

—— 研究助成報告 ——

非けいれん性発作を呈する救急外来脳波の周波数解析による疾患別特徴と予後の検討

山 口 宏

要旨：救急外来 (ED) で意識障害を呈する小児に対する簡易 EEG の周波数解析を含む詳細な解析を行った。熱性発作 (FS)，急性脳症／脳炎 (AE/AES)，てんかん，発熱を伴うてんかんに分類し，非けいれん性発作を伴う 56 例を抽出してそのパターンを記述した。さらに投薬前の FS と AE/AES で代表される EEG の 10 秒×10 のエポックを，前頭部と後頭部に分けて MATLAB を用いて周波数解析した。Main term1 は各群で差を認めなかった。Main term2 は FS と AE/AES で律動性デルタ活動が多く，てんかんと発熱を伴うてんかんでは棘徐波が多かった。FS の約 25% のみに律動性シータ活動を認め，周波数解析では FS で前頭部のシータ活動のパワーが強かった。電気生理学的発作は 26 例で観察され，21 例が救急医により治療介入されたが予後との関連は不明だった。ED の EEG 報告は少なく，より多くの症例の解析が望まれる。

てんかん治療研究振興財団 研究年報 2024；35：89-98

Key Words：熱性発作，急性脳症，急性脳炎，てんかん，てんかん重積状態

【序論】

意識障害は救急外来 (emergency department：以下 ED) を受診する小児でよく観察される。小児の意識障害の原因は多岐にわたるが^{1, 2)}，我々は以前，ED に来院し意識障害を呈する小児では熱性発作 (febrile seizure：以下 FS)，急性脳症／脳炎 (acute encephalopathy/acute encephalitis：以下 AE/AES)，てんかんが原因として多いことを報告した²⁾。FS はわが国では小児の 10 人に 1 人が経験し，ED でよくみる疾患の一つである³⁾。2011 年のアメリカ小児科学会の定義によれば，FS は発熱を伴うけいれんであり，6 ヶ月から 60 ヶ月の乳幼児および小児で，中枢神経系の感染がない状態とされている⁴⁾。FS は後遺症を残すことは稀だが，意識障害から覚醒が不良な症例においては，後遺症を高率に残す AE や AES に時間を経過してから気づか

れる場合がある。AE/AES は主にウイルス感染によって引き起こされる中枢神経系の機能障害で，神経学的緊急事態である重篤な疾患である。しかし ED を受診する小児患者の FS と AE/AES の臨床症状は類似しており，迅速に鑑別することは困難である。

そのような意識障害を呈する小児が集中治療室 (intensive care unit：以下 ICU) に入室することがあるが，持続脳波 (electroencephalogram：以下 EEG) モニタリングにより約 40% に，非けいれん性発作 (non-convulsive seizure：以下 NCS) が長時間持続する非けいれん性てんかん重積状態 (non-convulsive status epilepticus：以下 NCSE) を認め，神経学的後遺症との関連が報告されている⁵⁾。ICU においては，重症な小児患者の中で持続 EEG モニタリングによって検出される NCSE は比較的一般的であり，神経学的な後遺症と強く関連していると報告され

