

Risposte evocate od evento relate

- è frequente lo studio di risposte fisiologiche evocate da un evento esterno (e.g., uno stimolo sensoriale) che può essere ripetuto un numero indefinito di volte
- anche se la risposta è nascosta da un SNR sfavorevole, può essere estratta attraverso un procedimento di **media sincrona**
- nella maggior parte dei casi la risposta di interesse riguarda i potenziali relativi alla attivazione di vie nervose (tratti, nuclei o gangli, aree corticali) a seguito di uno stimolo: per questo si parla di **potenziali evocati**
- altre volte si rilevano potenziali nervosi legati ad una azione volontaria: si parla di **potenziali evento relati**
- si analizzano anche risposte diverse da potenziali; e.g., in tempi recenti la risonanza magnetica funzionale permette di analizzare le variazioni di ossigenazione in aree corticali evocate od evento relate

1

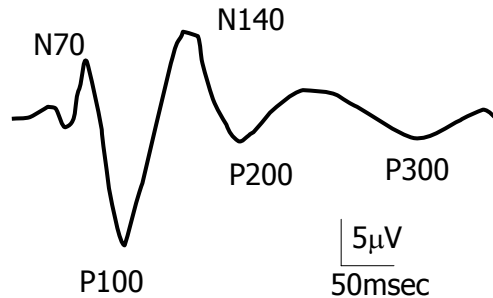
Potenziali Evocati

- Cosa sono:
Risposte elettriche a stimoli sensoriali con elettrodi sulla superficie corporea (quasi sempre sullo scalpo).
- A cosa servono
Diagnosi di lesioni nel particolare sistema sensoriale esaminato (uditivo, visivo, somatico).
Evidenziano disfunzioni dell'intero sistema nervoso.
- I PE sono classificabili a seconda della sede che genera il campo elettrico.
Risposte delle aree corticali.
Risposte dei nuclei intermedi (potenziali del tronco encefalico - *brain stem responses*).
- Il SNR è tanto sfavorevole che senza l'operazione di media sincrona i PE sono comunemente non visibili
- Freq. stimolo scelta in modo che valga l'ipotesi che l'intero sistema torni allo stato iniziale prima dello stimolo successivo

2

Potenziali Evocati- Rappresentazione

Ampiezza in funzione del tempo di un PE (e.g., visivo) ottenuto da immagini strutturate alternanti (pattern reversal)



Le onde positive sono rappresentate verso il basso (P), quelle negative verso l'alto (N). Il numero indica la **latenza caratteristica** cioè l'intervallo dall'inizio della presentazione dello stimolo. Su una risposta si misurano i valori di **ampiezza** e **latenza** dei picchi.

3

Potenziali Evocati

- I **potenziali evocati sensoriali** si originano in seguito alla stimolazione di un organo sensoriale quale l'occhio, l'orecchio la cute con uno stimolo visivo, acustico ed elettrico, rispettivamente.
- Grazie al PE può essere studiato il percorso dello stimolo dalla periferia al sistema nervoso centrale.
- **Tipo di stimolo**
 - **PE Acustici**
Click, Burst;
 - **PE Visivi**
Flash
Immagini strutturate fisse
Immagini strutturate alternanti (pattern reversal)
 - **PE Somatosensoriali**
Impulsi elettrici applicati alla cute

