

4/4/2005 TATA

### **Elettroencefalografia**

Anche i neuroni hanno una attività elettrica che può essere registrata dall'elettroencefalografo. Tale strumento registra l'attività elettrica della corteccia cerebrale e quindi non registra l'attività elettrica che si verifica in zone cerebrali profonde. Con l'EEG si registra l'attività elettrica cerebrale e quindi il potenziale dei neuroni in millisecondi. L'EEG si correla con l'attività del metabolismo cerebrale. Esso rappresenta la sommatoria spaziale e temporale dei potenziali post sinaptici eccitatori e inibitori, nonché della loro modulazione a partire da fibre di proiezione sottocorticali. A livello cellulare tali interazioni dipendono dalla sintesi enzimatica, dalla fosforilazione dei substrati, dal trasporto assonale e dalla produzione di ATP.

L'EEG è un esame di superficie che registra i potenziali che provengono dalla corteccia di ogni lobo. Un ematoma, ad e si evidenzierà all'EEG con una notevole riduzione del segnale elettrico.

Con l'EEG si può registrare l'attività di un tumore corticale ma non si registra l'attività di un tumore dell'angolo ponto cerebellare quale un neurinoma dell'acustico o un tumore cerebellare in quanto si tratta di strutture situate troppo profondamente. Quindi i tumori della fossa cranica posteriore non daranno alcun segno elettroencefalografico. I limiti dell'EEG sono dati dal fatto che si tratta di una metodica superficiale di tipo FUNZIONALE, nel senso che esplora la funzione della corteccia cerebrale al momento della registrazione. È, però, l'unica metodica che nell'arco di pochi secondi è in grado di registrare un evento. Per la registrazione ottimale dell'EEG è necessaria una condizione di riposo psicosensoriale, cioè il paziente deve essere a occhi chiusi, senza stimolazioni esterne sensoriali di tipo tattile, acustico o visivo. Quindi la registrazione dell'EEG si verifica proprio nelle condizioni opposte allo stato di

attivazione mentale. Infatti se egli pensa o è stimolato da uno stimolo esterno si ha l'attivazione della formazione reticolare che impedisce la scarica dei neuroni e quindi viene impedita la registrazione dei potenziali neuronali. In realtà l'attività che si registra quando un paziente pensa è un'attività elettrica di tipo desincronizzato perché si è verificata l'attivazione della sostanza reticolare che ha impedito alle strutture che avrebbero dovuto generare il segnale di farlo. Un paziente con un ematoma temporale destro presenterà un EEG diminuito di ampiezza sulla corteccia destra, in quanto il segnale deve attraversare anche la raccolta ematica dell'ematoma. Quindi, in risultato sarà un segnale rallentato e di voltaggio più basso. Pertanto, la registrazione dell'EEG a destra sarà data da un segnale molto più basso che a sinistra, per la presenza dell'ematoma. L'EEG in questo caso avrà valore localizzatorio per un ematoma corticale anche nelle fasi precocissime, cioè quando non è ancora svelabile dalla TAC, in quanto tale esame lo evidenzierà solo quando si sarà organizzato.

L'EEG è altamente sensibile alle variazioni di O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

I neuroni piramidali degli strati 3 e 5 della corteccia sono in grado di generare un'attività elettrica superficiale e sono molto vulnerabili agli eventi ischemici ed ipossici. Le anomalie elettroencefalografiche che si realizzano a livello di tali cellule si hanno nel momento in cui il flusso ematico cerebrale scende a 20-25 ml/100gr/min. Il deficit energetico totale e la morte cellulare si verifica nel momento in cui il flusso ematico cerebrale scende al di sotto di 10-12 ml/100gr/min. Quindi esiste una finestra terapeutica tra la comparsa delle anomalie EEG e il danno cerebrale di natura anatomica.

Affinché si abbia la genesi di una corrente a livello neuronale è necessaria la presenza di una corrente sodio/potassio. Una corrente ionica si realizza anche in presenza di una attivazione dei canali del calcio o di una liberazione di neuromodulatori. La genesi di questa corrente non è sufficiente a che si abbia una registrazione EEG. Nel paziente ad occhi chiusi e in riposo psico