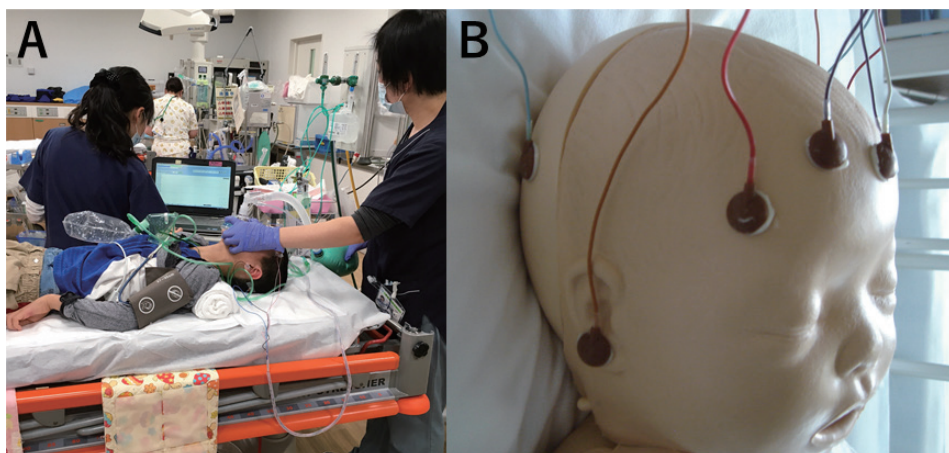


Fig. 1 救急外来での簡易EEG

実際に2人の救急医が救急外来で簡易EEGを装着し評価している (A) と簡易EEGの装着部位の例 (B)。左右前頭部後頭部以外はリファレンスである。

ている⁵⁻⁷⁾。よって意識障害が持続する場合は、NCSやNCSEを検出するためにEEGモニタリングを行うことは有用である^{8,9)}。しかし発症早期のEDでのEEGモニタリングは世界的にも施行できる施設が限られ、その解析報告は乏しい。我々の関連施設では10年以上前からEDで救急医が簡易EEGの装着と評価を行っている。簡易EEGモニタリングシステム (EEG-9100, 日本光電 (株); Fig. 1) を用い10-20法の電極のうち左右前頭部・後頭部の4チャンネルの基準電極導出法で記録している。

以前はICUでのEEG解釈のための用語は存在しなかったが、2012年にアメリカ臨床神経生理学会 (ACNS) のガイドラインに基づいて整理され¹⁰⁾、2021年にはNCSEの診断ガイドラインとして、修正されたザルツブルクコンセンサス基準に基づいて改訂された¹¹⁾。この用語集では、EEGモニタリングで検出された異常波形 (Rhythmic and periodic patterns: 以下RPPs) がその発生部位とパターンのタイプに基づいて分類されている。NCSEはelectrographic seizure (以下ESz) として再定義された。我々はEDで意識障害を呈する小児における簡易EEGで、比較的高い割合 (16.9%) でNCSが検出されることを過去に報告したが²⁾、EDにおけるEEG解析は、EDでEEGを実施できる施設

が限られており、パワースペクトラム解析や時間空間的周波数解析を含む詳細なEEG解析はほとんどない¹²⁾。つまり、EDでNCSを呈するEEGの詳細な解析や疾患別特徴、そして予後の検討はまだ行われていない。

本研究の目的は、意識障害を呈する小児患者においてEDでよく遭遇する意識障害の原因として、4つのグループ (FS, AE/AES, てんかん, および発熱を伴うてんかん) に分類し、それらに対して実施された簡易EEGに対して周波数解析を含めた詳細な解析を行う。さらに救急医による介入状況を調べ、EDで捉えられたNCS/NCSEの予後との関係を総合的に解明することである。

【方法】

研究デザインと研究参加者

本後ろ向き観察研究は、兵庫県立こども病院および神戸大学の倫理委員会によって承認された (承認番号: 180041)。本研究では2019年3月1日から2023年2月28日までの期間に兵庫県立こども病院のEDを受診し意識障害に対して簡易EEGが施行された小児患者 (18歳未満) を対象にした。アーチファクトが少ないNCSを呈するEEGを選択し、EEGパターンをACNS Standardized Critical Care EEG Terminology

2021に基づいて、2人の日本てんかん学会専門医がEEGパターン、特にRPPsを同時に解析した。またこれらの患者のデータベースと電子カルテを後ろ向きにレビューし、患者の臨床症状、臨床診断、治療、転帰に関するデータも収集した。診断に基づいて患者を次の4つのグループに分類した (FS群, AE/AES群, てんかん群, および発熱を伴うてんかん群)。

定義

発作起始は見た目のけいれんや眼球偏位、顔や四肢の異常な動き、部分的または完全な麻痺、筋力低下、感覚の部分的または完全な喪失、または精神症状や意識障害などのいずれかの神経学的症状の開始と定義した。神経学的予後の評価は、小児脳機能カテゴリー (Pediatric Cerebral Performance Category: 以下PCPC) スケールを使用して行った。FSは6~60か月の乳幼児および小児において、中枢神経系の感染がない状態での発熱を伴う発作として定義した⁴⁾。しかし、この年齢以外でも有熱性発作が起こることはよく経験するので、本研究は18歳未満の有熱性発作の症例をすべて含めた。AEは、日本小児神経学会が提案するAEガイドラインに基づいており、意識障害が急性に発症し、少なくとも24時間持続する場合とした¹³⁾。AESは、少なくとも24時間続く意識障害、38℃以上の発熱、および脳脊髄液中の細胞数が $\geq 5/\text{mm}^3$ と定義した。てんかん患者は、以前にてんかんと診断された患者と定義した。