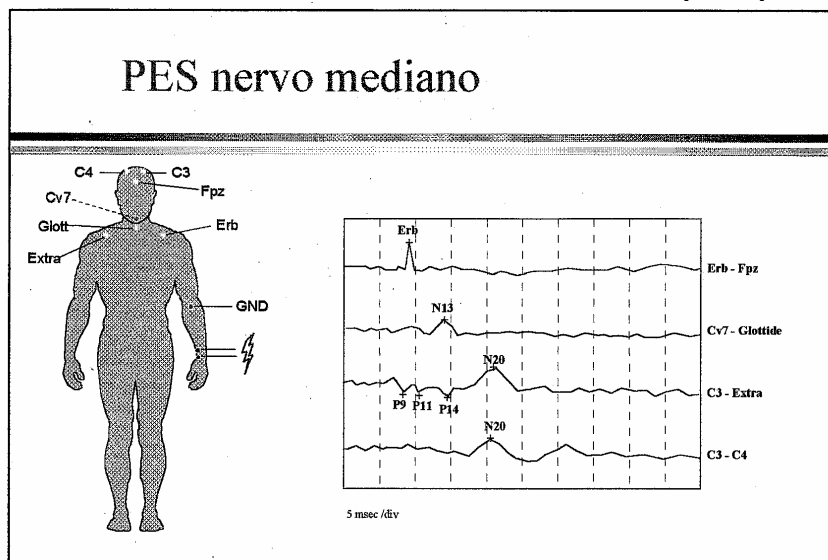
4

Potenziali Evocati

- I PE sono distinti in base alla latenza ovvero in base alla finestra temporale del t_{PS} che viene focalizzata:
 - Componenti **precoci** (≤ 20 msec)
relativi alle vie nervose ed al tronco encefalico
 - Componenti **intermedie** (20-200 msec)
relativi alle aree corticali sensoriali
 - Componenti **lente** (fino oltre 300 msec)
relativi a processi corticali cognitivi
- questa distinzione ha una importanza pratica; infatti, anche se uno stesso stimolo evoca tutte e tre i tipi di risposta in successione, per focalizzare una di queste si adottano diversi accorgimenti tecnici circa: 1) il tipo di stimolo, 2) la posizione degli elettrodi, 3) il numero di ripetizioni, 4) la cadenza di ripetizione, 5) l'amplificazione, 6) la banda amplificata

5

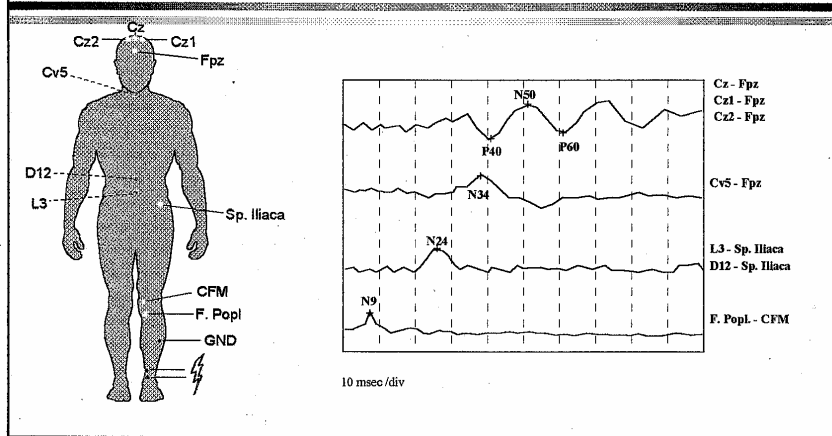
Potenziali Evocati Somato-Sensoriali (PES)



