーが貯留する場合は、脳室内停滞 ventricular stasis と呼ばれ、治療が必要な水頭症の所見とされている。側脳室に RI が入ると側脳室の形である正面像でハート型、側面像で C 字型を呈する。RI cisternography は髄液循環の評価には有用であるが、脳室サイズの評価には適さないことは前回の RI cisternography 総説に述べた。脳室サイズは CT や MRI などの解剖画像で評価し、RI cisternography は機能画像として髄液循環の評価のみに用いるべきである。正常では 24 時間で傍矢状静脈洞近傍に集まり、48 時間で吸収されるが、交通性水頭症ではこのクリアランスが遅れる。

診断のポイント：髄注後 6 時間以降も脳室にトレーサーが貯留する場合は、脳室内停滞と呼ばれ、治療が必要な水頭症の所見である。側脳室に RI が入ると側脳室の形である正面像でハート型、側面像で C 字型を呈する。正常では 48 時間で吸収されるが、交通性水頭症ではこのクリアランスが遅れる。

水頭症の RI cisternography 所見は 5 型に分類が提唱されている(2)。Type I は 24 時間で頭頂部まで RI が到達し、正常か閉塞性水頭症である。Type II は RI の到達が遅れるが脳室逆流がなく、加齢変化、脳萎縮で見られる。Type III は一過性脳室逆流があり、24 時間で RI の頭頂部への到達を認めるものを Type IIIA、認めないものを Type IIIB と分けている。Type IV は 24 時間まで脳室逆流を認める。Type IIIB 以上が水頭症であり、手術効果が期待できるとされている。RI cisternography と同時に SPECT/CT を施行した症例報告があり、RI 分布をより詳細に示すことができる(2)。

水頭症に対する脳血流 SPECT は必須の検査ではないが、特徴的な所見を呈する。脳室拡大を反映して、脳梁近傍やシルビウス裂近傍に血流低下が見られ、高位円蓋部の前頭葉、

頭頂葉などに血流上昇がみられる(3)(4)。高位円蓋部の相対的血流上昇は Convexity APParent Hyperperfusion(CAPPAH) sign と呼ばれ、正常圧水頭症に特徴的な所見とされている(5)。通常の脳血流 SPECT の統計解析画像では血流低下部位を検出するが、血流増加部位の解析は行わないことが多く、水頭症ではこの解析も含めて行うべきである。

診断のピットフォール: 通常の脳血流 SPECT の統計解析画像では血流低下部位を検出するため、血流増加部位の解析は行わないことが多く、水頭症ではこの解析も含めて行うべきである。

CT cisternography はヨード造影剤を髄注して経時的に頭部 CT を撮像する方法である。RI cisternography よりも撮像断面の空間解像度は上がり、CT 値を測定すれば定量評価が可能である。しかし撮像断面が限られ、被ばくする欠点がある。CT cisternography と RI cisternography を比較した文献では、多くの症例で同様の所見を示したが、全体の流れの評価は RI cisternographyの方がわかりやすく、脳室逆流などの局所の評価は CT cisternography がより有用と報告している(6)。

Gadolinium 造影剤を髄注した MR cisternography も報告されており、1ml の髄注では副作用や合併症はなかったとされている(7)。正常圧水頭症、特にシャント手術が有効であった症例群では脳室逆流、停滞が 24-48 時間後まで見られ、診断とシャント手術の適応決定に有用と報告しているが、RI cisternography との比較はされていない。被ばくはなく、解像度も良好であるが、撮像時間が長い、ペースメーカーや閉所恐怖症など MR の撮像に問題がある症例では MR 撮像は困難である。

2. 正常圧水頭症の症例

A) 症例 1: 84 歳女性で、乳がん治療歴があるが再発は見られていない。2 年前から徐々に歩行障害、尿失禁があり、CT で脳室拡大と disproportionately enlarged subarachnoid hydrocephalus(DESHP)を認めた(Fig 1)。改定式長谷川式簡易認知症スケール(HDS-R)では 30 点満点の 28 点と認知機能は比較的保たれていた。MRI では脳室拡大と脳室周囲高信号域 periventricular hyperintensity(PVHI)と年齢相当の脳萎縮と虚血性変化を認め、MRA ではほぼ正常であった(Fig 2)。tap test により歩行の改善を認めた。RI cisternography では RI 髄注後 6 時間で両側シルビウス裂の Lateral routes と大脳半球間裂の Central routes は描出されたが、両側側脳室への脳室逆流を認めた(Fig 3)。RI 髄注後 24 時間の撮像では RI は上矢状静脈洞付近に達せず、48 時間後でも上矢状静脈洞付近以外にも多くの RI の残存を認め、両側側脳室内の RI 集積は 48 時間まで継続した(Fig 3)。脳室逆流と吸収遅延の所見より正常圧水頭症と診断した。脳室腹腔シャント(VP shunt)手術を行い、術後には脳室サイズも縮小し(Fig 1)、症状も改善した。

