



Teresa Casacchia

PhD, Ricercatrice indipendente, teresa.casacchia@gmail.com

La sordità infantile come condizione neuro-educativa complessa: implicazioni per la pedagogia speciale e l'educazione inclusiva

Childhood deafness as a complex neuro-educational condition: implications for special education and inclusive education

Fuori Call

Childhood deafness is a complex developmental condition involving sensory, neurobiological, cognitive, emotional, and educational dimensions, and can be framed as a disability affecting the child's global functioning across life and learning contexts. Despite the advances associated with cochlear implantation, developmental outcomes remain highly variable and cannot be explained solely by audiological factors. This paper proposes an integrated interpretation of childhood deafness within the field of special needs pedagogy and inclusive education, focusing on the role of brain plasticity, the development of working memory and executive functions, and the family and school environments as key mediators of cognitive and linguistic trajectories. Cochlear implantation is also discussed in relation to cognitive load and the neurofunctional adaptation processes required of the child, highlighting the need for coordinated educational and rehabilitative interventions. Within this framework, the holographic model is introduced, conceptualizing development as the outcome of dynamic interactions among biological, relational, and educational systems, thus overcoming sectorial and reductionist approaches. The article concludes by outlining psycho-pedagogical implications for the design of inclusive school contexts aimed at promoting participation, learning, and well-being in deaf children.

Keywords: childhood deafness, disability, special needs pedagogy, inclusive education, cochlear implant

La sordità infantile è una condizione di sviluppo complessa che intreccia dimensioni sensoriali, neurobiologiche, cognitive, emotive ed educative, configurandosi come una condizione di disabilità che incide sul funzionamento globale del bambino nei contesti di vita e di apprendimento. Nonostante i rilevanti progressi legati all'impianto cocleare, gli esiti evolutivi risultano fortemente variabili e non spiegabili dai soli fattori audiológicos. Il contributo propone una lettura integrata della sordità in età evolutiva, collocata nel quadro della pedagogia speciale e dell'educazione inclusiva, mettendo a fuoco il ruolo della plasticità cerebrale, dello sviluppo della memoria di lavoro e delle funzioni esecutive, nonché dell'ambiente familiare e del contesto scolastico come mediatori fondamentali delle traiettorie cognitive e linguistiche. L'impianto cocleare viene discusso anche in relazione al carico cognitivo e ai processi di adattamento neurofunzionale richiesti al bambino, evidenziando la necessità di interventi educativi e riabilitativi integrati. In tale cornice viene presentato il modello olografico, che interpreta lo sviluppo come esito dell'interazione dinamica tra sistemi biologici, relazionali ed educativi, superando approcci settoriali e riduzionistici. L'articolo si conclude delineando le principali implicazioni psicopedagogiche per la progettazione di contesti scolastici inclusivi, orientati alla partecipazione, all'apprendimento e al benessere del bambino sordo.

Parole chiave: sordità infantile, disabilità, pedagogia speciale, educazione inclusiva, impianto cocleare

OPEN ACCESS Double blind peer review

How to cite this article: Casacchia, T. (2026). La sordità infantile come condizione neuro-educativa complessa: implicazioni per la pedagogia speciale e l'educazione inclusiva. *Italian Journal of Special Education for Inclusion*, XIV, 1, 341-352. <https://doi.org/10.7346/sipes-01-2026-31>

Corresponding Author: Teresa Casacchia | teresa.casacchia@gmail.com

Received: 04/02/2026 | **Accepted:** 03/06/2026 | **Published:** 30/06/2026

Italian Journal of Special Education for Inclusion | © Pensa MultiMedia®
ISSN 2282-6041 (on line) | DOI: 10.7346/sipes-01-2026-31



1. Introduzione

La sordità infantile rappresenta una condizione di sviluppo complessa, poiché coinvolge simultaneamente dimensioni sensoriali, neurobiologiche, cognitive, emotive, relazionali ed educative, con effetti che possono estendersi oltre la sola perdita percettiva (Kral & Sharma, 2012; Marschark & Hauser, 2012). A differenza di altre condizioni del neurosviluppo, essa incide in modo diretto su uno dei principali canali di accesso all'esperienza e al linguaggio, modificando profondamente le modalità attraverso cui il bambino costruisce le proprie rappresentazioni del mondo, apprende e si relaziona con gli altri.

