

# 特集 PCAS 2024 コラム advanced 脳機能モニタリング

## 国際10-20法

### 神経集中治療に携わる医師必修の技術

渡辺 真那斗 WATANABE, Manato  
武蔵野赤十字病院 救命救急センター  
鈴木 秀鷹 SUZUKI, Hidetaka  
武蔵野赤十字病院 救命救急センター

#### 国際10-20法とは

国際10-20法とは、1958年にJasperにより提唱され、現在も標準的に使用されている。一方で、電極を装着する手順は施設間で異なるのが現状である。本稿では、武蔵野赤十字病院 救命救急センター（以下、当院）での、国際10-20法による電極の装着の流れやその管理について述べる。（図1、2）

#### PCASにおける国際10-20法

当院では、2台のビデオ付きデジタル脳波計を所有している。持続脳波モニタリングは、Claassenら<sup>1)</sup>の報告を参考に、蘇生後脳症、重症頭部外傷などの急性脳損傷、けいれん性てんかん重積状態後、原因不明の意識障害を適応に国際10-20法で電極を装着し、実施している。

TMG あさか医療センター 神経集中治療部で研修を行った医師が中心となり、2019年3月に持続脳波モニタリングを導入し、脳波計の管理や所見の確認、電極の装着含めて、救命救急センター内の医師で行っている。国際10-20法による電極装

着は医師単独では困難を伴うため、装着の際は看護師の協力を仰いでいる。そのため、導入当初はその重要性の理解を得ることが難しく、人手不足となる夜間を含めた24時間体制での脳波電極装着の実現は困難を極めた。現在では、持続脳波モニタリングに関する教育や実際の症例の経験を通じ、必要性が理解されるに至り、24時間体制で脳波モニタリングを開始し得る施設となった。

看護師教育には、いまだ課題が残存し、一定の水準に達していない。すでに発作が検出され、パターンが判明している症例に関しては、波形をプリントアウトしベッドサイドに設置するなどの工夫を講じている。また、脳波装着に関しては、主に神経集中治療に携わり国際10-20法での脳波装着を習得した医師が指導に当たっている。

#### 蘇生後脳症における脳波モニタリング

蘇生後脳症に対する脳波モニタリングの意義は大別して、発作の検出および神経学的予後評価の2点に集約される。神経学的予後評価に関しては、2021年のEuropean Resuscitation Council (ERC) / European Society of Intensive Care Medicine (ESICM)のガイドライン<sup>3)</sup>に記載

のある highly malignant EEG patternがあるか、また持続的な背景活動を認めるかどうかも重要である。Nutmaら<sup>4)</sup>は、蘇生後脳症に対して背景活動の持続性を含めた脳波所見の重症度分類をすることで、33℃の低体温管理が有益な集団が存在する可能性があるとして報告しており、今後脳波モニタリングが患者の治療方針に与える影響もあるだろう。

当院では、蘇生後脳症に対して24時間34℃の体温管理法を実施し、その後、48時間かけて復温するプロトコルで行っている。持続的な背景活動を認める症例に関しては復温速度を早め、鎮静薬や筋弛緩薬の使用期間を短縮することでICU-acquired weaknessのリスクを低減する試みも行っている。

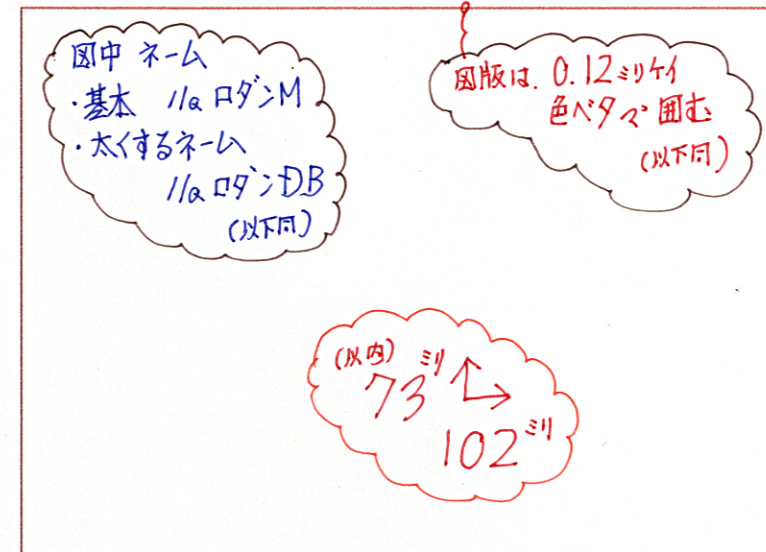
#### 蘇生後脳症における国際10-20法

脳波モニタリングが蘇生後脳症のマネジメントに重要な役割を果たすことは明らかである。しかしながら、その装着方法として国際10-20法を採用することの必然性については再考の余地がある。

