

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Scuola di Medicina e Chirurgia - Dipartimento di Medicina - DIMED

*Corso di Laurea Magistrale in Scienze delle Professioni Sanitarie Tecniche  
Diagnostiche*

Presidente: Prof. Gianmaria Pennelli

## ***Figure Professionali a confronto nello Screening Uditivo Neonatale: impatto sull'esecuzione e sui risultati***

Relatore: *Prof. Gianmaria Pennelli*

Correlatore: *Prof. Pietro Scimemi*

Laureanda:

*Sabrina Savioli*

2089994

Anno Accademico 2023 – 2024



## Sommario

<b>Abstract</b> .....	1
<b>Introduzione</b> .....	2
<b>Capitolo I. La sordità infantile</b> .....	4
1.1. <i>Epidemiologia</i> .....	4
1.2. <i>Classificazione delle sordità infantili</i> .....	4
1.2.1. Classificazione in relazione alla gravità.....	4
1.2.2. Classificazione in relazione alla sede della lesione.....	5
1.2.3. Classificazione in relazione all'esordio .....	6
1.2.4. Classificazione in relazione all'eziologia.....	6
1.3. <i>Le sordità da cause genetiche</i> .....	7
1.4. <i>Gli effetti della perdita uditiva nel bambino</i> .....	10
<b>Capitolo II. Lo Screening Uditivo Neonatale</b> .....	13
2.1. <i>Cenni storici e linee guida internazionali</i> .....	13
2.2. <i>Esami e strumenti per lo Screening Uditivo Neonatale</i> .....	15
2.2.1. Otoemissioni acustiche.....	15
2.2.2. I potenziali evocati uditivi del tronco encefalico .....	19
2.3. <i>Livelli operativi di Screening e protocollo</i> .....	22
2.3.1. I livello di screening.....	23
2.3.2. II livello di screening .....	26
2.3.3. III livello di screening .....	27
2.4. <i>I costi dello screening uditivo neonatale</i> .....	29
<b>Capitolo III. Figure Professionali a confronto nello Screening Uditivo Neonatale: impatto sull'esecuzione e sui risultati</b> .....	31
3.1. <i>Scopo e ipotesi</i> .....	31

3.2. <i>Materiali e metodi</i> .....	31
3.2.1. Partecipanti.....	31
3.2.2. Strumenti e procedure .....	32
3.2.3. Questionario sulle pratiche operative nello screening uditivo neonatale...32	
3.3. <i>Risultati</i> .....	34
3.3.1. Descrizione delle Analisi Statistiche.....	34
3.3.2. Statistica Descrittiva .....	34
3.3.3. Test Chi-quadro.....	39
3.4. <i>Discussione</i> .....	44
<b>Conclusioni</b> .....	45
<b>Bibliografia</b> .....	47
<b>Sitografia</b> .....	53
<b>Riferimenti normativi</b> .....	54
<b>Allegati</b> .....	55

## **Abstract**

**Background:** lo screening uditivo neonatale è uno strumento essenziale per la diagnosi precoce dell'ipoacusia nei neonati. Una rilevazione tempestiva consente di intervenire efficacemente, migliorando lo sviluppo linguistico e cognitivo del bambino. Tuttavia, la qualifica professionale del personale che esegue lo screening può influenzare i risultati, in particolare il tasso di falsi positivi, con conseguenze rilevanti sia dal punto di vista clinico che economico.

**Obiettivi:** l'obiettivo di questo studio è confrontare i risultati dello screening uditivo neonatale condotto da infermieri rispetto a tecnici audiometristi, al fine di valutare se vi siano differenze significative nel tasso di falsi positivi e nell'efficacia complessiva della diagnosi.

**Materiali e Metodi:** è stato somministrato un questionario a 65 ospedali italiani per raccogliere dati operativi e sulle figure professionali coinvolte; parallelamente, è stata condotta un'analisi comparativa su due ospedali italiani con protocolli di screening identici, ma con personale differente: l'Ospedale San Bortolo di Vicenza (infermieri) e il Policlinico Sant'Orsola di Bologna (tecnici audiometristi). Sono stati raccolti dati relativi ai risultati del primo livello di screening (*pass/refer*) e del secondo livello (ABR soglia alterata/normale).

**Risultati:** è emersa una differenza significativa tra le due figure professionali. I tecnici audiometristi hanno mostrato un tasso inferiore di falsi positivi (8,5%) rispetto agli infermieri (29%). Inoltre, gli infermieri hanno registrato una maggiore percentuale di neonati con esito *refer* al primo livello (37%) rispetto ai tecnici (32%).

**Conclusioni:** la qualifica del personale influisce significativamente sui risultati dello screening uditivo neonatale. Un'adeguata formazione del personale può ridurre i falsi positivi e ottimizzare i costi complessivi del programma, migliorando l'efficacia dello screening.

**Keywords:** Screening, Udito, Neonati, Audiologia, Ipoacusia

## Introduzione

Lo Screening Uditivo Neonatale è una pratica cruciale per la diagnosi precoce dell'ipoacusia infantile, che consente interventi tempestivi per migliorare lo sviluppo linguistico, cognitivo e sociale del bambino. Questo intervento preventivo è particolarmente importante nei primi 1000 giorni di vita, periodo critico per lo sviluppo del sistema nervoso, in cui la gestione dei fattori di rischio diventa una priorità di salute pubblica.

In Italia lo screening è stato introdotto nel 1997 in alcune neonatologie e successivamente esteso a livello nazionale (Bubbico et al., 2017). Il monitoraggio del programma è stato condotto dal Dipartimento di Scienze Biomediche dell'Istituto Italiano di Medicina Sociale, poi confluito nel Gruppo di Ricerca per la prevenzione delle disabilità neurosensoriali dell'INAPP, le cui indagini condotte biennialmente hanno evidenziato un costante incremento della copertura dello screening: dal 29,3% di neonati sottoposti a screening nel 2003 si è passati al 93,2% nel 2015, a dimostrazione di un impegno crescente a livello nazionale (Bubbico et al., 2005, 2017). Questo risultato è stato sostenuto dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 gennaio 2017 che ha ridefinito i Livelli Essenziali di Assistenza (LEA), stabilendo che il Servizio Sanitario Nazionale garantisca a tutti i neonati lo screening per la sordità, inserendo tale prestazione tra quelle obbligatorie per tutti i cittadini, sia nel contesto del ricovero ospedaliero che nella fase di dimissione (Ministero della Salute, 2017).

L'attuazione di tali misure ha portato a un aumento significativo della copertura dello screening a livello nazionale, raggiungendo nel 2021 un tasso del 95,3% dei neonati, obiettivo in linea con gli standard qualitativi internazionali (Bubbico et al., 2021).

Lo screening è organizzato in due livelli. Nel primo livello, si registrano le otoemissioni acustiche (OAE) o l'A-ABR (Auditory Brainstem Response automatizzato), con un re-test entro 2-3 settimane per circa il 4% dei neonati risultati *refer*, ovvero coloro i quali non hanno superato il test. I neonati che risultano *refer* vengono sottoposti a un secondo livello diagnostico con ABR per soglia, da completare entro i tre mesi di età.

Un fattore chiave nel determinare l'efficacia e i costi dello screening uditivo è rappresentato dalla qualifica del personale che esegue i test. La procedura può essere eseguita da diverse figure professionali, tra cui infermieri, tecnici audiometristi, ostetriche, medici audiologi e medici pediatri. La formazione e l'esperienza della figura che esegue il test possono influenzare non solo la precisione diagnostica ma anche il numero di falsi positivi o *refer* non necessari, con un impatto diretto sui costi totali del programma di screening.

Nel contesto italiano i costi operativi dello screening includono l'acquisto e la manutenzione delle apparecchiature, la formazione del personale e i costi di gestione dei dati e del follow-up. Il costo medio stimato per lo screening di un neonato è di circa 13,32 € per il primo livello e aumenta se il numero di falsi positivi cresce, poiché ogni *refer* non necessario richiede ulteriori test diagnostici e follow-up. Per quanto riguarda il secondo livello, con una prevalenza di ipoacusie congenite stimata attorno all'1-1,5%, si calcola che circa 40 neonati ogni 1000 dovranno sottoporsi all'ABR soglia, con un costo aggiuntivo di 35 € per esame (ISS, 2022).

La formazione del personale di primo livello si rivela determinante per il contenimento dei costi, poiché un'adeguata preparazione riduce il tasso di falsi positivi, abbassando così i costi globali per ogni bambino diagnosticato con ipoacusia entro i sei mesi di vita. Un personale adeguatamente addestrato è in grado di garantire risultati più precisi, migliorando l'efficienza complessiva dello screening.

L'obiettivo di questo studio è di confrontare i risultati dello screening uditivo neonatale condotto da infermieri e da tecnici audiometristi per valutare se vi sia una differenza significativa nel tasso di falsi positivi. Questo confronto è stato condotto su due ospedali italiani con protocolli di screening identici, ma con differenze nella figura professionale che esegue il test: l'Ospedale San Bortolo di Vicenza, dove lo screening viene effettuato dagli infermieri, e il Policlinico Sant'Orsola di Bologna, dove lo screening è affidato ai tecnici audiometristi. L'obiettivo finale è dimostrare come la figura professionale incaricata dell'esecuzione dello screening possa influenzare sia i risultati clinici che i costi complessivi, offrendo così indicazioni utili per ottimizzare il rapporto costi-benefici di un intervento sanitario ritenuto di grande valore sociale.

# Capitolo I. La sordità infantile

## 1.1. Epidemiologia

Secondo la *World Health Organization* (WHO), oltre il 5% della popolazione mondiale (circa 466 milioni di persone) ha un deficit uditivo disabilitante; di questi, circa 34 milioni sono bambini (WHO, 2020). Il deficit uditivo rappresenta una tra le più frequenti disabilità sensoriali dell'età pediatrica. L'incidenza dell'ipoacusia neurosensoriale bilaterale grave e profonda in Europa è stimata intorno a 0,5 - 3 neonati su 1.000 nati vivi; questa percentuale sale a valori del 4-5% nel caso di neonati con fattori di rischio audiologico o ricoverati nelle unità di terapia intensiva neonatale (Berrettini et al., 2013).

## 1.2. Classificazione delle sordità infantili

### 1.2.1. Classificazione in relazione alla gravità

La classificazione che riveste maggior significatività nella quantificazione diagnostica ed alla quale più frequentemente si fa riferimento è la classificazione audiometrica messa a punto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), basata sui valori audiometrici ISO e sulle relative conseguenze funzionali presunte:

- *grado 0: nessuna disabilità uditiva* (fino a 20 dB): le persone con questo grado non manifestano problemi di udito o presentano difficoltà minime, che non influiscono sulla comprensione della conversazione in ambienti silenziosi o rumorosi;
- *grado 1: ipoacusia lieve* (20-34 dB): non ci sono difficoltà uditive in ambienti silenziosi, ma possono sorgere problemi nel seguire le conversazioni in presenza di rumore di fondo;
- *grado 2: ipoacusia moderata* (35-49 dB): è possibile che ci siano difficoltà in ambienti silenziosi, mentre seguire una conversazione in ambienti rumorosi diventa decisamente problematico.
- *grado 3: ipoacusia moderatamente severa* (50-64 dB): in un contesto silenzioso si necessita di un tono di voce elevato per poter comprendere e in presenza di rumore la comunicazione risulta estremamente difficoltosa.
- *grado 4: ipoacusia severa* (65-79 dB): anche in ambienti silenziosi si riesce a comprendere soltanto se il parlante utilizza un tono molto alto e in prossimità della



persona. In ambienti rumorosi, la capacità di comunicazione è gravemente compromessa;

- *grado 5: ipoacusia profonda* (80-94 dB): la comprensione del parlato è quasi impossibile, sia in silenzio che in presenza di rumore. Anche una voce molto alta o gridata non viene percepita chiaramente.

Infine, la totale perdita dell'udito (soglia media > 120 dB) monolaterale prende il nome di anacusia; quella bilaterale prende il nome di cofosi (Humes LE., 2019).

### **1.2.2. Classificazione in relazione alla sede della lesione**

In base al sito del danno, possiamo dividere le ipoacusie in:

- trasmissive, espressione di una lesione a carico delle strutture dell'orecchio esterno e/o medio che ostacola la trasmissione delle onde meccaniche-acustiche all'orecchio interno. È caratterizzata da un deficit uditivo non superiore ai 50-60 dB (Brookhouser, 1996);
- neurosensoriali, espressione di un'alterazione sita a livello dell'orecchio interno. Il danno può essere a carico delle cellule ciliate dell'organo del Corti ed in tal caso si parla di ipoacusia neurosensoriale cocleare, o delle fibre del nervo acustico ed in tal caso si parla di ipoacusia neurosensoriale retrococleare. Nell'ipoacusia a sede cocleare vi è un ostacolo alla corretta trasformazione del suono in impulso elettrico, mentre nelle sordità a sede retrococleare il danno riguarda il trasferimento del segnale lungo il nervo cocleare (Patrick E. et al., 1996);
- miste, causate da un danno a livello dell'apparato di trasmissione associato ad un danno a livello della coclea o del nervo acustico;
- centrali, espressione di un danno a livello del tronco encefalico o di strutture ad esso superiori e sono caratterizzate da una disfunzione dell'elaborazione dell'input sonoro che ostacola il soggetto nella comprensione del segnale verbale.

In base alla lateralità del danno possiamo poi parlare di ipoacusia monolaterale, bilaterale simmetrica (se il grado e la configurazione dell'ipoacusia sono le stesse in ogni orecchio) e bilaterale asimmetrica (quando il grado e la configurazione dell'ipoacusia sono diverse).

### 1.2.3. Classificazione in relazione all'esordio

Possono essere divise in:

- sordità pre-verbali, nel primo anno di vita del bambino e dunque le più critiche, poiché in assenza di un intervento precoce compromettono lo sviluppo linguistico e cognitivo del bambino;
- sordità peri-verbali, tra 1 anno e 3 anni;
- sordità post-verbali che a sua volta possono essere distinte in sordità post-verbali della prima infanzia, dai 3 ai 7 anni, e della seconda infanzia, oltre i 7 anni.

### 1.2.4. Classificazione in relazione all'eziologia

Le cause responsabili delle diverse forme di ipoacusia possono essere distinte in genetiche, circa il 50% del totale dei casi, e acquisite, circa il 25% del totale dei casi. (Admiraal RJ et al., 2000). Ad oggi, il restante 25% delle sordità infantili risulta idiopatico, ma è probabile che la ricerca genetica darà in pochi anni risposte a interrogativi ancor oggi irrisolti (Han Y. et al., 2024). Per le sordità da cause genetiche si rimanda al capitolo 1.3.

Le forme acquisite si classificano invece in base all'epoca di insorgenza in ipoacusie da cause acquisite prenatali, perinatali e postnatali (Wroblewska-Seniuk K. et al., 2017).