Negli ultimi decenni, l'introduzione e il progressivo perfezionamento dell'impianto cocleare hanno determinato un cambiamento radicale nelle prospettive cliniche e riabilitative dei bambini con sordità neurosensoriale profonda. L'accesso funzionale al suono, reso possibile dalla stimolazione elettrica diretta del nervo acustico, ha consentito a molti bambini di sviluppare competenze linguistiche orali precedentemente difficilmente raggiungibili, alimentando aspettative sempre più elevate circa la possibilità di una piena "normalizzazione" dello sviluppo (Niparko et al., 2010).

Tuttavia, l'esperienza clinica e la letteratura scientifica mostrano come gli esiti dell'impianto cocleare siano estremamente variabili e non sempre proporzionati alle condizioni audiologiche iniziali o alla qualità della procedura chirurgica (Niparko et al., 2010; Kral et al., 2016). A parità di età di impianto e di parametri tecnici, alcuni bambini raggiungono livelli di competenza linguistica e scolastica soddisfacenti, mentre altri manifestano persistenti difficoltà nella comprensione verbale, nell'apprendimento, nella regolazione emotiva o nell'adattamento sociale. Tale variabilità suggerisce che lo sviluppo del bambino sordo non possa essere interpretato esclusivamente in funzione del recupero sensoriale.

Parallelamente, le neuroscienze dello sviluppo hanno evidenziato come la deprivazione uditiva precoce non influisca soltanto sulla percezione dei suoni, ma contribuisca a rimodellare l'organizzazione funzionale delle reti cerebrali coinvolte nel linguaggio, nella memoria di lavoro, nelle funzioni esecutive e nei processi attentivi (Kral & Sharma, 2012; Kral et al., 2016). In questo senso, la sordità può essere considerata una condizione neuro-evolutiva multidimensionale, in grado di influenzare l'intero profilo cognitivo del bambino, ben oltre la dimensione strettamente percettiva.

A tali aspetti si aggiunge il ruolo cruciale dei contesti di vita. La famiglia costituisce il primo ambiente comunicativo ed emotivo in cui il bambino si sviluppa, mentre la scuola rappresenta il principale spazio di strutturazione delle competenze cognitive e sociali (Moeller, 2000; Marschark & Hauser, 2012). La qualità dell'input linguistico precoce, le modalità di interazione genitore-bambino, il livello di stress familiare, così come le caratteristiche dell'ambiente scolastico, dell'organizzazione didattica e delle strategie inclusive adottate, esercitano un'influenza determinante sulle traiettorie evolutive.

Nonostante ciò, molti modelli di intervento continuano a privilegiare una visione settoriale, focalizzata prevalentemente sulla dimensione audiologica o logopedica, con una relativa marginalizzazione degli aspetti neuropsicologici e psicopedagogici. Questa frammentazione rischia di produrre interventi parziali, talvolta incoerenti tra loro, e di alimentare aspettative irrealistiche circa il ruolo risolutivo della tecnologia.

Alla luce di queste considerazioni, appare necessario collocare la sordità infantile all'interno di una cornice interpretativa propria della pedagogia speciale e dell'educazione inclusiva, superando una lettura settoriale centrata esclusivamente sugli aspetti audiologici o riabilitativi. Considerare la sordità come una condizione di disabilità implica infatti l'attenzione al funzionamento globale del bambino nei contesti di vita e di apprendimento, secondo una prospettiva bio-psico-sociale coerente con i modelli di inclusione e con il quadro dell'ICF. In tale prospettiva, il presente contributo propone una rilettura integrata della sordità in età evolutiva, fondata su tre assi principali: (a) i processi neurobiologici di plasticità e lo sviluppo delle funzioni cognitive superiori, (b) l'impatto dell'impianto cocleare in termini non solo percettivi ma anche neurocognitivi, (c) il ruolo della famiglia e della scuola come ambienti di sviluppo e di partecipazione. In questo quadro viene introdotto il modello olografico, che interpreta lo sviluppo del bambino sordo come il risultato dell'interazione dinamica tra sistemi biologici, cognitivi, emotivi e contestuali, offrendo una cornice teorica utile alla progettazione di interventi educativi realmente inclusivi e personalizzati.



L'obiettivo dell'articolo è dunque quello di offrire una cornice teorica integrata utile sia alla comprensione della variabilità degli esiti evolutivi, sia alla progettazione di interventi psicopedagogici più coerenti, personalizzati e orientati al funzionamento globale del bambino.