6

Potenziali Evocati Somato-Sensoriali

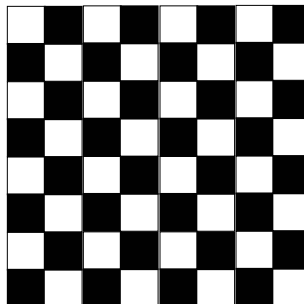
PES nervo tibiale



7

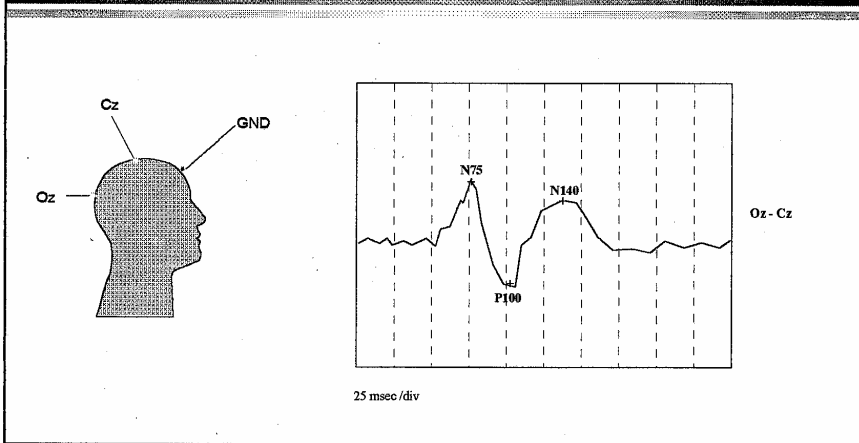
Potenziali Evocati Visivi

- sono potenziali di media latenza misurati a livello della corteccia visiva occipitale
- si usano stimoli quali flash, ma lo stimolo più frequente è quello di **"pattern reversal"**: si presenta su un monitor una figura a scacchi bianchi e neri e l'inversione improvvisa dei colori rappresenta lo stimolo; il picco più significativo è il **P100**