Tra le cause di sordità acquisite prenatali troviamo, più frequentemente:

- *infezioni virali materne*, come nel caso del complesso Torch, un gruppo di agenti infettivi che comprende Toxoplasmosi, Rosolia, Citomegalovirus ed Herpes virus. Sono patogeni che colpiscono il feto nella fase intrauterina, penetrando la barriera placentare (Jenks et al., 2021);
- *patologie sistemiche materne*, quali diabete, insufficienza renale o epatica;
- *sostanze tossiche assunte dalla madre*, che possono portare alterazione all'apparato uditivo dell'embrione per l'assoluta permeabilità placentare di fronte a tali agenti, quali ad esempio l'alcol.

Tra le cause perinatali possiamo trovare invece:

- *prematività* (< 32 settimane);
- *ipossia/anossia*;

- *iperbilirubinemia;*
- *indice di Apgar inferiore a 4;*
- *ricovero presso l'Unità di Terapia Intensiva Neonatale (NICU);*
- *traumi cranici ostetrici.*

Tra le cause postnatali possiamo avere:

- *infezioni virali*, quali morbillo, parotite e meningite che possono comportare problemi morfologici che alterano la struttura dell'orecchio e del nervo. Anche il citomegalovirus rientra tra le sordità postnatali poiché può manifestarsi fino ai 6 anni di età del bambino;
- *farmaci e sostanze ototossiche*, come alcuni agenti chemioterapici, ad esempio il cisplatino, o anche antibiotici quali l'eritromicina;
- *traumi cranici.*

### **1.3. Le sordità da cause genetiche**

Le forme genetiche sono classificate in forme non sindromiche, responsabili di circa il 70% delle ipoacusie di origine genetica, e forme sindromiche responsabili del restante 30% dei casi (Smith R.J.H. et al., 2017).

L'eredità del materiale genotipico da una generazione all'altra può essere categorizzata secondo i seguenti modelli: autosomico recessivo (AR), autosomico dominante (AD), X-linked e mitocondriale (Mitchell et al., 2021).

- *Sordità autosomiche recessive*: queste sordità sono quelle più comuni nel quadro delle cause genetiche. In questo modello, il gene coinvolto è localizzato su una delle 22 coppie di cromosomi omologhi (autosomi). I figli ereditano una variante, o allele, da ogni genitore: l'ipoacusia si manifesta nel momento in cui il bambino eredita la variante patogenetica da entrambi i genitori. Una coppia di portatori sani eterozigoti ha il 25% probabilità di trasmettere contemporaneamente le due copie di alleli alterati ad ogni concepimento, indipendentemente dal sesso che avrà il nascituro; i figli sani di queste coppie potranno essere portatori sani con una probabilità del 50% o non portatori con probabilità del 25%;

- *sordità autosomiche dominanti*: in questo caso, l'ipoacusia è causata dalla variante patogenetica di un singolo allele. Una persona con una sordità autosomica dominante potrebbe aver ereditato l'allele da un parente malato. In ogni gravidanza, c'è il 50% delle possibilità che un individuo con questo tipo di ipoacusia trasmetta il gene al proprio figlio;
- *sordità legata al cromosoma X*: la perdita uditiva può anche essere legata a mutazioni localizzate solo al cromosoma X. In genere si manifesta in forma clinicamente rilevante solo nei soggetti di sesso maschile. Le donne portatrici possono esprimere il carattere, ed in questo caso avranno una forma più lieve rispetto a un uomo con la stessa alterazione, o non esprimerlo. I figli delle donne con la variante su un cromosoma X avranno il 50% di probabilità di essere ipoacusici, mentre le figlie avranno il 50% di probabilità di essere portatrici;
- *sordità mitocondriali*: sono sordità legate a una mutazione del DNA mitocondriale; pertanto, è una condizione trasmessa solo dalla madre e che colpisce tutti i figli (Madell J.R. et al., 2019).

<b>PRINCIPALI SORDITÀ NON SINDROMICHE</b>				
<b>Geni mutati</b>	<b>Locus genico</b>	<b>Ereditarietà</b>	<b>Esordio</b>	<b>Perdita uditiva</b>
GJB2	DFNB1	Autosomica recessiva	Pre-verbale	Progressiva, maggiormente sulle alte frequenze
MYO7A	DFNB2	Autosomica recessiva	Post-verbale	Pantonale, leggermente in discesa
COCH	DFNA9	Autosomica dominante	Post-verbale	Progressiva, maggiormente sulle alte frequenze
POU3F4	DFNX2	X-Linked	Pre-verbale	Progressiva su tutte le frequenze

*Tabella 1.* Principali sordità non sindromiche. I diversi loci cromosomici delle forme non sindromiche di sordità ereditaria sono indicati con l'acronimo DFN ("DeaFNness") seguito dalla lettera A o B a seconda della modalità di trasmissione autosomica, rispettivamente, dominante o recessiva. Le lettere A o B sono seguite da un numero che indica l'ordine cronologico di scoperta dei geni associati al locus. Le forme di ipoacusia X-linked vengono identificate con il solo acronimo DFN, mentre le forme mitocondriali non sono identificate con questo acronimo.

Smith R.J.H., Shearer A.E., Hildebrand M.S. *Hereditary hearing loss and deafness overview*. GeneReviews 2017.

<b>PRINCIPALI SORDITÀ SINDROMICHE</b>				
<b>Sindrome</b>	<b>Geni mutati</b>	<b>Ereditarietà</b>	<b>Perdita uditiva</b>	<b>Altre manifestazioni</b>
Pendred	SLC26A4	Autosomica recessiva	Neurosensoriale pre-verbale da severa a profonda	Gozzo tiroideo con ipotiroidismo
Usher I	MYO7A USH1C CDH23 PCDH15 USH1G CIB2	Autosomica recessiva	Neurosensoriale pre-verbale da severa a profonda con compromissione vestibolare	Retinite pigmentosa
Usher II	ADGRV1 WHRN USH2A		Neurosensoriale pre-verbale da moderata a severa	
Usher III	CLRN1 HARS1		Neurosensoriale pre-verbale progressiva con compromissione vestibolare	
Alport	COL4A3 COL4A4 COL4A5	Autosomica recessiva Autosomica dominante X-Linked	Neurosensoriale post-verbale di grado variabile progressiva	Coinvolgimento renale ed oculare fino ad arrivare ad ematuria, proteinuria, insufficienza renale
Waanderburg	PAX3 MITF EDNRB EDN3 SOX10	Autosomica dominante	Neurosensoriale pre-verbale di grado variabile	Occhi distanziati, anomalie della pigmentazione dei capelli, occhi e della pelle
Brachio-otorenale	EYA1 SIX1 SIX5	Autosomica dominante	Neurosensoriale da moderata a profonda con esordio variabile	Anomalie del padiglione e del condotto uditivo esterno, cisti lungo il collo, anomalie del tratto urinario
MELAS	MID-TLI	Mitocondriale	Neurosensoriale post-verbale variabile	Disturbi neurologici acuti associati a iperlactatemia e miopatia mitocondriale

Tabella 2. Principali sordità sindromiche. Neocleous V., Costi C., Phylactou L. *Hearing Loss: Classification, Causes and Treatment*. Chapter: The Genetic Basis of Inherited Hearing Loss 2011, Publisher: NOVA Publishers, pp.pp. 271-290.

## 1.4. Gli effetti della perdita uditiva nel bambino

Numerosi studi dimostrano l'importanza della precocità della diagnosi di ipoacusia e di intervento nello sviluppo linguistico e cognitivo del bambino. Alcuni autori (Yoshinaga-Itano et al, 1998) hanno riscontrato che i bambini con ipoacusia diagnosticata tra i 2 e i 6 mesi di vita presentavano uno sviluppo del linguaggio adeguato alla loro età. La figura sottostante evidenzia il diverso quoziente linguistico nella popolazione individuata e trattata prima dei sei mesi e in quella con intervento tardivo.

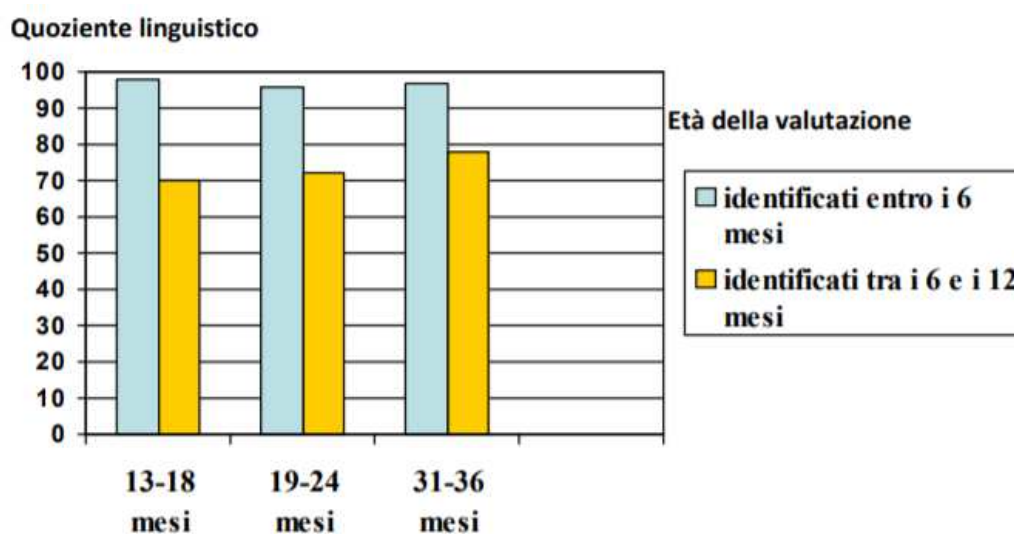


Figura 1. Analisi del quoziente linguistico in due cluster di bambini ipoacusici diagnosticati entro i 6 mesi o dopo i 6 mesi ed entro i 12. Adattata da Yoshinaga-Itano et al, 1999.

L'apprendimento fisiologico del linguaggio avviene entro i primi tre anni di vita. Nei periodi successivi non avviene altro che un perfezionamento e un arricchimento qualitativo e quantitativo. I primi 2-3 anni di vita corrispondono a quello che può essere definito periodo di plasticità neuro-funzionale o di maturazione delle strutture nervose centrali implicate nei processi di apprendimento della comunicazione verbo-acustica (Cianfrone, 2008).

Se l'udito è compromesso o assente, l'individuo non è solo "privo" di alcune informazioni: si configura una situazione più complessa che è funzione dell'entità della perdita, della sede di lesione e delle cause della sordità, e soprattutto del momento temporale in cui questa deprivazione uditiva si manifesta (Markkula A. et al., 2024).

Questo principio generale è valido per tutte le età, ma soprattutto in audiologia infantile, poiché la correzione della funzione uditiva nei primissimi mesi di vita permette un regolare sviluppo delle vie uditive centrali e delle aree cerebrali deputate alla ricezione dell'informazione sonora e alle relative connessioni con le aree motorie e articolatorie, con conseguente acquisizione del linguaggio. La maturazione delle vie acustiche avviene successivamente alla nascita ed è dipendente soprattutto dalla maturazione delle connessioni sinaptiche (le vie asinaptiche sono già presenti alla nascita). È noto che la stimolazione sonora promuove lo sviluppo sinaptico nel sistema uditivo e da ciò si ipotizza che la deprivazione arretri o deteriori lo sviluppo sinaptico (Yuan et al., 2023). Esiste, infatti, una finestra temporale entro la quale si deve agire per ripristinare la funzione uditiva e realizzare la produzione verbale. La finestra temporale non è solo funzionale, cioè utile, dal punto di vista riabilitativo, è un periodo sensibile in cui lo stimolo acustico permette il corretto sviluppo delle vie uditive centrali (Ohuma, et al., 2023). Questa limitazione temporale è spiegata dal fatto che la plasticità cerebrale nei primi anni di vita è maggiore rispetto a tutto l'arco della vita. Per plasticità cerebrale si intende la capacità del SNC di adattarsi ai cambiamenti esterni, dell'ambiente, o interni. La segnalazione che, nello sviluppo cerebrale, esistono dei periodi di maggiore sensibilità è stata effettuata da Kennard già nel 1938: questi periodi sono definiti "critici", per la maggiore suscettibilità alle modificazioni ambientali. (Di Bernardino, 2014)

In questi periodi il cervello del bambino affronta le richieste ambientali adattandosi alle condizioni in cui è nato mentre, se questi periodi non sono adeguatamente sfruttati, le modificazioni che ne derivano non possono essere più compensate successivamente (Kennard, 1938).

Studi effettuati su soggetti utilizzatori di impianto cocleare sono giunti a definire che il periodo sensibile per lo sviluppo delle vie uditive oltre il quale il ripristino della stimolazione uditiva non è più efficace, si colloca entro i primi tre anni di vita (Niparko, 2010). Se la deprivazione uditiva va oltre questo periodo di massima plasticità, lo sviluppo del tronco encefalico si arresta e le vie talamo-corticali sono coinvolte nella valutazione di altre sensorialità.

A livello corticale, l'assenza di informazione uditiva non permette lo sviluppo regolare delle aree cerebrali uditive primarie mentre le aree associative, deputate alle connessioni per il processamento uditivo e per il linguaggio, non stimolate diventano sensibili a

stimoli visivi per effetto della plasticità attività-dipendente o cross-modal plasticity. (Nishimira, 2001)

È ormai dimostrato, infatti, che la deprivazione uditiva entro i primi 2 anni di vita determina una vera e propria alterazione dello sviluppo della corteccia uditiva e del sistema uditivo centrale con conseguenze drastiche dal punto di vista dello sviluppo e della comprensione del linguaggio, nonché sulla sfera cognitiva, emotivo-affettiva e sociale del bambino.

Da qui si evince la fondamentale importanza della diagnosi precoce, unico modo per identificare precocemente il problema e intervenire tempestivamente in modo da ridurre al minimo e, in alcuni casi, annullare i gravi effetti che il deficit uditivo può determinare.



## **Capitolo II. Lo Screening Uditivo Neonatale**

### **2.1. Cenni storici e linee guida internazionali**

L'obiettivo dello screening universale infantile è individuare, in una popolazione considerata sana, malattie non evidenti che possano causare disabilità significative, per le quali sia possibile un trattamento precoce ed efficace. Lo screening uditivo neonatale, basato sulla prevenzione secondaria, mira a identificare i neonati con ipoacusia permanente importante (Denoyelle F. et al., 2021). Il Joint Committee on Infant Hearing (JCIH) sostiene lo screening uditivo neonatale universale per massimizzare le competenze comunicative dei bambini con ipoacusia profonda. Questo screening valuta oggettivamente l'udito di tutti i neonati, identificando i casi di ipoacusia entro i primi tre mesi di vita e intervenendo entro i sei mesi.