La letteratura contemporanea sulla sordità ha inoltre evidenziato la rilevanza delle prospettive bilingui, bimodali e linguistico-culturali nella comprensione dei processi di accesso alla comunicazione e alla partecipazione sociale delle persone sorde (Marschark & Spencer, 2010; Swanwick, 2016). Il presente contributo si concentra specificamente sulle implicazioni neurofunzionali dell'accesso all'informazione nei contesti educativi e comunicativi.

Il presente contributo si configura come una riflessione teorico-integrativa di carattere interdisciplinare, costruita attraverso l'analisi critica della letteratura neuroscientifica, neuropsicologica, audiologica ed educativa relativa al funzionamento nei soggetti con sordità.

L'articolo non presenta uno studio sperimentale, ma propone una cornice interpretativa finalizzata ad analizzare la relazione tra accesso sensoriale, distribuzione delle risorse cognitive e sostenibilità del funzionamento nei contesti comunicativi ed educativi.

In questa prospettiva, il Modello Integrato di Accessibilità Neurofunzionale (MIAN) viene proposto come declinazione operativa della più ampia cornice olografica dello sviluppo, finalizzata ad analizzare l'interazione tra dimensione neurobiologica, cognitiva e ambientale del funzionamento nei contesti educativi.

2. Sordità e sviluppo neuropsicologico

Lo sviluppo neuropsicologico del bambino si fonda sull'interazione dinamica tra maturazione biologica ed esperienza. In tale prospettiva, l'input sensoriale rappresenta uno dei principali motori dell'organizzazione delle reti neurali, soprattutto durante le prime fasi dello sviluppo, quando i processi di plasticità cerebrale risultano massimi (Kandel, Dudai, & Mayford, 2014; Leuner & Gould, 2010). La sordità congenita o insorta precocemente non costituisce pertanto un semplice deficit percettivo, ma una condizione neuroevolutiva sistemica, capace di incidere in modo significativo sulla strutturazione dei sistemi cognitivi, linguistici ed esecutivi.

Le neuroscienze hanno ampiamente dimostrato che il cervello possiede una notevole capacità di modificare la propria organizzazione strutturale e funzionale in risposta all'esperienza, attraverso processi di plasticità sinaptica e, in alcune regioni, di neurogenesi adulta (Hebb, 1949; Kandel et al., 2014). Tali processi includono il potenziamento e la depressione a lungo termine delle sinapsi (LTP e LTD), la modulazione dell'efficacia dei recettori glutamatergici AMPA e NMDA e la riorganizzazione dei circuiti neuronali coinvolti nell'apprendimento e nella memoria (Lüscher & Malenka, 2012).

Nel bambino con sviluppo tipico, l'esposizione precoce agli stimoli uditivi contribuisce alla specializzazione delle aree temporali, alla costruzione delle rappresentazioni fonologiche e al progressivo consolidamento dei circuiti linguistici. In condizioni di deprivazione uditiva, tali traiettorie risultano invece modificate. L'assenza o la marcata riduzione dell'input sonoro determina una riorganizzazione funzionale delle aree corticali deputate all'elaborazione uditiva, con fenomeni di cross-modalità sensoriale, per cui regioni tradizionalmente acustiche vengono reclutate per l'elaborazione visiva o somatosensoriale (Kral & Sharma, 2012).

Questa riorganizzazione rappresenta un adattamento funzionale, ma può al tempo stesso costituire un fattore limitante per il successivo recupero uditivo qualora l'input venga ripristinato tardivamente mediante protesi o impianto cocleare. Numerose evidenze indicano infatti l'esistenza di periodi sensibili nello sviluppo dei circuiti uditivi, durante i quali l'esperienza sonora svolge un ruolo cruciale nel modellare in modo stabile le connessioni sinaptiche (Sharma, Dorman, & Kral, 2005).

Oltre agli aspetti percettivi e linguistici, la sordità precoce può influenzare indirettamente ma in modo rilevante lo sviluppo delle funzioni cognitive superiori, in particolare della memoria di lavoro e delle funzioni esecutive. I modelli cognitivi multicomponentiali descrivono la memoria di lavoro come un sistema



deputato non solo al mantenimento temporaneo dell'informazione, ma anche alla sua manipolazione e integrazione con le conoscenze già immagazzinate nella memoria a lungo termine (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 2000; Cowan, 2008).