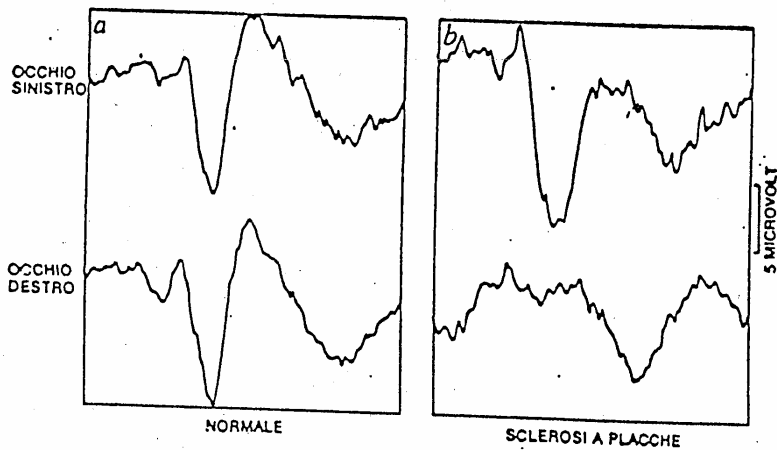
8

Potenziali Evocati Visivi



9

Potenziali Evocati Visivi - P100

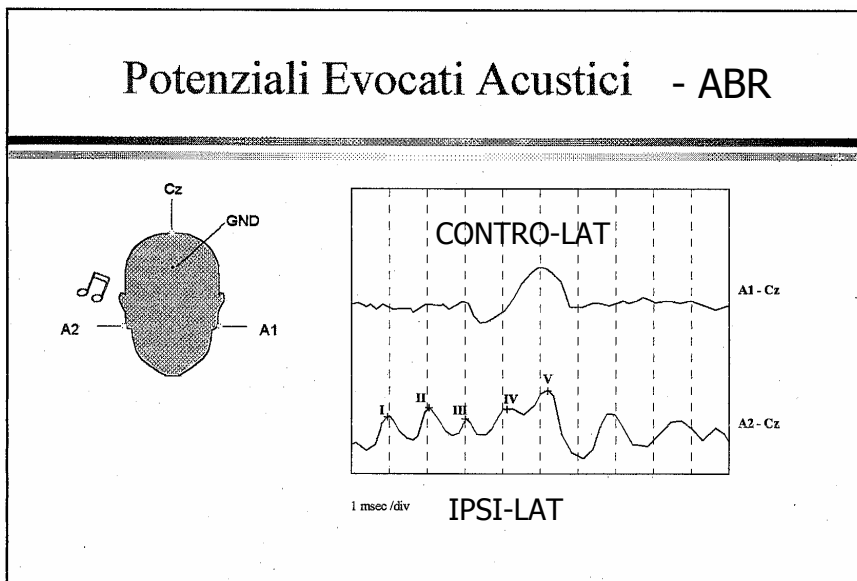


10

Potenziali evocati uditivi

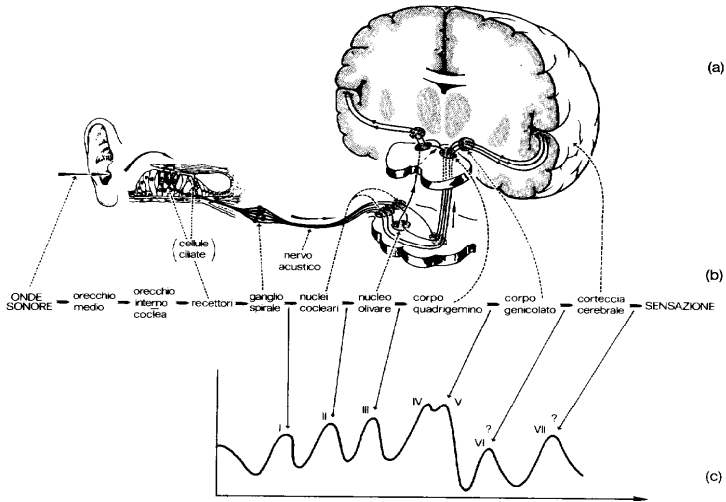
- si registrano da elettrodi al lobo dell'orecchio con elettrodo di riferimento al vertice del capo ed elettrodo di terra frontale
- lo stimolo viene dato tramite cuffia ed è un "burst" (tono breve) o un "click" (impulso), **ipsi-laterale** o **contro-laterale**
- i potenziali più importanti dal punto di vista clinico sono quelli a **breve-latenza** (entro 10 msec) relativi alla risposta dei **nuclei** nervosi presenti nel tronco-encefalico (**ABR**, Auditory Brainstem Responses)
- La presenza di una risposta ABR indica oggettivamente il funzionamento del sistema uditivo ed anche più in generale una capacità di risposta del tronco encefalico (brainstem)
- si distinguono 5 onde significative da I a V; di queste sono importanti soprattutto le **latenze (t_{ps})**
- potenziali evocati corticali a media latenza sono pure utilizzati ma meno importanti

11



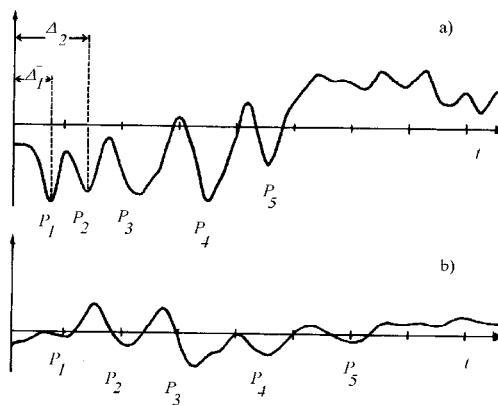
12

Potenziali Evocati Acustici - ABR cammino neuro-sensoriale



13

PE acustico

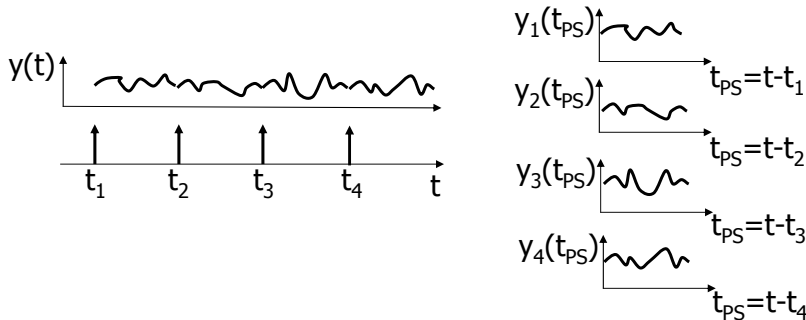


- Esempi di potenziali evocati uditivi del tronco encefalico:
a) normale; b) patologico

14

Media sincrona - Averaging

- si passa da un segnale $y(t)$ funzione del tempo assoluto ad N segnali ($N =$ ripetizioni dello stimolo), $y_k(t_{PS})$, funzioni del tempo riferito all'istante dello stimolo, t_{PS} (**tempo Post Stimolo**)



- si ottengono così N realizzazioni di un processo stocastico non stazionario rispetto a t_{PS} : è proprio la componente non stazionaria legata allo stimolo che vogliamo estrarre