簡易EEG解析

簡易EEGは、救急医が患者の臨床状態評価後に非臨床的発作活動を疑った場合に行った。

ポータブルデジタルEEGシステム (EEG-9100, 日本光電 (株)) が使用され、記録は国際10-20システムに基づいて左右前頭部・後頭部の4チャンネルの基準電極導出法で記録した。(Fig. 1)。EEGパターンは、ACNS Standardized Critical Care EEG Terminology 2021に従って、Localization (Main term1: Generalized, Lateralized, Bilateral independent, Multifocal patterns), Morphology (main term2: Periodic

discharges [以下PDs], Rhythmic delta activity [以下RDA], Spike-and-wave or Sharp-and-wave [以下SWs]) を分類した。ESzは1) Epileptiform discharges averaging $> 2.5\text{Hz}$ for $\geq 10\text{s}$ または2) Any pattern with definite evolution lasting $\geq 10\text{s}$ と定義した。周波数解析は、局在別 (Fp₁, Fp₂, O₁, O₂) に代表的なEEGを10s × 10か所抽出しMATLAB program (The MathWorks, Inc., Natick, MA) 下で周波数解析を行った。

統計解析

結果は数値 (%) または中央値 (四分位範囲) で記載した。統計解析には、必要に応じて一元配置分散分析 (ANOVA), Kruskal-Wallis検定, またはFisherの正確検定を用い, post-hoc testとしてBonferroni補正を行った。解析はEZR (ver.1.50; R Software for Statistical Computing, Vienna, Austria) を使用した。モザイクプロット解析はJMPバージョン13.0 (SAS Institute, Cary, NC, USA) を使用した。

【結果】

患者背景

本研究に含まれる患者背景をTab. 1に示す。FS群の症例は32例だった。年齢の中央値は30.5ヶ月だった。男性がやや多かった (56.3%)。迅速抗原検査では、1例でRSウイルスが、2例でインフルエンザAが同定され、RT-PCR法では別の1例でパラインフルエンザ3が同定された。2例は臨床的には突発性発疹と診断されヒトヘルペスウイルス (HHV) 6または7が疑われた。来院前PCPCスコアは中央値で1.0だった。

AE/AES群はAEが6例、AESが2例で合計8例だった。AE/AESの患者の年齢は中央値で30.0ヶ月だった。女性が多かった (75.0%)。迅速抗原検査では、2例でインフルエンザAが、1例で新型コロナウイルス感染症が同定された。2例は臨床的に突発性発疹と診断された。来院前PCPCスコアは中央値で1.0だった。

てんかん群は10例だった。年齢の中央値は84.5ヶ月で、男女比は2:3だった。

来院前PCPCスコアは中央値で2.0だった。

発熱を伴うてんかん群では、年齢は中央値で

Tab. 1 患者背景

	FS 群 (n=32)	AE/AES 群 (n=8)	てんかん群 (n=10)	発熱を伴うてんかん群 (n=6)	P-value
年齢 [月 (IQR)]	30.5 (20.0, 48.8)	30.0 (22.5, 125.3)	84.5 (30.0, 132.3)	52.5 (17.8, 65.5)	0.19
性別 [男 (%)]	18 (56.3)	2 (25.0)	4 (40.0)	5 (83.3)	0.14
来院前 PCPC [値 (IQR)]	1.0 (1.0, 1.0)	1.0 (1.0, 1.0)	2.0 (2.0, 3.8)	3.0 (2.3, 3.8)	<0.001
AE/AES vs てんかん群&発熱を伴うてんかん群(来院前 PCPC), P<0.05					
FS 群 vs てんかん群&発熱を伴うてんかん群(来院前 PCPC), P<0.001					

