

# Protezione Uditiva: DPI Passivi vs. Attivi

Matteo Cavalli  
Consulente agenti fisici - audioprotesista

I Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) acustici proteggono l'udito dai danni del rumore creando barriere fisiche tra l'utilizzatore e i pericoli sonori.





**Siamo in grado di difenderci in modo naturale?**

# Il Muscolo Stapediale: Il Nostro Piccolo Super Eroe

Un muscolo dell'orecchio  
medio con poteri straordinari  
di protezione acustica.

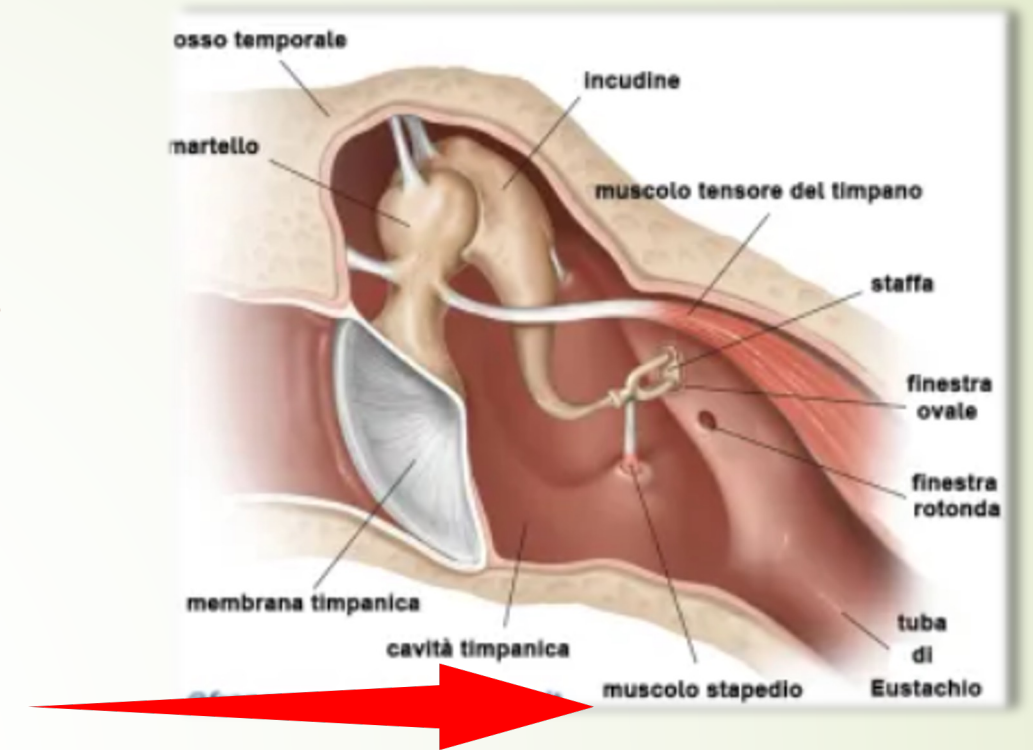




# Cos'è il Muscolo Stapediale?

Il muscolo stapediale (o stapedio) è un piccolo muscolo dell'orecchio medio che attenua le vibrazioni della staffa.

La sua missione: **proteggere l'orecchio interno da suoni troppo intensi**, agendo come un vero e proprio scudo acustico naturale.



## Il Riflesso Stapediale: Tempi di Risposta

10-12

Millisecondi

Latenza media per  
stimoli intensi (90-100  
dB sopra soglia)

50-150

Millisecondi

Tempo di risposta per  
stimoli meno intensi

50-100

Millisecondi

Tempo di rilassamento  
dopo cessazione  
stimolo

# Significato Fisiologico



## Protezione

Protegge l'orecchio interno dai danni dovuti a suoni forti, riducendo la trasmissione sonora di circa **10-20 dB**.



## Diagnosi

Utile per identificare lesioni del nervo facciale o cocleare e ipoacusie neurosensoriali o trasmissive.