蘇生後脳症における国際10-20法と6つの電極での脳波モニタリングの精度を比較したBackmanら<sup>5)</sup>の報告では、背景活動の連続性の

注用(以下同)

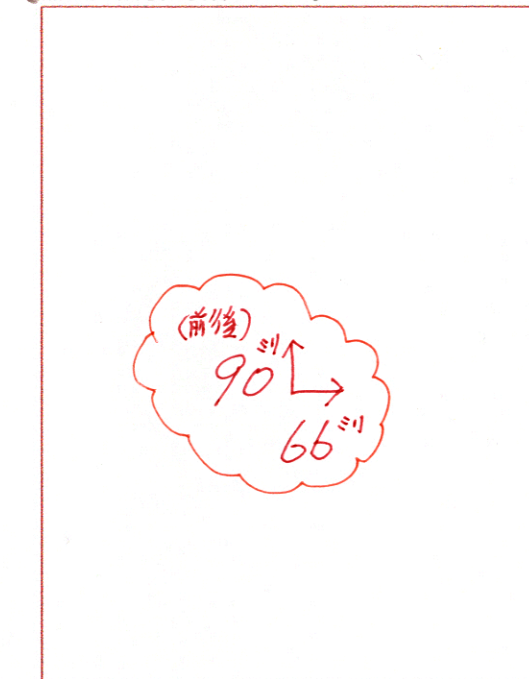
図1 国際10-20法の電極配置図  
F: frontal (前頭部), C: central (中心部), P: parietal (頭頂部), T: temporal (側頭部), O: occipital (後頭部), A: auricular (耳葉)  
・鼻根部: 両眼の間にある鼻のつけ根の部分  
・外後頭隆起: 後頭骨の外表面のほぼ中央にある隆起  
・耳介前点: 耳珠の眼寄りの窪んだ部分  
通常は21か所の電極配置が規定されている。当院ではT1, T2, Z (Fpz)の3電極を追加しているため24個(心電図電極を合わせると26個)となる。T1, T2はルーチンの国際10-20法にはない電極であり、当院で標準的に使用している縦つなぎ双極誘導では表示されないが、側頭葉てんかん疑いの症例では有用であるため、基本的に装着している。A1, A2は単極誘導では基準電極として用いられる。(文献2より)



注用(以下同)

スミベタ(以下同) 国際10-20法

図2 国際10-20法に基づく三次元電極配置図 (FpzをZ電極としている)  
当院では、A1, A2は長時間測定における安定性の観点から耳介裏に装着している。



評価や高度悪性パターン、周期性/律動性パターンの識別においてKappa係数がそれぞれ0.80~0.88, 0.85~0.94, 0.79~0.86と高い一致率が得られており、必ずしも国際10-20法でのモニタリングが必須ではない可能性はある。

一方で、Ruijterら<sup>6)</sup>が行った蘇生後脳症を対象としたTELSTAR試験では、11施設のうち9施設が国際10-20法を使用しており、多くのエキスパートが選択していることがわかる。また、2024年のAmerican Heart Association (AHA) / Neurocritical Care Society (NCS)の心停止後症候群(PCAS)に関する共同声明<sup>7)</sup>でも、国際10-20法によるフルモンタージュが最も発作に関する感度が高いと、17人中17人のエキスパートでコンセンサスが得られている。

#### 国際10-20法の限界

脳波モニタリング中は、生理的・非生理的アーチファクトが主要な課題となる。アーチファクトについての詳細な記載は控えるが、電極数が多い国際10-20法は、少ない電極数のモニタリングと比較して圧倒的に情報量が多く、電極異常を始めたアーチファクトの識別においても活躍する機会が多い(図3)。

装着が容易なウェアラブルデバイスも登場しているが、頭部に創部や手術痕があるような場合は、それらを避けて装着することが難しく、また、長時間測定による皮膚トラブルなども懸念される。

特に初学者には、情報量が豊富で標準的な国際10-20法でのモニタリングが推奨され、蘇生後脳症の症例においてもそのかぎりではない。

#### 実際の運用

##### 電極の装着

当院では、長時間安定した脳波測定を実現するために、コロジオンという液体と専用電極(コロジオン電極)を用いることで電極を固定し、患者の体動や汗、体位変換や処置などによって電極がずれたり外れたりするのを防いでいる(図4)。