sensoriale, si ha che un determinato gruppo di neuroni corticali va in sincronismo, cioè nell'unità di tempo tali neuroni generano una corrente elettrica. La sostanza reticolare ha la funzione di marcatempo e questo fa sì che il segnale generato dal gruppo di neuroni sincroni va ad incontrare il flusso proveniente dalla Sostanza reticolare. Quindi quello che si ottiene a livello corticale è dovuto al sincronismo tra i neuroni corticali e il pacemaker cerebrale, rappresentato proprio dalla sostanza reticolare. In alcune patologie prioniche da patologia della sostanza bianca, è possibile fare diagnosi tramite l'EEG. Ad esempio, nella malattia di Creutzfeldt Jacob si hanno delle anomalie talmente caratteristiche dell'EEG, rappresentate da un'attività periodica che si ripete con la stessa frequenza che si distribuisce di preferenza alle regioni anteriori della corteccia. Durante la registrazione si eseguono due manovre che consentono di "attivare" una patologia non svelabile in condizioni basali. La prima manovra è l'apertura degli occhi, per cui si ha la perdita della sincronia e si dice che il paziente desincronizza. Questa è un evento positivo in quanto si tratta di una reazione del tutto fisiologica. Poi si eseguono le prove di iperpnea, ipopnea e di stimolazione luminosa intermittente. L'iperpnea consiste nel far iperventilare il paziente per cui si ha un incremento della CO<sub>2</sub> che determina una condizione di ipercapnia cui il cervello è sensibilissimo. Il cervello risponde all'ipercapnia con una vasocostrizione, per cui si può avere la slatentizzazione di alcune patologie, quali una insufficienza della carotide non altrimenti svelabile. La stimolazione luminosa intermittente consiste nell'inviare al paziente dei lampi di luce ad una determinata frequenza. Tale stimolazione incide sulla scissura calcarina della corteccia occipitale e può determinare l'emergenza di alcuni tipi particolari di crisi epilettiche. Per la registrazione dell'EEG gli elettrodi sono collegati alla cute del cranio. Sono sempre accoppiati a due a due, ed ogni coppia costituisce una **derivazione**. Ogni derivazione può essere:

- **Bipolare:** entrambi gli elettrodi sono collegati al cranio (in posizioni corrispondenti) e valutano la differenza di potenziale fra due aree corrispondenti dell'encefalo
- **Monopolare:** in cui un elettrodo è collegato ad una struttura elettricamente neutra, e l'altro valuta il valore assoluto di polarizzazione di una zona dell'encefalo

Oggi si possono interpretare 8, 16, 32 o anche 64 derivazioni, e il tipo di derivazioni usate e la loro posizione consiste nel **monitoraggio**. Quello standard è a 16 elettrodi bipolari.

Il segnale raccolto da ogni derivazione viene rappresentato in una riga del tracciato come un'onda. Questo segnale prima viene amplificato e filtrato (eliminando le attività muscolari rapide e gli artefatti di movimento). L'esame si svolge in soggetto a riposo ad occhi chiusi, con una registrazione di almeno 20 minuti. In seguito, il paziente iperventila per 3-5 minuti e viene sottoposto a stimolazione luminosa intermittente, e si ripete l'esame (stimoli in grado di scatenare eventuali crisi epilettiche).

Alcuni tipi di EEG, infine, sono portatili e consentono di registrare l'attività elettrica del cervello per le 24 ore

Si definisce **onda** qualsiasi differenza di potenziale registrabile.

Ogni onda ha:

- □ **Ampiezza:** misurata in microvolt. Ogni mm di altezza dell'onda sulla carta corrisponde a 10 microvolt, e
- L'attività del cervello varia da 10 a 500 uV.
- □ **Frequenza:** la frequenza definisce il tipo di onda:
  - 0,5 - 4 cicli/sec onde delta
  - 4 - 8 cicli/sec onde theta
  - 8 - 13 cicli/sec onde alfa
  - oltre 13 cicli/sec onde beta
- **Morfologia:** la morfologia naturalmente è la cosa più variabile, e si distinguono:
  - **Onde sinusali**

- o **Onde aguzze:** onde appuntite ma larghe (80-200 ms) possono essere legate al risveglio o, in sede occipitale, alla visione
- o **Punte:** onde molto strette che possono essere positive, negative, bifasiche
- o **Onde trifasiche:** tre componenti al di sopra e al di sotto della linea di base

Le **attività** sono qualsiasi onda o sequenza di onde. Il **ritmo** è una attività di una certa costanza con un periodo di ripetizione definito, e per **complesso** si indica un gruppo di 2 o più onde caratteristico, che può comparire in qualsiasi momento e anche ricorrere.

L'attività alfa ad esempio è la predominanza di onde alfa. Un ritmo invece è sempre definito in base alla frequenza, ma compare in un determinato momento dell'esame (esempio ritmo sigma a 14 Hz durante il sonno).

I complessi sono molti, alcuni patologici altri fisiologici.