## Verifica

Permette di verificare l'integrità del tronco encefalico tramite impedenzometria.

# Riflesso Bilaterale

Anche se lo stimolo sonoro è applicato a un solo orecchio, il riflesso stapediale si manifesta in **entrambi gli orecchi**.

---

Nervo Cocleare (VIII)

Ricezione dello stimolo acustico

---

Nuclei Cocleari

Elaborazione del segnale

---

Complesso Olivare Superiore

Integrazione bilaterale

---

Nervo Facciale (VII)

Trasmissione al muscolo

---

Muscolo Stapediale

Contrazione protettiva

An analog oscilloscope with a yellow face. The central screen shows a horizontal baseline with a red dot at the center. To the right of the baseline, a black waveform with several sharp peaks is visible. The left side of the face has various controls, including a large knob, a red button, and several smaller knobs and switches. The right side has a large circular dial and a smaller knob. The top of the face has some text and numbers, including "AF" and "10".

Come si possono caratterizzare i  
fenomeni istantanei di forte intensità?

Analisi del segnale con tempo d'integrazione del picco  
ponderato secondo la curva C



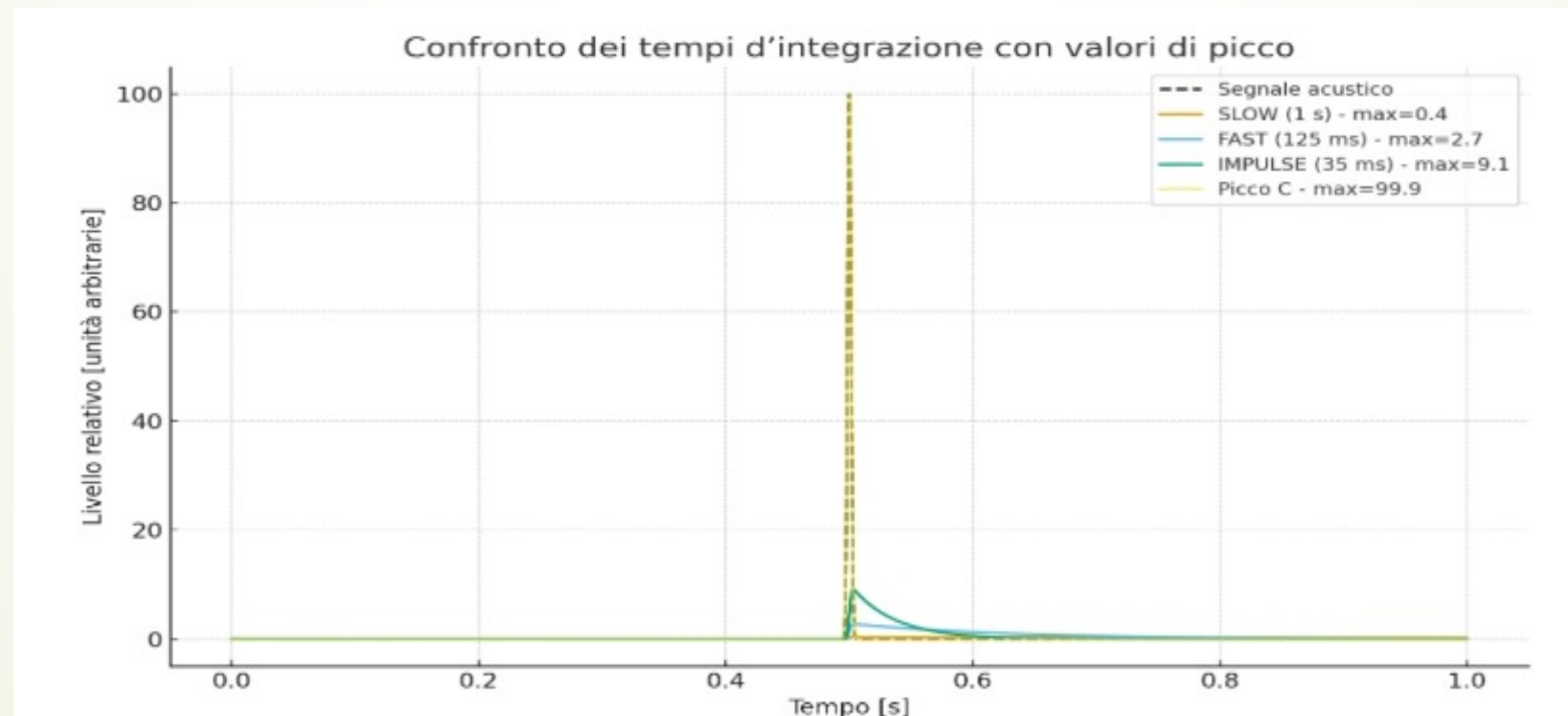
# Ponderazione C e Tempi d'Integrazione

## Ponderazione C

Curva di risposta quasi piatta (dB(C)), usata per valutare livelli di picco o suoni impulsivi e confrontare con limiti di pressione sonora massima.

## Tempi d'Integrazione

I fonometri operano con diverse costanti di tempo: Fast (125 ms), Slow (1 s), Impulse (35 ms), Peak ( $\leq 50 \mu\text{s}$ ).





# Livello di Picco C: Protezione e Sicurezza

Il **Livello di Picco C (LCpeak)** è il valore massimo istantaneo del segnale sonoro ponderato con curva C.

- Tempo d'integrazione:  $\leq 50 \mu s$  (praticamente istantaneo)
- Valutazioni di rischio uditivo in ambito sicurezza sul lavoro
- Verifiche limiti normativi:  $LC_{peak} \leq 135 \text{ dB(C)}$



Il nostro stapedio lavora in sincronia con questi fenomeni per proteggerci!

