

POTENZIALI Uditivi DEL TRONCO ENCEFALICO (ABR)

ABR = risposta elettrofisiologica che origina dalla via uditiva compresa tra il n. acustico e la regione sotto-talamica

Registrazione mediante elettrodi di superficie (vertice-mastoide)

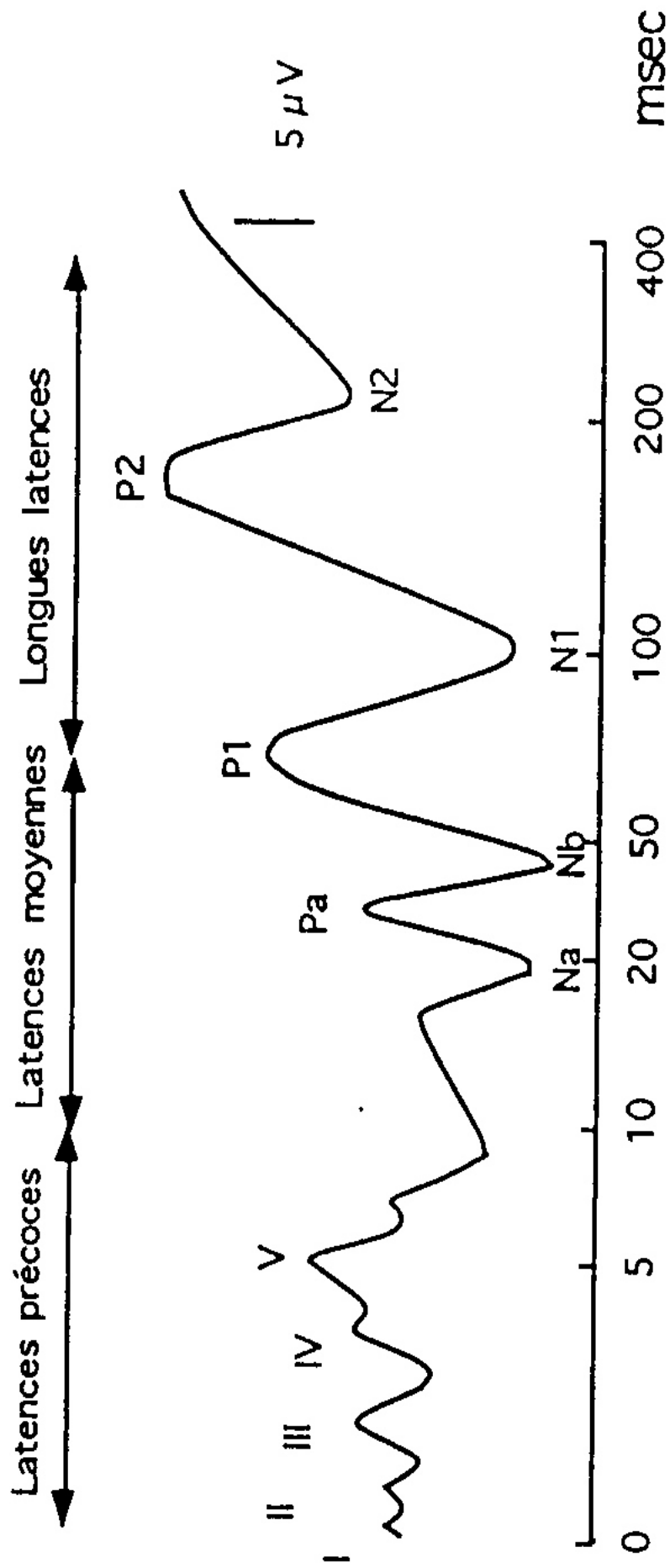
- Potenziali elettrici che originano da diversi livelli del S.N.C. a seguito di stimolazione acustica
- Presentano ampiezza ridotta in rapporto al segnale elettrico di fondo (rapporto 1/100)
- 1 microvolt – 100 microvolt

POTENZIALI EVOCATI UDITIVI

- Classificazione in base alla latenza
- Precoci: entro 10 msec
- Medi: 10 – 50 msec (Middle Latency Responses MLR)
- Lunga latenza: 50 - 80 msec (Long Latency Responses LLR)

ONDE ABR

- Sono espresse da numeri romani secondo l'ordine di apparizione nel tempo (da I a VII)
- LATENZA = a partire dall'applicazione dello stimolo acustico fino al "picco"
- AMPIEZZA = comprende tutta l'ampiezza dell'onda



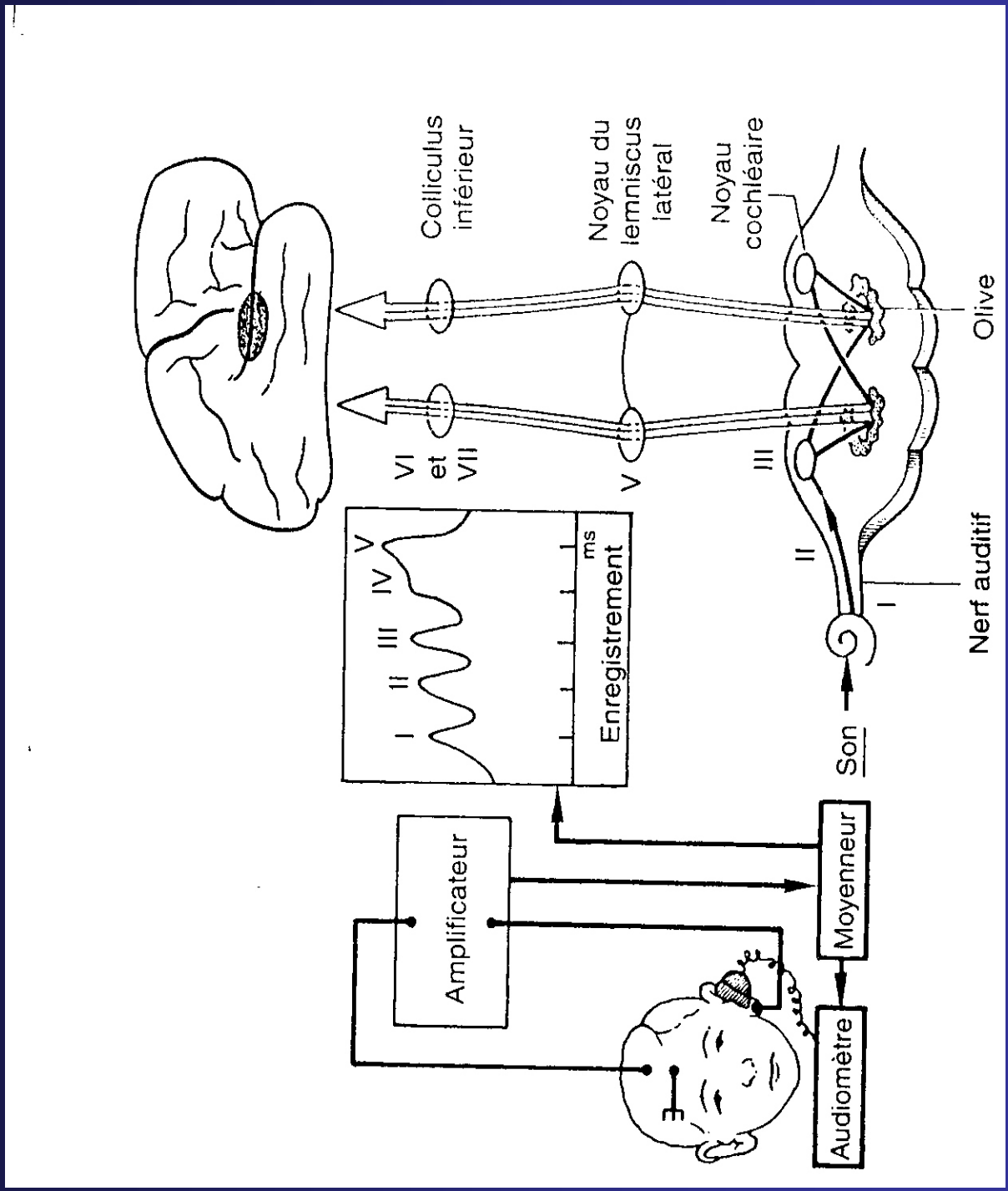
ELETTRODI (attivo, di riferimento, di terra)

