Etratto da:

RASSEGNA DI STUDI PSICHIATRICI

FONDATA DA ANTONIO D'ORMEA

Direttore: L. D'ARGENIO

Vol. LXVI Maggio - Giugno 1977 Fasc. 3

Ospedali Neuropsichiatrici Provinciali di Firenze
Direttore: Prof. M. Nistri

Laboratorio di Elettroencefalografia
Primario: Dr. R. Sferlazzo

Università di Firenze
Facoltà di Ingegneria - Istituto di Elettronica
Prof. V. Cappellini

A. Bensi **E. Del Re**

LA PUNTA DIFASICA: FORMA COSTRUITA PER IL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE

Siena - Arti Grafiche Ticci s.n.c.

Ospedali Neuropsichiatrici Provinciali di Firenze
Direttore: Prof. M. Nistri

Laboratorio di Elettroencefalografia
Primario: Dr. R. Sferlazzo

Università di Firenze
Facoltà di Ingegneria - Istituto di Elettronica
Prof. V. Cappellini

LA PUNTA DIFASICA: FORMA COSTRUITA PER IL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE

A. Bensi **E. Del Re**

Nel precedente lavoro, « L'onda alfa: proposta di un modello di onda stazionaria », concludevamo la discussione sottolineando il grande interesse presentato dall'introduzione delle proprietà dei fenomeni ondulatori nello studio delle proprietà fisiche dell'attività elettrica cerebrale, sopratutto in riferimento ad eventuali concentrazioni di energia per fenomeni di interferenze locali. In questa nota esaminiamo le caratteristiche fisiche di un evento che è stato definito « una brusca variazione di potenziale del tessuto nervoso » (S. Masson, 1968). Cercheremo di analizzare la struttura fisica della punta difasica, risolvendola in componenti elementari.

Per rendere più chiara l'analisi effettuata ricordiamo il principio di sovrapposizione e definiamo il rapporto tra evento e fondo.

I fenomeni di interferenza sono costruttivi e distruttivi. L'interferenza è un fenomeno fisico che riguarda esclusivamente la forma d'onda. Poiché l'onda originaria non subisce alcuna deformazione incontrandone un'altra, anche l'energia contenuta in una onda non subisce alcuna perdita. Nell'istante e nel punto in cui due onde si incontrano, però, l'energia risultante dalla somma di due onde, della stessa ampiezza e perfettamente in fase, non è espresso dalla somma delle singole energie come accade per la forma: il valore dell'energia è legato infatti al quadrato dell'ampiezza. Bastano queste considerazioni per porsi il problema delle imprevedibili conseguenze che simili concentrazioni di energia anche se momentanee, potrebbero avere nelle strutture nervose coinvolte da fenomeni di interferenza costruttiva.

Generalmente, nell'« elettroencefalogramma normale », anche con frequenze diverse di oscillazioni, i fenomeni di interferenza costruttiva non giungono mai a somme momentanee di fasi tali da portare ad accumuli esagerati di energia. Deve esistere in qualche modo una stabilità nella relazione complessa tra sistemi di oscillazioni di diversa frequenza e il grado di sfasatura delle singole oscillazioni lungo tutta la superficie cerebrale. L'insieme delle oscillazioni, per un dato livello funzionale, normalmente evoca un certo equilibrio globale che si mantiene pressoché costante per un tempo relativamente lungo, senza alcuna brusca variazione o sovrammissione di incidenti di vario genere. È proprio su questa proprietà temporale che si definisce il tracciato di base, in un punto o tra due punti della calotta cranica, ovvero il « Fondo », inteso come l'insieme delle pulsazioni che si sommano tra loro dando luogo ad una risultante le cui caratteristiche, appunto, si mantengono relativamente stabili, sia pur con la tolleranza di variazioni dell'insieme entro certi limiti, almeno per un certo tempo. Al di là di questi limiti cambia anche il livello funzionale. Ci sarà un altro fondo, con altri insiemi di pulsazioni. Ogni fondo, però, per essere individuabile deve presentare una relativa uguaglianza per un certo tempo.

Al concetto di fondo si contrappone quello di avvenimento. Almeno nei casi ideali l'avvenimento può essere definito come una disuguaglianza di breve durata.