Il JCIH definisce il deficit uditivo come una perdita permanente mono o bilaterale, neurosensoriale o trasmissiva, superiore a 30-40 dB nelle frequenze del parlato (500-4000 Hz) (Joint Committee on Infant Hearing, 2007). Questa condizione rappresenta un'ipoacusia congenita significativa, che ostacola lo sviluppo del linguaggio. Senza screening, un deficit uditivo moderato-severo può essere rilevato solo tra il primo e il secondo anno di vita, mentre uno di minore entità solo in età scolare (National Institutes of Health, 1993; Stein et al., 1990; Gustason et al., 1989; Ross, 1990). Inoltre, poiché solo il 50% dei bambini ipoacusici presenta fattori predisponenti, limitare lo screening alla popolazione a rischio significherebbe non individuare circa la metà dei casi di deficit uditivo (Mehl et al., 1998).

Nel 1993, l'Istituto Americano per la Salute Pubblica ha riconosciuto il ritardo nella diagnosi di ipoacusia come un problema significativo per il sistema sanitario degli Stati Uniti, raccomandando lo screening uditivo neonatale universale (UNHS: Universal Newborn Hearing Screening). Nel 1999, l'Accademia Americana di Pediatria ha istituito una task force sull'udito dei neonati e dei bambini, che ha riconosciuto la necessità dello screening uditivo neonatale e ha definito le relative linee guida. Da allora, altre associazioni mediche americane, canadesi, australiane e britanniche hanno evidenziato l'importanza della diagnosi e dell'intervento precoce per la sordità infantile. Oggi, quasi tutti i bambini nati negli Stati Uniti e in Canada vengono sottoposti a una valutazione uditiva alla nascita.

In Europa, paesi come Gran Bretagna, Olanda, Danimarca, Polonia e Germania hanno istituito programmi nazionali di screening uditivo universale. In Italia, non esiste una legislazione specifica che promuova lo screening uditivo neonatale. Le linee guida dell'Accademia Americana di Pediatria (Joint Committee on Infant Hearing, 2007) prevedono uno screening universale, mirato a identificare deficit uditivi superiori a 35 dB, utilizzando emissioni otoacustiche evocate con stimolo transiente, eventualmente in combinazione con i potenziali evocati uditivi del tronco. Secondo il JCIH, i neonati positivi allo screening devono essere sottoposti a ulteriori esami per una diagnosi entro i primi 3 mesi di vita e iniziare un trattamento entro i 6 mesi. I neonati negativi ma con fattori di rischio devono essere monitorati per la funzionalità uditiva e lo sviluppo del linguaggio (Zeng et al., 2022).

I fattori di rischio per l'ipoacusia identificati dal JCIH includono:

1. Storia familiare di ipoacusia neurosensoriale infantile.
2. Ricovero in terapia intensiva neonatale per almeno 5 giorni o trattamenti specifici come ECMO, ventilazione assistita, farmaci ototossici, o iperbilirubinemia richiedente exanguinotrasfusione.
3. Sindromi associate a ipoacusia neurosensoriale o trasmissiva permanente.
4. Anomalie cranio-facciali, incluse malformazioni dell'orecchio esterno o medio.
5. Infezioni prenatali come sifilide o infezioni del complesso TORCH.

Nei primi anni del programma di screening, il tasso di errore era tra il 2% e il 4%, ma ora, grazie ai miglioramenti tecnologici, i migliori centri riportano una percentuale di errore dello 0,5% (Morton et al., 2006). Grazie allo screening uditivo, l'età media della diagnosi è scesa a 2-3 mesi (Harrison et al., 2003).

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (Anderman, 2008), i criteri minimi per giustificare un programma di screening universale includono alta prevalenza e gravità della patologia, disponibilità di un test di screening appropriato, attrezzature adeguate, trattamento efficace e beneficio clinico dimostrato di un intervento precoce. Lo screening per la sordità infantile soddisfa questi criteri, poiché il Deficit Uditivo Permanente Infantile (DUPI) è una condizione seria che colpisce 1-3 neonati su 1000, salendo al 4-5% nei neonati con fattori di rischio o ricoverati in terapia intensiva neonatale.

Interventi riabilitativi precoci sono cruciali per migliorare la qualità di vita a lungo termine dei bambini con ipoacusia. In confronto ad altre condizioni cliniche come

l'ipotiroidismo e la fenilchetonuria, l'ipoacusia infantile è molto più comune e rilevante per la salute individuale e i costi economici e sociali associati. I metodi attuali per l'identificazione del DUPI nei neonati sono ora una pratica clinica consolidata, con un alto grado di efficacia e un basso tasso di falsi positivi nei programmi ben controllati.

Lo screening uditivo neonatale è più efficace e meno costoso rispetto allo screening comportamentale a 7-9 mesi (BOEL test). Limitare lo screening ai neonati con fattori di rischio riduce i costi ma non identifica oltre il 40-50% dei casi. Pertanto, uno screening uditivo universale è più efficiente (Neumann et al., 2022).

Anche se lo screening neonatale non rileva perdite uditive acquisite o progressive successive, che costituiscono circa il 30% dei casi di deficit uditivo infantile, questi possono essere identificati con programmi di sorveglianza audiologica paralleli. I rischi dello screening neonatale includono ansia nei genitori a causa di falsi positivi e possibili ritardi diagnostici per falsi negativi, ma tali rischi sono accettabili (Edmond et al., 2022).

Lo screening uditivo neonatale dovrebbe essere parte di un programma di riabilitazione completo per i bambini con deficit uditivo, comprendente diagnosi, accertamento e trattamento riabilitativo. Un sistema di controllo di qualità è essenziale, inclusi il training del personale e il controllo dei risultati. È inoltre necessario un sistema informatizzato per la raccolta e valutazione dei dati (Kamenov et al., 2020).

Infine, affinché un programma di screening uditivo neonatale sia efficace, è necessario esaminare almeno il 95% dei neonati, mantenere i falsi positivi sotto il 3% e i falsi negativi a zero, e garantire che non più del 5% dei neonati venga perso al follow-up.

## **2.2. Esami e strumenti per lo Screening Uditivo Neonatale**

### **2.2.1. Otoemissioni acustiche**

Per otoemissioni acustiche, o echi cocleari, si intendono segnali acustici registrabili nel meato acustico esterno che possono essere spontanee (SOAEs), evocate da stimoli transienti (TEOAEs) e prodotti di distorsione (DPOAEs).

Esse non sono dovute come i potenziali evocati, ad attività bioelettrica ma alle proprietà idrodinamiche e meccaniche della coclea. In particolare, le otoemissioni acustiche evocate sembrano essere emesse dall'insieme dei meccanismi legati all'elettromotricità delle cellule cigliate esterne che sono in grado di contrarsi amplificando il movimento

della membrana basilare e sono responsabili della selettività in frequenza della coclea (Bharathi et al., 2023). Presentano come caratteristica quella di ridursi in ampiezza in presenza di stimolazioni controlaterali (effetto Collet), per la verosimile modulazione esercitata sull'attività delle cellule cigliate esterne dal fascio olivo cocleare efferente. Le otoemissioni acustiche rappresentano l'energia originata a livello delle cellule cigliate esterne, trasmessa dall'orecchio interno, attraverso la catena ossiculare e la membrana timpanica, nel condotto uditivo esterno, dove possono essere registrate da un microfono. Sono espressioni, pertanto, della funzionalità cocleare (Young et al., 2023).

Le otoemissioni acustiche spontanee sono segnali di bassa intensità, misurati nel condotto uditivo esterno in assenza di uno stimolo inviato. Anche se l'esatto meccanismo responsabile della genesi delle SOAEs non è noto, esse sembrano provenire dall'attività non lineare delle cellule cigliate esterne che si trovano in prossimità delle frequenze della SOAEs ed indicherebbero una particolare sensibilità della coclea a livello a livello della frequenza di emissione delle SOAE.

L'utilizzazione clinica delle otoemissioni spontanee è limitata dal fatto che esse non sono registrabili in tutti gli orecchi normali e la loro fisiopatologia non è del tutto ancora chiarita.

Le otoemissioni acustiche evocate da transienti (TEOAEs) sono segnali acustici registrabili nel condotto uditivo esterno che compaiono 5 ms dopo l'invio di una serie di clicks e che presentano una durata di oltre 10 ms. Sono riscontrabili nel 98-100% dei soggetti adulti normoacusici e con soglia audiometrica uguale od inferiore a 30- 40 dB HL.

Le TEOAEs vengono registrate con una sonda inserita a perfetta tenuta nel meato acustico esterno e nella quale sono contenuti un trasduttore e un microfono. Per ottenere le TEOAE si impiegano clicks o tone burst. Attraverso il trasduttore vengono inviati degli impulsi della durata di 80 msec, con una ripetitività di 50 stimoli/sec e con un'intensità di 80-83 db SPL picco equivalente. La modalità di stimolazione è di tipo differenziale non lineare in cui un treno di stimoli è costituito da tre impulsi in compressione di uguale ampiezza seguiti da un impulso in rarefazione di intensità tripla rispetto ai precedenti. Il numero

totale degli stimoli inviati viene calcolato considerando che il campione utilizzato è costituito da 2 treni di 4 clicks che vengono rappresentati in due tracce A e B.

La finestra di analisi è di 2,5-20 ms. Il segnale viene quindi estratto dal segnale di fondo con un averager amplificato, attraverso un preamplificatore ed un amplificatore biologico, e viene quindi registrato su di un plotter.

I principali parametri delle otoemissioni evocate da transienti sono:

- presenza/assenza della risposta;
- la riproducibilità, ovvero l'indice di correlazione ottenuto dalla media dei campioni;
- la soglia;
- l'ampiezza;
- lo spettro della risposta espressa in intensità (dB SPL) e frequenza.

Le TEOAE non vengono evocate da transienti in presenza di ipoacusie superiori a 30-40 dB HL ed in presenza di patologie dell'orecchio medio; pertanto non danno informazioni sul tipo o sul livello di ipoacusia, ma rappresentano, in sostanza, un indice di normalità delle cellule cigliate esterne.

Le TEOAE rappresentano, oggi, il test di scelta per lo screening audiologico, in particolare per quello neonatale universale, per il suo basso costo, per la scarsa invasività e rapidità di esecuzione. Nel neonato, inoltre, l'ampiezza delle risposte sono superiori a quelle dell'adulto e pertanto assai ben valutabili.

Per la corretta registrazione delle TEOAEs si richiede una discreta abilità nel superare alcuni problemi tecnici quale il corretto posizionamento della sonda, non sempre agevole nei neonati, la detersione del condotto uditivo esterno, che nei neonati è spesso ostruito, il rumore ambientale che può mascherare la risposta.

Inoltre si ha una scarsa specificità frequenziale legata allo stimolo utilizzato, il click, che possiede una frequenza compresa all'incirca tra 1000 e 3000 Hz.

Le otoemissioni acustiche evocate da prodotti di distorsione (DPOAEs) sono una risposta di intermodulazione-distorsione prodotta dall'orecchio interno in risposta a due stimoli (toni primari) inviati simultaneamente. Per convenzione, il tono primario di bassa frequenza è indicato come f1 primario con intensità L1, mentre il tono di più alta frequenza è indicato come f2 primario di L2 intensità. L'equazione che abitualmente viene adoperata per rappresentare il fenomeno di distorsione è  $2f_1-f_2$ .



La seconda modalità di rappresentazione è la funzione di accrescimento o di input/output, nella quale vengono mantenuti a valori fissi le frequenze dei toni primari e la ratio, andando a provocare la genesi dei prodotti di distorsione con intensità decrescente tra 75 e 25 dB SPL.

Infine, può essere rappresentata la funzione di latenza, che ha però scarso significato se considerato separatamente agli altri parametri.

I DPOAE vengono impiegati nello screening neonatale con le stesse modalità e con gli stessi limiti delle TEOAE ma con il vantaggio di una migliore specificità frequenziale.

### **2.2.2. I potenziali evocati uditivi del tronco encefalico**

I potenziali evocati uditivi (*Evoked Response Audiometry* – E.R.A.) sono esami che studiano le risposte del sistema nervoso centrale ad uno stimolo acustico, analizzando le vie nervose che, dalla periferia, portano le informazioni verso la corteccia uditiva. Il segnale ottenuto è costituito da onde e, in base alla latenza di queste, si possono distinguere tre tipi di potenziali evocati: entro i primi 10 millisecondi sono detti precoci, tra i 10 ed i 50 millisecondi a latenza media e tra i 50 e gli 80 millisecondi sono detti tardivi (Motoyama et al., 2023).

I potenziali evocati utilizzati nello *screening* audiologico sono quelli precoci in quanto studiano la via uditiva fino all'angolo ponto-cerebellare; più ci si avvicina alla corteccia uditiva e più il segnale elettrico derivante dall'informazione acustica si confonde con gli impulsi elettrici delle altre attività corticali e sottocorticali; diventerebbe dunque troppo complesso estrapolare solo i dati elettrici di interesse audiologico.

L'ABR (*Automated Auditory Brainstem Response*) si compone di un tracciato di 7 onde polifasiche a vertice positivo che si sviluppano nei primi 10 millisecondi dall'invio dei suoni. La loro latenza è inversamente proporzionale all'intensità dello stimolo. Le onde più stabili sono la I, la III ed in particolare la V, la più ampia e che scompare per ultima nel tracciato. Ogni onda corrisponde ad una porzione anatomica (Eggermont Jos J. et al., 2007):

- onda I: corrisponde alla porzione distale del nervo acustico;
- onda II: corrisponde alla porzione prossimale del nervo acustico;

- onda III: con essa si arriva nel tronco dell'encefalo (bulbo), in particolare nei nuclei cocleari e al complesso olivare superiore;
- onda IV: molto spesso è incostante e si unisce alla V onda, si parla infatti di complesso IV-V. Corrisponde al tracciato elettrico del lemnisco laterale;
- onda V: corrisponde ai collicoli inferiori, nel mesencefalo;
- onda VI: corrisponde al corpo genicolato mediale, onda più instabile;
- onda VII: corrisponde con le radiazioni acustiche talamo corticali ed è anch'essa piuttosto instabile.

L'esame viene condotto con il paziente in posizione rilassata, sdraiato o seduto, e richiede l'applicazione di tre elettrodi superficiali dopo aver adeguatamente sgrassato la cute: l'elettrodo esplorante va posto al vertice, sulla fronte, mentre gli altri due vengono posizionati sulle mastoidi. L'elettrodo di riferimento va sulla mastoide dell'orecchio in esame e l'elettrodo di terra va sulla mastoide controlaterale (DeBonis David A. et al, 2007). Dopo aver posizionate gli elettrodi, si mettono le cuffie al paziente attraverso le quali viene mandato lo stimolo acustico caratterizzato da clicks ad un'intensità di 100 dB SPL (85 dB HL) e che copre il range di frequenze da 1 a 4 kHz.

Dopo l'invio dello stimolo, si registrano le varie risposte elettriche e si ottengono circa duemila risposte dalla cui sommatoria si ricava un unico tracciato. Per avere una maggiore attendibilità dell'esame, si ripete due volte così da poter sovrapporre i tracciati risultanti.