Tab. 2 けいれん, EEG, 救急医による治療介入と予後

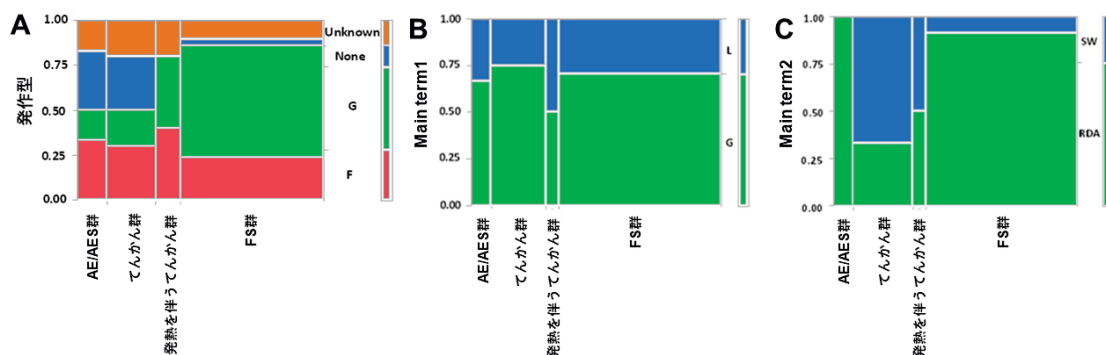
	FS 群 (n=32)	AE/AES 群 (n=8)	てんかん群 (n=10)	発熱を伴うてんかん(n=6)	P-value
けいれん持続時間 [分 (IQR)]	10.0 (4.0, 64.0)	90.5 (60.3, 167.3)	8.0 (4.0, 57.5)	33.0 (30.0, 64.0)	0.49
神経症状出現から EEG 評価までの 時間 [分 (IQR)]	55.5 (45.3, 67.0)	330.0 (252.3, 441.3)	130.5 (93.0, 223.8)	75.0 (61.0, 96.5)	<0.001
EEG 評価時間 [分 (IQR)]	22.5 (13.5, 30.5)	19.0 (14.3, 28.0)	39.0 (25.3, 45.8)	34.0 (26.3, 41.8)	0.10
ESz	9/32 (28.1 %)	2/8 (25 %)	10/10 (100 %)	5/6 (83.3 %)	<0.001
ESz に対する介入	6/9 (66.7 %)	2/2 (100.0 %)	8/10 (80.0 %)	5/5 (100 %)	0.46
最終的な ESz の消失	8/9 (88.9 %)	2/2 (100 %)	10/10 (100 %)	5/5 (100 %)	0.62
神経学的後遺症 (1 か月後)	0/27 (0.0 %)	5/8 (62.5 %)	1/9 (11.1%)	0/5 (0.0%)	<0.001
FS 群 vs AE/AES 群 (神経症状から EEG 評価までの時間), P<0.001					
FS 群 vs てんかん群 (神経症状から EEG 評価までの時間), P<0.05					
FS 群 vs てんかん群 (ESz), P<0.001					
AE/AES 群 vs てんかん群 (ESz), P<0.01					
FS 群 vs AE/AES 群 (神経学的後遺症 (1 か月後)), P<0.001					

略語：ESz, electrographic seizure

52.5ヶ月だった。患者は男性が優位だった(83.3%)。迅速検査ではインフルエンザBを1例で認めたが、他の患者は原因不明だった。来院前PCPCスコアは中央値で3.0だった。各群で年齢と性別は統計的な有意差は認めなかった。来院前PCPCは、てんかん群および発熱を伴うてんかん群がFS群およびAE/AES群よりも有意に高かった。

各患者の臨床症状

FS群の発作は様々で1例は眼球偏位と弛緩性発作のみだった。その他のけいれんを有する患者では、けいれん持続時間は中央値で10分だった(Tab. 2)。AE/AES群では6例が明らかなけいれんを呈し、2例は意識障害のみだった。けいれん持続時間の中央値は90.5分だった。てんかん群では、けいれんが7例で観察され、3例は意識障害のみだった。けいれん持続時間は



略語：F, focal; G, generalized; L, lateralized; RDA, rhythmic delta activity; SW, spike/sharp and wave

Fig. 2 モザイクプロット

発作型 (A), Main term1 (B) および Main term2 (C) を示す。Main term1 (B) と Main term2 (C) は抗てんかん薬を投与する前の患者のみを示す。横幅は各カテゴリーの患者数の合計に比例し、縦軸は各項目の割合に比例する。

