



分水嶺梗塞の 基礎と臨床

低灌流か、塞栓か —
病態・診断・血圧管理の落とし穴

脳神経内科医がやさしく解説

医知創造ラボ ～脳神経内科医がAIで紡ぐ最新医療情報～

こんな診療場面、ありませんか？



頚動脈高度狭窄の高齢者が、入院後に降圧で片麻痺が悪化した



心停止蘇生後にMRIで両側皮質に線状のDWI高信号を見つけた



敗血症や重症貧血の経過中に新規神経症状が出現した



TIA反復例で、立位や食後に症状が出やすい印象がある



MRIで深部白質に”数珠状(rosary)”のDWI高信号を見つけた

分水嶺梗塞の疫学・位置づけ

概要

全脳梗塞の 約5~10% を占める / 主幹動脈狭窄・閉塞や全身低灌流で発症

TOAST分類では "large artery atherosclerosis" や "other cause" に分類されることが多い

外側(皮質)型 BZ

ACA-MCA 境界

MCA-PCA 境界

線状・楔状の皮質梗塞

微小塞栓 + 低灌流

内側(深部)型 BZ

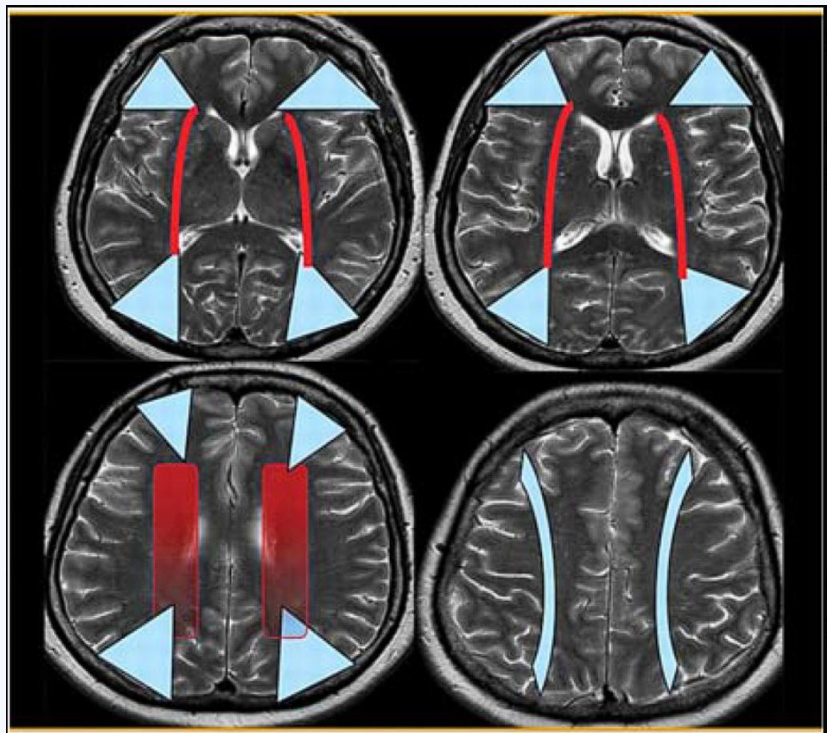
MCA浅枝/深穿通枝 境界

半卵円中心の"数珠状(rosary)"