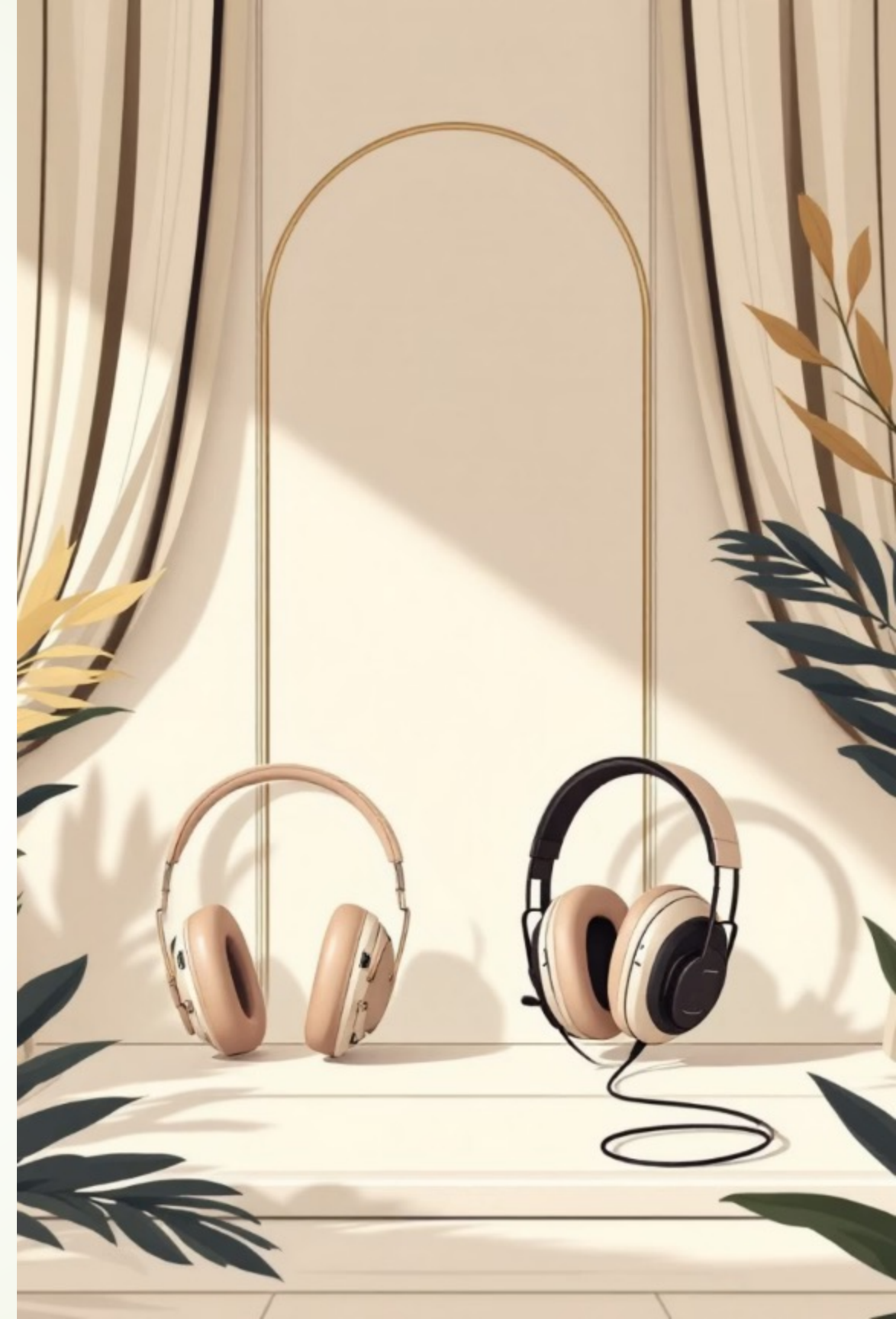
# Tecnologie di Protezione a Confronto

## DPI Passivi

Creano una barriera fisica (tappi, cuffie) per ridurre i decibel. Semplici ed efficaci contro rumori costanti.

## DPI Attivi

Combinano barriera fisica ed elettronica per gestione intelligente del rumore in tempo reale.





# Amplificazione Attiva e Protezione Selettiva

## Suoni a Basso Livello

I microfoni captano voce umana, allarmi e segnali di pericolo, amplificandoli per comunicazione chiara.

## Suoni ad Alto Livello

Quando il rumore supera la soglia di sicurezza, il sistema interrompe l'amplificazione e attiva l'attenuazione passiva.

I DPI acustici attivi offrono protezione superiore mantenendo la consapevolezza ambientale e permettendo comunicazione efficiente.





# Differenze tra ANR, off Shot e Compressione negli Apparecchi Acustici

Analisi comparativa dei principali sistemi di protezione uditiva ed elaborazione del suono per professionisti del settore acustico ed industriale.



# Panoramica della Presentazione

## Obiettivo

Comprendere le differenze fondamentali tra i tre principali sistemi di protezione e gestione del suono.

## Focus Tecnico

Analizzeremo tempi di reazione, applicazioni specifiche e limiti operativi di ciascun sistema.



### ANR – Active Noise Reduction

Cancellazione attiva del rumore per ambienti continui



### Sistemi off Shot

Protezione specializzata per rumori impulsivi



### Compressione Acustica

Gestione dinamica del suono negli apparecchi acustici

# Cancellazione Attiva del Rumore (ANC)



```
graph TD; A[Microfono] --> B[Processore]; B --> C[Neutralizzazione]; C --> D[Altoparlante]; D --> A;
```

## Microfono

Capta i rumori ambientali esterni

## Processore

Crea un'anti-onda sonora in controfase

## Altoparlante

Riproduce l'anti-onda nel padiglione auricolare

## Neutralizzazione

Le onde si annullano, riducendo il rumore

Particolarmente efficace contro rumori costanti a bassa frequenza come motori e macchine industriali.