- Terminologia non corretta nella realtà fisiologica
- Elettrodo positivo, negativo, neutro: vertice e mastoide
- Attività bioelettrica elaborata mediante funzioni di “averaging” e condizionamento del segnale: amplificazione e filtraggio

SEDI DI GENERAZIONE DELLE ONDE

- ONDA I = potenziale globale della porzione distale del n. acustico
- ONDA II = porzione prossimale del nervo (giunzione bulbo-pontina)
- ONDA III = nuclei cocleari ipsi-laterali (CN) rispetto all'orecchio stimolato; complesso olivare superiore (SO) e nuclei corpo trapezoide controlaterali

- ONDA IV e V = nell'uomo sono in relazione all'attività del lemnisco laterale (LL) all'ingresso del collicolo inferiore (IC) controlaterali all'orecchio stimolato
- ONDA VI e VII = corpo genicolato mediale



STIMOLAZIONE E REGISTRAZIONE

3.1.2. Stimolazione e registrazione

La tab. 7 riporta i parametri generalmente utilizzati nelle applicazioni in campo audiologico. Rispetto ai dati elencati vi possono essere variazioni, in relazione a speciali applicazioni cliniche.

| modalità | stimolo | polarità | intensità iniziale | n. stimoli | cadenza stimoli | derivazione | filtri |
|---------------------------|-------------------|-----------|--------------------|------------|-----------------|--------------------|-----------|
| monoaurale cuffia/inserto | click 100 μ s | alternata | 90dBnHL | 1500-2000 | 20/s | vertice-mast. ipsi | 10-3000Hz |

Tab. 7.

Nella maggior parte delle applicazioni gli stimoli vengono inviati per via aerea, utilizzando trasduttori costituiti da cuffie o ad inserto. Quando interessa ottenere dati riguardo alla sensibilità uditiva per via ossea, l'ABR può essere registrato in risposta a transitori inviati attraverso un vibratore posto alla fronte. Nel valutare l'ABR per via ossea occorre tener presente che l'intensità massima di erogazione del trasduttore difficilmente supera livelli corrispondenti a 50-55 dB HL, ed inoltre che la risposta può contenere quote di segnale generato dall'attivazione dell'orecchio controlaterale. In presenza di consistenti differenze interaurali di soglia, non sempre vi è la sicurezza di un completo mascheramento dell'orecchio non testato.

STIMOLAZIONE E REGISTRAZIONE

- Necessario ottenere la prima risposta ABR alla max intensità di stimolazione
- Passi decrescenti di 10 dB
- Onde non bene riconoscibili: replicazione delle risposte
- Adattamento neurale per ritmo di stimolazione più veloce 50-80/s: componenti con $<$ ampiezza e $>$ latenza

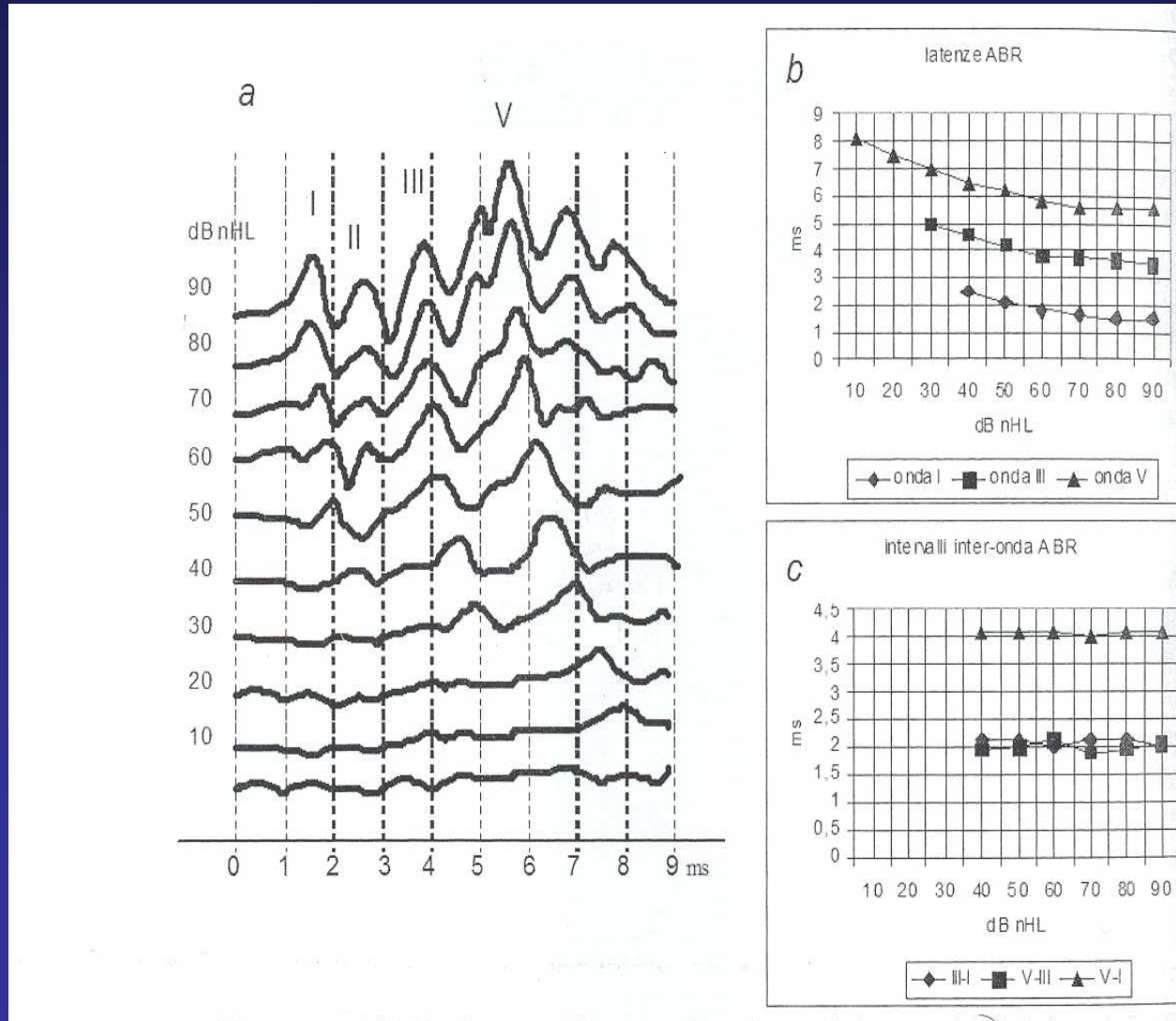
- Nel sospetto di lesioni retrococleari: “sensibilizzazione” dell’ABR
- Filtro del segnale bioelettrico entro una banda larga (10-3000, 10-5000 Hz): ciò facilita il riconoscimento dell’onda V quando l’intensità di stimolo si avvicina alla soglia, per cui l’ampiezza dell’onda V si riduce e tende a confondersi con EEG