Tab. 3 律動性シータ活動

	FS 群 (n=32)	AE/AES 群 (n=8)	てんかん群 (n=10)	発熱を伴うてんかん群 (n=6)	P-value
律動性シータ活動	8 (25.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0.12

中央値で8分だった。発熱を伴うてんかん群ではけいれんが5例で観察された。けいれん持続時間は中央値で33分だった。けいれん持続時間は各グループ間で有意な差を認めなかった (Tab. 2)。4つのカテゴリーに対するモザイクプロット解析では、FS群では臨床症状として全般発作を起こしやすい傾向があった (Fig. 2)。

簡易EEG解析

各グループのEEG評価時間に有意な差はなかった (Tab. 2)。FS群の神経症状出現からEEGモニタリングまでの時間は、AE/AES群およびてんかん群よりも有意に短かった (Tab. 2)。EEGの特性に関するモザイクプロットを Fig. 2 に示す。発作型はFS群で全般性が多かったが、AE/AES群とてんかん群で焦点性が多かった (Fig. 2A)。抗てんかん薬 (ASMs) 投与前のEEG所見は重要であると考えられたためASMs投与前のみの症例で解析したが、Main term1

では全般性のEEGパターンが焦点性よりも一般的だった (Fig. 2B)。Main term2に関して、FS群とAE/AES群ではRDAがより多く見られ、てんかん群と発熱を有するてんかん群ではSWがより多く見られた (Fig. 1C)。いずれのグループでもPDは観察されなかった。興味深いことに、律動性シータ活動はFS群のみで約4分の1の症例で観察された (Tab. 3)。てんかんの既往歴のある患者ではESzを多く認めたが、意外にもAE/AES群のほとんどの症例でESzを認めなかった (Tab. 2)。AE/AES群、てんかん群、および発熱を有するてんかん群ではすべてのESzが消失したが、FS群の1例ではESzは脳波記録中に消失しなかった (Tab. 2)。MATLABを用いた周波数解析の結果を Fig. 3 に示す。ASMs投与前の患者でRDAを呈したAE (n=3) とFS患者 (n=21) の各患者の局在別 (Fp_1 , Fp_2 , O_1 , O_2) に代表的なEEGを10s×10か所抽出し、MATLABを用いて周波数解析を行った。

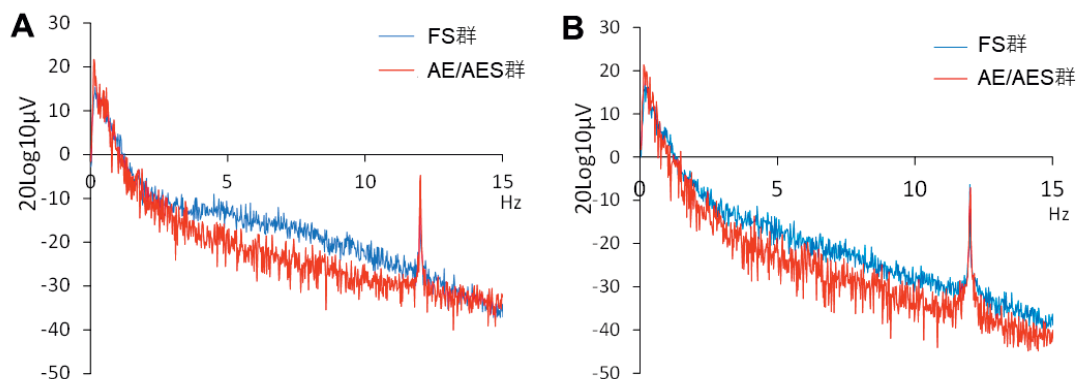


Fig. 3 Matlabを用いた周波数解析

前頭部平均 (A) と後頭部平均 (B) のMATLABを用いた周波数解析を示す。青線をFS群、赤線をAE/AES群で示す。縦軸はパワー、横軸は周波数を表す。

前頭部 (Fp₁ & Fp₂) の平均と後頭部 (O₁ & O₂) の平均に分けると、前頭部においてFS群の θ 帯域のパワーが強かった。

治療と予後

ESzが26例で観察され、そのうち21例 (80.8%) はEEG所見に基づいて救急医によってASMsで治療された (FS群では66.7%, AE/AES群では100.0%, てんかん群では80.0%, 発熱を伴うてんかん群では100%) (Tab. 2)。救急医によるESzへのASMsによる介入は各グループで差はなかった (Tab. 2)。ESzは無治療で自然消失した例があり、FS群の1例を除いて脳波評価中にすべて消失した。FS群の1例に関しては、脳波評価中にESzの消失を確認できなかった。AE/AES群の1か月後の神経学的後遺症の割合はFS群と比較して有意に高かった (Tab. 2)。

