

# potenziali elettrici\_medbea on InstaDoc

## i potenziali elettrici

### ▼ prime scoperte

1875 → Caton registra dei segnali dalla superficie della corteccia di un coniglio addormentato (elettrocorticogramma)

1930 → Beger (psichiatra svizzero) dimostra che dalla superficie esterna del cranio, quindi dalla cute, è possibile registrare dei potenziali elettrici sottoforma di **oscillazioni**

In condizioni di riposo → nota la presenza di un *ritmo* → **ritmo alfa** o "alfa di Berger"

ritmo alfa → frequenza tra 8 Hz e 11 Hz (costante fra gli individui)

▼ potenziali allora molto piccoli → venne inventato il "galvanometro a corda", un perfezionamento del galvanometro usato da Einthoven per registrare l'ECG

bobina che si muoveva all'interno di un campo magnetico e che faceva oscillazioni minime al passaggio della corrente

su di essa era collegato uno specchio sul quale veniva indirizzato un fascio di luce, quando lo specchio oscillava (con oscillazioni minime) il fascio di luce proiettava su un muro lontano le deviazioni date dal movimento dello specchio, amplificandole

*ma perché esistono i potenziali sulla superficie dello scalpo, chi li genera?  
e perché hanno una forma oscillatoria?*

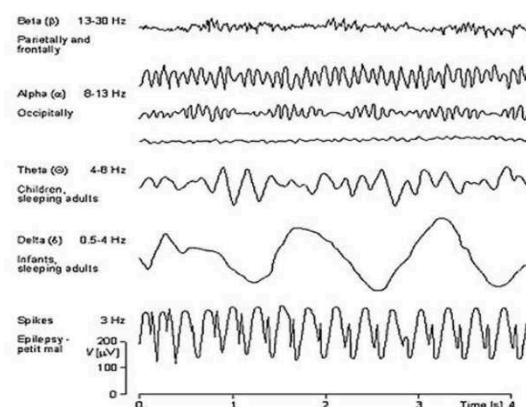
Berger notò un'altra cosa interessante → una **reazione d'arresto**

- questa accadeva **quando** al soggetto **si chiedeva di aprire gli occhi**

▼ ritmo alfa ⇒ **ritmo beta**

→ il ritmo alfa scompariva solo per il tempo di apertura degli occhi, poi tornava

*p.s.: questo accadeva non solo l'apertura degli occhi, ma qualsiasi attività del cervello che implicasse un minimo di applicazione da parte del soggetto*



quindi...

**ritmo alfa** ⇒ si registra in condizioni di veglia rilassata ad occhi chiusi, senza stimoli esterni di rilievo e senza processi mentali importanti in sottofondo

con questi studi Berger notò anche una serie di correlazioni interessanti:

- ritmi encefalografici → stati del sonno
  - esempio: man mano che ci si approfonda nel sonno il ritmo alfa viene sostituito da oscillazioni molto più ampie (*ritmo delta*), frequenza intorno ai 0,5 e i 4 cicli al secondo
- patologie → ritmi particolari
  - esempio: epilessia
- frequenza → ampiezza
  - *tanto più il ritmo è rapido più la frequenza si riduce proporzionalmente*

## ▼ EEG

▼ *che tipi di registrazioni troviamo?*

in EEG è possibile avere registrazioni sia unipolari che bipolari:

### ▼ registrazione bipolare

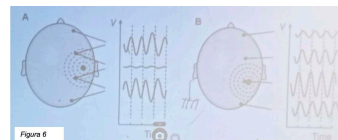
1. si immagini di mettere una batteria/pila in acqua e sale (poiché altrimenti in acqua distillata non si avrebbe conduzione elettrica)
2. si prende un voltmetro con due fili che misurano la differenza di potenziale in Volt tra i capi dell'apparecchio
3. se ne mettiamo uno a bagno da un lato e l'altro a bagno dall'altro lato, siccome una punta è più vicina al polo positivo e l'altra a quello negativo, misuriamo una variazione di potenziale
4. quindi la polarità che vediamo quando registriamo un dipolo immerso in una soluzione conduttrice dipende dalla posizione degli elettrodi di registrazione

### ▼ registrazione unipolare

esiste anche la possibilità di usare, al posto di due elettrodi di registrazione, un elettrodo indifferente, lontano dal fenomeno che registro, e uno esplorante

se sposto l'esplorante vedo che tanto più sono vicino al punto in cui applico la corrente al liquido, tanto maggiore sarà l'escursione della lancetta, perché essendo ad una distanza minore sarà minore anche la resistenza

da un punto di vista della *localizzazione* → r. bipolari fanno una misurazione meno rumorosa anche se + complicata concettualmente, perché è pur sempre una differenza tra due punti



pallino nero → sorgente delle oscillazioni (pila che ruota su sé stessa ad esempio e che quindi continua a cambiare il verso alla polarità rispetto agli elettrodi che abbiamo messo nel bagno)

a sinistra → tre registrazioni *bipolari*: quella centrale ha i fili posizionati su una linea isoelettrica, quindi registra zero, le altre due (sopra e sotto) registrano potenziali più alti che sono, tra loro, opposti in fase

a destra → nelle registrazioni *unipolari*, dell'immagine a destra, man mano ci avviciniamo alla sorgente aumenta il potenziale registrato, più ci allontaniamo più si riduce