# Sistema ANR: Active Noise Reduction

## Principio di Funzionamento

Utilizza onde sonore di fase opposta per cancellare attivamente il rumore ambientale indesiderato attraverso elaborazione digitale in tempo reale.

## Efficacia Ottimale

Eccelle nella riduzione di rumori continui e a bassa frequenza, come quelli prodotti da motori, aerei, ventilatori e macchinari industriali.

## Prestazioni Temporal

Latenza inferiore a 1 millisecondo, garantendo una risposta quasi istantanea ai cambiamenti del rumore ambientale.



### Aviazione

Protezione dall'esposizione prolungata al rumore dei motori



### Industria

Riduzione del rumore continuo in ambienti produttivi



### Automotive

Comfort acustico durante la guida e nei trasporti

## Active Noise Cancellation

### Active noise cancellation



ANC



ANC

# Sistemi off Shot: Protezione Impulsiva

Sistemi attivi che amplificano selettivamente i suoni deboli mentre limitano automaticamente quelli pericolosi.



## Applicazioni Principali

- Poligoni di tiro sportivo e professionale
- Attività venatorie e caccia
- Operazioni militari e tattiche
- Ambienti con esplosivi controllati
- Motorsport

**0.5ms**

Tempo Reazione  
Risposta ultra-rapida

**35dB**

Attenuazione  
Riduzione impulso

**10ms**

Recupero  
Ripristino ascolto





# Compressione negli Apparecchi Acustici

La compressione dinamica protegge l'udito dai suoni forti preservando al contempo l'intelligibilità dei suoni deboli, essenziale per il comfort quotidiano.

1

## Attack Time

Velocità di attivazione della compressione quando il suono supera la soglia. Range tipico: 1–10 millisecondi per garantire protezione tempestiva.

2

## Release Time

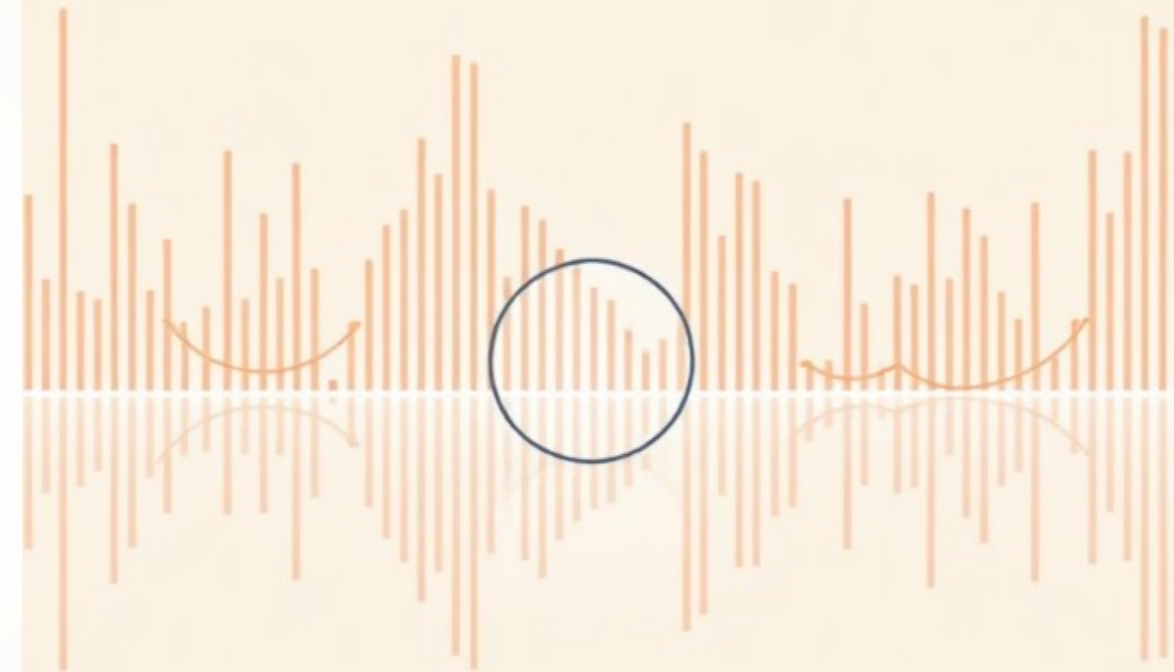
Tempo necessario per il rilascio della compressione dopo che il suono scende sotto soglia. Varia da 50 millisecondi a 5 secondi per naturalezza.

