

頭皮脳波の超低域徐波が診断に有用

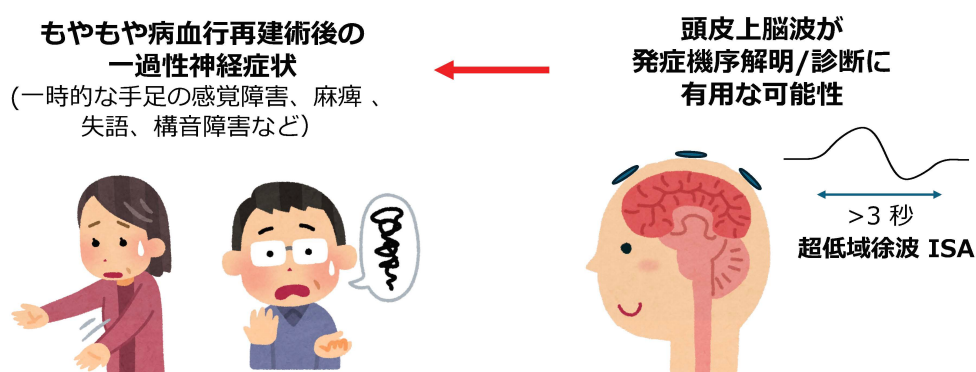
—もやもや病術後の一過性神経症状での検討—

概要

もやもや病は内頸動脈^{*1}が進行性に狭窄する病気です。この病気に対して脳血流を改善するための手術（バイパス手術）が行われますが、手術後2週間以内に一過性の神経症状^{*2}（TNEs）が出現することが知られています。過去の研究から手術後の急な脳血流変化が原因と考えられていましたが、その根本原因は不明であり、簡便な診断法もありませんでした。

京都大学大学院医学研究科の池田昭夫 特定教授、宇佐美清英 助教、菊池隆幸 准教授、荒川芳輝教授、林梢博士課程学生（研究当時）らの研究グループは、過去の研究（画像検査では検出困難な血流変化を、頭蓋内脳波の超低域徐波（ < 0.1 Hz の遅い波）が検出できる可能性がある）に基づき、簡便かつ安全な頭皮脳波を使って、TNEs と超低域徐波（ISA； < 0.3 Hz）を含む脳波変化の関連性を検討しました。TNEs が出現した患者さんでは δ 波（1-3Hz）が増加して出現し、また、ISA は症状出現日にのみ認め、病態との関係が示唆されました。今後は他疾患が原因となるものも含めて、TNEs における頭皮脳波の変化について検討を進めていく方針です。

本研究成果は、2025 年 5 月 19 日に、国際学術誌「*Clinical Neurophysiology*」にオンライン掲載されました。



本研究の概要

1. 背景

もやもや病は脳の内頸動脈^{*1}が進行性に狭窄し、これによる脳内の血流不足を補うために異常な側副血行路（もやもや血管）が発達する疾患です。脳梗塞や脳出血をきたすリスクのある方には、安定した脳血流を確保するために「バイパス手術」を行います。このバイパス手術の術後2週間以内に一過性の神経症状^{*2}

（TNEs）が出現することが知られています。原因として、バイパス血管から急激に過剰な血流が供給されることが原因であるという考えと、過剰な血流に対して代償性に血管が収縮する脳虚血状態が原因であるという考えがあります。しかし、術後早期の脳血流評価検査（SPECT^{*4}）では血流上昇・低下いずれの症例もあり、症状出現の引き金はわかっていません。

また、TNEsは基本的に可逆性変化であり、将来的な脳機能への影響はないと考えられていますが、TNEsの明確な診断方法はありません。術後早期に出現し、脳梗塞などとの鑑別が難しいことからTNEの診断と予防法の検討が必要とされています。

頭蓋内記録脳波^{*5,6}において超低域徐波^{*7} Spreading Depolarization（ < 0.1 Hz）が画像検査では検出できない可逆性の血流低下の際に記録されるという過去の研究結果と、当研究グループでのてんかん発作における超低域徐波 DC shifts について頭蓋内及び頭皮上脳波^{*8}を用いた研究の経験を踏まえ、超低域徐波がどのようにTNEの出現に関与するかを検討しました。