L'avvenimento può essere rappresentato da una singola e ben individuabile variazione dell'attività elettrica, ma può essere anche qualcosa che è diverso dal fondo, semplicemente per una maggiore ampiezza o qualcosa di assolutamente diverso e presentarsi come un insieme di variazioni che formano un avvenimento complesso.

Operando a vista, nella valutazione degli « eventi » si ricorre a criteri di disuguaglianza. Teoricamente, la definizione di un « evento » può sembrare molto semplice. L'« evento » può essere definito come una disuguaglianza di frequenza, forma, ampiezza, di breve durata, rispetto ad un « prima » e ad un « dopo ».

Il « prima » e il « dopo », anche se possono essere uguali o disuguali vanno rappresentati ed effettivamente si caratterizzano, come un continuo regolare e uniforme almeno per un certo tempo.

Chiamiamo con Y l'avvenimento e con F il fondo, e più precisamente con F_1 e F_2 il fondo prima e dopo Y. Avremo:

$$F_1 = F_2 \text{ oppure } F_1 \neq F_2$$

Indichiamo con y un singolo elemento di Y. Avremo dunque:

$$Y = y1 \ \Theta \ y_2 \ldots\ldots y_n$$

L'avvenimento inizia quando

$$F_1 \neq y_2$$

e termina quando

$$y_n \neq F_2$$

quando

$$F_1 \neq F_2$$

La definizione del tempo T nel quale F rimane costante può esser fatta solo in termini di sufficiente adeguatezza.

Non sempre, però l'inizio e la fine di un evento complesso sono facilmente riconoscibili. Lo stesso evento semplice, del resto, se non si innalza sufficientemente sul fondo con una adeguata ampiezza può presentare molti motivi di incertezza nella sua valutazione; è difficile, a volte, distinguere una punta poco ampia da un elemento del fondo un pò più ampio. La valutazione delle punta è un compromesso. J.R. C a r r i e, nel 1972, nel proporre una tecnica per analizzare anomalie transitorie e in particolare grafoelementi di attività parossistica impone ad un elaboratore un programma che tiene conto soltanto di differenze al di sopra di un livello prestabilito, trascurando tutti i grafoelementi, anche specifici, che non distaccandosi sufficientemente dal fondo, non vengono identificati. Un « albero » delle punte, anche se calcolato mediante un elaboratore, con criteri di disuguaglianze, risulta sempre un albero incompleto. Esistono, infatti, una infinità di situazioni intermedie, da un caso all'altro e nello stesso caso, che rendono questa valutazione soltanto approssimativa.

La presenza di eventi minori, variamente graduati per ampiezza e forma, rende impossibile la definizione dei limiti reali: va posto perciò il problema del rapporto tra fondo ed evento. Si possono formulare seri dubbi sull'autenticità dell'evento rispetto al fondo e sulla necessità che i due insiemi di elementi siano mantenuti concettualmente separati.

Abbiamo scelto la punta difasica come espressione di un evento elementare, per la semplicità della sua forma. Al di là delle eventuali correlazioni con il substrato neurofisiologico esiste un primo problema che è quello della reale struttura fisica di un simile evento.

Almeno per il momento non siamo in grado di svolgere un'analisi approfondita dei fenomeni di interferenza in tutta la loro distribuzione spaziale. Possiamo però analizzare la costruzione di un evento in un singolo punto, attraverso la scomposizione dell'eeg. nelle diverse frequenze e pulsazioni. Con questa visione spazialmente ristretta forse non si potrà concludere nella dimen-

sione delle onde; può chiarirsi, però, in termini di pulsazioni locali, il rapporto tra fondo ed evento: l'identità della punta.

Un riesame critico della punta pone le premesse per una discussione sui rapporti tra attività superficiale e attività neuronica corticale. Se la punta non esistesse come entità autonoma, come impulso, se questo tipo di evento risultasse soltanto una forma costruita estemporaneamente dall'incontro di oscillazioni di diversa frequenza, le popolazioni neuroniche sottostanti potrebbero essere coinvolte con un ruolo passivo.

Nella letteratura le relazioni tra attività superficiale e attività neuronica non risultano ancora ben precisate.

