

専門医に求められる最新の知識：画像

SPECT による頭部外傷の機能的評価-1

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

〒310-0015 茨城県水戸市宮町 3-2-7

柴田 靖 Yasushi Shibata

キーワード：SPECT, 脳挫傷、高次脳機能

要約：頭部外傷急性期ではまず CT、必要であれば MRI による解剖学的評価が基本である。SPECT は機能画像であり、解剖画像では評価できない脳機能を定量的、定性的に評価することが可能である。頭部外傷においても脳 SPECT 画像が病態を理解し、診断、治療、予後判定、治療効果判定に有用であることは多数報告されている。SPECT は全脳を評価でき、標準データベースと比較することにより統計解析画像が容易に作成できる利点がある。頭部外傷では呼吸障害や低血圧、頭蓋内圧亢進などが多く、臨床現場でも研究でもこれらのパラメーターにも注意して脳血流を検討する必要がある。最も臨床でよく使用される Tc ECD SPECT について解説する。

1. 頭部外傷における機能画像の役割

頭部外傷の画像診断ではまず出血を見逃さずに評価する必要がある、出血に敏感で検査時間も短い頭部 CT が最初に撮像される。骨折の評価にも頭部 CT が有用である。脳挫傷やびまん性軸索損傷 Diffuse axonal injury(DAI)などの脳実質の評価のためには MRI の方がより解像度が高く、バイタルサインが安定しており、ある程度の安静が可能であれば、早期に MRI で評価することが望まれる。CT も MRI も解剖画像であり、出血や脳挫傷などの病変の存在、その範囲の評価に有用である。これに対して脳 SPECT 画像は機能画像であり、解剖画像では評価できない脳機能を定量的、定性的に評価することが可能である。CT や MRI で density や intensity の変化が見られず、正常と思われる部位でも脳血流や脳機能が低下又は上昇していることがあり、これは脳機能を検査しなければ、評価できない。脳血管障害と同様に、頭部外傷においても脳 SPECT 画像が病態を理解し、診断、治療、予後判定、治療効果判定に有用である[1]。

脳血流を評価する方法は SPECT のほかに、Xenon CT, perfusion CT, perfusion MRI, PET など多数ある。SPECT は全脳を評価でき、標準データベースと比較することにより統計解析画像が容易に作成できる利点がある。近年では Arterial spin labeling(ASL) perfusion MRI など tracer を必要としない方法も高磁場 MRI では可能となっており、より低侵襲となっているが、ノイズも多く、解像度、定量評価、正常との比較などでは、現時点では SPECT が standard である[2] [3]。脳血流量は年齢、血圧、頭蓋内圧、血中酸素濃度、血中二酸化炭素濃度などの影響が大きい。頭部外傷では呼吸障害や低血圧、頭蓋内圧亢進などが多く、臨床現場でも研究でもこれらのパラメーターにも注意して脳血流を検討する必要がある。本稿では頭部外傷における SPECT の自験例と文献報告を紹介する。

2. 頭部外傷における Tc ECD SPECT

脳血流の評価は Technetium99m ethyl cysteinate dimer (Tc ECD) 商品名ニューロライト(富士フイルム RI ファーマ) SPECT が臨床現場において最もよく使用されており、頭部外傷における有用性も報告されている[4]。Tc ECD SPECT は局所脳血流の低下に敏感で、読影者間のばらつきも少ない。標準データベースも構築されているため、統計解析により客観的評価が容易にできる。頭部外傷で血流異常が見られやすいのは脳挫傷の好発部位でもある前頭葉、側頭葉、基底核であり、coup injury の局所損傷はもちろん、contracoup injury での局所脳血流低下が見られることが多い。外傷における脳血流低下は脳動脈の灌流領域とは一致せず、急性期には MRI で見られる病変の範囲より広範であることが多い。よって撮像時期は早ければ早いほど異常を検出しやすい。Iomazenil は大脳皮質の脳血流を評価するが、皮質下や大脳基底核の脳血流評価には Tc ECD の方が有用である。脳血流の評価は大脳皮質に注目されてきたが、大脳基底核の脳血流も外傷によりダイナミックに変化している。急性期の脳血流低下がその後の脳萎縮や予後と相関しており、外傷による一次性損傷ののちに、二次性虚血性損傷の関与も示唆されている[5]。今後、頭部外傷における大脳皮質や基底核の脳血流変化が重症度、予後判定、治療方針決定などの臨床指標として研究が進むことを期待する。CT や MRI で異常を認めず、意識障害などもない軽症頭部外傷でも脳血流異常が検出できることもある。