まず、髪の毛を十分に掻き分け、アルコールと皮膚研磨剤を用いて皮脂を落とし、コロジオン電極を置き、5%コロジオン溶液に浸したガーゼを上から置いて、冷風のドライヤーで乾燥させる。固定後に、ゲル注入用ノンベベル針を用いて、コロジオン電極の中心部にエレクトロゲルを注入することで電極の装着



■ 図 3 電極数でのアーチファクトの違い 80%  
5H

A: 国際 10-20 法による縦つなぎ双極誘導で記録された脳波所見。Channel 2 と Channel 3 に polyspike 様の波形 (三角部) が観察されるが、Channel 1 や Channel 4 には波及しておらず、T3 の電極異常によるアーチファクトと考えられる。  
B: 同一の脳波データを少数電極で表示したもの。電極数の制限により波形の他の電極への波及の評価が困難となる。特に初学者にとっては、真の脳波活動とアーチファクトの識別が難しくなる。

(以内) 31  
127↑  
109

が完了する。固定の際は、電極部分が頭皮に密着するように注意を払う。頭部は平坦ではないので、電極を押しつけると手前側が浮く場合があり、浮いた部分をガーゼで覆うように、いわゆるオメガ固定にするのが重要である (図 5)。

コロジオンの主な溶剤であるエチルエーテルは揮発性が強く、独特な臭気を発する。適切な換気を行えば健康被害をもたらすことはない<sup>8)</sup>と報告されているが、使用環境には十分な注意を払う必要がある。

初学者が装着に有する時間は約 1

時間程度であるが、経験を積みめば 30 分程度で装着することが可能となる。

50% 80% 70%  
2.5a 09:30

● 装着の流れ 12.5a 09:30

① 基準となる 3 つの点を確認する (鼻根部、外後頭隆起、耳介前点)

② 当院の標準的な手順では

正中: Cz → Z (ニュートラル電極) → Fz

左側: T3 → C3 → Fp1 → F7 → F3 → T1 → A1

右側: T4 → C4 → Fp2 → F8 → F4 → T2 → A2

後側 Pz → O1 → O2 → T5 → P3 → T6 → P4

・後頭部寄りの電極は患者の頭部を挙上しながら装着する人手が必要のため、特に Pz, O1, O2 はまとめて装着している  
・Z 電極は前額部なら特に指定はないが、当院では Fpz の位置に装着している

③ 心電図電極を装着する

④ 電極リード線を可能なかぎり束ねる

⑤ 脳波を起動して各インピーダンスを確認する

### 装着後の管理

各電極の接触インピーダンスは、10kΩ 以下になっていることが望ましい。当院では、ICU あるいは HCU の当番医が 1 日 1 回はインピーダンスを確認し、電極にエレクトロゲルを注入している。モニタリング開始後に脳波の解釈に疑問が生じた場合は、随時ソーシャルネットワークサービスなどを用いて相談できる体制を整えている。

AHA/NCS のガイドライン<sup>7)</sup>では、意識が回復しない患者では心停止後 72 ~ 120 時間まで脳波モニタリングを継続する指針が提示されており、当院では最長 7 日間程度継続することもある。このような長時間の測定でもコロジオン電極であれば、質の高い脳波の状態を維持することが可能である。

CT や MRI をはじめとした画像検査は、通常のコロジオン電極装着中に行うことができないので、1 度電極を除去して画像検査を行っている。撮影条件にもよるが、アーチファクトが少なく CT を撮影できる使い捨て電極も存在し、CT による画像フォローが頻回であることが予想

■ 図 4 脳波測定に必要な物品 80%  
5H

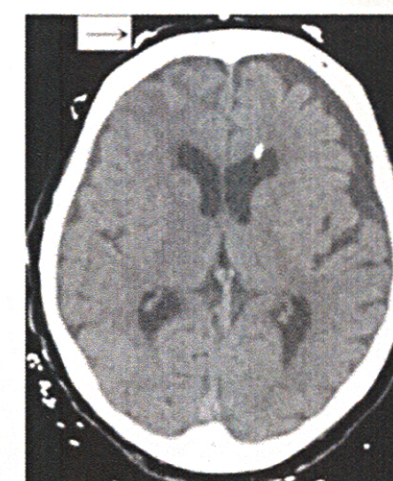
5%コロジオン溶液、アルコール、皮膚研磨剤、紙コップ、ガーゼ (2 ~ 3cm の正方形にカット) 複数枚、ドライヤー、エレクトロゲル、ロック付きシリリング、ノンベベル針 (先が尖っていない針)。