Fenomeni di depolarizzazione parossistica (Matsumoto 1964; Matsumoto e Ajmone Marsan 1964; Frost e Goll 1966; Frost 1968; Prince D.A. 1969 ecc.) accompagnano nella maggior parte di neuroni di un aggregato neuronale epilettico, l'apparizione di scariche ad alta frequenza, la cui sincronia con il potenziale di punta è più o meno accettata (Ward e Thomas 1955; Schmidt ed al. 1959; Ward 1961; Matsumoto 1964; Rayport e Waller 1967; Prince ed al. 1967; Calvin 1973; Ishijima ed al. 1975 ecc.). D'altra parte per molti autori (Prince 1968; Prince e Futamahi 1970; Calvin 1968 e 1973; Wyler ed al. 1973; Ishijima ed al. 1975; ecc.) appare difficile individuare e classificare « neuroni epilettici » o « pace-maker » fissi, emittenti scariche ritmiche in costante sincronia con l'onda di superficie e neuroni « non epilettici » come da Ward (1961). Ishijima (1975) avanza l'ipotesi di una plasticità nell'aggregato neuronale epilettico, cambiando da scarica a scarica, quindi in successive sequenze temporali, il ruolo di ciascuna cellula nella generazione di « spikes ».

Nella concezione tradizionale in sintesi la punta si forma per l'apporto o di singoli generatori, o di singole unità neuroniche sincronizzate tra loro; in una dimensione più fisica, la punta è presentata come un inviluppo di oscillazioni più rapide, generate ugualmente dalle unità neuroniche (Steriade e Yossif, 1974). In questi casi la punta risulterebbe sempre da modificazioni di stato di una certa popolazione neuronica indotta da meccanismi neurofisiologici e sarebbe comunque il risultato di un fenomeno attivo. In realtà, per il momento, sembrerebbe più esatto parlare di fenomeni concomitanti. L'analisi dell'evento superficiale può portare un contributo alla risoluzione di questo problema. Il fatto che alla superficie si realizzino, per fenomeni di sovrapposizione di fasi, delle momentanee concentrazioni di

energia, può permettere la formulazione di un'ipotesi diversa, con implicazioni più generali: il neurone come elemento attivo nella produzione di energia ma nello stesso tempo coinvolto dal movimento delle forze nelle quali viene a distribuirsi l'energia stessa.

Osservazioni sperimentali

Tecnica

Abbiamo analizzato una serie di punte mediante un minielaboratore (HP 2 100 A) in funzione presso l'istituto di elettronica dell'Università di Firenze.

L'analisi è stata effettuata a partire da una registrazione su nastro magnetico (registratore Tandberg a 4 piste).

Il caso clinico: uomo di 56 anni affetto da crisi epilettiche sin dalla prima infanzia (inizialmente generalizzate, poi con tipiche manifestazioni temporali). Nell'EEG oltre alle manifestazioni diffuse, si raccoglievano facilmente punte di aspetto difasico, ampie, isolate, tendenzialmente periodiche, o raggruppate in brevi scariche ritmiche, con una focalizzazione temporale destra. Del tutto assenti in prefrontale, di tanto in tanto estese in occipitale, con ampiezza molto più attenuata, in zona rolandica e in parietale. Collegamento unipolare con referenza auricolare controlaterale.

L'elaboratore di cui ci siamo serviti è un elaboratore di tipo generale ed ha tempi relativamente lunghi di lavoro con presentazione dei risultati mediante la fotografia (Polaroid). Questo fatto ci impedisce di fornire la riproduzione per un lungo tratto.

L'operazione si è svolta in questi tempi: 1°) restituzione del tracciato nei tempi reali di analisi con un ampiezza effettiva del segnale di ingresso; 2°) scomposizione del tracciato in dodici bande raggruppate in quattro bande per ogni passaggio, quindi tre successivi passaggi per ogni punta studiata. Le fotografie sono state montate in ordine, dall'alto in basso, con un'allineamento perfetto per la possibilità di conoscere istante per istante i tempi dell'analisi, avendo cura di rilevare il tempo preciso in cui la sommità della punta passava per la linea verticale mediana del quadro dell'oscilloscopio che restituiva l'operazione compiuta dall'elaboratore.

La suddivisione delle bande è la seguente:

0-1, 1-3, 3-5, 5-7, 7-9, 9-11, 11-13, 13-15, 15-17, 17-19, 19-21, 21-23.