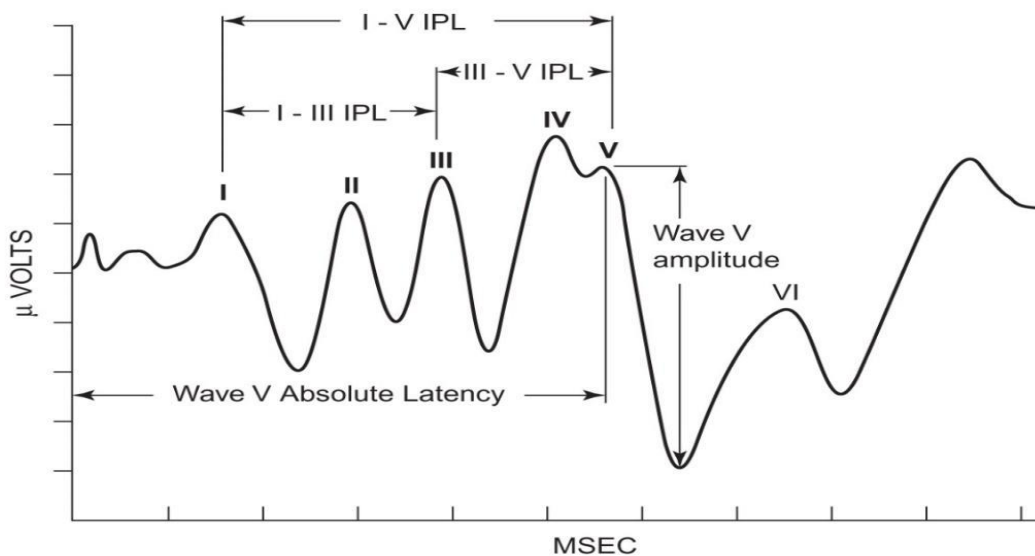


Figura 3. Il grafico di un ABR tipico in un adulto con una funzionalità uditiva normale. *Approach to the Patient with Hearing Loss, Neuropsych.com*



Il tracciato deve essere interpretato secondo tre parametri:

- le latenze assolute delle singole onde, quindi, gli intervalli di tempo;
- i valori di latenza interpicco (I.P.L.), tra la I-III, III-V, I-V;
- la differenza interaurale delle onde V (I.T.5), che in un paziente normoacusico è inferiore a 1 millisecondo.

Attraverso i parametri sopramenzionati è possibile distinguere tra ipoacusie trasmissive e neurosensoriali e, soprattutto, separare quelle da lesione cocleare da quelle da lesione retrococleare; un'ipoacusia trasmissiva presenterà un'ampiezza delle onde ridotta, poiché l'intensità dello stimolo viene attenuata dalla patologia dell'orecchio esterno e medio; le latenze assolute, invece, saranno aumentate, mentre gli interpicchi saranno normali. Un'ipoacusia neurosensoriale cocleare minore di 80-90 dB HL presenterà un grafico simile a quello di un normoudente ad intensità più elevate, mentre, se maggiore, presenterà un'assenza di risposte alle massime intensità di stimolazione. Un'ipoacusia neurosensoriale retrococleare avrà invece la latenza della V onda aumentata, insieme all'intervallo I-V, con possibilità di completa assenza della I onda.

Per lo screening neonatale sono utilizzati i potenziali evocati uditivi in versione automatica (AABR): essi inviano un click di intensità 35 dB nHL con frequenza di stimolo di 55 Hz, il segnale ottenuto viene poi amplificato e filtrato e i tracciati sono analizzati automaticamente dall'apparecchio.

Anche in questo caso PASS identifica un corretto superamento dell'esame, mentre REFER indica il mancato superamento.

L'AABR si esegue in presenza di uno o più fattori di rischio per ipoacusia e come esame di II livello quando si ottiene REFER al retest di TEOAE; richiede rispetto alle TEOAE un tempo maggiore di esecuzione e analisi e può essere eseguito da personale specializzato, ma necessita della refertazione da parte di uno specialista audiologo.

### 2.3. Livelli operativi di Screening e protocollo

Da un punto di vista generale, il successo di un programma di screening è una sfida di grande complessità: essa investe le capacità delle Regioni, dei professionisti, del sistema sanitario nel suo insieme e nella sua integrazione col territorio che si integra con la consapevolezza acquisita dai cittadini tramite la comunicazione della prevenzione; in questi scenari è cruciale l'organizzazione dei programmi di screening e l'individuazione del percorso con strumenti atti a garantire la valutazione (*Federici A., 2007*).

Lo screening audiologico universale, volto all'identificazione precoce dell'ipoacusia infantile, prevede un approccio diagnostico-assistenziale articolato su tre livelli di complessità che si svolge in centri adeguatamente attrezzati (*Martini et al, 2013*):

- 1. primo livello assistenziale:** è rappresentato da tutti i Punti nascita pubblici e privati, accreditati con l'SSN; anche nei Punti Nascita allocati in strutture private non accreditate dovrebbe essere comunque garantito lo screening audiologico dei neonati, in soluzione solvente o mediante specifiche convenzioni con enti pubblici;
- 2. secondo livello assistenziale:** è rappresentato dai Servizi di Audiologia e Foniatria, autonomi o aggregati alle Unità Operative di Otorinolaringoiatria dell'SSN;
- 3. terzo livello assistenziale:** è rappresentato dal Centro o dai centri di Riferimento Regionali.

Questa articolazione tradizionale non consente di distinguere adeguatamente i diversi livelli dello screening, che possono essere meglio rappresentati da un modello organizzativo *Hub & Spoke*, che prevede la costituzione di una rete i cui vari nodi, rappresentati dalle diverse articolazioni delle strutture sanitarie nelle quali viene effettuato lo screening audiologico, esprimono livelli di crescente intensità di assistenza e sono tra loro interconnessi. Il modello *Hub & Spoke* è un modello organizzativo che prevede la concentrazione delle attività sanitarie più complesse in un limitato numero di sedi *Hub* (centri di eccellenza) e una serie di centri periferici *Spoke*, collegati in rete ai centri *Hub*.

Il sistema *Hub & Spoke* parte, dunque, dall'assunto secondo il quale il percorso diagnostico-assistenziale ha raggiunto un tale livello di complessità per cui è necessario disporre di elevate competenze specialistiche ed apparecchiature specifiche.

Entrambi questi fattori possono essere assicurati solo in alcuni presidi e non in modo diffuso su tutto il territorio nazionale: nello specifico, con il termine “*Hub*” si fa riferimento ai centri “specializzati”, mentre “*Spoke*” sono le strutture dedicate alla prima diagnosi in quanto non adeguate ad affrontare livelli di complessità maggiori. Il modello *Hub & Spoke* applicato allo screening audiologico è descritto brevemente in seguito.

### **2.3.1. I livello di screening**

Il primo livello di screening su tutti i neonati avviene nei centri *Spoke* che includono i punti nascita pubblici e privati, accreditati, e i reparti di Terapia Intensiva Neonatale. Anche in caso di parto programmato a domicilio deve essere garantita l’esecuzione del test di screening, pertanto l’organizzazione dello screening audiologico presso il punto nascita di riferimento è a carico del professionista che ha praticato l’assistenza al parto. Attualmente esistono diversi protocolli per il primo livello dello screening uditivo la cui scelta è influenzata da molteplici fattori quali:

- l’età dei neonati;
- il tipo di popolazione che deve effettuare lo screening: neonati dei nidi, delle patologie neonatali o delle terapie intensive;
- il personale sanitario specificatamente formato che deve eseguire lo screening;
- la numerosità della popolazione da valutare;
- il tempo a disposizione per eseguire i test;
- i costi della strumentazione e del personale;
- la conformazione geografica dell’area nella quale si svilupperà lo screening e la qualità dei collegamenti.

Per questo motivo il JCIH suggerisce che ogni nazione adotti il protocollo più opportuno in base alla propria organizzazione, alle decisioni governative e al budget a disposizione.

I diversi protocolli per il test di primo livello di screening sono i seguenti:

- a) I metodo: prevede l’esecuzione solo delle Otoemissioni Acustiche (OAE). Questo metodo viene utilizzato nello screening neonatale nella forma automatica e solo per i nati a termine sani e in assenza di fattori di rischio.

I vantaggi sono:

- la sua facilità di esecuzione anche per il personale non tecnico;

- il breve tempo di esecuzione;
- il suo costo, che è inferiore a quello dell'A-ABR (Berg et al., 2011).

A fronte di questi vantaggi, i limiti principali sono:

- l'impossibilità di individuare forme di neuropatia/dissincronia uditiva: in presenza di tale condizione patologica, infatti, il test può identificare dei falsi negativi, risultando *pass* (ovvero negativo) laddove dovrebbe risultare *refer* (ovvero positivo per problematica uditiva);
- le OAE possono essere ridotte o assenti in presenza di liquido amniotico o altro materiale nel condotto uditivo esterno, determinando un elevato tasso di falsi positivi ovvero casi che in realtà dovrebbero risultare negativi.

È ormai abitudine, a livello internazionale e nella maggioranza delle regioni italiane, prevedere due step con l'utilizzo di OAE del tipo test-retest nel modo seguente: il primo test viene somministrato dal personale del nido durante il ricovero e deve essere eseguito nei primi giorni di vita; il retest, che consiste nella ripetizione delle OAE, è previsto quando il neonato viene dimesso dal nido come *refer* in uno o entrambi gli orecchi. Deve essere eseguito entro le tre settimane successive al primo test presso lo stesso reparto di neonatologia.

Il retest è di fondamentale importanza perché rappresenta un'efficace procedura per abbattere in modo significativo la quota di falsi positivi che si ottengono con una sola somministrazione dell'esame.

Se da una parte la procedura di ripetizione del test provoca un maggior costo, dall'altra si ottengono un risparmio nei costi che si determinerebbero per gli approfondimenti collegati ai falsi positivi e una riduzione dei tempi di attesa necessari per giungere a una diagnosi definitiva, sempre dovuti ai falsi positivi.

Pertanto, questa procedura test-retest oltre a essere più efficace è anche più efficiente sotto il profilo costi-benefici della singola somministrazione.

- b) II metodo: come le OAE, anche questo test viene utilizzato nello screening nella forma automatica (A-ABR), prevedendo il protocollo a due step (test-retest). Rispetto al test precedente ha una sensibilità lievemente inferiore relativamente alla capacità di identificare le ipoacusie lievi. Inoltre, richiede un maggior tempo di esecuzione e un maggior costo per i dispositivi. Presenta però un duplice vantaggio nel ridurre:

- falsi negativi, grazie all'identificazione sia delle ipoacusie di origine neurale che in parte di origine cocleare;
- falsi positivi, in caso di presenza di liquido amniotico o altro materiale nel condotto uditivo esterno.

Anche con l'A-ABR resta la possibilità che si verifichino dei falsi positivi nel caso di neonati prematuri poiché la non completa maturazione del sistema neurologico può determinare alterazioni delle componenti del tracciato (Kalambe et al., 2022).

- c) III metodo: OAE in entrambi gli orecchi seguito da A-ABR, in uno o entrambi gli orecchi, solo quando il primo esame risulta *refer*. Sebbene questo processo di screening sequenziale richieda un po' più di tempo e abbia un costo più elevato, il principale vantaggio è dato dall'ulteriore riduzione nel numero di Refer rispetto all'uso di un protocollo con sole OAE o a-ABR, anche se previste con protocollo test-retest (Lin et al., 2005), e dall'identificazione di forme lievi (White KR et al., 2005). Ormai non è più indispensabile l'uso di una doppia strumentazione essendo disponibile un unico strumento automatico che consente di effettuare entrambi i test. Resta la necessità di dover formare il personale per l'esecuzione di due test invece di uno.
- d) IV metodo: contemporaneo utilizzo al primo step sia di A-ABR che di OAE in entrambe le orecchie. Rispetto al metodo precedente, l'utilizzo contemporaneo di entrambi i test consente di individuare anche i neonati *pass* al test OAE che sono invece affetti da patologia retrococleare. Si tratta quindi di falsi negativi che non sarebbero stati sottoposti all'A-ABR, ovvero al test in grado di identificare questi casi positivi. Pertanto, si può ritenere utile il tempo aggiuntivo impiegato per la somministrazione di entrambi i test.

Come è già stato sottolineato il JCIH lascia liberi gli Stati di iniziare lo screening con uno qualunque di questi metodi: questo perché, sebbene la prevenzione sia ritenuta una priorità sanitaria, le risorse disponibili in ciascuna realtà non permettono sempre di sostenere i costi del percorso più completo con l'effettuazione di entrambi i test, che resta la procedura raccomandata. Infatti, i risultati della letteratura internazionale hanno dimostrato la superiorità dei metodi 3-4: la combinazione dei due test rispetto alle sole

OAE ha dimostrato una significativa riduzione del tasso di *refer*, dal 5,8% all'1,8% (Verkleij et al., 2021; Shang et al., 2016). L'uso combinato dei due test è particolarmente importante per le Terapie intensive neonatali; un recente studio in Italia nelle sole TIN ha dimostrato che il mancato uso della doppia tecnologia determina tassi di Refer del 9,3%, ben superiore agli standard qualitativi di riferimento (<4%) (Bubbico et al., 2021).

La raccomandazione è pertanto quella di eseguire entrambi i test con uno dei metodi 3 e 4 (meglio quest'ultimo) a partire dai reparti di Patologia Neonatale e di Terapia intensiva neonatale, per proseguire in tutti i Punti nascita.

Indipendentemente dal metodo adottato, l'avvenuta esecuzione del test di primo livello dello screening deve essere registrata nella cartella clinica e nella lettera di dimissione del neonato, che dovranno riferire:

- metodo di procedura;
- esito *pass* o *refer* per ciascun lato;
- eventuale presenza di fattori di rischio audiologico.

### **2.3.2. Il livello di screening**

Una volta terminato il primo livello di screening, il percorso diagnostico continua prevedendo diverse alternative a seconda dell'esito ma anche di altri fattori.

- a) Neonati negativi (*pass*) al primo livello: i neonati risultati *pass*, se non hanno ulteriori indicazioni, escono dal percorso di screening e vengono inviati alla sorveglianza da parte del Pediatra di libera scelta; se, invece, nonostante l'esito *pass* sono stati individuati specifici fattori di rischio per ipoacusia vengono inviati a un Centro Hub per effettuare uno specifico follow-up audiologico in relazione al fattore di rischio cui risultano esposti;
- b) neonati positivi (*refer*) al primo livello: i neonati positivi vengono inviati a un Centro Hub per gli accertamenti audiologici successivi (Lin et al., 2007); inoltre, prima del trasferimento, il medico neonatologo o pediatra esegue, entro 2-3 settimane di vita, il test per la ricerca del CMV (ricerca CMV-DNA su saliva o urine) per l'identificazione di una eventuale infezione congenita.

I neonati che accedono all'Hub per un risultato *refer* o con risultato *pass* in presenza di fattori di rischio vengono sottoposti ad accertamenti per la conferma del risultato. Questa deve avvenire di norma entro il secondo mese di vita (JCIH, 2019) da parte di un Otorinolaringoiatra o un Audiologo.