血行力学性が主機序

ICA狭窄・閉塞と強く相関

解剖① 外側(皮質)分水嶺 — T2軸断MRI

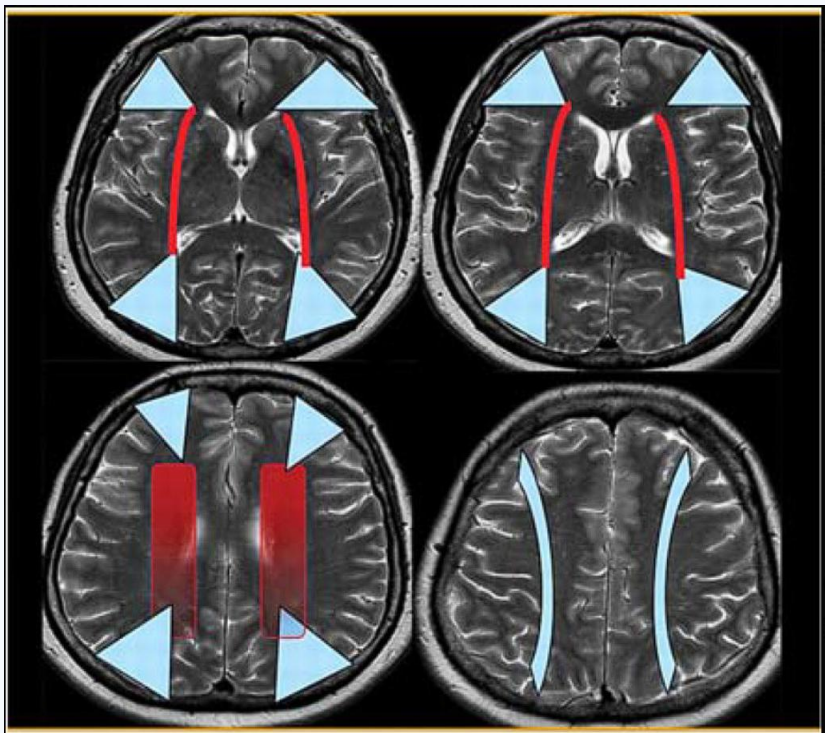


青:外側(皮質)分水嶺 / 赤:内側(深部)分水嶺

外側(皮質)分水嶺の特徴 — 青の領域

- ◆ ACAとMCA、MCA-PCA の血流境界
- ◆ ”楔形” ”線状” の皮質梗塞
- ◆ MRI軸断面で外側帯にDWI高信号
- ◆ 主機序: 微小塞栓 + 低灌流のシナジー
(Momjian-Mayor & Baron, Stroke 2005)
- ◆ 心停止後など全身循環不全の典型例
- ◆ 早期発作が多い(発症2週間以内に23.1%
— Denier C et al, Arch Neurol 2010)

解剖② 内側(深部)分水嶺 — T2軸断MRI



青:外側(皮質)分水嶺 / 赤:内側(深部)分水嶺

内側(深部)分水嶺の特徴 — 赤の領域

- ◆ MCA表在枝と深穿通枝(レンズ核線条体動脈)の境界、半卵円中心に好発
- ◆ 典型像: "rosary-like pattern"
(縦列に並んだ小梗塞)
- ◆ 主機序: 血行力学的虚血(低灌流)
微小塞栓説の関与は限定的
(Momjian-Mayor & Baron, Stroke 2005)
- ◆ 高度な ICA狭窄/閉塞 と強く相関
- ◆ ASL/PWIで CBF低下・遅延が確認可能

病態 — 低灌流説 と 微小塞栓説 と シナジー仮説

① 低灌流説

血流境界域=”最遠位”