Gowda らは軽症頭部外傷の急性期に Tc ECD SPECT を行い、特に脳震盪、一過性意識障害、健忘を認めた症例の成人では前頭葉、小児では側頭葉に血流低下が見られたと報告している[6]。Tc ECD は脳血流とともに細胞代謝も反映し、Tc ECD の取り込み低下は血流低下と代謝低下を示すが、Tc hexamethylpropylene amine oxime (HMPAO)では代謝が低下していても血流が上昇していることがあり、Tc ECD の方がより有用としている。

3. Tc ECD SPECT と ASL MRI の比較

SPECT は、高価で被ばくもあり、緊急に対応できない欠点がある。3Tesla MRI の普及により造影剤を使用しない脳血流検査である ASL MRI が容易に撮像でき、ルーチン MRI に追加可能である。頭部外傷の評価において脳血流評価が有用であることは多数報告されているが、ASL MRI の報告はほとんどない。我々は頭部外傷例に同時期に ASL MRI と Tc ECD SPECT を撮像し、両者の所見を比較検討した。

対象は我々の施設で頭部外傷の診断で、同時期に ASL MRI と Tc ECD SPECT を撮像した 21 例。脳挫傷 8 例、外傷性くも膜下出血(t-SA) 2 例、急性硬膜下血腫(ASDH) 5 例、慢性硬膜下血腫 (CSDH)3 例、急性硬膜外血腫(AEDH)1 例、DAI 2 例、脳震盪 1 例（重複有）。男性 16 例、女性 5 例。年齢は 18-90 歳。受傷 1 か月以内の急性期が 15 例、受傷 2 ヶ月以降の慢性期が 6 例であった。数例では継時的に follow up した。

SPECT は Tc ECD 600MBq を右肘静脈に注射し E CAM(Siemens)にて撮像し、easy Z-score imaging system(eZIS)にて標準化し統計解析した。MRI は Magnetom Skyra 3.0Tesla(Siemens)を使用し、通常の MRI 撮像後に ASL は 3 つの delay time で全脳を撮像

し、水平断面像を評価した。ASL の pulse sequence は Turbo Gradient Spin ECHO, TR/TE 5000/36 msec, slice thickness 3mm, FOV 192x192 mm, acquisition time 2min5sec, 3 delay times 1600, 1990, 2400 msec, matrix size 64x64 である。

症例 1 : 57 歳男性。飲酒後に自転車で転倒し当院へ救急搬送された。来院時の意識は良好であり Brain CT では軽度の脳挫傷と外傷性くも膜下出血を認めた。3 時間後に傾眠となり、Brain CT にて左前頭葉の出血が増悪あり、開頭血腫除去術を行った。術後 MRI (Fig 1) では両側前頭葉の脳挫傷と左中大脳動脈領域の脳梗塞を認め、MRA では両側の前大脳動脈、中大脳動脈のスパズムを認めた。肺炎などを合併し、気管切開、経管栄養の状態でありリハビリ病院へ転院した。脳挫傷があれば病変部の脳血流低下は ASL でも SPECT でもほぼ同様に検出された (Fig. 2)。

症例 2 : 80 歳男性。自宅で転倒し後頭部背部打撲し、胸椎圧迫骨折となった。来院時の意識は清明で麻痺もないが、Brain CT では右急性硬膜下血腫を認めた (Fig 3)。症状がないため保存的に加療したが、背部疼痛のために Activity of daily living (ADL) は低下した。徐々に傾眠傾向となり、Brain CT では急性硬膜下血腫は慢性硬膜下血腫へ変化し (Fig 3)、血液検査では低ナトリウム血症を認めた。SPECT と ASL では血流低下は局所に限られており、治療方針決定、予後予測に有用であった (Fig. 4)。