All'interno di tale sistema, il circuito fonologico-articolatorio riveste un ruolo centrale nel trattamento delle informazioni verbali e uditive, consentendo la conservazione transitoria delle tracce fonologiche e il loro rafforzamento attraverso i meccanismi di reiterazione sub-vocale (Baddeley, 2007). Nei bambini con sordità, questo sottosistema risulta frequentemente atipicamente sviluppato o funzionalmente indebolito, con ricadute sulla capacità di mantenere e manipolare sequenze verbali, comprendere consegne complesse e sostenere il carico cognitivo richiesto dalle attività scolastiche (Ruffieux & Nunes, 2003).

Parallelamente, la letteratura ha ampiamente documentato come la memoria di lavoro e le funzioni esecutive – quali inibizione della risposta, flessibilità cognitiva, pianificazione e controllo attentivo – rappresentino predittori robusti del successo scolastico e dell'adattamento psicosociale (Diamond, 2013; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000; Miyake & Friedman, 2012). Alterazioni, anche lievi, di tali sistemi possono tradursi in difficoltà nell'organizzazione del comportamento, nella gestione del tempo, nella regolazione emotiva e nella capacità di affrontare compiti nuovi o complessi (Shallice & Burgess, 1996).

Nel bambino sordo tali fragilità non sono necessariamente espressione di un deficit cognitivo primario, ma possono derivare da una combinazione di fattori: ridotta accessibilità linguistica precoce, maggiore impegno cognitivo richiesto per la decodifica del messaggio verbale, minori opportunità di apprendimento incidentale e differenze qualitative nell'interazione comunicativa con l'ambiente (Kronenberger, Colson, et al., 2014). Ne deriva spesso un profilo cognitivo disomogeneo, in cui abilità non verbali adeguate coesistono con difficoltà nella memoria verbale, nell'attenzione sostenuta e nel controllo esecutivo.

In questo quadro, l'impianto cocleare può rappresentare un potente strumento di riattivazione sensoriale e di stimolazione neuro-plastico-funzionale, ma non costituisce di per sé una garanzia di normalizzazione dello sviluppo cognitivo (Niparko et al., 2010; Kral & Sharma, 2012). Il suo impatto dipende da molteplici variabili, tra cui l'età di impianto, la qualità e continuità della riabilitazione logopedica, il contesto familiare e le caratteristiche dell'ambiente educativo.

Considerare la sordità esclusivamente come una perdita sensoriale rischia pertanto di sottostimarne le implicazioni sul funzionamento neuropsicologico globale del bambino. Una comprensione integrata dei meccanismi neurobiologici della plasticità, dei modelli cognitivi della memoria e delle funzioni esecutive consente invece di inquadrare la sordità come una condizione che richiede interventi coordinati sul piano clinico, riabilitativo e psicopedagogico.

3. Impianto cocleare: potenzialità e limiti nello sviluppo neurocognitivo

L'impianto cocleare rappresenta uno dei più rilevanti progressi tecnologici nel trattamento della sordità neurosensoriale profonda in età evolutiva. A differenza delle protesi acustiche tradizionali, esso consente la stimolazione elettrica diretta del nervo acustico, bypassando le cellule ciliate danneggiate e rendendo possibile una forma di percezione uditiva funzionale anche in condizioni di perdita uditiva severa o profonda (Niparko et al., 2010).

Numerosi studi longitudinali hanno documentato miglioramenti significativi nello sviluppo del linguaggio orale nei bambini impiantati precocemente, con progressi nella discriminazione fonemica, nell'arricchimento del vocabolario e nella comprensione sintattica (Houston, Stewart, Moberly, Hollich, & Miyamoto, 2012; Niparko et al., 2010). Tali risultati hanno contribuito a consolidare l'idea che l'accesso precoce al segnale sonoro costituisca una condizione necessaria per l'acquisizione del linguaggio verbale.

Dal punto di vista neurobiologico, l'impianto cocleare agisce come potente stimolo alla riorganizzazione funzionale delle vie uditive centrali. Studi di neurofisiologia e neuroimaging mostrano che la stimolazione elettrica può favorire il recupero parziale della specializzazione delle aree temporali e ridurre i fenomeni di riorganizzazione cross-modale precedentemente instaurati durante il periodo di deprivazione sensoriale



(Kral & Sharma, 2012). Tuttavia, tale recupero risulta fortemente dipendente dall'età di impianto, dalla durata della sordità e dalla qualità dell'esperienza linguistica successiva.