A tal fine i test raccomandati, secondo le necessità dei singoli casi sono:

- visita clinica iniziale per la definizione dell'iter diagnostico;
- OAE e ABR automatico o diagnostico;
- impedenzometria (timpanometria con studio dei riflessi cocleo-stapediali);
- consulenza genetica;
- eventuali ulteriori approfondimenti clinici mediante il coinvolgimento di équipe multidisciplinari e visita clinica conclusiva, per la conferma della diagnosi eziologica dell'ipoacusia.

### **2.3.3. III livello di screening**

Completata la fase di inquadramento diagnostico prosegue, sempre nel Centro Hub, l'intervento terapeutico specifico per il bambino. In questa fase si valuta un'eventuale protesizzazione acustica personalizzata o intervento per un impianto cocleare ed i conseguenti interventi abilitativi multidisciplinari relativi agli aspetti comunicativi e linguistici.

La disomogeneità nelle procedure di screening ancora esistente tra le varie regioni italiane, che certamente necessita di indicazioni specifiche, coerenti e condivise, ha favorito in alcune realtà locali la formazione di un livello diagnostico intermedio tra il II e il III livello. In questo livello intermedio, l'eterogeneità delle figure professionali coinvolte e la variabilità delle attrezzature disponibili (OAE automatiche o diagnostiche, ABR automatici o diagnostici, impedenzometria, ecc.), può determinare la replicazione dei test eseguiti al I livello, oppure un approfondimento diagnostico parziale che non garantisce il pervenire alla diagnosi definitiva.

Questa condizione ha da un lato permesso di colmare alcune lacune nel percorso di screening, non rispettando però i timing qualitativi internazionali, dall'altro presenta lo svantaggio di ritardare l'identificazione e il trattamento dei casi di ipoacusia e non esclude la possibile dispersione dei neonati Refer (JCIH, 2019).

Le Figure 1 e 2 riportano le procedure di screening per i neonati senza e con fattori di rischio per ipoacusia a esordio tardivo o progressiva.

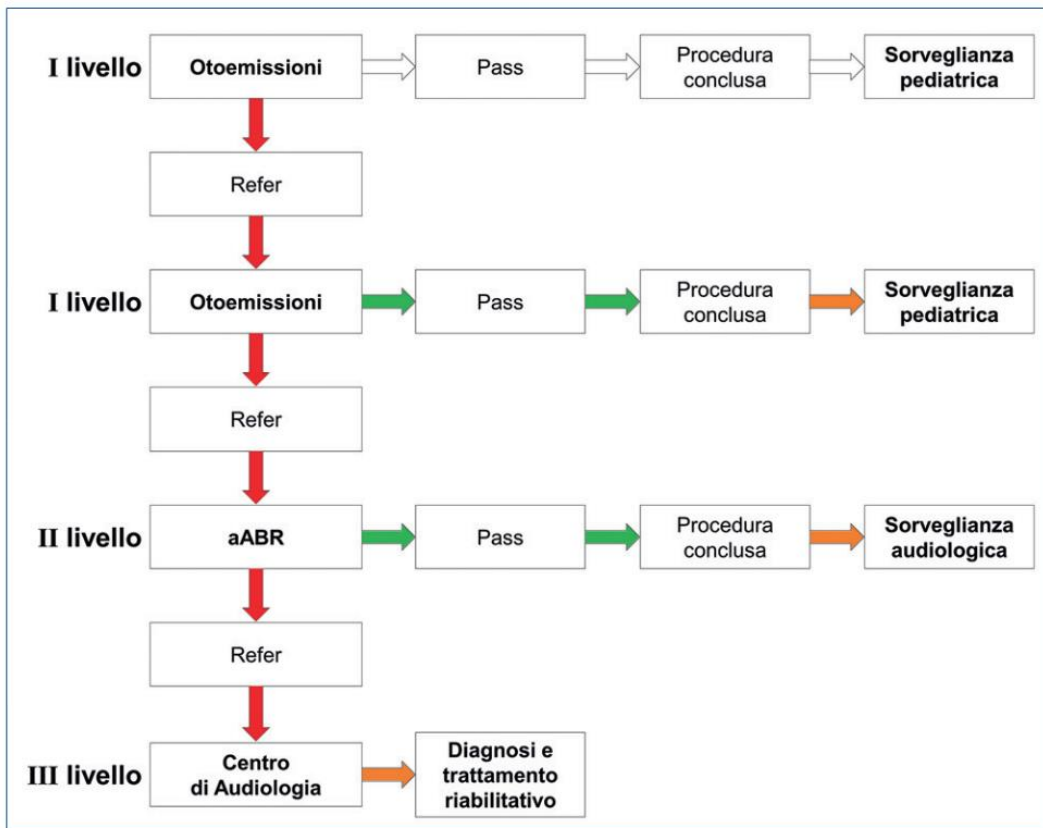


Figura 4. Percorso di screening audiologico dei neonati senza fattori di rischio. Tratto da *Screening uditivo neonatale e impianti cocleari* (Zanetti D. et al, 2021)

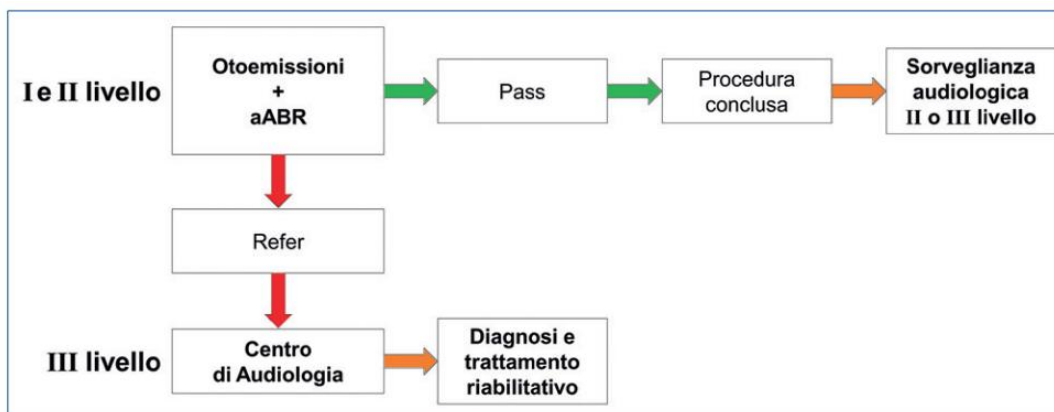


Figura 5. Percorso di screening audiologico dei neonati con fattori di rischio. Tratto da *Screening uditivo neonatale e impianti cocleari* (Zanetti D. et al, 2021)



## 2.4. I costi dello screening uditivo neonatale

L'analisi dei costi riguarda un modello di screening universale effettuato nei punti nascita, utilizzando la registrazione delle otoemissioni e prevedendo un re-test nel 4% dei casi entro la dimissione o nelle prime 2-3 settimane di vita, dopo che il personale infermieristico ha completato l'addestramento.

- a. Il costo medio di un dispositivo per lo screening con otoemissioni è di 5000 € IVA inclusa (con prezzi che variano tra 3800 e 4600 €).
- b. Il costo per la formazione del personale (inclusi esecutori dello screening e gestori dei dati per 5-6 ore) è di 1000 €.

Il totale dei costi iniziali (A+B) ammonta a 6000 €, con un ammortamento in 5 anni che implica una spesa annuale di 1200 €.

I costi operativi includono le spese per il personale, i materiali, la manutenzione e la gestione dei dati, oltre ai costi di re-screening per i soggetti risultati refer al primo test e quelli per la formazione continua del personale:

- a. il tempo medio per registrare le otoemissioni in entrambe le orecchie di un neonato è di 4-5 minuti. Tenendo conto delle manovre di preparazione e dei tempi morti per condizioni ambientali acustiche favorevoli, il tempo medio stimato è di 10-12 minuti. Con un costo orario lordo per un professionista sanitario (che sia infermiere, ostetrico o tecnico audiometrista) di circa 13 €, il costo per bambino è di 2,5 €;
- b. il costo del materiale di consumo (sonde) è, circa, di 0,5 € per caso;
- c. i costi del personale per la gestione dei dati (immissione del dato, richiamo dei “refer” e invio per ABR con appuntamento) che, stimando un tempo medio di 5 minuti per caso e un costo orario lordo di 13 €, si aggira intorno a 1 € per caso. I costi di cancelleria-telefono sono di circa 1 € per caso.

Il totale dei costi operativi (A+B+C=2,5+0,5+2,0) è di 5 € per bambino.

In diversi studi, la spesa prevista per lo screening uditivo per individuo varia da 14 a 25 €, comprendendo i costi di formazione e gestione. In Italia, il costo complessivo stimato per le procedure di I livello è di 13,32 €.

Sebbene sia possibile stimare teoricamente i costi dello screening, il costo reale dipende da vari fattori, come la qualifica del personale, il tipo di apparecchiature utilizzate, le caratteristiche del punto nascita (numero dei nati, presenza di NICU, ecc.) e i risultati effettivamente ottenuti, come il numero di neonati che non hanno superato lo screening (refer), i soggetti persi al follow-up e la percentuale della popolazione sottoposta allo screening.

I soggetti che non hanno superato lo screening devono essere inviati a un secondo livello per eseguire gli ABR soglia, che devono essere effettuati da personale specializzato sotto la supervisione di uno specialista audiologo. Questa procedura deve essere completata entro i tre mesi di età; stimando che i soggetti refer siano il 4%, circa 40 per mille nati dovranno eseguire gli ABR (di cui 1-1,5 casi con conferma di ipoacusia). Con un costo tariffario di ciascun ABR diagnostico infantile pari a 35 €, il costo complessivo di questa fase è di 1400 €. Questi costi non sono aggiuntivi, ma una razionalizzazione di quelli attuali. Considerando una prevalenza delle ipoacusie congenite attorno all'1-1,5% e un tasso di refer ideale del 1,5%, il costo complessivo dello screening è di circa 17000 € per ogni bambino diagnosticato sordo entro i primi sei mesi di vita. Questa cifra aumenta considerevolmente se il tasso di refer supera il 5%. La qualità della preparazione del personale di I livello influisce significativamente sul costo complessivo della diagnosi dell'ipoacusia infantile.

I costi successivi alla diagnosi (protesizzazione, follow-up) rimangono invariati; tuttavia, si registra una riduzione dei costi di riabilitazione poiché, anche se questa viene anticipata, richiede meno spese nel tempo grazie al miglior risultato dell'intervento precoce sullo sviluppo del linguaggio.

Una ricerca dell'Istituto Italiano di Medicina Sociale ha dimostrato che i costi sociali della sordità prelinguale profonda per singolo alunno delle scuole materne e elementari nel 2003, per il solo sostegno scolastico, erano di circa 19000 €, mentre per le scuole medie di I e II grado erano circa 14000 € all'anno. Nel 2002/2003, gli alunni con handicap uditivo in Italia erano 5851, con una spesa annuale complessiva di 99.945.887 €. A questi si aggiungono i costi per l'istruzione logopedica e i costi previdenziali successivi. Pertanto, lo screening neonatale della sordità congenita, associato a una diagnosi corretta e a una terapia appropriata, è considerato a livello internazionale un intervento sanitario con uno dei migliori rapporti costi/benefici (Bubbico et al., 2013).

## **Capitolo III. Figure Professionali a confronto nello Screening Uditivo Neonatale: impatto sull'esecuzione e sui risultati**

### **3.1. Scopo e ipotesi**

Lo screening uditivo neonatale è fondamentale per la diagnosi precoce dell'ipoacusia, consentendo interventi tempestivi per migliorare lo sviluppo linguistico dei bambini affetti. Tuttavia, la qualifica professionale del personale che esegue lo screening può influenzare la precisione dei risultati, in particolare il tasso di falsi positivi, con un impatto sui costi complessivi del sistema.

Al fine di ottenere una comprensione più ampia delle pratiche adottate negli ospedali italiani per lo screening uditivo neonatale è stato somministrato un questionario, visionabile nella sezione Allegati, a diversi ospedali distribuiti su tutto il territorio nazionale. Il questionario aveva l'obiettivo di raccogliere informazioni riguardanti le figure professionali coinvolte nell'esecuzione del test di primo livello dello screening, i test utilizzati nei neonati a termine senza fattori di rischio (*wellbaby*) e quelli con fattori di rischio, oltre alle procedure adottate nel caso di risultati *refer* al primo livello.

Parallelamente alla distribuzione del questionario, è stato condotto uno studio retrospettivo multicentrico che si propone di confrontare i risultati dello screening uditivo neonatale eseguito da infermieri rispetto ai tecnici audiometristi. Lo studio è stato condotto su due ospedali italiani con protocolli identici, ma personale differente: l'Ospedale San Bortolo di Vicenza (infermieri) e il Policlinico Sant'Orsola di Bologna (tecnici audiometristi). L'obiettivo è verificare se vi siano differenze significative nei tassi di falsi positivi e nelle conseguenze economiche legate a tali differenze.

Non è stato necessario il consenso del comitato etico delle Aziende Sanitarie di riferimento in quanto si tratta di uno studio retrospettivo.

### **3.2. Materiali e metodi**

#### **3.2.1. Partecipanti**

Per il seguente studio sono stati presi in considerazione i nuovi nati nel 2023 presso gli Ospedali San Bortolo di Vicenza e Sant'Orsola di Bologna. I nati presso la Sala Parto

dell'U.O. di Ostetricia dell'Ospedale di Vicenza sono stati 2291, mentre quelli dell'Ospedale Sant'Orsola sono stati 2347. Di questi neonati, sono stati considerati solo quelli risultati *refer* al I livello o con fattori di rischio per ipoacusia, ovvero 364 a al San Bortolo e 395 al Sant'Orsola.

Per ciascun neonato sono stati raccolti:

- il reparto di provenienza, se il nido o la Terapia Intensiva Neonatale (TIN);
- i risultati dei test di I livello, se *pass*, *refer* o non eseguito;
- i risultati dei test di II livello, se soglia alterata o normale;

### **3.2.2. Strumenti e procedure**

Negli ospedali presi in considerazione per lo screening di primo livello vengono utilizzate le Otoemissioni Acustiche Evocate da Transienti (TEOAE) e l'Automated Auditory Brainstem Response (A-ABR). Le TEOAE vengono impiegate per valutare la funzionalità delle cellule ciliate esterne della coclea, mentre l'A-ABR analizza le risposte del tronco encefalico a stimoli acustici. In caso di mancato superamento (*refer*) al retest con TEOAE e A-ABR, oppure in caso di fattori di rischio per ipoacusia, il neonato viene sottoposto a un secondo livello di esame, che prevede la versione clinica dell'ABR, non automatica, per la determinazione della soglia uditiva.

I dati raccolti dagli archivi sono stati ordinati e inseriti in appositi fogli di calcolo per la successiva fase di analisi.

