

特集 PCAS 2024 コラム

うちの体温管理はこうやっています

横脳波所見に合わせて 目標温度を設定する

井上 謙 INOUE, Ken
東京都立墨東病院 高度救命救急センター
杉山 和宏 SUGIYAMA, Kazuhiko
東京都立墨東病院 高度救命救急センター

はじめに 色60% + スミ20%

東京都立墨東病院（以下、当院）では、2013年から蘇生後患者に連続脳波モニタリングを行い、救急医にも判読可能な amplitude-integrated encephalography (aEEG) に着目してきた。これは、脳波の振幅に着目した quantitative EEG の一種で、脳波の振幅を縦軸、圧縮した時間軸を横軸にとっている。当院では、2022年9月より救急医が aEEG を用いて低酸素脳症の重症度を判別し、脳波所見に合わせて患者個別に目標温度を設定するプロトコルを導入した。

本稿では、当院のプロトコルと脳波モニタリングの実践について紹介する。

プロトコル導入の経緯

2002年のHACA trial¹⁾、2013年のTTM trial²⁾を経て、各国のガイドラインでは心停止蘇生後患者に32～36℃の体温管理が推奨されてきた。当院でもこれまで蘇生後患者に対しては、深部体温34℃を24時間維持する体温管理を行ってきた。

図1 aEEGを用いた体温管理プロトコルの概要

CNV: continuous normal voltage, ROSC: 自己心拍再開

図中ネム
・基本 1/a ロダ>M
・太くするネム
1/a ロダ>DB
(以下同)

図版は、0.12秒/ケイ
色ベタで囲む
(以下同)

55%
109%

しかしTTM2 trial³⁾では、発熱回避のみを行う平温管理でも低体温療法と神経学的予後の割合は同等で、合併症を減らすと結論づけられた。これにより、多くの施設が蘇生後患者への体温管理の見直しを迫られることになった。しかし、TTM2 trialで検討された患者群は低酸素性脳症の重症度が低いという指摘⁴⁾があり、重症度を調整すると軽度低

体温療法の有効性を示した報告⁵⁻⁷⁾もある。このことから、低体温管理が有益な重症度の患者群が存在する可能性があると考えられる。現在、R-CASTスコアで中等症群をリクルートしたR-CAST OHCA studyが進行中でその結果が待たれるところである。

当院では、2013年から蘇生後患者に連続脳波モニタリングを行い、救急医にも判読可能な amplitude-integrated encephalography (aEEG) に着目してきた。これは、脳波の振幅に着目した quantitative EEG の一種で、脳波の振幅を縦軸、圧縮した時間軸を横軸にとったもので、低酸素脳症の重症度判定として有用であると報告⁸⁾してきた。2022年9月より救急医が aEEG を用いて低酸素性脳症の重症度を判別し、脳波所見に合わせて患者個別に目標温度を設定するプロトコルを導入した。プロトコルの概要を図1に示す。

*1 最大振幅>10μV、最低振幅>5μVで蘇生後患者のaEEG所見として最善のもの。

表1 蘇生後患者のaEEG所見の分類

continuous normal voltage	最大振幅値>10μV 最小振幅値>5μV
discontinuous normal voltage	最大振幅値>10μV 最低振幅値≤5μV
low voltage	最大振幅値≤10μV
flat	等電位活動
burst suppression	バースト高電位間>25μV 振幅なし<2μV
てんかん重積	diagnosed together with raw electroencephalography trace

管理の実践

来院から導入まで

蘇生後に従命の入らない患者はICU入室後、まず連続脳波モニタリング

を開始し、aEEG所見を観察する。表1に心停止蘇生後患者のaEEG所見の分類を示す。

対象と目標体温 1/a ロダ>B (以下同) 理する。
脳波装着時点で continuous normal voltage (CNV) *1 を達成して

いる患者は、蘇生後72時間が経過するまで深部体温（ほとんどの場合、膀胱温）37.5℃以下の発熱回避 active fever prevention (AFP) で管装着時はCNV以外の波形であったが蘇生後12時間以内にCNVを

達成した患者は、達成時点から0.25℃/hrで36℃まで復温し、以後はAFPへ移行する。

これらに該当しない、中等症から重症の低酸素脳症が推測される患者は、蘇生後24時間34℃の低体温管理を行い、12時間で36℃まで復温したあと、蘇生後72時間が経過するまでAFPを行う。