【考察】

救急医によるEEGモニタリング、解釈および治療介入

EDで意識障害を呈する小児患者は稀ではなく、約5%がNCSやNCSEを呈するという報告がある^{14, 15)}。EDではFS, AE/AES, およびてんかんの小児患者がしばしば発作後に意識障害を呈する²⁾。救急医が発症から間もない急性期に神経学的後遺症を残しやすいAEと予後良好なFSを区別することは特に重要であるが、そ

れは非常に難しい²⁾。EDでこれらの患者のEEGパターンの違いがあれば、特にAEに対する集中治療の選択に寄与する可能性がある。AE/AES患者のほとんどがEEG異常を示したとの報告があるが¹⁶⁾、本研究ではMain term1およびMain term2において明らかな違いは認めなかった。ただし、FSの患者の約4分の1のみで特異な律動性シータ活動を示し、他の3つのカテゴリーの患者では認めなかった。先行研究のいくつかの研究でFS後に律動性シータ活動が報告されており¹⁷⁻¹⁹⁾、当研究と類似していた。これらのEEGパターンは「non-epileptic twilight states with convulsive manifestations」と報告されている¹⁷⁻¹⁹⁾。この所見が良性であるかどうかは議論の余地があるが^{18, 19)}、当研究ではこれらのEEGパターンが神経学的予後の良好なFSのみに認めたことから、FSとAE/AESを区別するのに有用である可能性があることを示唆した。MATLABの周波数解析では前頭部でのシータ帯域のパワーが強くなり、同様な結果は過去にも報告されている¹²⁾。このような解析に関する研究は非常に少なく、今後はより多くの研究の蓄積が必要と考えられる。

EEGを用いた治療介入に関して、EDでのEEGがその後の治療戦略の変更に有効であったという研究報告がある^{2, 16, 20-25)}。本研究では、EEGモニタリング中に患者の約80%がASMsによる介入を受けたことから、EDの簡易EEG

が救急医による治療戦略に関する意思決定を行う上で有益である可能性が示唆される。FSのEEGモニタリングと積極的な介入はAEへの進行を防ぎ、神経学的転帰を改善する可能性がある^{8,9)}。ただし、本研究では救急医によって治療されなかったESzを示す1名のFS患者の予後は良好だった。さらに、AE/AESの症例に限られているため、この仮説を明らかにするためにはさらなる研究が必要である。

ACNS Standardized Critical Care EEG Terminology 2021による簡易EEGパターンの記述

本研究では、Main term1のBilateral independentおよびMultifocal patternsは認めず、4つのグループ間に特徴的な差異は認めなかった。全体として全般性を焦点性よりも多く認めた。AE/AESおよびてんかんグループそれぞれ5人および1人の患者が神経学的後遺症を残した。Main term1は4つのグループ全体で明らかな差はなく、Main term1と予後の関係は明らかではなかった。Main term2に関しては、AE/AESのすべての患者がRDAを呈し、てんかんおよび発熱を伴うてんかんのグループではFSおよびAE/AESグループよりもSWを頻繁に認めた。てんかんおよび発熱を伴うてんかん患者は全員が適切にASMで介入され、ESzは消失した。重症患者では機能の不良転帰および高い死亡率を有するPDは観察されなかった。PDを認めなかった理由として、心停止や重度な頭部外傷などの重症な状態の患者がいなかったこと、また本研究が症状の発症から非常に早い段階で行われたことが影響した可能性が考えられた。本研究ではほとんどの患者が簡易EEG後に適切にASMで介入されており、急性期のEEGそのものの予後に対する影響は明らかにできなかった。今後より多くのケースの症例が必要であると考えられる。