Risposta normale e parametri

- Dati normativi di riferimento espressi da valori medi: +/-2 deviazioni standard (ds)
- Popolazione adulta normale stimolazione 90dB HL

| | onda I | onda III | onda V | intervallo I-V |
|------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| latenza ms | 1,63 (0,12) | 3,81 (0,12) | 5,62 (0,17) | 4,01 (0,2) |
| ampiezza μ V | 0,31 (0,14) | 0,15 (0,06) | 0,29 (0,08) | |

FATTORE di VARIAZIONE della MORFOLOGIA e dei PARAMETRI della RISPOSTA + IMPORTANTE: INTENSITA' di STIMOLAZIONE

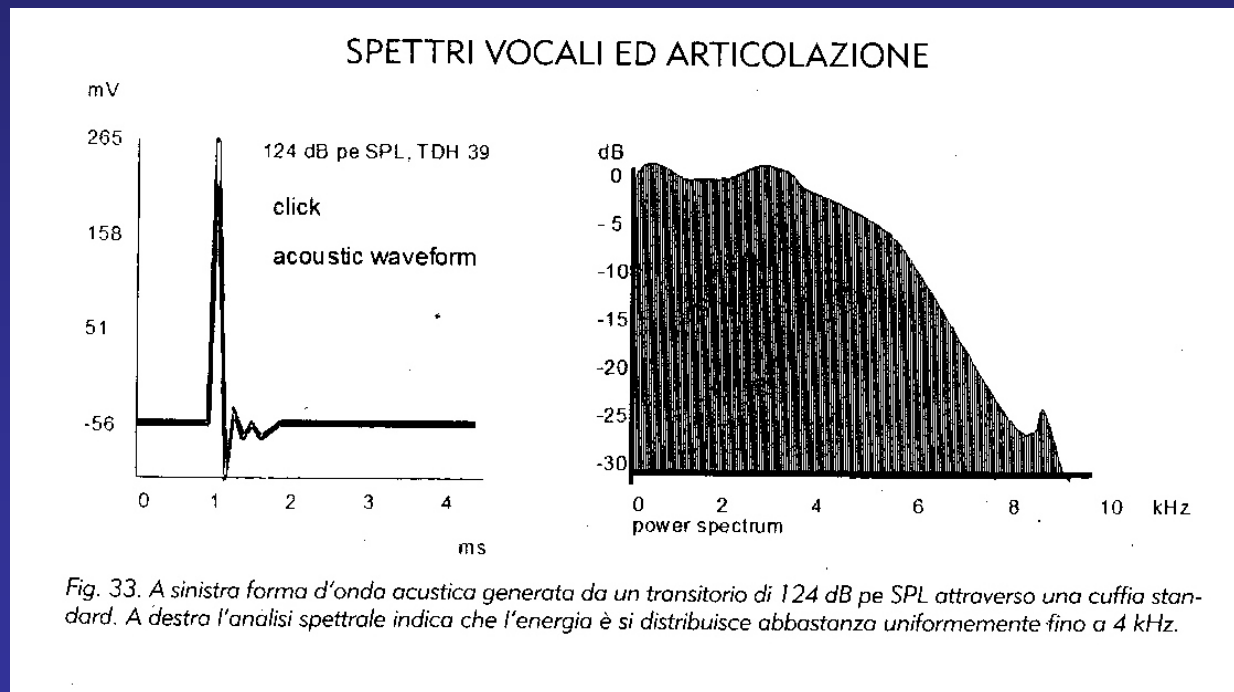


VARIAZIONI DELL'INTENSITA'

- Riducendo l'intensità, alcune componenti della risposta scompaiono, con progressivo aumento della latenza
- Onda V = resiste meglio alle basse intensità e rappresenta quindi il migliore indicatore della soglia uditiva
- "Ritardo di conduzione" ONDA I-V: disfunzione neuro elettrica tra nervo e regione lemniscale

VARIABILI DI STIMOLAZIONE

- Lo stimolo più adeguato a produrre l'attivazione sincrona del maggior n° di fibre del nervo cocleare è un transitorio (click)



STIMOLI: TRANSITORI E TONI PURI

Il transitorio determina una scarica neurale tanto più sincrona quanto più breve è il tempo di salita del fronte dell'onda acustica: tutte le componenti dell'ABR risulteranno meglio definite e più ampie rispetto al rumore di fondo

ABR evocato da click:

- È in funzione della risposta dinamica della coclea a questo tipo di stimolo
- Riflette la funzionalità della coclea nelle sue regioni basali
- Ottima correlazione ABR – soglia uditiva per le frequenze 2-4 KHz, in misura < per le frequenze 1- 0.5 KHz

MIGLIORE SPECIFICITA' ABR:

- Per le frequenze < 2 khz si possono usare stimoli tonali brevi (“tone-pip”), durata qualche msec, tempo di salita 1-4 msec
- Con “tone-pip” di bassa frequenza i livelli di soglia possono essere di 20-30 dB più elevati rispetto alla soglia comportamentale
- Ridotto impiego clinico dei toni puri poiché è richiesto un n° elevato di ripetizioni

CALIBRAZIONE DELLO STIMOLO

- Intensità dello stimolo da riferire ad un livello definito come 0 dB HL = soglia media di detezione dello stimolo ottenuta in un gruppo di almeno 10 normoudenti
- Lo stimolo viene presentato attraverso il trasduttore (cuffia o inserto)
- 0 dB HL = valore centrale di una distribuzione normale, le cui code si possono scostare di 7-8 dB; 36 dB peak SPL

