



Umberto Ambrosetti

Professore Associato in Audiologia e Foniatria
Università degli Studi di Milano
Direttore della Scuola di Audiologia e
Foniatria dell'Università degli Studi di Milano
Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale
Maggiore di Milano

EVOLUZIONE DELL'APPARECCHIO ACUSTICO

E' dai tempi più antichi che l'uomo cerca di migliorare la percezione uditiva. Per migliorare il proprio udito e la direzionalità si è soliti porre la mano dietro l'orecchio, per aumentare con il palmo della mano la superficie del padiglione auricolare.



Nel 1650, l'abate Kircher, eclettico scienziato studioso di fisica acustica, filosofia, geologia e medicina, scoprì la proprietà dei tubi di poter amplificare l'intensità sonora. Nonostante tale amplificazione sia di pochi dB (circa 10 dB) è comunque in grado di aiutare coloro che soffrono di lieve deficit uditivo. Nacquero così i cornetti acustici e ogni loro fantasiosa variante come ad

esempio il trono reale con integrato un tubo acustico.



Cornetti acustici: l'amplificazione passiva è di circa 10 dB

La svolta epocale avvenne nel 1876 con l'invenzione del telefono da parte del fisico scozzese Alexander Graham Bell: lo studioso aveva una certa familiarità con la sordità, dal momento che il padre era un logopedista ante litteram e la moglie era sorda. Il dispositivo ideato da Bell derivato dal telefono forniva solo qualche dB di amplificazione in più rispetto al tubo di Kircher.



Primo apparecchio telefonico utilizzato da A.G. Bell

Il primo apparecchio acustico (AA) creato specificamente per questa funzione fu realizzato intorno al 1900 dal medico Fernand Alt che svolgeva la propria attività presso la clinica otorinolaringoiatrica di Vienna: esso era un dispositivo rudimentale, in grado però di fornire un'amplificazione minima ma sufficiente. Questa "protoprotesi acustica" veniva chiamata "telefono portatile e tascabile per il deficit uditivo".

Ai deficienti d'udito

**TELEFONI
PORTATILI
E TASCABILI**

della migliori
Fabbriche
Americane,
per rendere
alle persone af-
fette da sordità
la possibilità di
udire in modo
normale.

Per schiarimenti rivolgersi a:
Ditta V. MOYSE
MILANO
Via Castello, 1
(Rimpetto Piazza Carmine)



Da quel momento in poi, l'evoluzione tecnologica dell'AA ha avuto una rapida progressione. Nel

1936, la società statunitense Western Electric realizzò il primo AA a valvola miniaturizzata con microfono piezoelettrico, la cui alimentazione era costituita da due pile, una a bassa tensione per alimentare il filamento elettrico della valvola l'altra a tensione più elevata per la corrente anodica.

Nel 1951 le valvole termoioniche vennero sostituite dal "transistor", primo semiconduttore, che aprì la strada alla miniaturizzazione delle apparecchiature elettroniche che diventarono più robuste, con caratteristiche elettroacustiche migliori e con necessità di alimentazione a bassa tensione.

Negli anni '60 furono introdotti i primi circuiti stampati con piste di rame su bachelite.

Negli anni '70 vennero infine creati i circuiti integrati, i chip dei computer e dei telefoni, che in un piccolissimo rettangolo di silicio sono capaci di concentrare una quantità enorme di componenti base, condensatori, resistenze, transistor.

Negli anni '80, si inizia ad avere un approccio più valido alla programmazione degli AA, che sebbene analogici venivano regolati tramite sistema digitale.

Nel 1996 viene messo in commercio il primo apparecchio completamente digitale, che in pochi anni si è trasformato in un dispositivo molto piccolo e dotato di elevate possibilità di programmazione e sofisticati controlli che permettono un uso più comodo e fisiologico.

L'attuale tendenza comune alle grandi aziende produttrici è quella di rendere gli AA sempre più piccoli versatili, più resistenti e duraturi e quindi maggiormente adattabili alle esigenze delle persone ipoacusiche.

Sono stati realizzati apparecchi molto piccoli, inseriti nel condotto uditivo esterno, classificabili in: **tutto nella conca** (*in the ear o ITE*), **tutto nel canale** (*in the canal o ITC*), **tutto nel canale ad inserzione profonda** (*completely in the canal o CIC*), **intraauricolare peritimpanico** (*invisible in the canal o IIC*).