ESz

ICUでの多くの研究がNCSEと神経学的後遺症との関係を報告しており、ICUにおけるEEGモニタリングはNCS/NCSEを検出し、特に重

症な小児患者の治療介入のために有用であると報告されている^{5,6)}。ZehtabchiらはEDでのEEGではないが、けいれん発作の治療後の278人の成人患者および小児患者におけるESzの有病率は14%であったと報告した²⁶⁾。別の研究では、意識障害を有する患者の約40%でESzを呈したと報告されている²⁷⁾。当研究では、患者の約半数がESzを呈しEDでの早期のASM介入が神経学的後遺症の予防に寄与したと考えている。ただし、1人のFS患者のESzはEEGモニタリング中に消失していなかったが神経学的予後は良好だった。無治療によりその後ESzが自然消失したかは不明であり、EDでのESzの神経学的後遺症への影響は依然として不明である。

Limitations

この研究にはいくつかの限界がある。まず第一にアーチファクトが少ないEEGを選択したため、EEGデータは連続症例ではないことである。第二に、当研究は単一機関で実施されたことである。したがって、当院の結果を他の機関の患者に一般化できるかどうかは不明である。第三に、合計で56例を解析したが、FSを除く各カテゴリーの症例数は10未満だったので、FS以外のカテゴリーの症例数が少ないことである。第四に簡易EEGモニタリングは左右前頭部および後頭部の4点誘導のため、EEGのモニタリングがされていない部位で異常が見逃されている可能性がある。

結論

本研究は我々の知る限り、EDでの小児の意識障害患者において、詳細な簡易EEGのEEGパターンを記述した初めての研究である。EDでのEEGの報告はまだ少なく、前頭部のシータ活動の意味やESzの介入に対する予後などを明らかにするために今後より多くの症例の解析が望まれる。

【文献】

- 1) Button K, Capraro A, Monuteaux M, Mannix R. Etiologies and yield of diagnostic testing in children presenting to the emergency

- department with altered mental status. *J Pediatr* 2018 ; **200** : 218-224.
- 2) Yamaguchi H, Nagase H, Nishiyama M, Tokumoto S, Ishida Y, Tomioka K, et al. Nonconvulsive seizure detection by reduced-lead electroencephalography in children with altered mental status in the emergency department. *J Pediatr* 2019 ; **207** : 213-219.
- 3) Nishiyama M, Yamaguchi H, Ishida Y, Tomioka K, Takeda H, Nishimura N, et al. Seizure prevalence in children aged up to 3 years : A longitudinal population-based cohort study in Japan. *BMJ Open* 2020 ; **10** : e035977.
- 4) Subcommittee on Febrile S, American Academy of P. Neurodiagnostic Evaluation of the Child with a Simple Febrile Seizure. *Pediatrics* 2011 ; **127** : 389-394.
- 5) Abend NS, Gutierrez-Colina AM, Topjian AA, Zhao H, Guo R, Donnelly M, et al. Nonconvulsive seizures are common in critically ill children. *Neurology* 2011 ; **76** : 1071-1077.
- 6) Abend NS, Topjian AA, Gutierrez-Colina AM, Donnelly M, Clancy RR, Dlugos DJ. Impact of continuous EEG monitoring on clinical management in critically ill children. *Neurocrit Care* 2011 ; **15** : 70-75.
- 7) Topjian AA, Gutierrez-Colina SM, Berg RA, Friess SH, Dlugos DJ, et al. Electrographic status epilepticus is associated with mortality and worse short-term outcome in critically ill children. *Crit Care Med* 2013 ; **41** : 215-223.
- 8) Maruyama A, Tokumoto S, Yamaguchi H, Ishida Y, Tanaka T, Tomioka K, et al. Early non-convulsive seizures are associated with the development of acute encephalopathy with biphasic seizures and late reduced diffusion. *Brain Dev* 2021 ; **43** : 548-555.
- 9) Tokumoto S, Nishiyama M, Yamaguchi H, Tomioka K, Ishida Y, Toyoshima D, et al. Prognostic effects of treatment protocols for febrile convulsive status epilepticus in children. *BMC Neurol* 2022 ; **22** : 77.
- 10) Hirsch LJ, LaRoche SM, Gaspard N, Gerard E, Svoronos A, Herman ST, et al. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care Eeg Terminology : 2012 Version. *J Clin Neurophysiol* 2013 ; **30** : 1-27.
- 11) Hirsch LJ, Fong MWK, Leitingner M, LaRoche SM, Beniczky S, Abend NS, et al. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care Eeg Terminology : 2021 Version. *J Clin Neurophysiol* 2021 ; **38** : 1-29.
- 12) Oguri M, Saito Y, Fukuda C, Kishi K, Yokoyama A, Lee S, et al. Distinguishing Acute Encephalopathy with Biphasic Seizures and Late Reduced Diffusion from Prolonged Febrile Seizures by Acute Phase EEG Spectrum Analysis. *Yonago Acta Med* 2016 ; **59** : 1-14.
- 13) The Committee of Guidelines for Acute Encephalopathy in Children. The clinical consensus and guidelines for acute encephalopathy in children. Tokyo : Shindan To Chiryo Sya ; 2016 [in Japanese].
- 14) Kanich W, Brady WJ, Huff JS, Perron AD, Holstege C, Lindbeck G, et al. Altered mental status : evaluation and etiology in the Ed. *Am J Emerg Med* 2002 ; **20** : 613-617.
- 15) Zehtabchi S, Abdel Baki SG, Omurtag A, Sinert R, Chari G, Malhotra S, et al. Prevalence of non-convulsive seizure and other electroencephalographic abnormalities in Ed patients with altered mental status. *Am J Emerg Med* 2013 ; **31** : 1578-1582.
- 16) Wright NMK, Madill ES, Isenberg D, Gururangan K, McClellan H, Snell S, et al. Evaluating the utility of rapid response eeg in emergency care. *Emerg Med J* 2021 ; **38** : 923-926.
- 17) Miyahara H, Akiyama T, Waki K, Arakaki Y. Differential diagnosis of nonepileptic twilight state with convulsive manifestations after febrile seizures. *Brain Dev* 2018 ; **40** : 781-785.
- 18) Proietti J, Fiorini E, Meneghello L, Cantalupo G, Fontana E, Lo Barco T, et al. Non-convulsive febrile status epilepticus mimicking a postictal