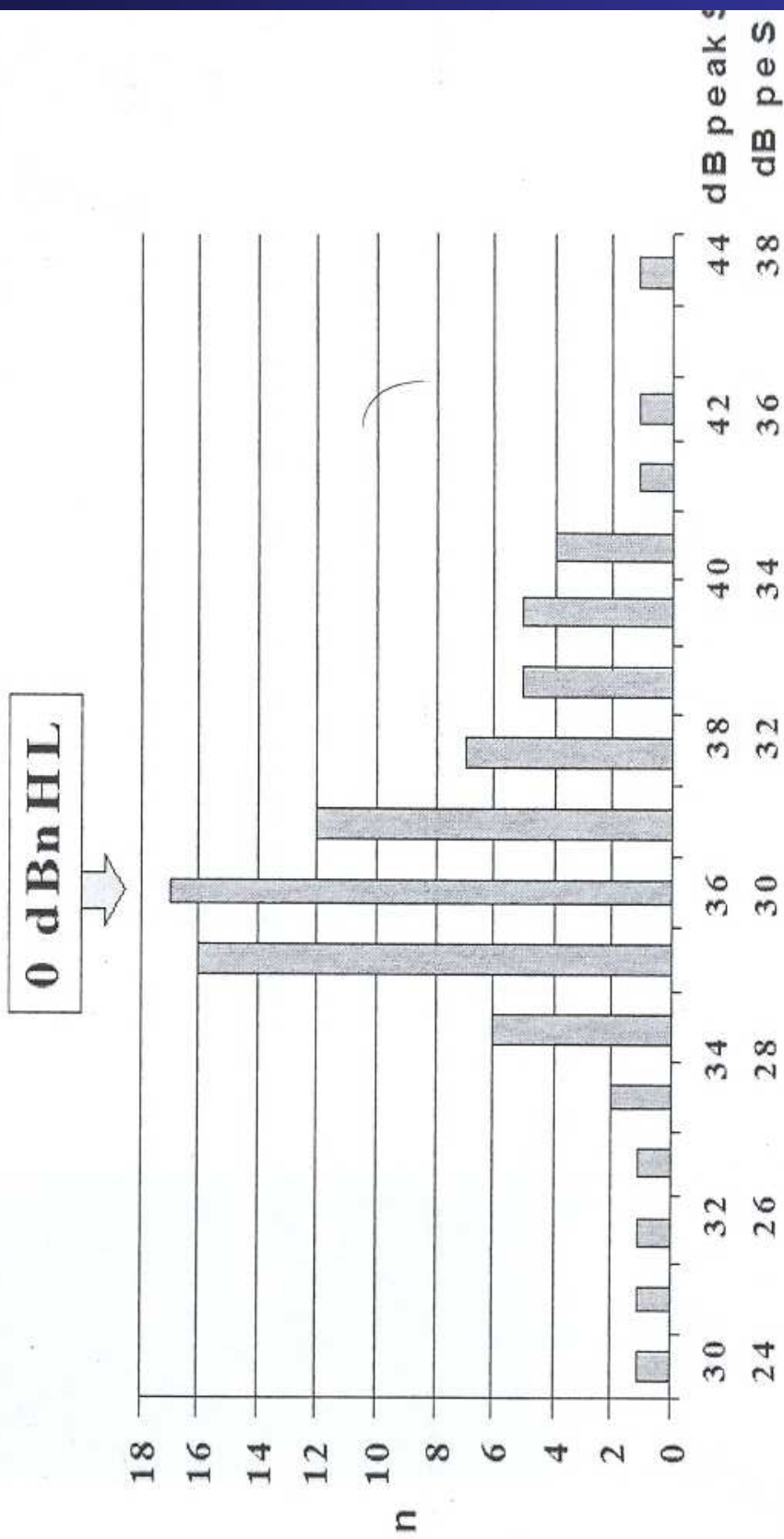
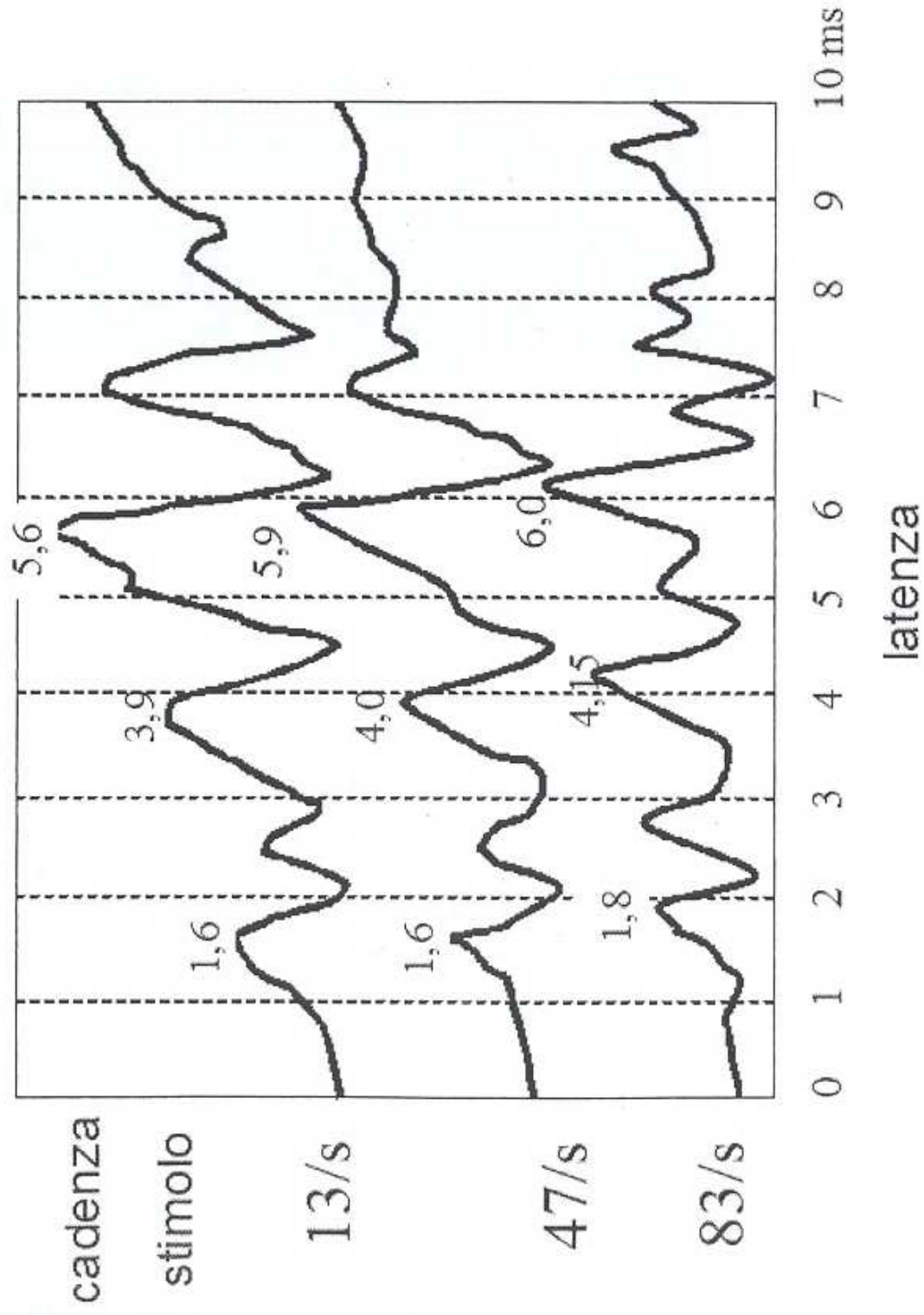


Fig. 34. L'intensità di stimolazione è di solito riportata in dB nHL. Tale riferimento viene ottenuto empiricamente corrispondendo alla media della minima intensità con cui lo stimolo viene percepito da una popolazione di normale

CADENZA DI STIMOLAZIONE

- Aumentando la cadenza di ripetizione degli stimoli, ad es. da 10 a 100 stimoli/sec, l'ampiezza delle onde si riduce e la latenza aumenta: tali variazioni sono significative con cadenze > 50/sec
- Tale aumento è più evidente per le componenti generate centralmente (onda V)
- Intervallo I-V può subire un aumento di 0.15-0.30 ms variando la cadenza da 10 a 80/s



Le latenze delle componenti dell'ABR sono influenzate dal ritmo di stimolazione. Con cadenze precoci la latenza dell'onda V aumenta. L'effetto è meno rilevante sulle componenti precoci (I, II).

L'allungamento dell'intervallo I-V
è probabilmente dovuto a
processi di adattamento e fatica,
sia a livello recettoriale che
neuro-sinaptico.

