原 著

てんかん脳波のダイナミック・ トポグラフィの一方法

A Method of Dynamic Topography for EEG in Epilepsy

米 谷 元 裕* 古和田 正 悦

要旨: てんかん脳波の24チャンネル・ダイナミック・トポグラフィを試みているので報告する。チャンネル毎に棘波出現間隔ヒストグラムを作成し、それらを基礎律動の等価的電位トポグラフィ上に合成させ、棘波の出現様態と基礎律動の経時的变化をあわせて観察するものである。プログラムは、1) 基礎律動の等価的電位トポグラフィの作成、2) 棘波出現間隔ヒストグラムの作成、3) 両者の合成処理から成っている。処理は ATAC-450 (32K, 補助ディスク256K) を用いオフラインで行い、処理結果は20配色のカラーモニター TV に連続的に表示する。長時間記録も短時間で集約的に観察することが可能である。

てんかん研究 1986; 4: 1-6

Key Words: Dynamic topography, Epilepsy, Interspike interval histogram, Basic activity, Computer.

はじめに

従来から、てんかんの病態解明には目的に応じてさまざまな脳波分析法^{4,9,11,18)}が行われてきたが、最近では画像処理技術の進歩に伴い、この分野でも二次元^{6,7,16)}あるいは三次元表示法^{10,14)}が報告されるようになり、今後の発展が期待されている。

著者ら¹⁷⁾もすでに棘波の自動検出、頭皮上分布処理および二次元カラー表示法について報告したが、今回はてんかん脳波の基礎律動を脳波トポグラフィとして表示し、その画面上に棘波の出現間隔ヒストグラムを合成するダイナミック・トポグラフィを試みたので、その方法について報告する。

I. 脳波記録および処理システム

処理システムの概略を Fig. 1 に、脳波記録のモニタージュを Fig. 2 に示す。13チャンネル脳波計(4113型, 日本光電)と14チャンネル・データレコーダ(R-270 A, TEAC)をそれぞれ2台使用し、同期パルスとともに24チャンネルの脳波を同時記録した。モニタージュは仮想値を含む5行6列のカラー表示マトリックスに対応して決められた。すなわち、国際式10-20法の電極からFz, Cz, Pzを除いた16チャンネルに、正中線より3cm両外側にそれぞれ4チャンネル〔(IFpz) (IFz) (ICz) (IPz) (rFpz) (rFz) (rCz) (rPz) と呼称する〕を加えた24チャンネルである。基準電極を両側耳朶におき、時定数0.3, Filter off, 単極誘導で記録した。

* 秋田大学医学部脳神経外科

〒010 秋田市本道 1-1-1)

Motohiro Yoneya, Masayoshi Kowada

Department of Neurosurgery, Akita University School of Medicine

1986年1月13日受理

Fig. 1 System for dynamic EEG topography

脳波処理は ATAC-450 (32 K, 補助ディスク 256 K, 日本光電) を用いて オフラインで行い, 処理結果をプリンタ (SD-120 型, RICOH) と X-Y プロッタ (W-4531, WATANABE) でプリントアウトし, カラーモニター TV (G-8001型, INTECOLOR) に表示した。

II. 処理方法

1. 脳波トポグラフィの作成

脳波トポグラフィは上野・松岡¹⁵⁾の方法に準じて作成し, 脳波の各周波数帯域における平均パワーの平方根を各周波数のもつ脳波の等価的電位 ($\sqrt{P}$) と定義し, 20 配色で二次元カラー表示を行った。脳波の解析時間は1エポック 2.007 秒の単位で任意に指定できるようにし, そのサンプリング・インターバルに合わせて, 後述の棘波出現間隔ヒストグラムを作成した。サンプリング・インターバル毎に連続的に処理された結果をデータ・カートリッジに収録した。