血行動態不安定や外傷などの合併があり低体温による弊害が見込まれる患者は、36℃の平温管理を24時間行い、その後、AFPに移行する。

34℃で管理を開始した患者も高度の徐脈や致死的不整脈の出現などの合併症があれば36℃に復温して管理している。

低体温の維持時間については2017年の無作為化比較試験(RCT)⁹⁾などを参考に決定した。

蘇生後12時間以内にCNVを達成した場合、その後に鎮静の影響などでlow voltage (LV) となることは散見するが、基本的にはAFPを継続している。いったんCNVを呈したあとにflatやburst suppression (BS) のような神経学的転帰不良な脳波を呈することは極めてまれであり、このようは経過をたどる場合、低酸素性脳症以外の要因がないか検索を要する。

●冷却デバイスの選択 〆 25% 70%
脳波を装着し aEEG が CNV であった患者以外には、冷却デバイスを用いて体温管理を開始している。デバイスは大きく体外式と血管内式に分かれるが、当院では主に体外式フィードバック機能付き体外冷却装置 (Arctic Sun™, IMI 社) を使用している。台数が3台であるため、そ

れ以上の患者がいると血管内冷却装置を使用する場合もあるが、プロトコルの大きな変更はない。

1度患者に使用したパッドは、使用しない場合もその後の管理やコスト面を考慮して、蘇生後72時間が経過するまで基本的に貼ったまま管理している。

維持期

●合併症への対応と工夫 〆 25% 70%
シバリングなどによりノイズが入ると aEEG 所見をオーバーリアージする可能性があるため、蘇生後少なくとも12時間は筋弛緩薬の持続投与を行い、脳波を正しく評価している。筋弛緩を終了し、シバリングが顕在化する場合はカウンターウォーミング (手足、頸部から前胸部をタオルで保温しベアーハガー™を被せる)、デクスメデトミジンや硫酸マグネシウムなどの薬物投与を行い、それでもコントロール不良な場合は再度筋弛緩薬を投与することもある。鎮静薬はミダゾラム 0.02 ~ 0.1mg/kg/hr、もしくはプロポフォール 1 ~ 3mg/kg/hr を投与しているが、その選択はプロトコルによらず血行動態などを考慮して患者ごとに担当医が行っている。

予防的抗菌薬投与はルーチンでは行っていない。感染症の合併を考慮する場合はその都度原因検索と適切な培養検体の採取を行ったうえで適切な抗菌薬投与を検討している。

予防的抗痙攣薬投与も行っていない。詳細については後述する。

●発熱回避 (AFP) の管理 〆 25% 70%
aEEG にて軽症の判断で Arctic Sun を装着していない患者は、深部

体温が37.5℃を超えると見込まれる段階でパッドを装着し、平熱維持モードで37℃に設定する。パッドを装着している患者では、37℃の平熱維持モードで再開し、72時間まで継続する。いずれの場合もアセトアミノフェンなどの解熱薬を積極的に投与している。

一般論にもなるが感染症の合併を疑う場合には熱源検索を行い、適切な治療を行うことを心掛ける。

プロトコル導入前後の変化

プロトコル導入の前後1年間の患者について比較検討したところ、装着時や12時間以内に aEEG が CNV を達成した患者群、すなわち、12時間以内の早期に AFP 管理に移行した患者群では、神経学的予後は変わりなくおおむね良好であり、有意に人工呼吸期間が短縮 (3日 vs. 5日, p=0.04) し、治療を簡略化することができていた。aEEG により適切に軽症例が同定できているとともに、その患者群へは AFP のみで十分に神経学的予後を担保することができていると考える。

脳波モニタリングの実際

脳波装着

蘇生後患者に対する脳波装着は、国際10-20法をもとに簡略化して救急医が行っている。前頭部、頭頂部、側頭部、後頭部の主要な部位 (図2) に、皮脂除去用のクレンザーと脳波用のペーストを用いて新生児用の aEEG 電極を装着している (図3)。