Stimolazioni a cadenze elevate sono utilizzate per sensibilizzare l'ABR nei confronti di lesioni della via uditiva centrale: sclerosi multipla, encefalopatie dismetaboliche, neurinoma dell'acustico in stadio precoce

Polarità dello stimolo (compressione-rarefazione)

- Registrazione ABR in risposta a click a polarità alternata: nel trasduttore si generano variazioni acustiche di compressione e rarefazione
- Vantaggio: annulla l'artefatto elettrico che può mascherare la parte iniziale della risposta ad alta intensità

Mascheramento controlaterale all'orecchio testato

- Attenuazione inter-aurale per i transitori = 60 dB
- Stimolazione a 90 dB nHL = ABR risulta determinato dall'orecchio controlaterale per una quota corrispondente a 30 dB
- Mascheramento dell'AU controlaterale con rumore bianco, 20-30 dB < dell'intensità inviata all'orecchio in esame

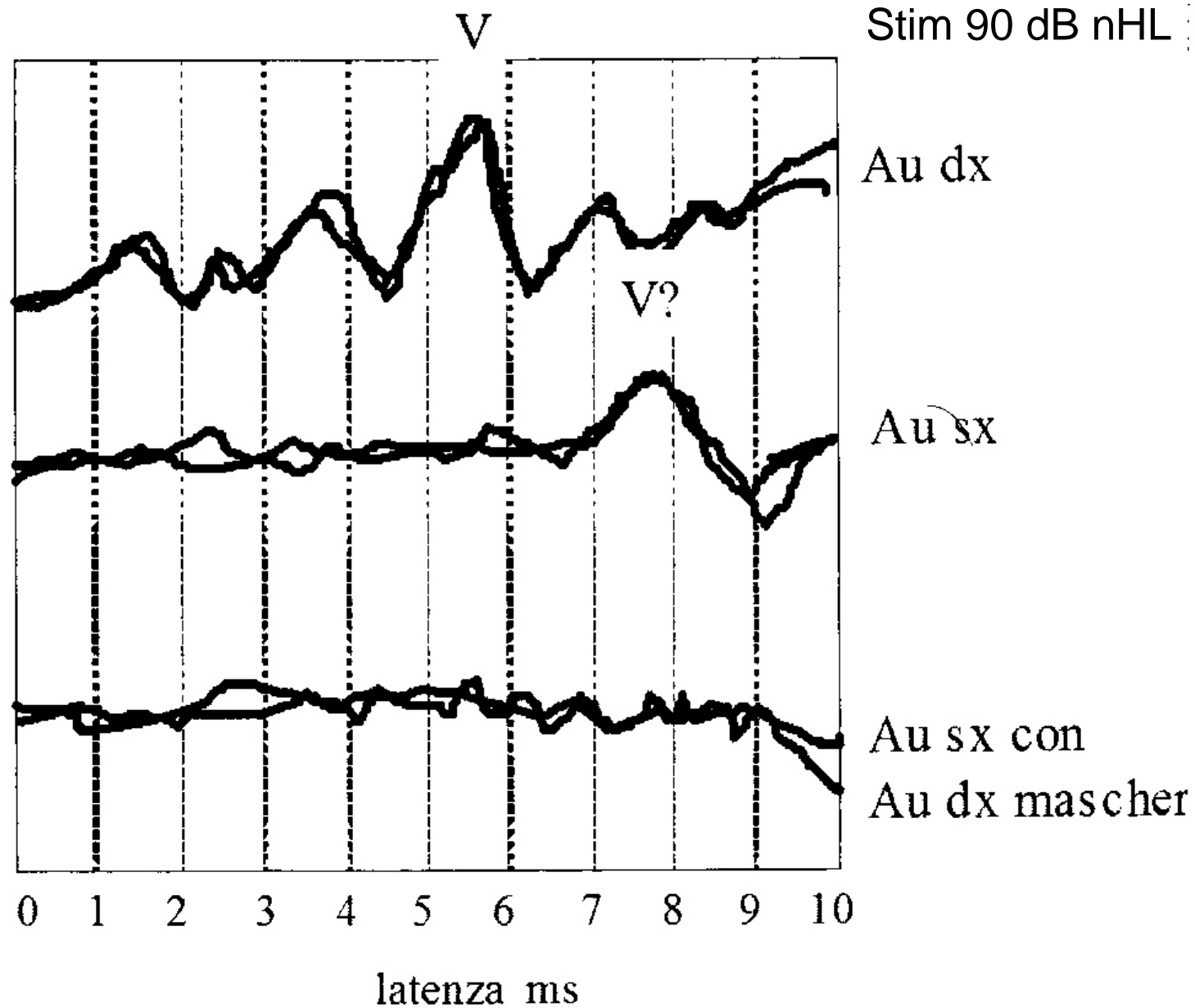
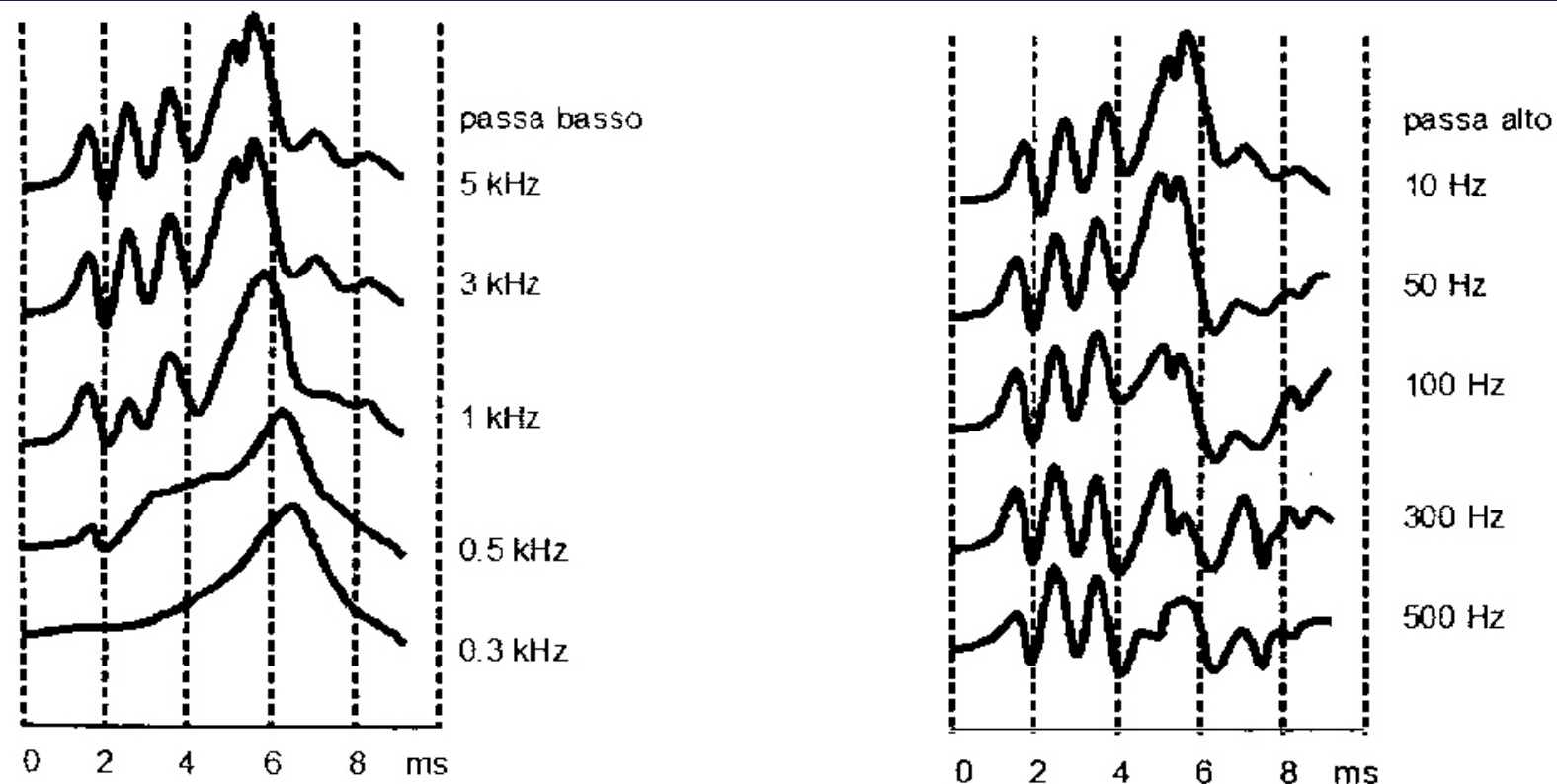


Fig. 36. Quando si stimola un orecchio con transitori di intensità elevata (superiore a 70-80 dB nHL) è necessario mascherare l'orecchio controlaterale. Ciò evita di ottenere false risposte da orecchi anacusici (nell'esempio Au

Variabili di registrazione: effetto dei filtri

Il filtraggio del segnale bioelettrico è uno dei dispositivi, insieme all'averaging e all'amplificazione differenziale, utilizzati nella registrazione dei potenziali evocati per migliorare il rapporto segnale-rumore



ig. 37. Filtrare il segnale bioelettrico favorisce il riconoscimento dell'ABR. Tuttavia operare con filtri troppo tretti può causare rilevanti modificazioni nella morfologia e nelle latenze delle componenti.