### **3.2.3. Questionario sulle pratiche operative nello screening uditivo neonatale**

Per comprendere meglio le procedure adottate negli ospedali italiani per lo screening uditivo neonatale, è stato somministrato un questionario rivolto ai tecnici audiometristi operanti in ospedali di primo, secondo e terzo livello, distribuiti in diverse regioni. Il questionario è stato progettato utilizzando REDCap (*Research Electronic Data Capture*), una piattaforma progettata per la raccolta e gestione dei dati sensibili garantendo la riservatezza e l'anonimato dei partecipanti, in quanto i dati vengono criptati e conservati su server sicuri con accesso limitato e controllato. La policy sulla privacy di REDCap aderisce alle linee guida del GDPR (General Data Protection Regulation) e include

funzionalità per la gestione dei consensi informati e per il monitoraggio delle attività di accesso ai dati.

Il questionario è stato progettato per raccogliere informazioni dettagliate riguardo alle figure professionali impiegate nell'esecuzione dello screening di primo livello e sui test utilizzati per i neonati *wellbaby* e con fattori di rischio. Il questionario si articolava in sette domande:

1. *Regione di appartenenza* dell'ospedale in cui il partecipante lavora, al fine di garantire una rappresentazione geografica eterogenea;
2. *nome dell'ospedale* per identificare la struttura in cui è stato somministrato lo screening;
3. *livello della struttura*, se I, II, o III livello;
4. *figura professionale* incaricata dell'esecuzione del test di primo livello (Infermiere/a, Tecnico Audiometrista, Medico Pediatra, Medico Audiologo, Ostetrico/a, OSS);
5. *tipologia di test utilizzati nei neonati wellbaby*, dunque nati a termine senza fattori di rischio;
6. *tipologia di test utilizzati nei neonati con fattori di rischio*;
7. *procedure di secondo livello* nel caso di neonati con esito *refer* al primo livello o in presenza di fattori di rischio.

Il questionario è stato disponibile dal 25 giugno al 25 agosto 2024 e ha coinvolto 65 ospedali distribuiti in 17 regioni italiane, comprendenti strutture di primo, secondo e terzo livello. La diffusione è avvenuta principalmente attraverso canali informali, come app di messaggistica (WhatsApp e Telegram), ed è stata rivolta esclusivamente ai tecnici audiometristi, che sono stati invitati a partecipare tramite passaparola. Per agevolare la compilazione il questionario è stato reso accessibile tramite link diretto e QR code, permettendo ai partecipanti di completarlo facilmente anche da dispositivi mobili. Questo approccio ha consentito di raggiungere un'ampia varietà di operatori provenienti da strutture di differenti livelli e dimensioni in tutta Italia.

### 3.3. Risultati

#### 3.3.1. Descrizione delle Analisi Statistiche

La statistica descrittiva è stata riportata come percentuali (numeri assoluti) essendo le variabili interamente categoriche.

L'associazione tra figure professionali e *outcome* del primo, secondo livello e reparto di provenienza, così come l'associazione tra figure professionali e la variabile calcolata falsi positivi, sono state valutate utilizzando il test del Chi-quadrato, riportando come risultato il p-value.

Le analisi sono state effettuate utilizzando il software Jamovi, versione 2.3.28. Una volta importato il database è stato eseguito un controllo per verificare la corretta classificazione delle variabili categoriche nominali o ordinali.

#### 3.3.2. Statistica Descrittiva

##### Statistica descrittiva del questionario sullo Screening Uditivo Neonatale

La *Tabella 3* presenta la distribuzione delle risposte al questionario suddivise per Regione. Sono stati coinvolti 65 ospedali in 17 regioni, con una distribuzione non uniforme.

Regione	Frequenze	% del Totale
<b>Abruzzo</b>	2	3.1 %
<b>Calabria</b>	1	1.5 %
<b>Campania</b>	2	3.1 %
<b>Emilia-Romagna</b>	10	15.4 %
<b>Friuli Venezia Giulia</b>	1	1.5 %
<b>Lazio</b>	8	12.3 %
<b>Liguria</b>	1	1.5 %
<b>Lombardia</b>	8	12.3 %
<b>Marche</b>	3	4.6 %
<b>Piemonte</b>	5	7.7 %
<b>Puglia</b>	1	1.5 %
<b>Sardegna</b>	1	1.5 %
<b>Sicilia</b>	3	4.6 %
<b>Toscana</b>	5	7.7 %
<b>Trentino-Alto Adige</b>	5	7.7 %
<b>Umbria</b>	1	1.5 %
<b>Veneto</b>	8	12.3 %

Tabella 3. Distribuzione delle risposte al questionario suddivise per Regione.

La maggior parte delle risposte proviene dall'Emilia-Romagna con il 15.4% del totale (10 risposte), seguita da Lazio, Lombardia e Veneto (ognuna con il 12.3%, 8 risposte ciascuna). Le regioni che hanno partecipato meno includono la Calabria, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Puglia, Sardegna e Umbria, con un'unica risposta ciascuna (1.5%).

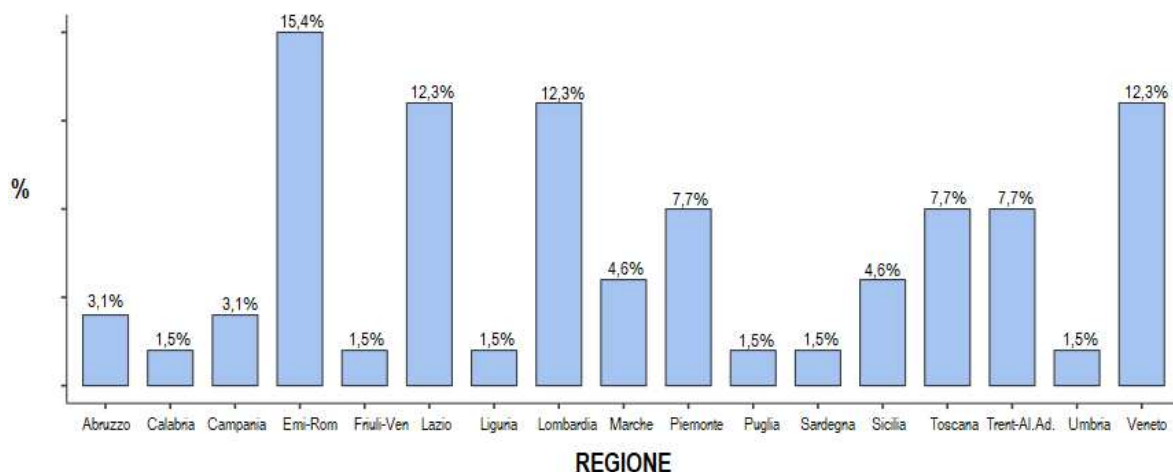


Grafico 1. Diagramma a barre che illustra la distribuzione delle risposte al questionario suddivise per Regione.

La *tabella 4* riporta la distribuzione degli ospedali partecipanti allo studio in base al loro livello (I, II o III livello). Gli ospedali di III livello rappresentano la maggioranza, costituendo il 46.2% del totale, seguiti dagli ospedali di II livello con il 33.8%. Gli ospedali di I livello costituiscono invece il 20% dei partecipanti. Questa distribuzione evidenzia un'ampia partecipazione di centri di alto livello, che tendono a gestire casi più complessi, tra cui neonati con fattori di rischio e screening di secondo livello, rispetto agli ospedali di I livello, che si occupano principalmente di screening di base nei wellbaby.

Livello dell'Ospedale	Frequenze	% del Totale
<b>I Livello</b>	13	20.0 %
<b>II Livello</b>	22	33.8 %
<b>III Livello</b>	30	46.2 %

Tabella 4. Distribuzione degli Ospedali suddivisi per livello di Screening Uditivo Neonatale.

La *Tabella 5* mostra la distribuzione della figura professionale impiegata per l'esecuzione del test di primo livello dello screening uditivo neonatale. La figura più rappresentata è quella dell'infermiere, con il 61.5% delle risposte (40 su 65), seguita dal tecnico audiometrista con il 29.2% (19 su 65). Le altre categorie professionali rappresentano una minoranza: l'ostetrico/a al 6.2%, l'OSS e il medico pediatra con solo l'1.5% ciascuno.

Figura Professionale	Frequenze	% del Totale
<b>Tecnico Audiometrista</b>	19	29.2 %
<b>Infermiere</b>	40	61.5 %
<b>Ostetrico</b>	4	6.2 %
<b>OSS</b>	1	1.5 %
<b>Medico Pediatra</b>	1	1.5 %

Tabella 5. Distribuzione della Figura Professionale impiegata nel primo livello di Screening Uditivo Neonatale.

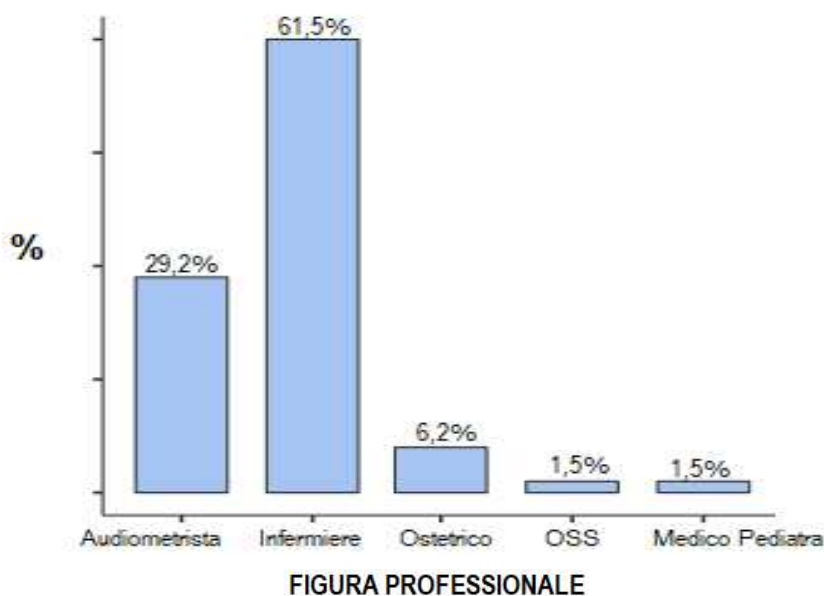


Grafico 2. Diagramma a barre che illustra la distribuzione delle Figure Professionali impiegati negli Ospedali che hanno partecipato al questionario.

La *tabella 6* mostra i test utilizzati per i bambini nati a termine senza fattori di rischio. Il 90.8% degli ospedali utilizza solo le OAE come test di screening, mentre solo il 9.2% utilizza un protocollo combinato di OAE e A-ABR.



I livello Wellbaby	Frequenze	% del Totale
<b>OAE</b>	59	90.8 %
<b>OAE+AABR</b>	6	9.2 %

Tabella 6. Test utilizzati per i neonati *wellbaby* nel I livello.

Per i neonati con fattori di rischio (*tabella 7*) la distribuzione dei test è più variegata. Il 53.8% degli ospedali utilizza sia OAE che A-ABR, mentre il 35.4% impiega solo OAE. Un 10.8% degli ospedali utilizza solo l'A-ABR. Questo risultato evidenzia che, in presenza di fattori di rischio, si tende ad impiegare un protocollo più completo che include anche l'A-ABR, data la maggiore probabilità di deficit uditivi.

I livello fattori di rischio	Frequenze	% del Totale
<b>OAE</b>	23	35.4 %
<b>OAE+AABR</b>	35	53.8 %
<b>AABR</b>	7	10.8 %

Tabella 7. Test utilizzati per i neonati con fattori di rischio nel I livello.

La *tabella 8* mostra la distribuzione dei test eseguiti nel secondo livello di screening uditivo neonatale. In questa analisi sono stati esclusi i centri di I livello che non effettuano l'ABR per soglia, pertanto la descrittiva è stata condotta su un totale di 52 ospedali di II e III livello. Considerando solo questi centri, il 44.2% degli ospedali ha utilizzato una combinazione di OAE e A-ABR, mentre il 13.5% ha eseguito esclusivamente l'A-ABR. Il restante 42.3% ha optato per l'esecuzione diretta dell'ABR per soglia.

II livello	Frequenze	% del Totale
<b>OAE+AABR</b>	23	44.2 %
<b>AABR</b>	7	13.5 %
<b>ABR soglia</b>	22	42.3 %

Tabella 8. Test utilizzati nel II livello.

### Statistica descrittiva delle figure professionali a confronto

Come mostrato in *tabella 9*, per valutare l'effetto della figura professionale sulla qualità e sui risultati dello screening uditivo neonatale, è stata condotta un'analisi descrittiva dei dati raccolti tra due gruppi: tecnici audiometristi (N = 364, 48%) e infermieri (N = 394, 52%). Di seguito vengono analizzate singolarmente le variabili:

- *reparto di provenienza*: la provenienza dei neonati dai reparti (nido e TIN) non mostra una differenza significativa indicando un campione omogeneo testato dalle due figure professionali. La maggior parte dei neonati proveniva dalla TIN in entrambi i gruppi (64% per i tecnici audiometristi e 61% per gli infermieri), mentre il restante proveniva dal nido (36% per i tecnici audiometristi e 39% per gli infermieri);
- *risultati del primo livello di screening*: la percentuale di neonati *pass* risulta essere maggiore quando il test viene effettuato dai tecnici audiometristi (61%) rispetto agli infermieri (51%). Inversamente, il numero di *refer* risulta essere più elevato nel gruppo degli infermieri (37%) rispetto ai tecnici audiometristi (32%). Inoltre, la percentuale di screening non eseguiti risulta essere più alta quando il primo livello è effettuato dagli infermieri (12%) rispetto ai tecnici audiometristi (7.4%);
- *risultati del secondo livello di screening*: nel secondo livello, che prevede la valutazione della soglia uditiva, la percentuale di neonati con soglia uditiva normale è significativamente maggiore quando il test viene eseguito dagli infermieri (80%) rispetto ai tecnici audiometristi (71%). Al contrario, la percentuale di soglie uditive alterate risulta essere più alta nei neonati sottoposti a screening dai tecnici audiometristi (29%) rispetto agli infermieri (20%);
- *falsi positivi*: un aspetto cruciale emerso dall'analisi riguarda la frequenza di falsi positivi: questa variabile è stata calcolata a partire dai risultati combinati del primo e del secondo livello di screening, considerando i neonati che avevano un risultato *refer* al primo livello ma una soglia normale al secondo livello.

I falsi positivi risultano essere molto meno frequenti nel gruppo sottoposto a screening dai tecnici audiometristi (8.5%) rispetto a quello degli infermieri (29%).