▼ *dove posizioniamo gli elettrodi?*

si utilizzano **caschetti in tessuto** con dei buchi in cui vengono alloggiati degli **elettrodi** appoggiati sulla cute

- attenzione! → bisogna bagnare i capelli con soluzione salina

▼ elettrodi posizionati secondo una convenzione internazionale standard (inventato da Adrian) → **"sistema 10/20"**

- ha questo nome perché vi è una distanza del 10% e del 20% rispetto ai 2 punti di repere cranici **nasion** e **inion**, sempre mantenuta costante nella distribuzione degli elettrodi
- ha bisogno dei punti di repere: *vertex*, *nasion*, *inion* e i *punti preauricolari* (prima del buco dell'orecchio)
  - vertex si ricava dall'intersezione della linea immaginaria nasion/inion e da quella che passa per i punti preauricolari

- vi sono 3 o 4 elettrodi lungo diversi assi a livello mediano dei lobi frontale, parietale, temporale, occipitale e a livello centrale

**vantaggio:** aumentando il numero di segmenti è possibile aggiungere moltissimi elettrodi

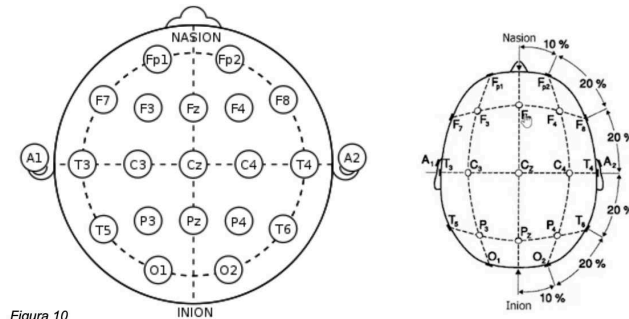


Figura 10

▼ → altro sistema con una quantità elevata di elettrodi posizionati secondo una **struttura geodesica**

- distanza tra un elettrodo e quelli attorno → sempre uguale
- gli elettrodi formano dei *triangoli*
- elettrodi congiunti tramite elastici

**vantaggio:** dal punto di vista matematico si può usare un sistema più semplice per capire dove sono localizzate le sorgenti elettriche nella testa in quanto i punti sono tutti equidistanti

▼ *chi genera il segnale elettroencefalografico?*

il segnale elettroencefalografico **non** è il prodotto dei potenziali d'azione che si generano nel cervello → è così solo nel caso dell'**epilessia**

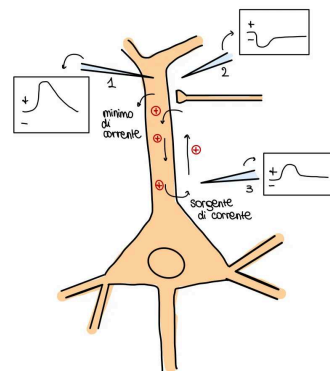
**potenziale elettroencefalografico** = *sommazione dei potenziali postsinaptici eccitatori e inibitori*

- la polarità del potenziale che registriamo sulla testa risulta essere la **somma algebrica temporale** tra potenziali positivi e negativi
- ambiguità: con EEG non si riesce a definire con precisione l'origine delle sorgenti

l'attività dei **neuroni piramidali** → principale sorgente dell'attività dell'EEG

- *perché?* perché sono i principali neuroni di proiezione della corteccia cerebrale
- per comprendere il contributo di un singolo neurone si consideri il flusso di corrente prodotto da un potenziale post sinaptico eccitatorio (**EPSP**) a livello del **dendrite apicale** di un **neurone piramidale corticale**

EPSP ⇒ apertura di canali per i cationi → cariche + entrano nel dendrite e liquido extracellulare diventa un po' più negativo (le cariche + creano il cosiddetto *minimo di corrente*, e fluendo lungo il dendrite fuoriescono da un'altra sede, creando una sorgente di corrente



quindi...

- un elettrodo **intracellulare** (1) ai capi della membrana nel punto del *minimo di corrente* misurerà un potenziale positivo di ampiezza maggiore rispetto a quello registrato con un elettrodo **extracellulare** (2) posto sempre in vicinanza della sinapsi
- un elettrodo **extracellulare** (2) posto in vicinanza della sinapsi e quindi nella sede dell'EPSP registra il potenziale come una deflessione negativa a causa della corrente che fluisce e si allontana dall'elettrodo, mentre un elettrodo **extracellulare** (3) ma in corrispondenza della sorgente in corrente (dunque vicino al soma, dove le cariche fuoriescono) registra un potenziale con polarità opposta

importante sottolineare che un fenomeno eccitatorio superficiale e quello di un fenomeno inibitorio profondo, e viceversa, producono lo stesso effetto

(poiché un'inibizione profonda produrrà una negatività superficiale e una positività extracellulare a livello della sinapsi, mentre negli strati più superficiali il contrario)

**n.b.:** è stato dimostrato che registrando un pattern globale (quindi che rappresenta l'insieme di tutti i punti da cui registro un potenziale) in un determinato momento lo stesso identico tracciato che si ottiene sull'EEG può essere riprodotto registrando da infinite sorgenti elettriche posizionate all'esterno.