症例 3 : 53 歳男性。2 年前に交通外傷で意識消失を起こしており、脳震盪として他院で加療された。職場復帰後に集中力、記憶力の低下、仕事の効率低下が見られた。頭痛、めまい、ふるえ、しびれなどの症状も継続した。他院で低髄圧と診断されてブラッドパッチを施行されるも症状は改善せず。知能検査 (WAIS) では平均知能指数は正常であるが、語音、数唱などに部分的な低下を認め、同時処理能力、ワーキングメモリーの低下が顕著であった。Brain MRI では明らかな脳挫傷は指摘しえないが、両側前頭葉皮質下に白質病変を認めた (Fig 5)。SPECT、ASL では両側前頭葉に血流低下を認め、この所見は頭部外傷 2 年後と 3 年後に検査したが、変化は見られず、不可逆的な神経損傷を示した (Fig. 6)。高次脳機能障害と診断したが、外傷から時間が経過しているために保険会社や職場に理解され難く、保険会社、弁護士と相談中である。脳血流検査は MRI では指摘しえない高次脳機能障害の異常画像所見を示すことが可能であり、できれば急性期にこの所見により高次脳機能障害と診断する必要がある。

SPECT では定量評価が可能で、標準化統計解析による評価が可能である。ASL は定性画像のみであり、統計解析はできない。また ASL ではノイズが多く、ASL のみでの脳血流評価は十分とは言えないが、すでに血流低下が分かっている症例の follow up には ASL のみで可能と思われた。ASL では頸部でラベルし、頭部でラベルされた血流変化を検出し差分をとるため、撮像のタイミングは循環時間に影響を受ける。循環時間は個人差、病態による差が大きく、その症例に最も適した delay time は不明である。現在では年令のみで delay time を決定して撮像することが多い。症例ごとの適切な delay time は今後検討されるべきである。

ASL MRI と Tc ECD SPECT の所見は相関したが、現時点では定量評価、標準化統計解析が可能な SPECT の方が、情報としては優れている。ASL MRI は被ばくがなく、注射も不要で、既知の脳血流障害の follow up としては有用である。

次回は Tc ECD 以外のトレーサーによる SPECT の頭部外傷評価への応用について述べる予定である。

Figure legends

Fig. 1 : 症例 1、MRI T1 強調画像

Fig. 2 : 症例 1、Tc ECD SPECT(元画像 左、統計解析画像 右)、ASL(左下)

Fig. 3 : 症例 2、来院時 CT(上)、MRI T1 強調画像(中)、亜急性期 CT(下)

Fig 4: 症例 2、Tc ECD SPECT(元画像 左、統計解析画像 右)、ASL(左下)

Fig 5: 症例 3、MRI FLAIR 画像(左)、WAIS 結果 (右、点線が初回、実線が 1 年後)

Fig 6: 症例 3、Tc ECD SPECT(元画像 左、統計解析画像 右)、ASL(左下)

文献

- [1] Raji CA, Tarzwell R, Pavel D, Schneider H, Uszler M, Thornton J, et al. Clinical Utility of SPECT Neuroimaging in the Diagnosis and Treatment of Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. PLoS ONE. 2014;9:e91088.
- [2] Ge Y, Patel MB, Chen Q, Grossman EJ, Zhang K, Miles L, et al. Assessment of thalamic perfusion in patients with mild traumatic brain injury by true FISP arterial spin labelling MR imaging at 3T. Brain Inj. 2009;23:666-74.
- [3] Grossman EJ, Jensen JH, Babb JS, Chen Q, Tabesh A, Fieremans E, et al. Cognitive Impairment in Mild Traumatic Brain Injury: A Longitudinal Diffusional Kurtosis and Perfusion Imaging Study. American Journal of Neuroradiology. 2013;34:951-7.
- [4] ABDEL-DAYEM HM, ABU-JUDEH H, KUMAR M, ATAY S, NADDAF S, EL-ZEFTAWY H, et al. SPECT Brain Perfusion Abnormalities in Mild or Moderate Traumatic Brain Injury. Clinical Nuclear Medicine. 1998;23:309-17.
- [5] Hofman PAM, Stapert SZ, van Kroonenburgh MJPG, Jolles J, de Kruijk J, Wilmink JT. MR Imaging, Single-photon Emission CT, and Neurocognitive Performance after Mild Traumatic Brain Injury. AJNR Am J Neuroradiol. 2001;22:441-9.
- [6] Gowda NK, Agrawal D, Bal C, Chandrashekar N, Tripathi M, Bandopadhyaya GP, et al. Technetium Tc-99m Ethyl Cysteinate Dimer Brain Single-Photon Emission CT in Mild Traumatic Brain Injury: A Prospective Study. AJNR Am J Neuroradiol. 2006;27:447-51.