31  
48↑  
83

■ 図 6 実際の CT 画像 80%  
5H

アーチファクトの影響が軽減されている (→は電極部分)。



31  
63↑  
52

される症例では積極的に使用している (図 6)。

また、電極は再利用が可能である。

Górecka ら<sup>9)</sup>は、脳波電極のインピーダンスは使用回数に依存して変化し、金電極は 5 ~ 10 回、銀・銀/塩化銀電極は 10 ~ 20 回の使用が許容範囲と報告している。複数回使用して不良電極となると適切に装着してもインピーダンスが下がらないなどの現象を経験するので、その際は、回数にかかわらず電極を交換しなければならない。

### おわりに

標準的手法として広く認知された国際 10-20 法による脳波測定は、神経集中治療に携わる医師であれば習得すべき技術であり、長時間の脳波測定にはコロジオン電極を用いた持続脳波モニタリングが有用である。電極の装着はある程度修練が必要であるが、施設ごとに実施可能な範囲で導入すべきであると考え。

80% 50% 11.5a 見直し MB 31

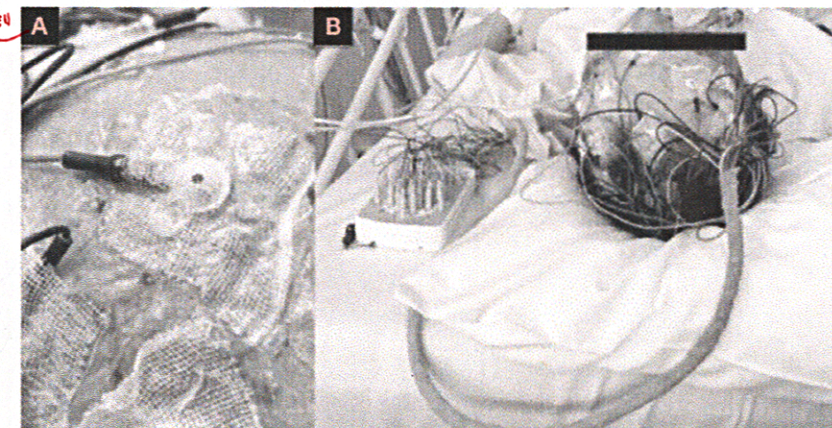
文 献 1. Claassen J, Taccone FS, Horn P, et al. Recommendations on the use of EEG monitoring in critically ill patients: consensus statement from the neuro-intensive care section of the ESICM.

10a  
12.5a/09:30  
W3

13H (〜11Hまで可!! 11H以下は、平体でお願いします。)

■ 図 5 コロジオン電極の装着 80%  
5H

A: 電極部分がしっかりと皮膚に密着するように意識する。  
B: 当院での国際 10-20 法での測定の様子。



31  
57↑  
109

- Intensive Care Med 2013; 39: 1337-51. PMID: 23653183
- Klem GH, Lüders HO, Jasper HH, et al. The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl 1992; 52: 3-6. PMID: 10590970
- Nolan JP, Sandroni C, Böttiger BW, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines 2021: post-resuscitation care. Intensive Care Med 2021; 47: 369-421. PMID: 33765189
- Nutma S, Tjepkema-Cloostermans MC, Ruijter BJ, et al. Effects of targeted temperature management at 33°C vs. 36°C on comatose patients after cardiac arrest stratified by the severity of encephalopathy. Resuscitation 2022; 173: 147-153. PMID: 35122892
- Backman S, Cronberg T, Rosén I, et al. Reduced EEG montage has a high

- accuracy in the post cardiac arrest setting. Clin Neurophysiol 2020; 131: 2216-2223. PMID: 32711346
- Ruijter BJ, Keijzer HM, Tjepkema-Cloostermans MC, et al. Treating Rhythmic and Periodic EEG Patterns in Comatose Survivors of Cardiac Arrest. N Engl J Med 2022; 386: 724-734. PMID: 35196426
- Hirsch KG, Abella BS, Amorim E, et al. Critical Care Management of Patients After Cardiac Arrest: A Scientific Statement From the American Heart Association and Neurocritical Care Society. Circulation 2024; 149: e168-e200. PMID: 38014539
- Kull L, Emerson R. Continuous EEG monitoring in the intensive care unit: technical and staffing considerations. J Clin Neurophysiol 2005; 22(2): 107-18. PMID: 15805810
- Górecka J, Makiewicz P. The Dependence of Electrode Impedance on the Number of Performed EEG Examinations. Sensors 2019; 19: 2608. PMID: 31181738