3

## Compression Threshold

Livello di pressione sonora oltre il quale si attiva la compressione. Tipicamente impostato tra 80–85 dB SPL per protezione ottimale.

❏ **Esempio di configurazione tipica:**  
Attack Time: 2 ms | Release Time: 120 ms | Soglia: 85 dB SPL





# Apparecchio Acustico RIC

## Ricevitore nel Canale

1

### Microfoni

Captano il suono dall'ambiente. Richiedono pulizia quotidiana.

2

### Ricevitore

Altoparlante connesso da filo sottile che invia il suono all'orecchio.

3

### Cupola e Coda

Mantengono il ricevitore in posizione nel canale uditivo.

4

### Filtro Paracerume

Protegge i componenti elettronici dall'ostruzione.

# Apparecchio Acustico BTE

## Retroauricolare



### Gancio e Tubo

Collegano la custodia all'auricolare. Il tubo richiede pulizia regolare e sostituzione ogni 6 mesi.



### Auricolare

Modellato su misura, contiene foro di ventilazione e foro sonoro per gestione ottimale del suono.



### Alimentazione

Sportello batteria o contatti di ricarica secondo il modello.



# Il Ginocchio di Compressione

Un Cuore Intelligente per l'udito

Il ginocchio di compressione è il punto in cui l'amplificazione passa da lineare a non lineare, gestendo automaticamente i suoni per un ascolto confortevole.

È come un freno automatico che si attiva quando il suono diventa troppo forte.



# Come Funziona il Ginocchio



## Sotto il Ginocchio

Suoni deboli e moderati ricevono amplificazione costante per essere udibili.

### Ginocchio Rigido

Transizione brusca e immediata  
dalla compressione lineare a quella non lineare.



Risulta quindi fondamentale analizzare correttamente l'ambiente di lavoro del paziente protesizzato



## Al Ginocchio

Il processore si attiva quando il suono raggiunge la soglia impostata.

### Ginocchio Morbido

Transizione graduale che crea un'esperienza d'ascolto più naturale e confortevole.



## Sopra il Ginocchio

L'amplificazione si riduce progressivamente per evitare fastidio.



# Benefici di una Compressione Ottimale

100%

## Comfort

Ascolto rilassato e  
meno affaticante in  
ogni ambiente

100%

## Chiarezza

Maggiore  
comprensione del  
parlato e dei dettagli  
sonori

100%

## Personalizzazione

Regolazione su misura  
dall'audioprotesista

Una buona programmazione del ginocchio di compressione è essenziale per un'esperienza uditiva ottimale. Risulta fondamentale l'interazione:

**analisi acustica-medico del lavoro - audioprotesista.**

# ANR: Analisi Vantaggi e Limitazioni



## Limitazioni Tecniche

- Inefficace contro rumori impulsivi ad alta energia
- Non adatto per ambienti balistici o con esplosioni
- Prestazioni ridotte su frequenze molto elevate

## Punti di Forza

### Reattività Eccezionale

Latenza inferiore a 1 millisecondo garantisce protezione immediata e continua.

### Efficacia su Rumori Costanti

Prestazioni superiori nella cancellazione di suoni continui a bassa frequenza.

## Comfort Prolungato

Riduzione significativa dell'affaticamento acustico durante esposizioni lunghe.