灌流圧低下で虚血

- ICA高度狭窄/閉塞
- 心停止・心不全
- 起立性低血圧
- 敗血症・重症貧血

→ 深部型に強い関与

② 微小塞栓説

プラーク由来の

微小塞栓子が境界域に
停滞しやすい

- TCDで symptomatic carotidの微小塞栓陽性
- 皮質型の梗塞像と相関

→ 皮質型で示唆される

③ シナジー仮説 ★

低灌流による

”clearance障害”が
微小塞栓子の流出を妨げ
境界域に滞留

=低灌流と微小塞栓が
相乗的に作用

→ 現代の主流仮説

Momjian-Mayor & Baron, Stroke 2005 / Mangla R et al, Radiographics 2011

主な原因疾患・誘因

頸動脈・脳血管

ICA高度狭窄・閉塞 / 頭蓋内主幹動脈狭窄 / もやもや病 / 大動脈解離

循環不全

心停止蘇生後 / 重症心不全 / 心臓手術周術期 / 出血性ショック

血圧低下

敗血症 / 過降圧 / 起立性低血圧 / 透析中血圧低下

酸素運搬障害

重症貧血($Hb \leq 7g/dL$ 目安) / CO中毒 / 重度低酸素血症

臨床症状の特徴 — ”man-in-the-barrel” など

低灌流型は ”姿勢依存” や ”症状変動” が大きいのが特徴

Man-in-the-barrel 症候群

両側肩・上腕近位優位の脱力（両側ACA-MCA境界）

TIA反復・症状動揺

立位・食後・脱水で悪化、臥位で改善

Limb-shaking TIA

ICA高度狭窄に特異的、てんかんと誤診注意

皮質症状 + 運動麻痺

失語・空間無視・視野欠損などを合併

早期発作(発症 \leq 14日)

皮質型分水嶺で 23.1%（他皮質梗塞5.3%, OR 4.7）

診断① DWI/MRIで何を見るか

📷 皮質(外側)型 BZ の DWI 所見

- ◆ 線状・楔状の高信号
- ◆ ACA-MCA境界、MCA-PCA境界に分布
- ◆ 大脳皮質～皮質下に限局
- ◆ 微小塞栓由来は ”多発・点在”
- ◆ 周辺に古い分水嶺梗塞痕を伴うことあり

📷 深部(内側)型 BZ の DWI 所見

- ◆ 半卵円中心に ”数珠状(rosary)”
- ◆ 3個以上の縦列病変が典型
- ◆ 同側ICAの高度狭窄/閉塞と強く相関
- ◆ ラクナ梗塞との鑑別がしばしば問題
(ラクナは単発・基底核穿通枝領域)

診断② ASL / PWI で血行動態を評価

分水嶺梗塞は ”梗塞像 + 灌流低下” の両方をみるのが本流

ASL (Arterial Spin Labeling)

- ◆ 造影剤不要、繰り返し評価可能
- ◆ 患側CBFの低下、ATT延長を可視化
- ◆ ICA閉塞例で側副血行の不十分さを示唆
- ◆ 急性期も慢性期も使える

DSC-PWI / CT perfusion

- ◆ 造影あり、Tmax/MTT延長を定量
- ◆ DWI/PWIミスマッチでペナンブラ評価
- ◆ misery perfusion / OEF上昇の同定にPETが gold standardだが施設は限定的

鑑別診断 — 何と区別するか

心原性脳塞栓

皮質中心の楔状梗塞、多発するが”線状”ではない / AF・卵円孔開存 / TOAST: cardioembolism

ラクナ梗塞

穿通枝域の単発小梗塞 / 高血圧・糖尿病 / 半卵円中心の単発 / TOAST: small vessel

アテローム血栓性梗塞

主幹動脈狭窄/閉塞の領域内梗塞 / 分水嶺も合併しうる / TOAST: LAA

PRES / RCVS

両側後頭優位、血圧変動と関連 / 可逆的、皮質下浮腫

低酸素脳症

両側皮質帯状・基底核病変 / 心停止後の全体像と一致

急性期治療 — rt-PA・血栓回収療法

”分水嶺だから禁忌” ではない / 通常の急性期GLに準じて適応を判断

rt-PA(アルテプラゼ)

- ◆ 発症4.5時間以内 (一部 ≤9時間)
- ◆ AHA/ASA 2019 急性期GL に準拠
(Powers WJ et al, Stroke 2019)
- ◆ 全脳低灌流型(心停止後など)では効果限定
- ◆ 高度ICA狭窄合併例は再閉塞リスクに注意

血栓回収療法

- ◆ 主幹動脈閉塞(M1/ICA T)合併例に検討
- ◆ ICA tandem occlusionは緊急CAS併用
- ◆ ”純粋な低灌流型” のみでは適応外
- ◆ DWI/PWIミスマッチでペナンブラ評価