*non si tratta quindi di un sistema preciso, ma è estremamente informativo dal punto di vista clinico, per esempio per l'accertamento di morte*

#### ▼ funzioni dell'EEG

le funzioni più semplici a cui pensiamo sono:

- capire se un paziente è cerebralmente morto
- registrare una crisi epilettica

#### ▼ in che fase del sonno si trova un paziente

anni '40/'50 → EEG strumento fondamentale per studiare il ciclo sonno-veglia

- **sonno:** sincronizzazione corticale, EEG ampio e frequenza bassa
- **veglia:** desincronizzazione corticale, frequenza alta ed ampiezza piccola

#### ▼ per ottenere però più informazioni da questo tipo di esame venne inventata la **tecnica di misura dei potenziali evocati**:

- si parte dal presupposto che qualcosa nell'elettroencefalogramma debba variare nel momento in cui viene presentato uno stimolo
- lo stimolo può essere:
  - **uditivo**
  - **visivo**
  - **olfattivo**
  - possono esserci anche potenziali evocati **motori**, in cui si chiede a un paziente di premere un bottone per esempio

*ma se lo stimolo avesse prodotto un fenomeno riproducibile che però è più piccolo delle oscillazioni osservabili nel tracciato?*

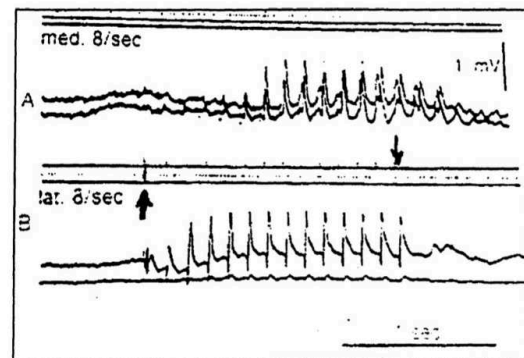
→ si ripete la stimolazione un centinaio di volte

- tra i cento tracciati, presi in un intervallo di tempo di microsecondi, dividendo e facendo la media in verticale, vanno in giù oppure in giù o stanno dritti, il risultato sarà pari a 0, perché la media di un **"rumore"**, ovvero un **fenomeno casuale**, è uguale a 0 (se invece avessi solamente due tracciati, può capitare che vadano nella stessa direzione, quindi la media non sarà 0, ma con un centinaio la media è 0, risultato nullo, con scala **10  $\mu$ V**)
- se si decide di cambiare scala (**1  $\mu$ V 10**) si noterà un'onda, che prima non potevamo notare, avendo usato una scala 10 volte più piccola, perché si media il "rumore", si mediano i fenomeni casuali, che non sono correlati con la presentazione dello stimolo

▼ *natura oscillatoria dei potenziali corticali*

sono stati effettuati una serie di studi sul talamo, in quanto principale via di informazione per la corteccia, che anatomicamente è suddiviso in **due regioni funzionali distinte**:

- **talamo specifico**, che proietta alla corteccia ipsilaterale
- **talamo aspecifico**, costituito da nuclei intralaminari, pulvinar, parti che proiettano bilateralmente agli emisferi



- stimolo del talamo **specifico** (tracciato B) con una frequenza pressoché uguale al ritmo alfa → oscillazioni che compaiono nella corteccia ipsilaterale in modo *sincrono* con lo stimolo (iniziano e finiscono con la stimolazione)
- stimolo del talamo **aspecifico** (tracciato A) → si trovano delle oscillazioni bilaterali (ciascuna linea corrisponde alla situazione in un emisfero): con l'inizio della stimolazione, non si nota praticamente nulla, solo dopo un po' la corteccia inizia a reagire e, una volta cessata la stimolazione, la corteccia continua a produrre onde allo stesso ritmo, cosa sorprendente (potenziali ad aumento)

*cosa significa ciò?*

che con il talamo aspecifico e il nucleo reticolare la corteccia è sotto il comando di **oscillatori talamici** che servono a *far risuonare la corteccia tutta allo stesso modo*

- oscillatori → in questo caso del ritmo alfa, prodotti dall'**interazione tra i nuclei talamici aspecifici e il nucleo reticolare del talamo**

*ciò dimostra che le oscillazioni osservabili nell' EEG non sono casuali, ma sono il risultato di un'azione specifica che il talamo esercita sulla corteccia: nel caso del ritmo alfa è 8-11/12 Hz*