2. 棘波出現間隔ヒストグラムの作成

棘波を視覚的に検出し, その出現間隔を手動的に計測してから, X軸に棘波出現間隔を, Y軸に棘波出現個数をとったヒストグラムを作成した。X軸およびY軸の単位は各症例に対応して決定するのを原則とし, 解析時間は脳波トポグラフィのサンプリング・インターバルに合わせて決められた。24チャンネルのヒストグラムを作成してから, それらのデータをチャンネル毎にデータ・カ

Fig. 2 Montage and color display matrix

EEGs are recorded by the monopolar derivation of 24 channels including 16 channels out of the international 10-20 system and 8 channels on bilateral paramedian lines. Analyzed data are displayed on monitor TV with a 5×6 point matrix.

BACKGROUND EEG INTERSPIKE INTERVAL HISTOGRAM

Fig. 3 Flow chart of dynamic EEG topography

EEGs are converted into digital data at 64 samples per second and spectral analysis is carried out. The spectral data in each frequency band of each channel are stored in data tape as an equipotential topography of square roots of powerspectra. Interspike interval histograms are made in all channels and stored in another data tape. Both EEG topography and corresponding histogram are superimposed in one display, which is successively demonstrated on the monitor TV as the dynamic topography.

Fig. 4 Monopolar derivation of EEG in case of Jacksonian seizure, showing spikes and spike-and-slow-wave complex in the right fronto-centro-parietal leads

ートリッジに収録した。

3. 脳波トポグラフィと棘波出現間隔ヒストグラムの合成

合成処理の概略を Fig. 3 に示す。今回使用した ATAC-450 は3個のデータ入力部 (unit 1, unit 2, unit 3) を備えており, unit 1 に脳波トポグラフィのデータ・カートリッジを, unit 2 にはヒストグラムのデータ・カートリッジを同時に入力すると, データが unit 1 と unit 2 から順次引き出され, その合成像がモニター TV 上に表示されるようにプログラムされている。

合成像はサンプリング・インターバル毎に連続的に処理され, てんかん脳波の経時的变化をダイナミック・トポグラフィとして観察することができる。次にこの方法による臨床応用例を示す。

III. 臨床応用例

症例はジャクソン型発作の7歳・男児で, CTで器質的異常所見は認められてない。脳波は4～6 Hz の θ 波が優位で, 視察的に明らかな左右差

はないが, 右中心部から頭頂部にかけて100～200 μ V の棘波および棘・徐波複合が出現している (Fig. 4)。

この症例における40秒間の脳波トポグラフィを Fig. 5 に示すが θ 波で $\sqrt{P}$ が高く, とくに F₄, C₄, P₄ で著明である。

脳波トポグラフィ ($\sqrt{P\theta}$) と棘波出現間隔ヒストグラムを合成したダイナミック・トポグラフィの一部を経時的に Fig. 6 に示す。サンプリング・インターバルは30秒である。ヒストグラムはX軸に棘波出現間隔を3秒以下, 3～10秒, 10秒以上の3段階に分け, Y軸に棘波出現個数を1スケール5個で表現している。この症例は F₄, C₄, P₄ で $\sqrt{P\theta}$ の変動が著しく, それに一致して出現間隔3秒以下の棘波が頻発する様態がよく表示されている。

IV. 考 察

医用電子工学および画像処理技術の進歩に伴い, 脳波や大脳誘発電位の研究に各種のトポグラ

Fig. 5 Equipotential topographies of square roots of powerspectra in each frequency band for 40 sec.

In this case θ wave is predominant, especially in the right frnto-centro-parietal leads.

Fig. 6 Sequential topographies combined of equipotential map of $\sqrt{P\theta}$ and interspike interval histogram. Displays of 30 sec. (A), 60 sec. (B) 90 sec. (C) and 120 sec. (D) after recording are shown. θ wave is predominant in the right central region and short interval spikes are observed frequently in the same areas.