B) 症例 2: 90 代の女性で、認知症、歩行障害、尿失禁にて発症した。CT では全体的な脳室拡大、脳室周囲低吸収域 Periventricular lucency(PVL)と頭頂部での脳溝の狭小化 DESHP を認めた(Fig 4)。I123-IMP による術前の脳血流 SPECT では両側シルビウス裂近傍の血流低下と両側頭頂部に脳血流上昇を示す CAPPAH sign を示した(Fig 5)。解析ソフトであ

る 3 Dimensional Stereotactic Surface Projections (3D-SSP)では下段の断層画像と上段の皮質画像が評価できる。特に外側面と内側面の皮質血流を矢状像で示す上段の画像が CAPPAAH sign の検出には有用である。タップテストで臨床症状の改善を認めたため、特発性正常圧水頭症と診断した。全身麻酔下に脳室腹腔シャント術を行い、術後 1 週間の CT で脳室拡大は改善し(Fig 6)、脳血流 SPECT では両側シルビウス裂近傍の血流低下も CAPPAAH sign も改善した(Fig 7)。臨床症状も改善が見られ、自宅退院した。

3. 低髄圧症候群、髄液漏の評価

硬膜外に RI が漏れていることを画像で示せば、髄液漏と診断できる。脊髄硬膜外へ多発性に漏出し、早期に膀胱へ貯留する RI cisternography 像は Christmas tree appearance と呼ばれる(8)。Sugino らは低髄圧症候群の 7 例に RI cisternography を行い、全例で髄液漏を検出し、2 週間以上の安静により症状も RI cisternography 所見も改善したと報告している(9)。RI cisternography の感度は高いが、ガンマ線の散乱により解像度が低いため、髄液漏の所見は不明確となり易く、特に読影に慣れていないと所見を見逃し診断できない。また定性画像であるため、ウインドウのレベルや幅を調整することにより、異常の検出力も変化する。アーチファクトを髄液漏と誤診する可能性もある。早期の尿中排泄や頭蓋内へ移行しない所見は脊椎での髄液漏を示唆する所見とされるが、直接的に髄液漏を示しておらず、他の原因の可能性もある。これらを改善するために定量評価の試みが本邦から報告されている(10, 11)。Moriyama らは低髄圧症候群が疑われる 57 例に RI cisternography を行い、2.5 から 24 時間で髄液腔の RI 活性を測定した(10)。髄液漏を認めない症例では RI 活性は指数関数で減衰したが、髄液漏が認められる 25 例では早い相と遅い相の 2 相性で減衰し、早い相が漏出によるものとしている。RI のクリアランスは年齢にも依存するため、年齢補正が必要であろうと著者らも指摘している。Horikoshi らは低髄圧症候群と診断した 3 例に硬膜外ブラッドパッチを行う前後で RI cisternography を行い、髄液腔全体の RI 活性の変化を測定した(11)。3 例とも起立性頭痛などと造影 MRI で硬膜のびまん性造影などの低髄圧症候群に特徴的な臨床症状、画像所見を示している。治療前の RI cisternography では髄液漏は 2 例のみに認めている。髄液腔全体の RI 活性は治療前は 6 時間で 50%に 24 時間で 20%に低下したが、治療後は 6 時間では 90%で 24 時間でも 70%であり、漏出の治癒によりクリアランスが遅延し、定量評価は定性評価を補うと結論している。

MR myelography は造影剤も腰椎穿刺も不要で、被ばくも無い。Matsumura らは MR myelography で髄液漏が検出できることを報告してきた(12) (13)。低髄圧症候群で脊椎での髄液漏が疑われる 15 例に MR myelography と RI cisternography を行い、両者の所見を比較した読影実験では MR myelography の感度は 80-86.7%であり、RI cisternography の感度は 93.3%であった(14)。両者とも感度は良好であるが、RI cisternographyの方が良好であり、読影能力によるところが大きいと思われる。RI cisternography は経時的撮像により動態を見るものであるが、MR myelography は静止画である。また MR myelography は

髄液以外の静脈やのう胞などの水分も高信号に描出するので読影には注意が必要である。またペースメーカーや閉所恐怖症など MR が撮像できない症例ももちろん存在する。

最近では RI cisternography をしながら SPECT/CT の融合画像を作成し、髄液漏の部位を特定できたとする報告もある(15)。

RI cisternography は腰椎穿刺が必要で、被ばくもあるが、髄液の動態を数日にわたり直接に画像として確認できる唯一の方法である。アーチファクトもあり、基本的に定性画像であり、また定量評価は容易ではないが、最大の問題点は読影に経験を有することである。MR などの非侵襲的検査で評価できるものは、それが望ましいが、RI cisternography でなければ評価できない髄液循環が存在する。現代の臨床医が、RI cisternography の適応、利点をよく理解し、読影に経験を積むことにより、この検査の意義を御理解いただき、さらに活用していただきたい。