Naturalmente è importante anche l'area dove il ritmo o i complessi appaiono. Un ritmo che non si presenta in maniera continuativa, ma che compare per pochi millisecondi è detto anche **parossismo**.

### **Tracciato normale**

È modificato da numerosi fattori (età, livello di attenzione, farmaci). Il soggetto adulto sveglio, normale, ha:

- **Ritmo alfa:** oscillazioni sinusoidali fra 8-13 Hz e 20-100 uV, localizzato in regione parieto-occipitale e raramente nei settori anteriori. Appare evidente a riposo e ad occhi chiusi. Può presentare la stessa ampiezza sui due emisferi o essere moderatamente asimmetrico. Anche la frequenza può essere varia, distinguendo un alfa lento e uno rapido (sempre però fra 8 e 13).
- **Ritmo beta:** oscillazioni piccole, di forma irregolare e ampiezza inferiore a 30 uV, con frequenza fra 13 e 30 Hz. Il ritmo si può osservare prevalentemente nelle regioni anteriori e motorie (Rolandiche) e scompare soltanto con uno

stimolo propriocettivo (chiudere il pugno) solo nell'emisfero controlaterale allo stimolo.

- **Ritmi diversi:** il ritmo mu (alta frequenza, irregolare, di ampiezza maggiore del beta) si può trovare nella regione rolandica, il ritmo lento a 4-7 Hz nella regione temporale. Tale ritmo si arresta temporaneamente con uno stimolo sensoriale o con l'apertura degli occhi (**reazione di arresto**) ed è la dimostrazione che l'attività corticale varia con l'attenzione.

Nel bambino il ritmo basale è più lento (6-7 Hz a 2 anni, 8-9 Hz a 10 anni), in relazione probabilmente alla maturazione delle fibre mieliniche.

Nell'adulto non sono presenti onde lente (delta o theta) che compaiono solo durante il sonno.

### **Tracciato patologico**

Tranne che per le scariche focali epilettiche, le alterazioni EEG sono sempre aspecifiche e devono essere confrontate con la clinica.

Ci sono molti tipi di alterazioni, parossistiche o meno, e le principali sono:

- **Attività focali lente:** si manifestano (con ritmi delta o theta) nel soggetto sveglio solo in corrispondenza di lesioni emisferiche aspecifiche (infarti, emorragie, ascessi, neoplasie)
- **Attività lente ritmiche e intermittenti:** onde theta o delta, sincrone nei due emisferi (come l'attività delta ritmica dominante frontale) possono comparire in corso di encefalopatie tossiche o metaboliche, di lesioni diencefaliche
- **Attività lente polimorfiche diffuse:** sono onde lente irregolari, non ritmiche, che "sporcano" il ritmo di fondo. Possono essere espressione di una sofferenza corticale o del tronco encefalico.

- **Attività rapide:** ritmi di 15-20 c/s con ampiezza maggiore delle onde beta (oltre 40 uV) si hanno per l'assunzione di barbiturici (specie le benzodiazepine). Se l'ampiezza è molto elevata (100-150) nel bambino sono indice quasi patognomnico di gravissime encefalopatie
- **Ritmi lenti trifasici:** suggestivi di encefalopatia epatica, ma possono essere anche nell'demenza di Alzheimer in fase avanzata
- **Ipsaritmia:** attività polimorfica, bilaterale, di onde lente ad alto voltaggio frammentate a punte desincronizzate. Specifica della sindrome di West del neonato.
- **Riduzione di ampiezza diffusa:** sofferenza corticale diffusa, come nel coma barbiturico o nella Corea degenerativa
- **Riduzione di ampiezza focale:** sofferenza corticale circoscritta (lesioni cerebrovascolari, atrofie, contusioni). In caso di emorragia è un elemento prognostico negativo rispetto all'attività focale lenta ad ampiezza normale.
- **Parossismi isolati:** sono costituiti da vari tipi di complessi (a seconda del tipo di crisi) nell'EEG intercritico di soggetti epilettici, e raramente in soggetti sani. Questa alterazione è di supporto nella diagnosi di epilessia
- **Parossismi ritmici:** scariche EEG della durata di qualche secondo, ad insorgenza e remittenza improvvise, con morfologia molto variabile. Iniziano focalmente e poi si diffondono ad altre aree. Alcune di queste scariche sono specifiche per certi tipi di disfunzione epilettica (grande male, assenze, eccetera).
- **Attività EEG periodica:** onde o complessi morfologicamente ben definiti che compaiono in modo periodico. Il periodo e la diffusione possono renderli patognomnici di alcune sindromi, come la panencefalite sclerosante subacuta, la CJ.