2. 研究手法・成果

京都大学医学部附属病院脳神経外科で、もやもや病に対して血行再建術を受けた15歳以上の患者22名（26半球）を対象に、術後7日以内に記録された頭皮上脳波及びSPECTを解析しました。16半球でTNEsを認め、TNEsを認めたうち12半球で徐波^{*9}（delta波）が術後に出現頻度が増加しており、4半球で超低域徐波（ISA < 0.3 Hz）を認めました。特にISAはTNEsが出現した日に記録した脳波でのみ観察されており、TNEsの病態との関連性が示唆されました。

3. 波及効果、今後の予定

頭皮上脳波における徐波・超低域徐波がTNEsの出現機序の解明や診断の一助となる可能性が示唆され、頭皮上脳波の新たな臨床的役割が提示できたと考えています。

原因不明の一過性神経症状（てんかん発作でも脳虚血発作でもない）は、もやもや病血行再建術後の患者さんだけでなく、アミロイドアンギオパチー・片頭痛・脳梗塞などを基礎疾患に持つ患者さんでも見られます。これらの症例に関しても、一過性神経症状と頭皮上脳波の徐波が関連性を持つか検討していく予定です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、独立行政法人日本学術振興会（JSPS）科学研究費助成事業（20K21573, 20K16492）の支援を受けて実施されました。

<用語解説>

*1 **内頸動脈**：心臓から大動脈を通じて、大脳まで血流を運ぶ主要な血管。

*2 **神経症状**：脳が原因で起きる症状。手足の力が入りにくい、手足の感覚がいつもと異なる、言葉が喋りにくいなどの症状が見られる。

*3 **脳虚血**：脳に必要な酸素や栄養を運ぶ血液の流れが一時的または持続的に不足する状態。

*4 **SPECT**：Single Photon Emission Computed の略。放射性医薬品を投与し、医薬品の分布から脳機能や脳血流を評価する。

*5 **脳波**：脳の電気的な活動を記録する検査。

*6 **頭蓋内記録脳波**：てんかん患者など頭蓋内の手術をする時に、必要に応じて、頭蓋内に脳波の電極を留置し脳波を記録する。

*7 **超低域徐波**：0.5Hz 未満の周波数の波形の総称。疾患毎に周波数や波形に特徴があり、それぞれの名称がある。

*8 **頭皮上記録脳波**：一般的に実施されている脳波検査。頭皮の上に電極を留置して脳波を記録する。

*9 **徐波**：脳波で記録された波形のうち、0.5～8 Hz 未満の周波数を指す。Delta 波は 0.5～4Hz 未満、Theta 波は 4～8Hz 未満を指す。

<研究者のコメント>

「TNEs はてんかん発作、脳卒中の不全型など原因が不明でした。デジタル脳波の記録解析技術が進み、今までは注目されていなかった、脳波の超低域徐波をしかも頭皮脳波で明らかに記録できるようになりました。脳内のアストロサイトを主体とした急性期の病態が原因と考えられている類似した現象が、頭部外傷急性期、片頭痛、てんかん発作でも認められています。今後より精密な診断と個別化医療を促進することが期待されます。」
(池田昭夫)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Infraslow scalp electroencephalogram is closely linked to transient neurological events in Moyamoya disease (ISA ともやもや病再建術後の一過性神経症状の関連の検討-頭皮上脳波を用いた検討-)

著者：Kozue Hayashi, Kiyohide Usami, Masaya Togo, Yukihiro Yamao, Takeshi Funaki, Takefumi Hitomi, Takayuki Kikuchi, Masao Matsunashi, Kazumichi Yoshida, Yoshiki Arakawa, Ryosuke Takahashi, Susumu Miyamoto, Akio Ikeda

掲載誌： *Clinical Neurophysiology* DOI：10.1016/j.clinph.2025.2110748