# Off Shot: Analisi Vantaggi e Limitazioni

## Vantaggi Operativi

- Protezione immediata da colpi e impulsi acustici
- Tempo di reazione ultra-rapido (0.5–1 ms)
- Capacità di amplificazione selettiva dei suoni ambientali deboli
- Mantenimento della consapevolezza situazionale

## Limiti Applicativi

- Inefficace nella gestione di rumori continui prolungati
- Comfort acustico inferiore durante utilizzo esteso
- Costo elevato per sistemi elettronici avanzati
- Necessità di manutenzione periodica

I sistemi Off Shot sono progettati specificamente per ambienti ad alta energia impulsiva, dove la protezione istantanea da picchi acustici estremi è fondamentale per prevenire danni uditivi permanenti.



# Compressione: Analisi Vantaggi e Limitazioni



## Protezione Graduale e Continua

- Gestione morbida delle variazioni di intensità sonora senza interruzioni brusche dell'ascolto.
- Preservazione dell'Intelligibilità  
Mantiene la comprensione del parlato anche in ambienti acusticamente complessi e rumorosi.
- Adattabilità Programmabile

Possibilità di creare profili multipli per diverse situazioni d'ascolto quotidiane.

## Personalizzazione Avanzata

Ogni parametro può essere calibrato precisamente in base al profilo audiologico individuale, **con la possibilità di adattare la risposta all'ambiente di lavoro.**

# Confronto Tecnico Comparativo

Sistema	Tipo di Rumore	Tempo Reazione	Caratteristiche Distintive
ANR	Continuo (motori, ventilatori)	<1 ms	Efficace su basse frequenze, inefficace su impulsi
Off Shot	Impulsivo (spari, esplosioni)	0.5–1 ms	Recupero rapido 5–10 ms, protezione balistica
Apparecchio Acustico	Generale >85 dB	1–10 ms	Comfort quotidiano, non adatto ad ambiente balistico