4. まとめ

- ① 閉塞性水頭症では閉塞部位を RI が通過しない。
- ② 正常では脳室逆流は原則として見られず 6 時間以降も脳室にトレーサーが貯留する場合は、脳室内停滞と呼ばれ、治療が必要な水頭症の所見である。
- ③ 水頭症の脳血流 SPECT では脳梁近傍やシルビウス裂近傍に血流低下が見られ、高位円蓋部の前頭葉、頭頂葉などに血流上昇がみられ、CAPPAAH sign と呼ばれ、正常圧水頭症に特徴的な所見とされている。
- ④ 脊髄硬膜外へ多発性に漏出し、早期に膀胱へ貯留する RI cisternography 像は Christmas tree appearance と呼ばれ、髄液漏の特徴的な所見である。
- ⑤ RI cisternography は感度は良好であるが、解像度が低く、アーチファクトもあるため読影には習熟が必要で、定量評価や他の画像所見と組み合わせることが必要である。

文献

1. James AE, Jr., DeLand FH, Hodges FJ, 3rd, Wagner HN, Jr. Normal-pressure hydrocephalus. Role of cisternography in diagnosis. *Jama*. 1970;213:1615-22.
2. Thut DP, Kreychman A, Obando JA. 111In-DTPA Cisternography with SPECT/CT for the Evaluation of Normal Pressure Hydrocephalus. *Journal of Nuclear Medicine Technology*. 2014;42:70-4.
3. Ishii K, Hashimoto M, Hayashida K, Hashikawa K, Chang CC, Nakagawara J, et al. A Multicenter Brain Perfusion SPECT Study Evaluating Idiopathic Normal-Pressure Hydrocephalus on Neurological Improvement. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2011;32:1-10.
4. Sasaki H IK, Kono A, et al. Cerebral perfusion pattern of idiopathic normal pressure hydrocephalus studied by SPECT and statistical brain mapping. *Annals of Nuclear Medicine*. 2007;21:39-45.

5. 徳田隆彦. 髄液の産生 吸収障害と特発性正常圧水頭症の新しい画像診断. 臨床神経. 2014;54:1193-6.
6. Tamaki N, Kanazawa Y, Asada M, Kusunoki T, Matsumoto S. Comparison of cerebrospinal fluid dynamics studied by computed tomography (CT) and radioisotope (RI) cisternography. *Neuroradiology*. 1978;16:193-8.
7. Algin O, Hakyemez B, Ocakoglu G, Parlak M. MR cisternography: is it useful in the diagnosis of normal-pressure hydrocephalus and the selection of "good shunt responders"? *Diagn Interv Radiol*. 2011;17:105-11.
8. Rando TA, Fishman RA. Spontaneous intracranial hypotension: report of two cases and review of the literature. *Neurology*. 1992;42:481-7.
9. Sugino T, Matsusaka Y, Mitsuhashi Y, Murata K, Sakaguchi M. Intracranial hypotension due to cerebrospinal fluid leakage detected by radioisotope cisternography. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2000;40:404-7.
10. Eiji Moriyama, Tomoyuki Ogawa, Ayumi Nishida, Shinichi Ishikawa, Hiroichi Beck. Quantitative analysis of radioisotope cisternography in the diagnosis of intracranial hypotension. *Journal of Neurosurgery*. 2004;101:421-6.
11. Horikoshi T, Ikegawa H, Uchida M, Takahashi T, Watanabe A, Umeda T. Tracer Clearance in Radionuclide Cisternography in Patients with Spontaneous Intracranial Hypotension. *Cephalalgia*. 2006;26:1010-5.
12. Akira Matsumura, Izumi Anno, Hiroshi Kimura, Eiichi Ishikawa, Tadao Nose. Diagnosis of spontaneous intracranial hypotension by using magnetic resonance myelography. *Journal of Neurosurgery*. 2000;92:873-6.
13. Matsumura A, Anno I, Nose T, Fujimoto A, Shibata Y, Okazaki M. Intracranial hypotension. *J Neurosurg*. 2001;95:914-6.
14. Yoo H-M, Kim SJ, Choi CG, Lee DH, Lee JH, Suh DC, et al. Detection of CSF Leak in Spinal CSF Leak Syndrome Using MR Myelography: Correlation with Radioisotope Cisternography. *American Journal of Neuroradiology*. 2008;29:649-54.
15. Novotny C, Pötzi C, Asenbaum S, Peloschek P, Suess E, Hoffmann M. SPECT/CT Fusion Imaging in Radionuclide Cisternography for Localization of Liquor Leakage Sites. *Journal of Neuroimaging*. 2009;19:227-34.