Filtro passa-basso = attenuazione onde I, II, III e IV; l'onda V rimane definita, a morfologia allargata e latenza prolungata

- La banda passante consigliata per evitare distorsioni nella morfologia e nei parametri dell'ABR è fra 100 e 3.000 Hz
- Nello screening neonatale, dove fondamentale è l'identificazione dell'onda V a bassa intensità di stimolo (30-40 dB nHL), è consigliabile registrare con banda estesa alle basse frequenze, fra 30 e 3.000 Hz

Derivazione monolaterale e bilaterale

Gli strumenti che dispongono di due canali di acquisizione consentono di registrare la risposta ABR da due derivazioni: vertice-mastoide ipsilaterale all'orecchio stimolato, e vertice-mastoide controlaterale all'orecchio stimolato. L'utilizzo di tale metodica non ha un evidente vantaggio clinico. Nel tracciato derivato controlateralmente le onde I e II risultano molto attenuate, data la maggior distanza dell'elettrodo mastoideo rispetto alle sedi di generazione (Fig. 38).

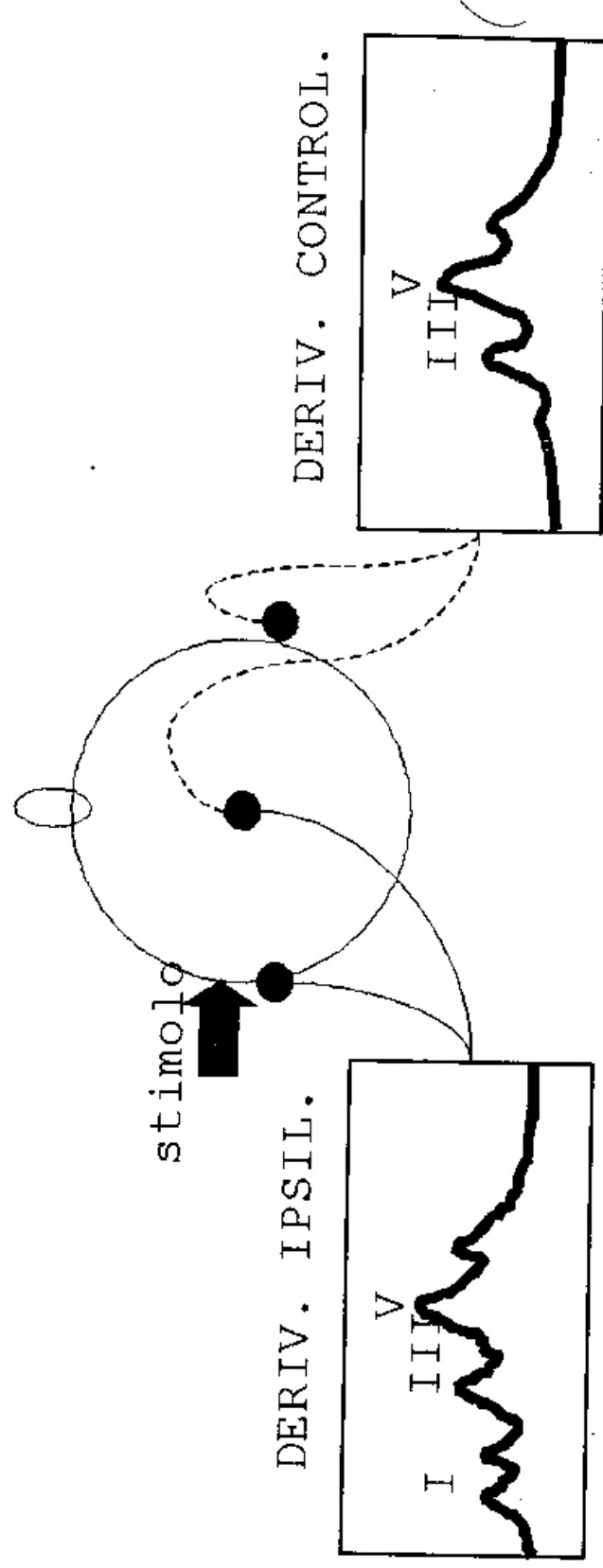


Fig. 38. Le componenti originate dalla periferia (I, II) risultano evidenti registrando la risposta derivata dagli elettrodi ipsilaterali (vertice-mastoide ipsilaterale). Nella risposta derivata controlateralmente onde I e II non sono evidenziabili.