Risultati

a) non si riesce a intravedere alcuna oscillazione o gruppo di oscillazioni in una qualsiasi delle bande di restituzione dell'analisi coincidenti con la punta analizzata. La punta sparisce come entità e non sembra possedere alcuna frequenza a lei propria.

b) Le relazioni di fase risultano essere l'elemento più significativo; la coincidenza di fase nelle diverse bande sembra essere l'unico elemento individuabile in concomitanza con la punta; le componenti negativa e positiva della punta, appaiono rigorosamente costruite rispettivamente dalla sovrapposizione dell'insieme delle fasi negative e positive, delle singole oscillazioni presenti nelle diverse bande. L'ampiezza della punta è la somma di tutti i valori che in quell'istante coincidono con lo stesso segno. L'ampiezza è massima quando i vertici delle singole oscillazioni coincidono tutti tra loro (v. fig. 1, 2, 3).

c) Le 4 bande centrali sembrano le più importanti per i fenomeni di interferenza costruttiva e si tratta della banda alfa (8-10-12-14); nella fig. 1 anche nelle due bande di 4 e 6 si rileva un perfetto allineamento di fase mentre nella fig. 2 questo allineamento è imperfetto. Le prime due bande viceversa, da 0 a 1 e da 1 a 3, sembrano meno significative per la costruzione della punta: la punta coincide con un punto molto prossimo allo 0.

Le bande di frequenza più elevata sembrano poco determinanti. Più importante è la banda di 16 e 18 e molto meno quella di 22 che a volte appare del tutto priva di energia. Il valore apportato dalle bande rapide, per l'ampiezza limitata delle oscillazioni appare un elemento costruttivo piuttosto trascurabile, anche se le punte più ampie ricevono un ulteriore contributo da una correlazione positiva nelle due bande più rapide.

Le frequenze centrali dal 6 al 14 sono costantemente presenti con una coincidenza assai rigorosa di fase; nelle frequenze più lente immediatamente al di sotto e in quelle più rapide, si osservano più facilmente o relazioni di fase imperfette o assenza di energia.

d) I fenomeni di interferenza sono determinanti anche nella periodicità di insorgenza della punta. Questo fatto risulta ben evidenziato nella fig. 3.

e) Il fondo, così come risulta da questi primi tentativi di analisi appare come un insieme di forme d'onde transitorie di diverse frequenze e variamente sfasate tra loro.

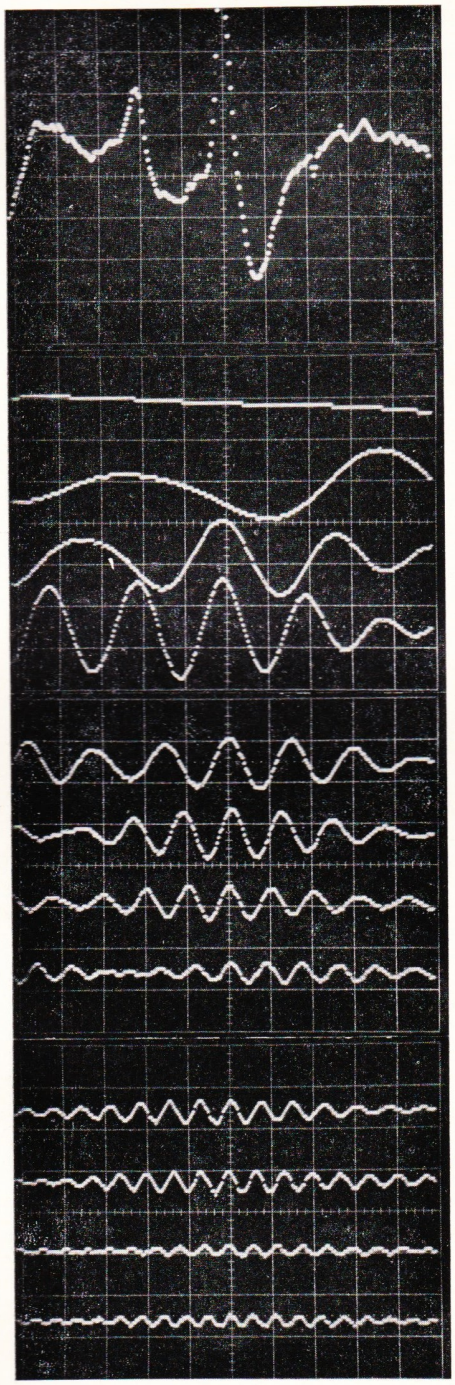

FIG. 1