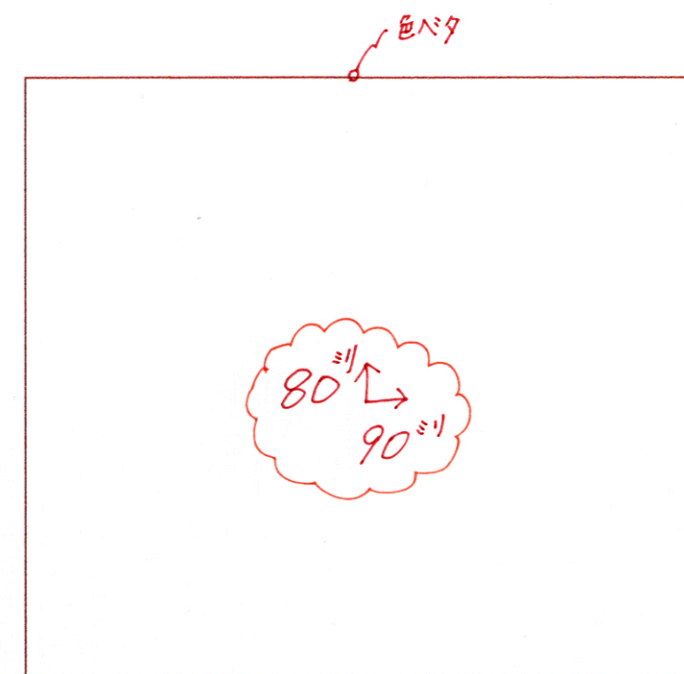


図2 当院での脳波装着部位 (赤丸)



図3 実際に脳波を装着している蘇生後患者

脳波異常への対応

判読を容易にして評価者間の差を減らすため、体温管理としては aEEG 所見を参考にしているが、基本的には連続脳波の生波形を常に読影することを心掛けている。読影は American Clinical Neurophysiology Society (ACNS) の standardized critical care EEG terminology¹⁰⁾ に従って読影している。rhythmic and periodic patterns (RPPs) を認めた場合は、electrographic seizure の定義を満たすか判断し、背景脳波が良好に経過してきた症例においては積極的に抗痙攣薬の投与を行い、seizure control をはかっている。

おわりに

このプロトコルを導入することで、施設内で持続脳波モニタリングが身近になり、脳波への心理的ハードルが下がって心停止蘇生後以外の意識障害や痙攣重積の患者に対してもよ

り積極的な神経集中治療が実施可能になっている印象がある。脳波の background は救急医では判読できるが、RPPs の判読には脳神経内科などの専門医へコンサルテーションを要することがある。

文献 〆 色ベタ 11.5a 見出し MB 317 18H

1. Hypothermia after Cardiac Arrest Study Group. Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. N Engl J Med 2002; 346: 549-56. PMID: 11856793
2. Nielsen N, Wetterslev J, Cronberg T, et al. Targeted temperature management at 33°C versus 36°C after cardiac arrest. N Engl J Med 2013; 369: 2197-206. PMID: 24237006
3. Dankiewicz J, Cronberg T, Lilja G, et al. Hypothermia versus Normothermia after out-of-hospital cardiac arrest. N Engl J Med 2021; 384: 2283-94. PMID: 34133859
4. Ristagno G, Magliocca A, Sanfilippo F. Targeted temperature management after cardiac arrest. N Engl J Med 2021; 385: 1341-2. PMID: 34587396
5. Callaway CW, Coppler PJ, Faro J, et al. Association of initial illness severity and outcomes after cardiac arrest with targeted temperature management at 36 °C or 33 °C. JAMA Netw Open 2020; 3: e208215.

6. Okazaki T, Hifumi T, Kawakita K, et al. Targeted temperature management guided by the severity of hyperlactatemia for out-of-hospital cardiac arrest patients: a post hoc analysis of a nationwide, multicenter prospective registry. Ann Intensive Care 2019; 9: 127. PMID: 31745738
7. Nishikimi M, Ogura T, Nishida K, et al. Outcome related to level of targeted temperature management in post-cardiac arrest syndrome of low, moderate, and high severities: a nationwide multicenter prospective registry. Crit Care Med 2021; 49: e741-50. PMID: 33826582
8. Sugiyama K, Miyazaki K, Ishida T, et al. Categorization of post-cardiac arrest patients according to the pattern of amplitude-integrated electroencephalography after return of spontaneous circulation. Crit Care 2018; 22: 226. PMID: 30236137
9. Kirkegaard H, Soreide E, de Haas I, et al. Targeted temperature management for 48 vs. 24 hours and neurologic outcome after out-of-hospital cardiac arrest: a randomized clinical trial. JAMA 2017; 318: 341-50. PMID: 28742911
10. Hirsch LJ, Fong MWK, Leitinger M, et al. American Clinical Neurophysiology Society's standardized critical care EEG terminology: 2021 version. J Clin Neurophysiol 2021; 38: 1-29. PMID: 33475321

利益相反 (COI): ■ ■ 〆 12.5a 見出し MB 317 18H