PAM

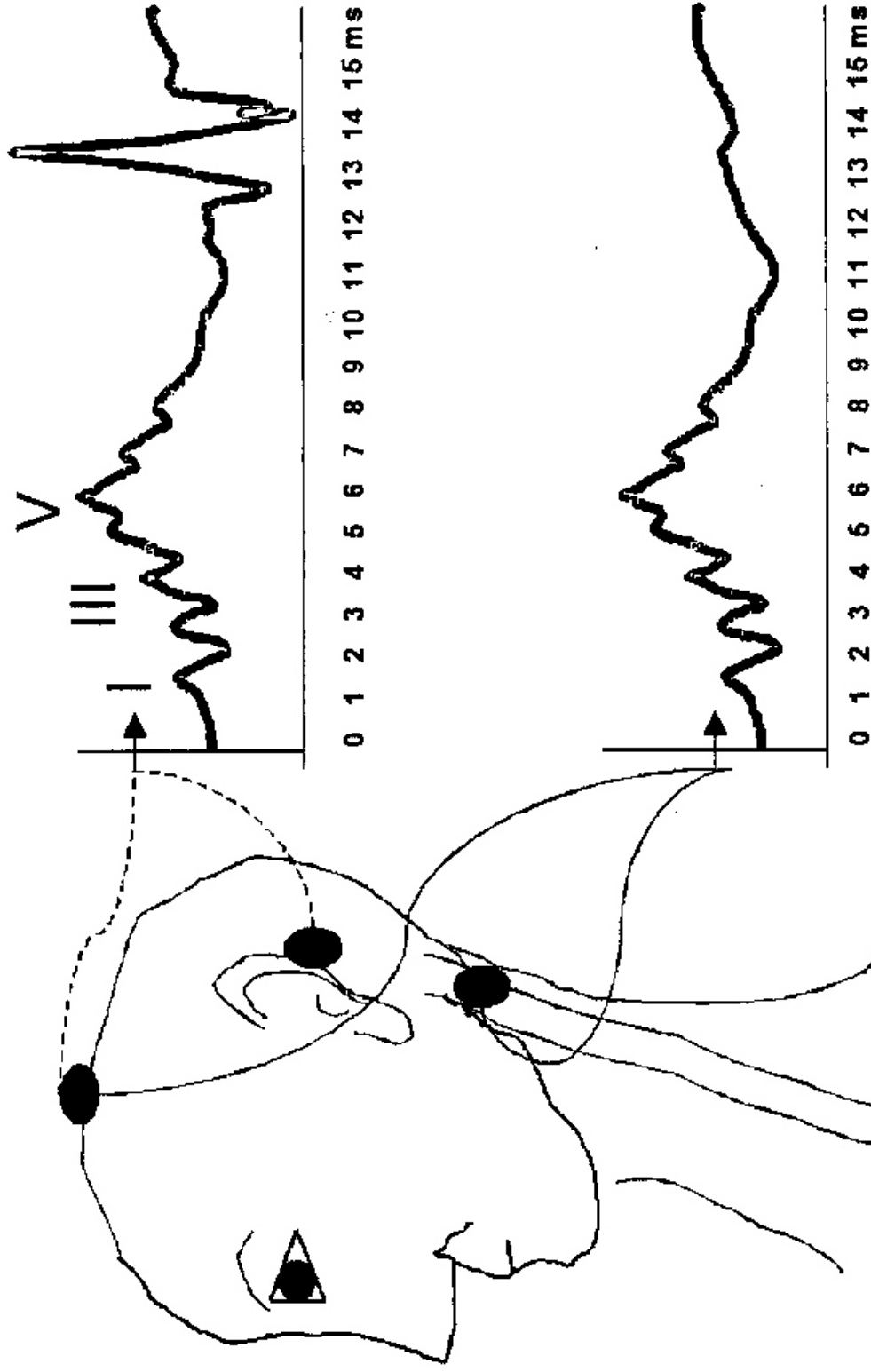


Fig. 39. Un potenziale miogeno (PAM) ad una latenza di circa 13 ms, originato dalla contrazione riflessa dei muscoli retroauricolari quando lo stimolo è di intensità elevata, può disturbare l'interpretazione dell'ABR. Per evitarlo, si consiglia di collocare l'elettrodo mastoideo circa 2 cm sotto la punta della mastoide.

Numero degli stimoli – replica della risposta

- **AVERAGING**: metodo principale per migliorare il rapporto segnale-rumore
- **ABR** = ampiezza di poco superiore all'attività elettrica di base
- Per ottenere un tracciato ABR con tutte le componenti identificabili sono necessari 1.500-2.000 stimoli

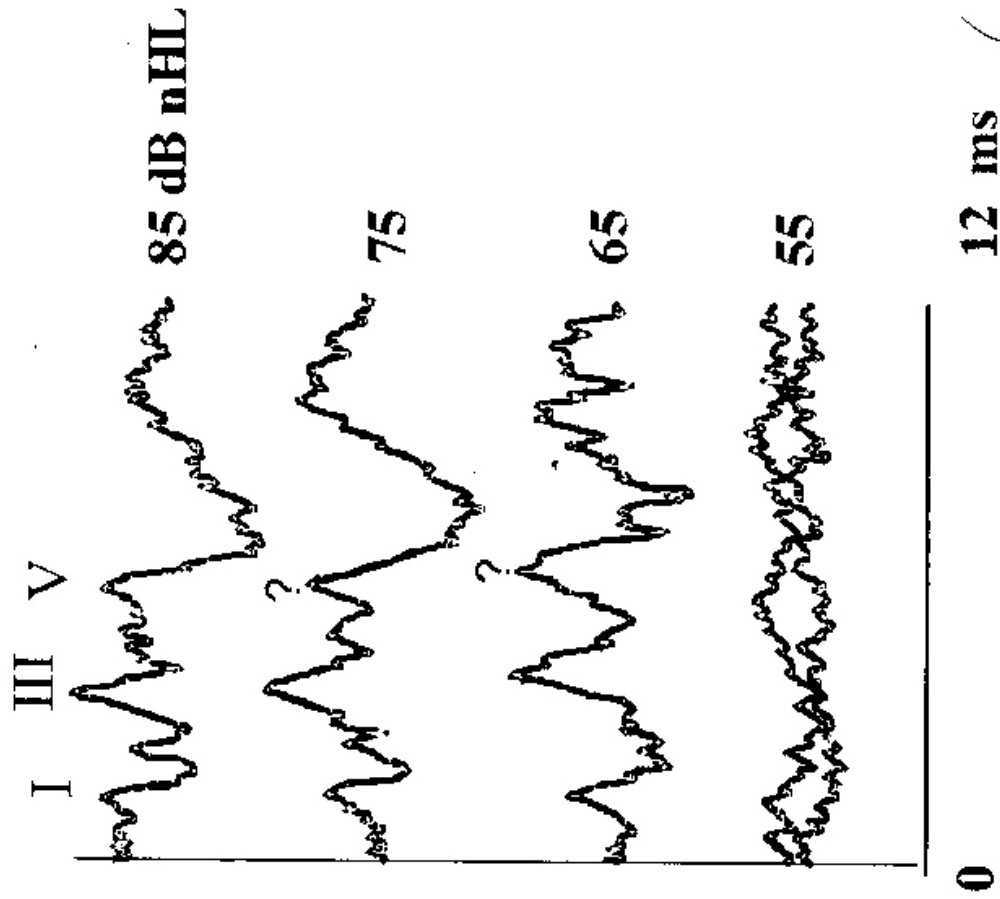


Fig. 40. Replicare l'ABR è consigliabile ogni volta che il riconoscimento delle componenti risulta incerto ed in particolare in prossimità della soglia, laddove occorre riconoscere con sicurezza il livello di intensità in cui non è individuabile nessuna componente dell'ABR.

Variabili extrauditivie del soggetto

- Et 
- Sesso
- Misure cefaliche
- Temperatura
- Sonno/veglia/attenzione
- Farmaci

Età

- Le principali modificazioni dell'ABR età correlate si osservano nella prima infanzia
- Progressiva maturazione della via uditiva tronco-encefalica fino a 18-36 mesi
- Alla nascita le latenze assolute delle singole onde sono maggiori che nell'adulto