Variabili	N	Figura professionale	
		Tecnico Audiometrista N = 364 (48%)	Infermiere N = 394 (52%)
<b>Reparto</b>	758		
<i>Nido</i>		131 (36%)	155 (39%)
<i>TIN</i>		233 (64%)	239 (61%)
<b>I LIVELLO</b>	758		
<i>Non eseguito</i>		27 (7.4%)	48 (12%)
<i>PASS</i>		222 (61%)	201 (51%)
<i>REFER</i>		115 (32%)	145 (37%)
<b>II LIVELLO</b>	758		
<i>Soglia alterata</i>		107 (29%)	79 (20%)
<i>Soglia normale</i>		257 (71%)	315 (80%)
<b>Falsi positivi</b>	758		
<i>No</i>		333 (91%)	279 (71%)
<i>Si</i>		31 (8.5%)	115 (29%)

Tabella 9. Confronto delle variabili relative ai risultati dello screening uditivo neonatale in base alla figura professionale: reparto di provenienza, esiti del primo e secondo livello di screening, e falsi positivi.

### 3.3.3. Test Chi-quadro

È stato utilizzato il test del Chi-quadro per confrontare la distribuzione dei risultati (*pass* e *refer*) in base al tipo di figura professionale al fine di valutare la presenza o meno di una differenza significativa tra le proporzioni di *refer* tra infermieri e tecnici audiometristi.

### Reparto di provenienza

Nella tabella *tabella 10* sono riportati i dati relativi ai neonati suddivisi per figura professionale e reparto di provenienza (Nido o TIN). Il test del Chi-quadro effettuato su questi dati ha restituito un valore di p pari a 0.342, indicando che la differenza tra i due gruppi professionali non è statisticamente significativa ( $p > 0.05$ ). Ciò suggerisce che non ci sono differenze rilevanti nella distribuzione dei tecnici audiometristi e degli infermieri nei reparti di Nido e TIN, risultando abbastanza omogenea. Questo equilibrio garantisce che i risultati dello screening non siano influenzati dalla diversa distribuzione dei reparti di origine, ma riflettano l'efficacia della figura professionale coinvolta.

	Reparto di Provenienza			X <sup>2</sup>	Valore	gdl	p
	Nido	TIN	Totale				
<b>Tecnico Audiometrista</b>	131	233	364				
<b>Infermiere</b>	155	239	394		0.904	1	0.342
<b>Totale</b>	286	472	758				

Tabella 10. Risultati del test del Chi-quadro per valutare la distribuzione dei neonati per reparto di provenienza in base alla figura professionale impiegata nello screening uditivo neonatale di primo livello.

### Risultati del Primo Livello di Screening

Nella *tabella 11* sono riportati i dati relativi ai neonati suddivisi per figura professionale nel primo livello di screening. Eseguendo il test del Chi-quadro emerge che il valore di p ( $p=0.010$ ) indica che la differenza tra i due gruppi è statisticamente significativa ( $p < 0.05$ ), suggerendo che la distribuzione dei risultati *pass* e *refer* varia in modo significativo in base alla figura professionale. In particolare, è stato osservato che gli infermieri hanno una maggiore proporzione di neonati con esito *refer* (37%) rispetto ai tecnici audiometristi (32%). Questo potrebbe suggerire che gli infermieri tendono a generare più risultati *refer*, che potrebbero includere falsi positivi, rispetto ai tecnici audiometristi.

I livello					Valore	gdl	p
NE	PASS	REFER	Totale	X <sup>2</sup>			
<b>Tecnico Audiometrista</b>	27	222	115	364	<b>9.21</b>	<b>2</b>	<b>0.010</b>
<b>Infermiere</b>	48	201	145	394			
<b>Totale</b>	75	423	260	758			

Tabella 11. Risultati del test del chi-quadro per valutare la distribuzione degli esiti del primo livello di screening uditivo neonatale in base alla figura professionale.

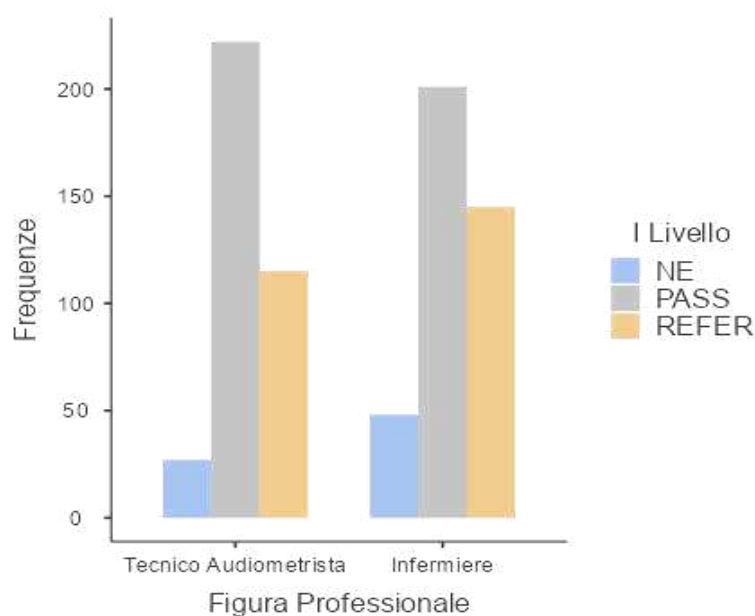


Grafico 3. Diagramma a barre che illustra la distribuzione degli esiti del primo livello di screening uditivo neonatale (Non Eseguito, *pass*, *refer*) in base alla figura professionale (tecnico audiometrista e infermiere).

### Risultati del Secondo Livello di Screening

È stato effettuato un altro test del Chi-quadro per confrontare i risultati del secondo livello di screening (ABR per soglia) filtrando i neonati che avevano ricevuto un risultato *refer* al primo livello. Lo scopo è stato quello di verificare se la percentuale di neonati con soglia normale (quindi, falsi positivi) differisse tra i due gruppi professionali. I dati sono riassunti nella *tabella 12*.

Anche in questo caso il p-value ( $p < 0.001$ ) indica una differenza altamente significativa tra i due gruppi. In particolare, è evidente che gli infermieri producono una maggiore percentuale di falsi positivi, ossia neonati con *refer* al primo livello ma soglia normale al secondo livello. Tra i neonati con risultato *refer* al primo livello, solo il 20% degli screening eseguiti dai tecnici audiometristi ha portato a falsi positivi (soglia normale), mentre questa percentuale sale al 60% per gli infermieri.

	Il livello			Valore	gdl	p
	Alterata	Normale	Totale			
<b>Tecnico Audiometrista</b>	107	35	142	$\chi^2$	41.5	1
<b>Infermiere</b>	77	116	193			
<b>Totale</b>	184	151	335			

Tabella 12. Risultati del test del chi-quadrato per il confronto dei risultati del secondo livello di screening uditivo neonatale, filtrati per neonati con esito refer al primo livello, per valutare la distribuzione delle soglie uditive normali e alterate tra tecnici audiometristi e infermieri.

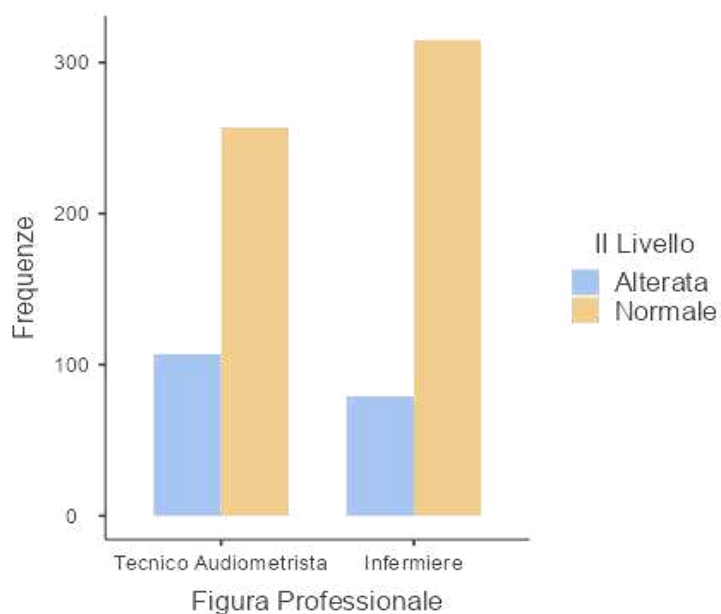


Grafico 4. Diagramma a barre che illustra la distribuzione degli esiti del secondo livello di screening uditivo neonatale (Soglia Alterata e Soglia Normale) in base alla figura professionale (tecnico audiometrista e infermiere).

### Falsi Positivi

La Tabella 13 mostra la distribuzione dei falsi positivi in base alla figura professionale che ha eseguito lo screening uditivo neonatale. Il test del Chi-quadro ( $p < 0.001$ ) indica una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi, suggerendo che la distribuzione dei falsi positivi varia in modo significativo a seconda della figura professionale. Dai dati emerge che i tecnici audiometristi hanno prodotto un numero minore di falsi positivi (31 casi su 364 screening, pari all'8,5%) rispetto agli infermieri (115 casi su 394 screening, pari al 29,2%). Ciò suggerisce che gli infermieri tendono a generare un maggior numero di falsi positivi rispetto ai tecnici audiometristi, il che potrebbe riflettere una differente accuratezza nell'esecuzione del test.

	Falsi positivi			Valore	gdl	p
	No	Sì	Totale			
<b>Tecnico Audiometrista</b>	333	31	364	<b><math>\chi^2</math></b>	<b>52.0</b>	<b>&lt; .001</b>
<b>Infermiere</b>	279	115	394			
<b>Totale</b>	612	146	758			

Tabella 13. Risultati del test del Chi-quadro per il confronto della distribuzione dei falsi positivi tra tecnici audiometristi e infermieri nel primo livello di screening uditivo neonatale.

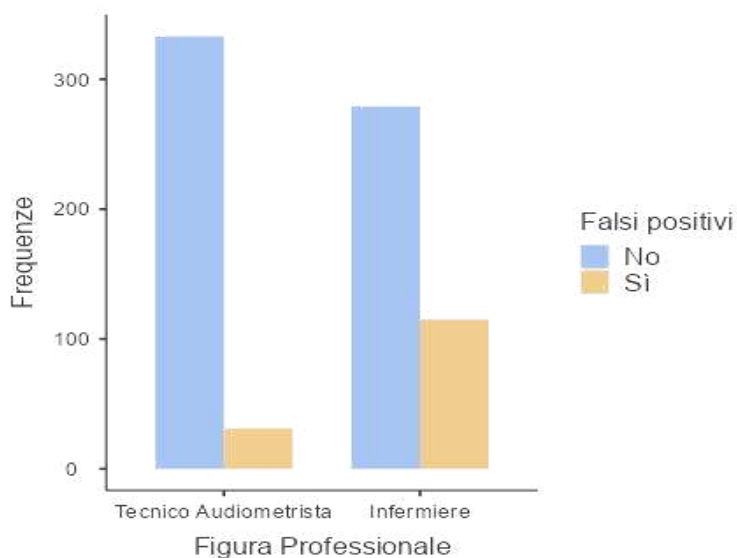


Grafico 4. Diagramma a barre che illustra la distribuzione dei falsi positivi nel primo livello di screening uditivo neonatale in base alla figura professionale (tecnico audiometrista e infermiere).

### 3.4. Discussione

I risultati emersi dal presente studio confermano pienamente l'ipotesi iniziale secondo cui la qualifica professionale del personale incaricato dell'esecuzione dello screening uditivo neonatale influenza in modo significativo sia l'esito clinico che i costi associati. In particolare, il confronto tra screening condotti da infermieri e tecnici audiometristi ha rivelato una maggiore accuratezza diagnostica quando il test è stato eseguito dai tecnici audiometristi, con una percentuale più elevata di neonati che superano il test al primo livello (61% rispetto al 51% rilevato per gli infermieri) e una minore incidenza di esiti *refer* non necessari (32% contro 37%).

In merito al secondo livello di screening, i dati hanno evidenziato che la percentuale di soglie uditive alterate risulta significativamente più alta nei neonati sottoposti a screening dai tecnici audiometristi (29%) rispetto a quelli esaminati dagli infermieri (20%). Questo risultato suggerisce che i tecnici audiometristi siano in grado di individuare con maggiore precisione i casi di ipoacusia effettiva, riducendo così il rischio di sovra diagnosi.

Da un punto di vista economico i dati raccolti confermano che l'elevato numero di falsi positivi riscontrato negli screening condotti dagli infermieri determina un aumento dei costi complessivi: ogni esame di secondo livello (ABR per soglia) comporta un costo stimato di 35 € e la necessità di eseguire ulteriori accertamenti per un numero maggiore di neonati implica un incremento delle spese generali. Il costo totale per ogni bambino diagnosticato con ipoacusia entro i primi sei mesi di vita, stimato in 17.000 €, può aumentare significativamente in caso di screening condotti da personale meno qualificato, evidenziando così un rapporto costi-benefici meno favorevole.

La riduzione della frequenza di falsi positivi associata ai tecnici audiometristi rende preferibile questa figura professionale anche sotto il profilo economico, nonostante i costi iniziali di formazione e del personale siano superiori rispetto a quelli degli infermieri. La diminuzione dei falsi positivi si traduce in un minor ricorso a follow-up non necessari e in un miglioramento nell'allocazione delle risorse economiche e umane. In tal modo, l'ipotesi secondo cui un personale più qualificato comporta una riduzione dei costi complessivi dello screening viene pienamente confermata dai risultati emersi dallo studio.



## Conclusioni

Alla luce dei dati raccolti è possibile concludere che la qualifica del personale incaricato dell'esecuzione dello screening uditivo neonatale costituisce un fattore determinante per garantire un'accuratezza diagnostica ottimale e la sostenibilità economica del programma. L'esecuzione dei test da parte di tecnici audiometristi, grazie alla loro formazione specialistica, ha dimostrato di condurre a un numero inferiore di falsi positivi e a una minore necessità di esami di secondo livello, contribuendo così a una riduzione dei costi complessivi e migliorando l'efficienza del sistema sanitario.

Dal punto di vista economico, un programma di screening che riduca al minimo i falsi positivi e i costi aggiuntivi legati a ulteriori esami diagnostici e follow-up dovrebbe essere considerato un obiettivo prioritario per il Servizio Sanitario Nazionale. Sebbene i costi di formazione iniziale dei tecnici audiometristi siano più elevati, il risparmio ottenuto grazie a un numero ridotto di test non necessari e a una gestione più efficiente delle risorse giustifica tale investimento.

Tuttavia, lo studio presenta alcuni limiti che devono essere presi in considerazione. In primo luogo, i dati sui risultati dello screening sono stati analizzati unicamente su due ospedali, limitandone così la generalizzabilità. Per poter confermare la validità dei risultati emersi sarebbe opportuno condurre uno studio multicentrico su scala più ampia, che tenesse conto della variabilità nelle procedure e delle attrezzature utilizzate in diverse strutture. Inoltre, non sono state prese in considerazione variabili cliniche come la prematurità, il peso alla nascita o eventuali problematiche neonatali specifiche. L'analisi si è basata solo sulla suddivisione per reparto (TIN o nido) senza esplorare ulteriormente l'impatto di questi fattori sul tasso di falsi positivi o sulla precisione diagnostica. Considerare tali variabili potrebbe migliorare la comprensione delle differenze nei risultati emersi tra le diverse figure professionali.