## Rumori Continui

ANR domina con cancellazione attiva



## Impulsi Acustici

Off Shot offre protezione immediata



## Uso Quotidiano

Compressione garantisce versatilità

# Regolazione Protesi ed impianti cocleari



## **Programma automatico gestito con IA**

Programmi aggiuntivi selezionabili dal paziente in ambienti particolari



### **Si agisce su**

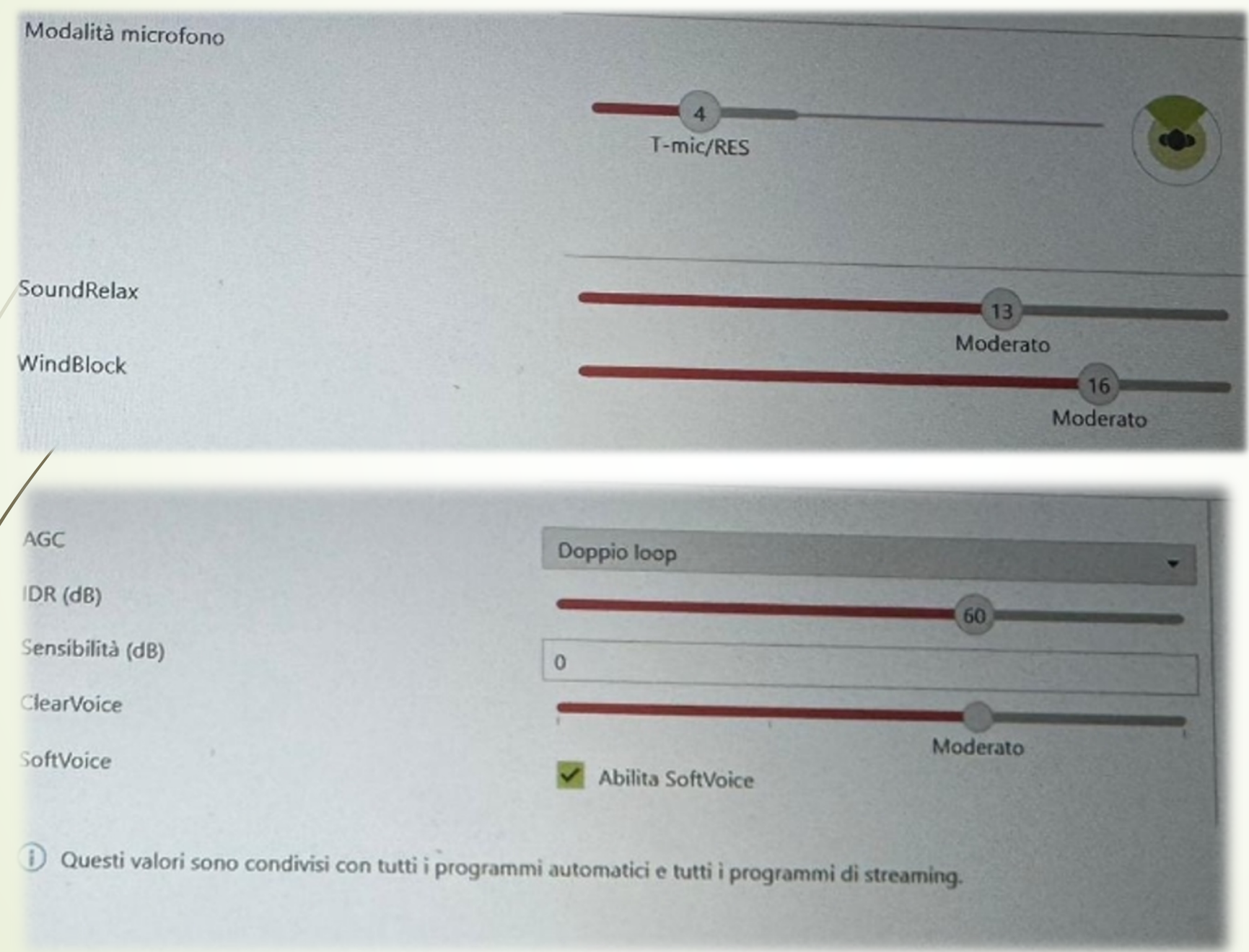
Direzionalità Microfono (da omnidirezionale a ultrazoom)

- Sound relax
- Windblok
- Clear Voice
- Softvoice

**Si consiglia al paziente di utilizzare orientamento a 360° così da  
Orientario correttamente nell'ambiente di lavoro  
(mezzi in movimento, segnali di allarme...)**



# Alcuni esempi di mappatura impianti coclearari



TUTTI I PROGRAMMI		
PROGRAMMI AUTOMATICI 9		
AutoSense OS 3.0		A
Situazione Quiete		
Parlato nel rumore		
Parlato nel rumore elevato		
Parlato in auto		
Comfort nel rumore		
Confort in eco		
Musica		
AutoSense OS 3.0 (streaming)		A
Parlato in streaming + mic		
Musica in streaming + mic		
PROGRAMMI STREAMING 3		
PROGRAMMI AGGIUNTIVI +		



# Conclusioni e Raccomandazioni



## ANR

Soluzione ottimale per rumori continui in ambienti industriali, trasporti e applicazioni dove il comfort prolungato è prioritario.



## Off Shot

Protezione specializzata indispensabile per rumori impulsivi in contesti balistici, militari e di tiro sportivo.



## Compressione

Sistema versatile per gestione quotidiana del suono, ideale per apparecchi acustici e situazioni controllate.

## Sistemi Ibridi: Il Futuro della Protezione

Per ambienti complessi come installazioni industriali militari o siti con esigenze multiple, la combinazione di ANR per rumori continui e protezione impulsiva ultra-rapida (<1 ms) rappresenta la soluzione più avanzata.



### Raccomandazione professionale:

La scelta del sistema dipende dall'analisi dettagliata dell'ambiente acustico specifico e degli obiettivi di protezione uditiva richiesti.

Campionamenti adeguati degli ambienti di lavoro (TH – analisi spettrale) permetteranno di eseguire un setup iniziale più adeguato al lavoratore protesizzato.

**Fondamentale la collaborazione tra medico competente e audioprotesista**