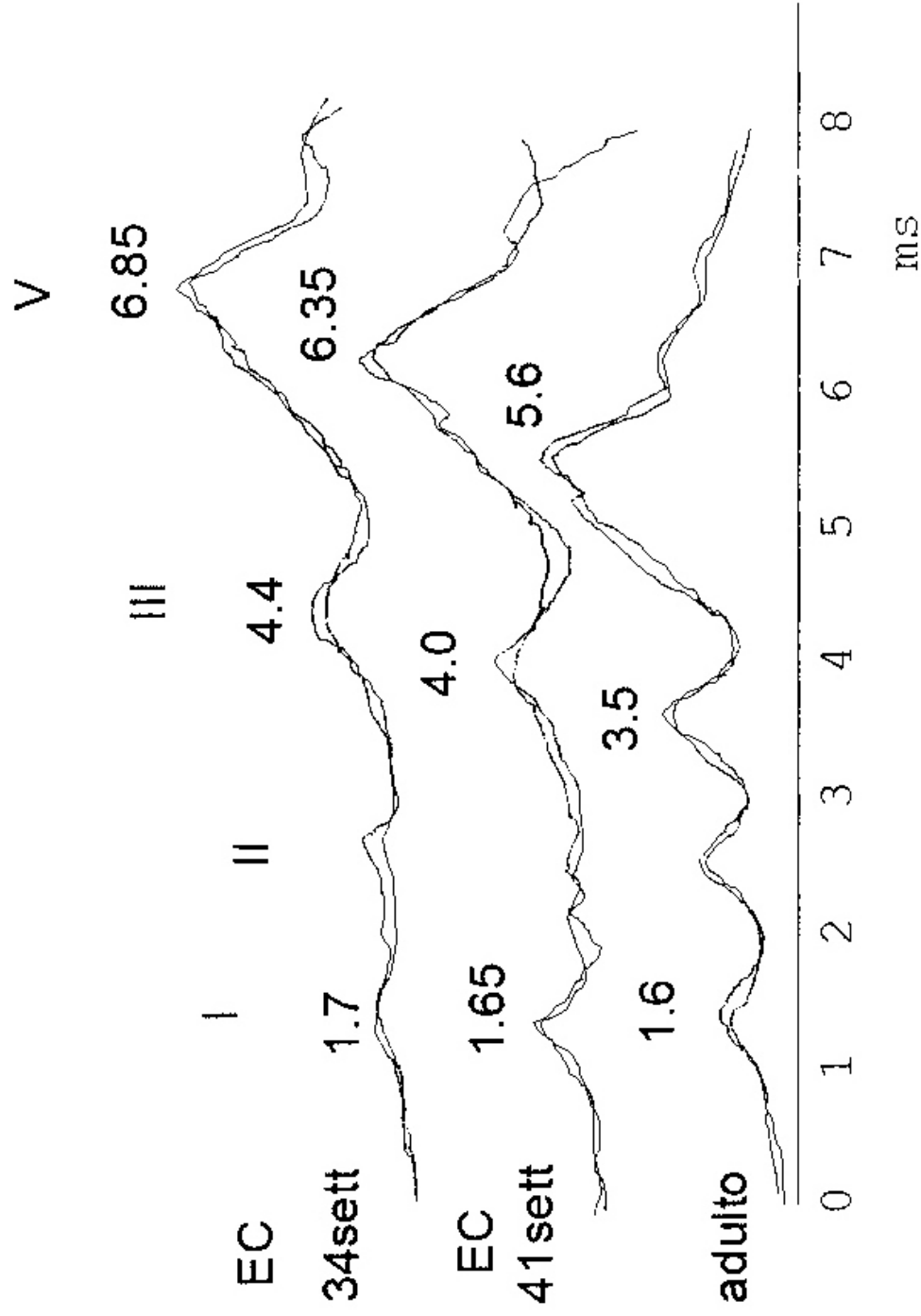


Fig. 41. Le latenze delle componenti dell'ABR si normalizzano attorno ai 18-24 mesi di età, in seguito alla maturazione delle strutture neurali coinvolte nella risposta (EC: età concezionale).

Età

- Intervallo I-V = a un'età concezionale di 24 settimane (neonati pre-termine) è di circa 8 msec
- Intervallo I-V = raggiunge i valori tipici dell'adulto (4 msec) attorno a 18-24 mesi
- “TRAIETTORIA DI MATURAZIONE” = mielinizzazione e organizzazione della via uditiva

ABR MATURAZIONE

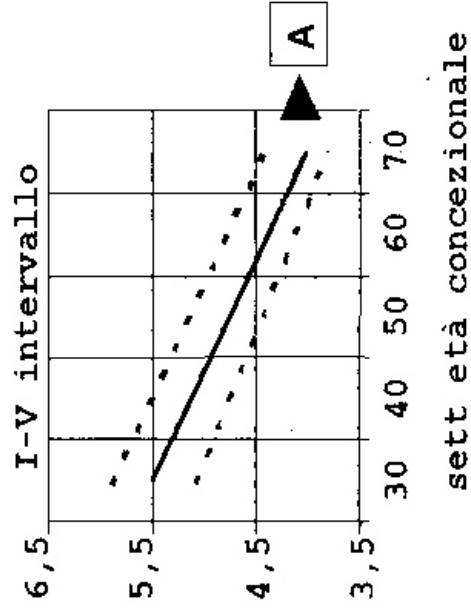
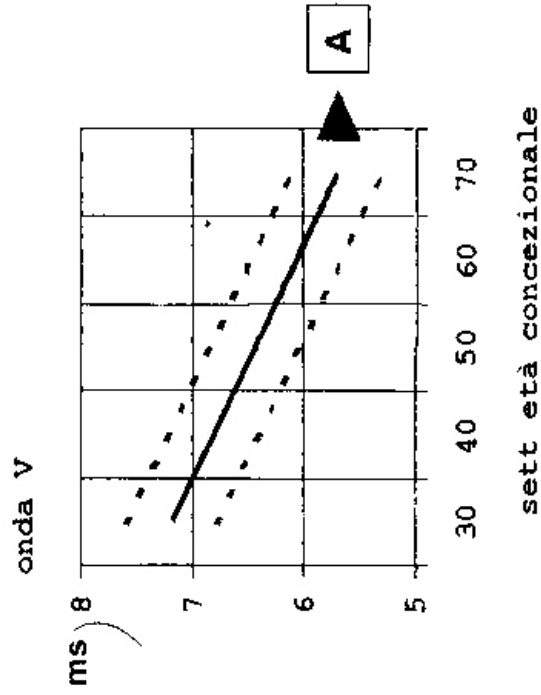
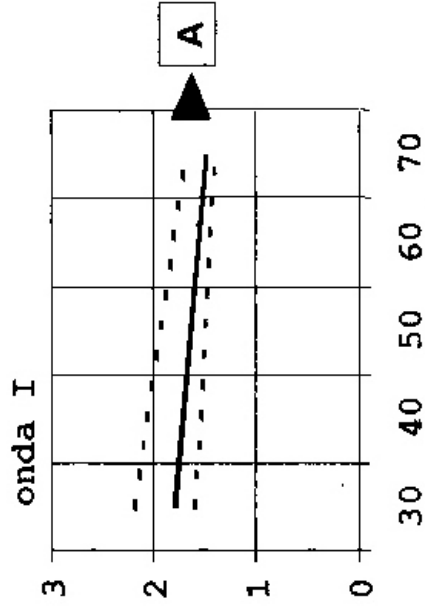


Fig. 42. La maturazione dei parametri di latenza avviene in direzione caudo-rostrale: l'onda I risente poco della maturazione, l'onda V, generata più centralmente subisce la maggior modificazione.

Età

- Età > 60-65 aa = componenti con minore ampiezza e lieve aumento dell'intervallo I-V
- Presbiacusia = disfunzione della via uditiva centrale
- L'ABR nell'anziano è caratterizzato dall'interazione danno recettoriale – danno centrale

Sesso e misure cefaliche

- Sesso femminile: ampiezza ABR superiore, latenze onde III-V e intervalli inter-picco (I-III, I-V) lievemente inferiori (0,1-0,2 msec) rispetto al sesso maschile
- Fattori ormonali?
- Dimensioni cefaliche: < diametro cefalico nel sesso femminile
- Nella pratica clinica normativa maschi e femmine uguale

Temperatura

- La temperatura corporea modifica significativamente le latenze dell'ABR: importante nelle registrazioni in terapia intensiva e nel monitoraggio intraoperatorio
- Ipotermia = aumento delle latenze ($< 35^{\circ}\text{C}$ l'intervallo I-V aumenta di circa 0,16 msec/grado)
- L'ipertermia ha effetto opposto

Sonno/veglia/attenzione

- ABR non si modifica in rapporto allo stato di vigilanza/stadi del sonno naturale o indotto
- Sedazione/sonno facilitano la registrazione dell'ABR: minori artefatti per tensione muscolare e movimenti che peggiorano il rapporto segnale-rumore

Farmaci

- ABR molto resistente all'azione dei farmaci del SNC
- ABR registrabile in sedazione, anestesia, intossicazione da farmaci del SNC
- I farmaci del SNC non hanno effetti apprezzabili sui parametri ABR