フィが開発されて臨床応用されているが^{1,3,5,13)}、てんかん脳波の二次元処理に関する報告はまだ少数である。

Gotman ら⁶⁾は棘波と鋭波を形状から4群に分けて自動検出し、それぞれの出現個数を二次元表示している。Vera ら¹⁶⁾は5 point parabolic least square fit method で自動検出した棘波出現個数を頭皮上にマッピングしている。また Guedes de Oliveira ら⁷⁾は autoregressive filter model を用い、automatic non-stationary detection で認知した棘波出現様態から、棘波の焦点や伝播を統計的に推定した二次元表示を行っている。最近では Lemieux ら¹⁰⁾がてんかん波の振幅の推移を三次元に連続表示することでその伝播を検討している。しかしながら、これらの方法には検出精度やアルゴリズム、必要とするコンピュータ容量、表示方法などの点で問題も少なくなく、広く臨床応用されるには至っていない。

このように、現在まで報告された方法は、てんかん脳波のうち突発性異常波に注目し、その出現個数や振幅の推移、位相のずれなどから、てんかん波の局在や伝播を推定しようとする試みであるが、突発性異常の背景にはさまざまな基礎律動の異常が存在することはいうまでもない。この基礎律動の異常を定量的に解析するために、Gibbs ら⁴⁾は Grass analyzer を用いて成人てんかん20例の発作間歇期の脳波を検討し、大発作例ではエネルギーのピークが24~29 Hz に、精神運動発作例では6 Hz にピークがみられると報告している。その後、解析装置の開発や種々の解析方法により、てんかん脳波の基礎律動の異常について研究されてきた^{2,12,18)}。しかし、突発性異常波と基礎律動の異常とを合わせて表示できるようなトポグラフィはまだ試みられていない。

著者らは棘波の出現様態を脳波トポグラフィに合成処理して、1枚の画面でてんかん脳波をダイナミックに観察できるようにプログラムしてみた。棘波の定量表示に棘波出現間隔ヒストグラムを作成し、棘波の出現様態を検討できるようにした。棘波の出現様態の定量化では、一条ら⁸⁾が Creutzfeld-Jakob 病や亜急性硬化性全脳炎の脳波で棘波出現間隔ヒストグラムや累積度数曲線を作

成し、その周期性異常を論じている。最近では白井ら¹⁴⁾が棘波の三次元ジョイント・ヒストグラムを作成して3群に分類し、てんかん患者で検討しているが、主として棘波出現頻度の高い1チャンネルについての表示であり、多チャンネル化が望ましいのはいうまでもない。

また、今回試みた方法では長時間記録した脳波を適切な間隔でデータ・サンプリングすることによって連続的に表示することができ、長時間のデータを集約的に観察することが可能である。たとえば睡眠脳波の各 stage のデータをサンプリングすることにより、基礎律動の変動と棘波の出現様態を合わせて観察するのに応用できよう。しかし現在のところ双極誘導のモニタージュの組み込みや、ヒストグラム作成の自動化などで技術的な問題があり、今後さらに改良を加えていく予定である。

結 語

てんかん脳波のダイナミック・トポグラフィの一方法を報告した。脳波トポグラフィ上に棘波出現間隔ヒストグラムを合成したもので、ヒストグラムはX軸に棘波出現間隔を、Y軸に出現個数をとり、棘波の出現様態を基礎律動の変化とともに時系列的に定量表示した。

文 献

- 1) Bickford RG, Brimm J, Berger L, Aung M. Application of compressed spectral array in clinical EEG. In: Kellaway P, Petersén I, eds. Automation of Clinical Electroencephalography. New York: Raven Press, 1973; 55-64.
- 2) Chiappa KH, Brimm J, Allen B, et al. Computing in EEG and epilepsy—Evolution of a comprehensive EEG analysis and reporting system. In: Kellaway P, Petersén I, eds. Quantitative Analytic Studies in Epilepsy. New York: Raven Press, 1976; 329-342.
- 3) Duffy FH, Burchfiel JL, Lombroso CT. Brain electrical activity mapping (BEAM): a method for extending the clinical utility of EEG and evoked potential data. Ann Neurol 1979; 5: 309-321.
- 4) Gibbs FA, Lennox WG, Gibbs EL. The cortical frequency spectrum in epilepsy. Arch Neurol