La letteratura evidenzia l'esistenza di finestre temporali sensibili per lo sviluppo delle strutture corticali uditive, oltre le quali la plasticità funzionale tende progressivamente a ridursi (Sharma, Dorman, & Kral, 2005). Un impianto tardivo può quindi consentire un miglioramento percettivo, ma non sempre garantisce un pieno sviluppo delle competenze linguistiche superiori o delle abilità di elaborazione verbale complessa.

Accanto ai benefici sul piano percettivo e linguistico, un numero crescente di studi ha analizzato l'impatto dell'impianto cocleare sulle funzioni cognitive superiori, in particolare sulla memoria di lavoro e sulle funzioni esecutive. I risultati indicano che molti bambini impiantati presentano prestazioni inferiori rispetto ai coetanei udenti in compiti che richiedono mantenimento e manipolazione di sequenze verbali, controllo attentivo e velocità di elaborazione (Kronenberger, Beer, et al., 2011).

In particolare, è stato osservato che la velocità di reiterazione articolatoria e l'ampiezza dello span di cifre risultano spesso ridotte nei bambini con impianto cocleare, anche dopo molti anni di utilizzo del dispositivo, suggerendo una persistente fragilità del circuito fonologico della memoria di lavoro (Pisoni et al., 2011). Tali difficoltà possono tradursi in un maggiore carico cognitivo durante l'ascolto prolungato, la comprensione di testi complessi e l'apprendimento scolastico basato prevalentemente sul canale verbale.

Kronenberger, Colson e colleghi (2014) hanno inoltre evidenziato un aumento del rischio neurocognitivo nei bambini impiantati, con particolare riferimento a deficit di attenzione sostenuta, difficoltà di pianificazione e minore flessibilità cognitiva. Tali caratteristiche non devono essere interpretate come conseguenze dirette dell'impianto in sé, ma come il risultato di un percorso di sviluppo segnato da una iniziale deprivazione sensoriale e da una successiva fase di intenso adattamento neurofunzionale.

L'esperienza uditiva mediata dall'impianto cocleare, infatti, differisce qualitativamente dall'ascolto naturale. Il segnale acustico risulta impoverito sul piano spettrale e temporale, richiedendo un maggiore impegno attentivo per la sua decodifica e integrazione semantica (Kral et al., 2016). Questo continuo sforzo di elaborazione può sottrarre risorse cognitive ad altri processi, come il monitoraggio metacognitivo, la memorizzazione profonda delle informazioni e la regolazione emotiva.

Alla luce di tali evidenze, appare riduttivo valutare l'efficacia dell'impianto cocleare esclusivamente in termini di soglie uditive o di accuratezza fonetica. Sebbene questi indicatori rivestano un'importanza clinica indiscutibile, essi non riflettono pienamente il funzionamento cognitivo globale del bambino né la sua capacità di utilizzare il linguaggio come strumento di apprendimento e di regolazione del comportamento.

L'impianto cocleare può quindi essere considerato una condizione necessaria ma non sufficiente per sostenere uno sviluppo neurocognitivo armonico: il suo potenziale si realizza pienamente solo quando è inserito in un progetto riabilitativo ed educativo integrato, capace di tenere conto delle specificità cognitive, delle risorse familiari e delle caratteristiche dell'ambiente scolastico.

Pur riconoscendo il ruolo dell'impianto cocleare nei processi di accesso al linguaggio verbale, la letteratura contemporanea evidenzia come lo sviluppo del bambino con sordità possa realizzarsi attraverso percorsi comunicativi differenti, inclusi approcci bilingui, bimodali e fondati sull'integrazione tra lingua vocale e lingua dei segni.

4. Il ruolo della famiglia nello sviluppo del bambino sordo

La famiglia rappresenta il primo e più rilevante contesto di sviluppo per il bambino, costituendo l'ambiente in cui si strutturano le prime esperienze comunicative, affettive e cognitive. Nel caso della sordità infantile, tale ruolo assume un'importanza ancora maggiore, poiché la qualità e la precocità delle interazioni familiari influenzano in modo diretto l'organizzazione dei sistemi linguistici e neurocognitivi del bambino (Moeller, 2000).