- state after a febrile seizure : an ictal electroclinical and evolutive study. *Epileptic Disord* 2022 ; **24** : 387-396.
- 19) Yamamoto N. Prolonged nonepileptic twilight state with convulsive manifestations after febrile convulsions : a clinical and electroencephalographic study. *Epilepsia* 1996 ; **37** : 31-35.
- 20) Alehan FK, Morton LD, Pellock JM. Utility of electroencephalography in the pediatric emergency department. *J Child Neurol* 2001 ; **16** : 484-487.
- 21) Duran L, Balci K, Yordan T, Kati C, Akdemir HU, Karadas S, et al. The value of electroencephalography in differential diagnosis of altered mental status in emergency departments. *J Pak Med Assoc* 2014 ; **64** : 923-927.
- 22) Gunawardena S, Chikkannaiah M, Stolfi A, Kumar G. Utility of electroencephalogram in the pediatric emergency department. *Am J Emerg Med* 2022 ; **54** : 26-29.
- 23) Kothare SV, Khurana DS, Valencia I, Melvin JJ, Legido A. Use and value of ordering emergency electroencephalogr 意識障害 and videoelectroencephalographic monitoring after business hours in a children's hospital : 1-year experience. *J Child Neurol* 2005 ; **20** : 416-419.
- 24) Praline J, Grujic J, Corcia P, Lucas B, Hommet C, Autret A, et al. Emergent Eeg in clinical practice. *Clin Neurophysiol* 2007 ; **118** : 2149-2155.
- 25) Zehtabchi S, Abdel Baki SG, Omurtag A, Sinert R, Chari G, Roodsari GS, et al. Effect of microeeg on clinical management and outcomes of emergency department patients with altered mental status : a randomized controlled trial. *Acad Emerg Med* 2014 ; **21** : 283-291.
- 26) Zehtabchi S, Silbergleit R, Chamberlain JM, Shinnar S, Elm JJ, Underwood E, et al. Electroencephalographic seizures in emergency department patients after treatment for convulsive status epilepticus. *J Clin Neurophysiol* 2022 ; **39** : 441-445.
- 27) Viarasilpa T, Panyavachiraporn N, Osman G, Parres C, Varelas P, Van Harn M, et al. Electrographic seizures in patients with acute encephalitis. *Neurocrit Care* 2019 ; **30** : 207-215.