In prospettiva, l'adozione di protocolli standardizzati e la promozione di una formazione continua per il personale coinvolto nello screening uditivo neonatale potrebbero rappresentare una soluzione efficace per migliorare la qualità del servizio. Un investimento mirato nella formazione specifica del personale infermieristico, al fine di

allinearne le competenze a quelle dei tecnici audiometristi, potrebbe ridurre le differenze osservate e garantire una maggiore uniformità degli esiti.

In conclusione, per ottimizzare il programma di screening uditivo neonatale non è sufficiente adottare le migliori tecniche diagnostiche, ma è necessaria anche una valutazione attenta delle competenze del personale. Implementare misure che favoriscano l'impiego di personale altamente qualificato, come i tecnici audiometristi, può contribuire a migliorare la qualità del servizio e a ridurre i costi complessivi, offrendo benefici significativi sia per il sistema sanitario che per le famiglie coinvolte.

## Bibliografia

Admiraal R.J., Huygen P.L. (2000). *Changes in the etiology of hearing impairment in deaf-blind pupils and deaf infant pupils at an institute for the deaf*. Int J Pediatr Otorhinolaryngol;55:133

Andermann A., Blancquaert I., Beauchamp, S., Dery, V. (2008). *Revisiting wilson and Jungner in the genomic age: A review of screening criteria over the past 40 years*. Bull. World Health Organ. 86, 317–319.

Berg AL., Prieve BA., Serpanos YC., Wheaton MA. (2011). *Hearing screening in a well-infant nursery: profile of automated ABR-fail/OAE-pass*. Pediatrics;27:269-75.

Berrettini S., Forli F., De Vito A., Bruschini L., Quaranta N. (2013). *Cochlear implant in incomplete partition type I*. Acta Otorhinolaryngol Ital.;33(1):56-62.

Bharathi MB, Madhu A, Murthy S, Sandhya D, Kavya S. (2023). *Assessment of Otoacoustic Emissions (OAE) in Birth Asphyxiated Neonates*. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.;75(Suppl 1):38-42.

BIAP Recommendation n° 02/1 bis (1996). In: BIAP - International Bureau for Audio Phonology. *Audiometric classification of hearing impairments*.

Brookhouser P.E. (1996) *Conductive hearing loss: causes and diagnosis*. Pediatric clinics of North America;43.

Bubbico L., Bartolucci MA., Broglio D. (2005). *The newborn hearing screening in Italy*. Ital J Pediatr;31:290-92.

Bubbico L., Marchisio P., Trevisi P., Perletti L. (2013). *La sordità infantile: lo screening neonatale universale, il percorso del paziente ipoacusico in età pediatrica*. Minerva pediatrica; 65:231-50.

Bubbico L., Tognola G., Grandori F. (2017). *Evolution of Italian Universal Newborn Hearing Screening Programs*. Ann Ig;29:116-2

Bubbico L., Ferlito S., Antonelli G., Martini A., Pescosolido N. (2021). *Hearing and Vision Screening Program for newborns in Italy*. *Ann Ig*;33(5):433-42.

DeBonis David A., Donohue Constance L. (2007). *Survey of Audiology: Fundamentals for Audiologists and Health Professionals* (2nd Edition). Boston, Mass: Allyn & Bacon.

Denoyelle F, Rouillon I, Alvin F, Parodi M, Couloigner V, Loundon N, Garabédian N. (2021). *Le dépistage néonatal de la surdité [Neonatal hearing screening]*. *Med Sci (Paris)*. 37(5):519-527. French.

Edmond K, Chadha S, Hunnicutt C, Strobel N, Manchaiah V, Yoshinga-Itano C. (2022). *Universal Newborn Hearing Screening (UNHS) review group. Effectiveness of universal newborn hearing screening: A systematic review and meta-analysis*. *J Glob Health*;12:12006.

Eggermont Jos J., Burkard Robert F., Manuel Don (2007). *Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application*. Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins.

Federici A. (2007). *Screening. Profilo complesso di assistenza*. Roma: Il Pensiero scientifico.

Harrison R.V., Stanton S.G., Ibrahim D., Nagasawa A., Mount R.J. (1993). *Neonatal cochlear hearing loss results in developmental abnormalities of the central auditory pathways*. *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 24:89-95.

Han Y, Li S, Song Y, Sun J, Yan W, Wang J, Gao X, Li X, Ren C, Zhao Q. (2024). *Risk factors for infant hearing loss: a meta-analysis*. *Eur J Pediatr.*;183(5):2401-2409.

Humes LE. (2019). *The World Health Organization's hearing-impairment grading system: an evaluation for unaided communication in age-related hearing loss*. *Int J Audiol.*;58(1):12-20.

JCIH – Joint Committee On Infant Hearing (2007). *Position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention program*. Pediatrics, 70(5):843-51.

Jenks CM, Hoff SR, Mithal LB. (2021). *Congenital Cytomegalovirus Infection: Epidemiology, Timely Diagnosis, and Management*. Neoreviews.;22(9):e606-e613.

Joint Committee on Infant Hearing (2019). *Position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs*. The Journal of Early Hearing Detection and Intervention;4(2)1-44.

Kalambe S, Gaurkar S, Jain S, Deshmukh P. (2022). *Comparison of Otoacoustic Emission (OAE) and Brainstem Evoked Response Audiometry (BERA) in High Risk Infants and Children under 5 Years of Age for Hearing Assessment in Western India: A Modification in Screening Protocol*. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.; 74(Suppl 3):4239-4253.

Kamenov K, Chadha S. (2020). *Methodological quality of clinical guidelines for universal newborn hearing screening*. Dev Med Child Neurol. 2021 Jan;63(1):16-21.

Kennard MA. (1938). *Reorganization of motor function in the cerebral cortex of monkeys deprived of motor areas in infancy*. J. Neurophysiol; 1:477-496.

Lin H., Shu M., Lee K., Lin H., Lin G. (2005) *Reducing false positives in newborn hearing screening program: how and why comparison of referral rates after discharge*. Otol Neurotol;28(6):788-92.

Lonsbury-Martin, B. L., Whitehead, M. L., & Martin, G. K. (1991). *Clinical Applications of Otoacoustic Emissions*. In Journal of Speech, Language, and Hearing Research (Vol. 34, Issue 5, pp. 964–981). American Speech Language Hearing Association.

Madell JR., Flexer C., Wolfe J., Schafer EC. (2019). *Pediatric Audiology: diagnosis, technology, and management*. Chapter 3: genetics of hearing loss.

Markkula, A., Pyhälä-Neuvonen, R. and Stolt, S. (2024). *Interventions and their efficacy in supporting language development among preterm children aged 0-3 years – A systematic review*, *Early Human Development*, 195, p. 106057.

Martini A., Marchisio P., Bubbico L., Trevisi P., Perletti L. (2013). *Permanent childhood hearing impairment: universal newborn hearing screening, PCHI management*. *Minerva Pediatr*;65(2):231-50

Martini A., Marchisio P., Bubbico L., Trevisi P., Perletti L. (2015). *La sordità infantile: lo screening uditivo neonatale universale, il percorso del paziente ipoacusico in età pediatrica*. In *Minerva Medica* 65(2):231-50

Mitchell CO, Morton CC. (2021). *Genetics of Childhood Hearing Loss*. *Otolaryngol Clin North Am.*;54(6):1081-1092.

Morton CC., Nance WE. (2006). *Newborn hearing screening – a silent revolution*. *N Engl J Med.*;354(20):2151-64.

Motoyama Y. (2023). *Auditory Brainstem Response: ABR*. *No Shinkei Geka*;51(3):425-429. Japanese. doi: 10.11477/mf.1436204766. PMID: 37211731.

Neumann K, Mathmann P, Chadha S, Euler HA, White KR. (2022). *Newborn Hearing Screening Benefits Children, but Global Disparities Persist*. *J Clin Med.*;11(1):271.

Niparko JK., Tobey Ea., Thal Dj., Eisenberg Ls., Wang Ny., Qittern Al., Fink Ne., CDaCI Investigative Team. (2010). *Spoken language development in children following cochlear implantation*. *Jama*; 303: 1498-1506.

Nishimura H., Hashikawa K., Doi K. (2001). *Imaging plasticity in cochlear implant patients*. *Audiol Neurotol*;6: 381-393.

Ohuma, E.O. et al. (2023). *National, regional, and global estimates of preterm birth in 2020, with trends from 2010: A systematic analysis*, *The Lancet*, 402(10409), pp. 1261–1271.

Patrick E., Brookhouser P.E. (1996). *Sensorineural Hearing Loss in children*. *Pediatric clinics of North America*;43:17.

Schuknecht H.F., Donovan E.D. (1986) *The pathology of idiopathic sensorineural hearing loss*. *Oto-rhino-laryngology*;243:15.

Shang Y., Hao W., Gao Z., Xu C., Ru Y., Ni D. (2016). *An effective compromise between cost and referral rate: A sequential hearing screening protocol using TEOAEs and AABRs for healthy newborns*. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*;91:141-45.

Smith R.J.H., Shearer A.E., Hildebrand M.S. (2017). *Hereditary hearing loss and deafness overview*. *GeneReviews*.

Verkleij ML., Heijnsdijk EAM., Bussé AML., Carr G., Goedegebure A., Mackey A., Qirjazi B., Uhlén I., Sloot F., Hoeve HLJ., De Koning HJ. (2021). *Cost-effectiveness of neonatal hearing screening programs: a micro-simulation modeling analysis on behalf of country-committees joint-partnership of EUSCREEN Study Consortium*. *Ear and Hearing*;42(4):909-16.

World Health Organisation (1980). *International classification of impairments, disabilities and handicaps*".

Yoshinaga-Itano (2003). *Screening to Early Identification and Intervention: Discovering Predictors to Successful Outcomes for Children With Significant Hearing Loss*. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, Winter;8(1):11-30.

Young A, Ng M. (2023). *Otoacoustic Emissions*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.

Yuan D, Ng IH, Feng G, Chang WT, Tong MCF, Young NM, Wong PCM (2023). *The Extent of Hearing Input Affects the Plasticity of the Auditory Cortex in Children With Hearing Loss: A Preliminary Study*. *Am J Audiol*. 2023 Jun;32(2):379-390.

Wroblewska-Seniuk K., Dabrowski P., Greczka G., Szabatowska K. (2017). *Sensorineural and conductive hearing loss in infants diagnosed in the program of*

*universal newborn hearing screening*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology;105.

Zanetti D., Aldè M., Albanese C., Ambrosetti U., Amadeo C., Cavicchiolo S., Di Berardino F., Filipponi E., Garbarre A.M., Iacona E., Lazzarini C., Lilli G., Magnoni L., Ravera M., Socci M., Todini L. (2021). *Screening uditivo neonatale e impianti cocleari in Prospettive in Pediatria* (Vol. 51, n. 201, pp. 68-86).

Zeng QX, Luo RZ, Yan SB, Tang YQ, Wen RJ, Liu WL. (2022). *Screening strategy and time points for newborn hearing re-screening with high risk factors*. World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg.;8(3):257-261.



## Sitografia

Joint Committee on Infant Hearing (1997), *Position statement*.  
<http://www.asha.org/policy/PS2007-00281/>.

Minerva Pediatrica (2013),  
[https://www.research.unipd.it/bitstream/11577/2574901/1/screening\\_minerva%20medica\\_2013.pdf](https://www.research.unipd.it/bitstream/11577/2574901/1/screening_minerva%20medica_2013.pdf)

Ministero della Salute (2019). *Investire precocemente in salute: azioni e strategie nei primi mille giorni di vita*.  
[https://www.pnrr.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_pubblicazioni\\_3120\\_allegato.pdf](https://www.pnrr.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_3120_allegato.pdf)

Prospettive in Pediatria (2021), <https://air.unimi.it/retrieve/dfa8b9a7-d8e7-748b-e053-3a05fe0a3a96/Screening%20uditivo%20e%20IC%20Prospettive%20in%20pediatria%20stampato.pdf>

## **Riferimenti normativi**

Decreto del presidente del consiglio dei ministri 12 gennaio 2017 – *Definizione e aggiornamento dei livelli essenziali di assistenza*

Istituto Superiore di Sanità. (2022). *Screening Neonatale Uditivo e Visivo: Raccomandazioni*. Rapporti ISTISAN 22/17.

Legge 24 giugno 2010 n.107 – *Misure per il riconoscimento dei diritti delle persone sordocieche*.

## Allegati

### Screening Uditivo Neonatale

Ciao!

Ti ringraziamo in anticipo per il tempo dedicato alla compilazione di questo questionario. L'obiettivo è quello di raccogliere informazioni sulle figure professionali coinvolte nello screening uditivo neonatale negli ospedali di tutto il territorio nazionale.

Nel caso di dubbio, ricordare che:

- nei centri di **I livello** (*Spoke*) viene effettuato solo lo screening al nido nei primi giorni di vita;
- nei centri di **II livello** (*Hub*), oltre ai test previsti nel I livello, vengono effettuati accertamenti nel caso di risultato refer o di neonato con fattori di rischio;
- nei centri di **III livello** si prosegue con la riabilitazione, valutando la protesizzazione o l'intervento per impianto cocleare.

1) In quale regione lavori? <small>* must provide value</small>	<input type="text"/>
2) Presso quale ospedale sei assunto? <small>* must provide value</small>	<input type="text"/> <small>Expand</small>
3) La struttura presso la quale lavori è di primo, secondo o terzo livello? <small>* must provide value</small>	<input type="radio"/> I livello <input type="radio"/> II livello <input type="radio"/> III livello <small>reset</small>
4) Quale figura professionale è impiegata nell'esecuzione del test di primo livello dello screening uditivo neonatale? <small>* must provide value</small>	<input type="checkbox"/> Tecnico Audiometrista <input type="checkbox"/> Infermiere/a <input type="checkbox"/> Ostetrico/a <input type="checkbox"/> OSS <input type="checkbox"/> Medico Audiologo/ORL <input type="checkbox"/> Medico Pediatra <input type="checkbox"/> Medico in formazione specialistica
5) Quale/i test di screening vengono eseguiti al nido in caso di well baby (nato a termine in assenza di fattori di rischio)? <small>* must provide value</small>	<input type="checkbox"/> OAE <input type="checkbox"/> A-ABR
6) Quale/i test di screening vengono eseguiti al nido in caso di neonato con uno o più fattori di rischio? <small>* must provide value</small>	<input type="checkbox"/> OAE <input type="checkbox"/> A-ABR
7) Per chi lavora in un centro Hub, in caso di neonato con risultato refer al I livello o con fattori di rischio, quali test vengono effettuati al II livello?	<input type="checkbox"/> OAE <input type="checkbox"/> A-ABR <input type="checkbox"/> ABR per soglia (solo se primi 2 refer) <input type="checkbox"/> ABR per soglia (anche se primi due pass)

Allegato 1. Questionario sulle pratiche operative nello screening uditivo neonatale