15

Media Sincrona - Averaging

- Metodo di elaborazione largamente utilizzato nella strumentazione clinica: Averaging o Media Sincrona
- sia $s(t_{PS})$ il PE desiderato; sia $n_k(t_{PS})$ il rumore sovrapposto (prevalentemente l'EEG di fondo);
- Ipotesi:
 - 1) additività segnale + rumore per produrre la singola risposta evocata: $y_k(t_{PS}) = s(t_{PS}) + n_k(t_{PS})$
 - 2) Il contributo del segnale ad ogni singola ripetizione è lo stesso, cioè $s(t)$ non varia al variare dell' i -esima ripetizione
 - 3) Il rumore è un processo casuale stazionario, scorrelato, a valore medio nullo e varianza σ^2

16

Media Sincrona - Averaging

- il valor atteso del processo $E(y_i(t_{PS}))=m(t_{PS})$ non è stazionario (è funzione del tempo post-stimolo) e coincide con il segnale $m(t_{PS}) = s(t_{PS})$
- uno stimatore del valore atteso è la **media campionaria** su **N ripetizioni** della risposta evocata:

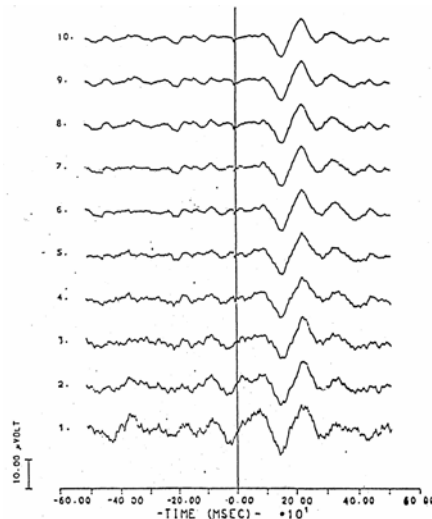
$$\bar{y}_N(t_{PS}) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_k(t_{PS}) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (s(t_{PS}) + n_k(t_{PS})) = s(t_{PS}) + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N n_k(t_{PS})$$

- $s(t_{PS})$ rimane inalterato dal processo di media
- a questo è sommata la media di N rumori indipendenti
- la componente di rumore ha ancora valore atteso nullo (la stima di $s(t_{PS})$ è non-polarizzata)
- in più la media dei rumori indipendenti $\rightarrow 0$ per $N \rightarrow \infty$
- è noto dalla statistica che il rumore mediato ha ampiezza rms pari a σ/\sqrt{N}

17

Media sincrona

- nell'esempio mostrato si vede (dal basso verso l'alto) l'effetto dell'incremento di N da 1 a 10 sul rumore: l'ampiezza di questo decresce di un fattore $\sqrt{10}$ ed il SNR aumenta di un pari fattore
- in casi comuni sono usuali SNR tali da non vedere il PE senza averaging e N di ripetizioni pari a 100 o 1000
- e.g., EEG 50 μ V rms
PE 5 μ V rms
SNR singola risp -20db
con N=100
SNR average 0 db



18

Rilevazione del PE

- tipicamente uno strumento di acquisizione di PE viene programmata per eseguire un numero N adeguato di ripetizioni
- la media viene aggiornata man mano che si acquisiscono nuove risposte e mostrata sullo schermo: l'esame può essere interrotto (per diminuire i tempi) non appena appare una risposta ben riconoscibile
- in certi casi patologici la risposta ha una forma non prevedibile; questo succede anche per alcuni tipi di risposta non-patologica, ripetibile nello stesso soggetto ma fortemente diversa da soggetto a soggetto (e.g., emissioni oto-acustiche)
- si pone un problema di **rilevazione**: il PE c'è o non c'è?
- un modo per dare una risposta è: 1) fare la media sulle $N/2$ risposte **pari** ed un'altra su quelle **dispari**; 2) calcolare l'indice di **correlazione** normalizzato fra i due PE e vedere se è **significativamente diverso da 0**