★急性期 血圧管理 — 下げすぎない

⚠ 分水嶺梗塞では ”permissive hypertension” が原則

低灌流が主病態

降圧で患側CBFがさらに低下 → 増悪・再発

AHA/ASA 推奨

tPA非適応例: <220/120 mmHg まで許容 (急速降圧は避ける)

tPA投与時

<185/110 mmHg まで降圧、投与後24h <180/105 維持

起立性低血圧/脱水

補液・head-down(頭低位) 検討、急性期は降圧薬を漸減

再発予防への移行

亜急性期以降に段階的に通常域へ (二次予防GL準拠)

原因治療 — 頸動脈狭窄への CEA / CAS

症候性70%以上狭窄 → 可能なら 発症2週間以内の CEA を強く推奨

CEA (頸動脈内膜剥離術)

- ◆ Rothwell PM et al, Lancet 2004 (ECST/NASCET プール解析)
- ◆ 2週以内 NNT 5 vs >12週 NNT 125
- ◆ 高齢(≥75歳)・男性で利益大
- ◆ AHA/ASA二次予防GL 2021 でも推奨 (Kleindorfer DO et al, Stroke 2021)

CAS (頸動脈ステント留置)

- ◆ 高位病変/再狭窄/全身合併症で CEA困難例
- ◆ 周術期脳卒中はCEAより多い傾向
- ◆ 高齢者では出血性合併症リスクに注意
- ◆ EC-IC bypass は COSS で否定的 (Powers WJ et al, JAMA 2011)

二次予防 — 抗血小板療法と危険因子管理

単剤抗血小板	アスピリン or クロピドグレル: 大半の非心原性で標準
DAPT短期	アスピリン+クロピドグレル: 軽症脳梗塞/TIA で発症≤24時間~21日(MAX 90日)
心原性混在例	心房細動合併ならDOAC、機序を再評価
スタチン	高用量(アトルバスタチン40-80mg or 同等) を全例検討
血圧目標	亜急性期以降 <130/80mmHg を目安(分水嶺背景はオーダーメイド)
血糖/喫煙/AHI	HbA1c<7%目安、禁煙必須、OSAスクリーニング

出典: AHA/ASA 二次予防GL 2021 (Kleindorfer et al, Stroke 2021) / 脳卒中治療GL 2021 (JSS)

初期診療の ”落とし穴” まとめ



急性期に”日常通り”の降圧を続けて麻痺悪化 — permissive HTN を意識



数珠状(rosary)病変を見落とし ”多発ラクナ” と誤読 — 半卵円中心の縦列を疑え



脱水・起立性低血圧の補正前にCEA待機 — 血行動態の安定が先



TIA反復例で抗血栓のみで観察 — 頸動脈エコー/MRAを早期に



皮質型では早期発作23% — 痙攣を予期しモニタリング/ASM準備



重症貧血/低酸素を補正しないまま治療開始 — 全身因子を同時に是正

まとめ & 参考文献

Take-home Messages

- ① 分水嶺梗塞は ”外側(皮質)型” と ”内側(深部)型” の二分類
- ② 機序は 低灌流 と 微小塞栓 の シナジー が現代の主流仮説
- ③ 急性期は ”下げすぎない” 血圧管理 — permissive HTN を徹底
- ④ 症候性 70%以上 ICA狭窄は 発症≤2週 の CEA で NNT 5
- ⑤ 皮質型は 早期発作 23% — モニタリングと痙攣準備を

主要参考文献 (PubMed逆引きで実在確認済み)

- ① Mangla R et al. Radiographics 2011;31(5):1201-14. PMID 21918038
- ② Momjian-Mayor I, Baron JC. Stroke 2005;36(3):567-77. PMID 15692123
- ③ Denier C et al. Arch Neurol 2010;67(10):1219-23. PMID 20937949
- ④ Rothwell PM et al. Lancet 2004;363:915-24. PMID 15043958
- ⑤ Powers WJ et al. JAMA 2011;306(18):1983-92 (COSS). PMID 22068990
- ⑥ Powers WJ et al. Stroke 2019;50(12):e344-e418 (AHA急性期GL)
- ⑦ Kleindorfer DO et al. Stroke 2021;52(7):e364-e467 (AHA二次予防GL)
- ⑧ 日本脳卒中学会 脳卒中治療ガイドライン2021