Descriveremo brevemente le caratteristiche di ognuno di essi:

ITE: tra gli apparecchi che si inseriscono completamente nell'orecchio è quello di dimensioni maggiori, si possono suddividere in due sottocategorie:

- conca piena: occupa l'intera conca del padiglione auricolare ed il primo tratto del condotto uditivo;
- mezza conca o semiconca: riempie solo una parte della conca ed il primo tratto del condotto

auricolare.

ITC: si colloca nel primo tratto del condotto auricolare fino alla prima curva. E' l'apparecchio più piccolo degli ITE, ma più grandi del CIC. L'ITC è generalmente visibile alle altre persone e proprio per questo fatto i gusci di tali apparecchi vengono spesso costruiti utilizzando un colore rosa simile al colore della pelle per renderlo più facilmente occultabile.

CIC: alloggiato nel tratto più interno del condotto uditivo, in sede pre-timpanica, è talmente piccolo da risultare praticamente invisibili dall'esterno. Tradizionalmente, un CIC è posizionato uno o due millimetri all'interno dell'apertura del condotto uditivo. Viene anche definito "ad inserzione profonda". L'unica parte visibile è il sottile filo di nylon trasparente, necessario per poter estrarre l'AA dal condotto uditivo.

IIC: nato prima di quello ad inserzione profonda per merito di ricerche condotte dalla *Philips*, è costruito per essere posizionato dopo la seconda curva del condotto uditivo, in profondità.

Attualmente, un audioprotesista con 2-3 tipi di AA è in grado di correggere tutte le perdite uditive, infatti sostituendo il ricevitore si può facilmente modificare il guadagno.

AA morfologicamente simili possono presentare performances notevolmente differenti, i circuiti elettronici sono identici ma gestiti da differenti software forniscono prestazioni notevolmente differenti, ovviamente a prezzi di vendita diversificati.

Di notevole utilità sono i sussidi uditivi in grado di migliorare l'ascolto nel rumore, a distanza, in presenza di eco o riverbero sono sistemi detti "wireless" che comprendono anche le "classiche" tecnologie a modulazione frequenziale (FM), trasmissione a infrarossi (IR) e induzione magnetica. L'importanza di questi dispositivi in età pediatrica è notevole, specie in ambiente scolastico, quando la distanza dall'insegnante e il rumore di fondo riducono la capacità di riconoscere il parlato e, in particolare, la percezione delle consonanti.

In termini generali, per avere una percezione ottimale del parlato, l'interlocutore deve trovarsi a una distanza massima di 1,8 metri. Come riportato da Fickes nel 1978 gli studenti seduti ad una distanza di 1,8 metri dal segnale di interesse ottengono punteggi di riconoscimento del parlato del 95%, mentre i punteggi sono pari al 60% quando essi sono seduti a 7,3 metri di distanza. Il parlato deve avere un livello d'intensità superiore di 15 dB rispetto al rumore o, in altre parole, un rapporto segnale-rumore (SNR) di + 15 dB. Gli adulti con normale sensibilità uditiva non hanno difficoltà nella percezione del messaggio verbale anche con SNR pari a 0 dB, situazione in cui segnale e

rumore presentano la stessa intensità. I bambini, invece, richiedono un maggiore rapporto SNR, in quanto l'immaturità del sistema cognitivo e uditivo limita l'utilizzo di alcuni meccanismi quali la ridondanza e la memoria a breve termine che gli adulti utilizzano per ridurre l'effetto mascherante dovuta a rumore sul parlato. Per i pazienti con ipoacusia neurosensoriale di media entità un rapporto SNR tra + 4 e + 12 dB permette punteggi di riconoscimento pari a quelli dei normo-udenti. In ambienti con riverbero sono necessari 3-6 dB addizionali per ottimizzare l'ascolto.

I sistemi FM nel tempo si sono miniaturizzati; il ricevitore può essere integrato nell'apparecchio o connettersi ad esso tramite l'ingresso audio, un neck-loop o l'induzione elettro-magnetica. I sistemi FM sono oggi disponibili sia per gli AA che per l'elaboratore del linguaggio degli impianti cocleari. I moderni sistemi FM possono trasmettere il segnale fino a 90 metri e sincronizzare automaticamente trasmettitore e ricevitore. Essi sono dotati di avvisatori LED che indicano il corretto funzionamento e sono caratterizzati da un migliore livello di compatibilità tra sistemi di marche diverse.