- Psychiat **1941**; 46: 613-620.
- 5) Gotman J, Gloor P, Ray WF. A quantitative comparison of traditional reading of the EEG and interpretation of computer-extracted features in patients with supratentorial brain lesions. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1975**; 38: 623-639.
 - 6) Gotman J, Gloor P. Automatic recognition and quantification of interictal epileptic activity in the human scalp EEG. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1976**; 41: 513-529.
 - 7) Guedes de Oliveira PHH, Lopes da Silva FH. A topographical display of epileptiform transients based on a statistical approach. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1980**; 48: 710-714.
 - 8) 一条貞雄, 渡辺浩崇, 力丸庄蔵, 宮腰 孝. “周期性発作性発射”の時間間隔の検討. *脳神経* **1978**; 30: 91-97.
 - 9) Jestico J, Fitch P, Gillatt RW, Willison RG. Automatic and rapid visual analysis of sleep stages and epileptic activity. A preliminary report. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1977**; 43: 438-441.
 - 10) Lemieux JF, Vera RS, Blume WT. Technique to display topographical evolution of EEG events. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1984**; 58: 565-568.
 - 11) Lopes da Silva FH, Van Hulten K, Lommen JG, et al. Automatic detection and localization of epileptic foci. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1977**; 43: 1-13.
 - 12) 森 温理. てんかん脳波の基礎律動に関する考察. *脳神経* **1964**; 16: 481-487.
 - 13) Persson A, Hjorth B. EEG topogram—An aid in describing EEG to the clinician. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1983**; 56: 399-405.
 - 14) 白井康之, 松林賢治, 石山陽事, 本間伊佐子, 江部 充. Man-Machine 方式による棘波検出とその時系列分析—特に3次元ジョイント・ヒストグラム表示法—. *脳波と筋電図* **1983**; 11: 113-120.
 - 15) 上野照剛, 松岡成明. 徐波を示す異常脳波の抽出とその表示法. *医用電子と生体工学* **1976**; 14: 118-124.
 - 16) Vera RS, Blume WT. A clinically effective spike recognition program: Its use at electro-cortigraphy. *Electroenceph clin Neurophysiol* **1978**; 45: 545-548.
 - 17) 米谷元裕. 棘波の自動検出, 頭皮上分布処理および二次元カラー表示. *脳波と筋電図* **1984**; 12: 219-226.
 - 18) Walter WG. Analytical means of study the nature and origin of epileptic disturbances. *Proc Reserch Nerv Ment Dis* **1946**; 26: 237-251.

Summary

A Method of Dynamic Topography for EEG in Epilepsy

Motohiro Yoneya, Masayoshi Kowada

For the purpose of topographical analysis concerning EEG in epilepsy, we developed a method of dynamic topography, in which interspike interval histogram and computerized topography of EEG were combined.

Twenty-four-channels EEGs including sixteen channels out of the international 10-20 system and eight channels on bilateral paramedian lines, were recorded by the monopolar derivation. At first, EEG spectral analysis was carried out using fast Fourier transformation technique. The spectral data in each frequency band of each channel were stored in data tape as an equipotential EEG topography of square roots of powerspectra. And then, interspike interval histograms were made in each channel and stored in data tape. Finally, both EEG topography and corresponding histogram were superimposed in one display, which was successively demonstrated on the monitor TV of twenty colors. A clinical application in case of focal epilepsy was presented.

Our display made it possible to analyze sequentially dynamic correlation between epileptogenic discharge and basic activity.

J. Jpn. Epil. Soc. 1986 ; 4 : 1-6