La tecnologia studiata per la connettività informatica è stata utilizzata anche per gli AA. Il sistema Bluetooth permette la trasmissione di un segnale sonoro per piccole distanze favorendo la comunicazione tra dispositivi diversi.

Questo sistema è economico e sicuro attraverso una frequenza radio a corto raggio. Ogni dispositivo Bluetooth è configurabile per cercare costantemente altri dispositivi e per collegarsi a questi.

Questi dispositivi possono essere telefoni cellulari, personal computer, stampanti, fotocamere, device per l'udito, riproduttori di musica, purché provvisti delle specifiche hardware e software richieste dallo standard stesso, esso utilizza le frequenze libere 2.45 Giga Hz. Questo standard è stato progettato con l'obiettivo primario di ottenere bassi consumi, un corto raggio d'azione (fino a 100 metri di copertura per un dispositivo di Classe 1 e fino ad un metro per dispositivi di Classe 3) e un basso costo di produzione.

Il sistema a 2.4 Giga Hz attualmente unico sistema digitale di comunicazione, è presente sul mercato da alcuni anni ma solo recentemente è stata implementata per gli AA e negli impianti cocleari. Permette una comunicazione priva di interferenze e ad ampio raggio di azione tra una fonte sonora ed un dispositivo. Alcuni modelli di IC e AA hanno incorporato nel device il ricevitore riducendo il disagio all'utente di dover aggiungere al processore/protesi altre componenti per attivare la comunicazione wireless.

La tecnologia 2.4 Giga Hz aumenta il riconoscimento della parola fino al 54% in più rispetto al tradizionale sistema FM e del 35% rispetto all'FM dinamico, migliora ulteriormente la comprensione quando il rumore di fondo è particolarmente elevato, superiore a 70 dB. Tra le

caratteristiche innovative di questo sistema, vi è anche un minimo tempo di latenza permettendo la trasmissione del messaggio verbale al processore/AA in tempo reale, indispensabile per la sincronizzazione con la lettura labiale.

L'umidità e l'eccessiva sudorazione nel passato era causa di malfunzionamento e danni agli AA, attualmente le nanotecnologie hanno permesso di rendere molto resistenti all'umidità i moderni AA.

L'industria cerca di trovare soluzioni sempre più comode per l'utente pediatrico: una di queste è la chiusura di sicurezza del vano pile che può essere aperto dal genitore con un apposito strumento.



È stata ideata anche un semplice di fissaggio dell'AA denominato "Clip and go" soluzione che evita le cadute accidentali degli apparecchi. Tale soluzione è utilissimo per i bambini ma anche per gli adulti in particolari condizione di uso con grande risparmio di fatica per la famiglia e grande risparmio economico per il sistema sanitario.



Sistemi di controllo basati sull'accensione codificata di luci LED indicano al genitore o all'educatore le varie situazioni in cui opera l'AA. In passato nei bambini non era facile evidenziare

dell'apparecchio, evidenziando le condizioni di mancato uso e verificando se il paziente è stato in ambiente rumoroso o nel silenzio. Queste sono informazioni importanti per ottimizzare il fitting.

Ricordo che il futuro ci permetterà di vedere nuovissime opzioni nel campo degli AA che ad esempio potranno essere semplicemente un ricevitore, un microfono e un sistema wireless perché tutto sarà gestito dalla memoria di un smarphone. Un altro grande problema per gli AA è la fonte energetica.

La tecnologia impone l'utilizzo di componenti elettroniche sempre più complesse e quindi necessitanti di maggior consumo energetico.

La pila è sempre la stessa, da vent'anni si utilizzi quella a zinco-aria meno inquinante e più potente rispetto a quelle al mercurio un tempo prodotte ma non più sufficiente alle moderne richieste dell'elettronica degli AA. Bisogna inventare qualcosa di nuovo!

L'apparecchio in futuro non servirà solo per sentire meglio ma sarà anche un sistema per il controllo medico in quanto nella chiocciola o nel guscio saranno inseriti sensori per misurare la pressione arteriosa, un elettrocardiografico e un accelerometro per controllare eventuali cadute. L'apparecchio acustico non sarà solo per i sordi, ma per tutti, diventerà uno status symbol come il tatuaggio, il telefonino e quant'altro e permetterà la fruizione di servizi sempre diversi. Quando sarà necessario, attiveremo le opzioni di amplificazione, quelle di mascheramento dell'acufene, la sintonia con l'impianto cocleare e molte altre funzioni futuribili.