Numerosi studi hanno evidenziato come l'input linguistico precoce e continuo costituisca uno dei principali fattori predittivi dello sviluppo comunicativo nei bambini sordi, indipendentemente dalla modalità comunicativa adottata e dalla presenza di tecnologie protesiche (Moeller, 2000; DesJardin & Eisenberg, 2007). In particolare, la quantità e la qualità delle interazioni verbali e multimodali tra genitori e figli risultano fortemente correlate all'ampiezza del vocabolario, alla competenza sintattica e alla comprensione semantica nei primi anni di vita.

L'introduzione dell'impianto cocleare modifica profondamente le dinamiche comunicative familiari, richiedendo un processo di adattamento reciproco tra il bambino e il suo ambiente relazionale. I genitori sono chiamati non solo a sostenere la riabilitazione logopedica, ma anche a ristrutturare le proprie modalità comunicative, aumentando la frequenza degli scambi linguistici, semplificando le produzioni verbali e rendendo più espliciti i riferimenti contestuali (DesJardin & Eisenberg, 2007). Tale impegno, se adeguatamente supportato dai servizi, può favorire un'accelerazione significativa dello sviluppo linguistico.

Accanto agli aspetti comunicativi, la dimensione emotiva riveste un ruolo cruciale. La diagnosi di sordità costituisce spesso un evento altamente stressante per la famiglia, associato a sentimenti di incertezza, perdita e ristrutturazione delle aspettative genitoriali (Zaidman-Zait & Most, 2005). Livelli elevati e persistenti di stress parentale possono interferire con la qualità delle interazioni precoci e ridurre la sensibilità dei genitori ai segnali comunicativi del bambino, con possibili ripercussioni sullo sviluppo socio-emotivo (Hintermair, 2006).

Quittner et al. (2010) hanno mostrato come i genitori di bambini sordi, in particolare in presenza di ritardi linguistici significativi, presentino livelli di stress superiori rispetto ai genitori di bambini udenti, e come tale stress sia associato a un aumento dei problemi comportamentali e a difficoltà di autoregolazione nei figli. Questi dati suggeriscono che il benessere psicologico della famiglia non costituisce una variabile accessoria, ma un elemento strutturale del processo di sviluppo.

In una prospettiva sistemica, la famiglia può essere considerata un vero e proprio mediatore neurocognitivo. Le modalità attraverso cui i genitori rispondono alle iniziative comunicative del bambino, lo coinvolgono in attività condivise e lo supportano nella regolazione emotiva contribuiscono infatti alla costruzione delle competenze attentive, mnestiche ed esecutive, fondamentali per l'apprendimento successivo (Calderon & Greenberg, 2003).

I programmi di intervento precoce centrati sulla famiglia hanno dimostrato una maggiore efficacia rispetto a quelli focalizzati esclusivamente sul bambino, proprio in virtù della loro capacità di potenziare l'ambiente comunicativo naturale e di sostenere i genitori nel loro ruolo educativo (Moeller, Carr, Seaver, Stredler-Brown, & Holzinger, 2013). Tali programmi promuovono una partecipazione attiva dei caregiver, favorendo la generalizzazione delle competenze acquisite in contesto clinico alla vita quotidiana.

La famiglia svolge inoltre una funzione essenziale di raccordo tra il sistema sanitario e quello educativo. La condivisione delle informazioni cliniche, la partecipazione alla definizione degli obiettivi riabilitativi e il dialogo costante con la scuola contribuiscono a garantire coerenza e continuità agli interventi, riducendo il rischio di messaggi contraddittori e di disorientamento per il bambino.

Alla luce di queste evidenze, appare evidente che il successo dell'impianto cocleare e degli interventi riabilitativi non possa essere valutato indipendentemente dal contesto familiare in cui essi si inseriscono. La famiglia non costituisce un semplice supporto logistico alla terapia, ma un agente attivo di sviluppo neuropsicologico, in grado di modulare profondamente le traiettorie cognitive, linguistiche ed emotive del bambino sordo.

5. La scuola come ambiente neuro-educativo: memoria di lavoro, funzioni esecutive e inclusione

Per il bambino con sordità, la scuola rappresenta uno dei principali contesti di sviluppo cognitivo, linguistico e socio-emotivo dopo la famiglia. Tuttavia, essa non costituisce un ambiente neutro: le caratteristiche sensoriali, comunicative e organizzative del contesto scolastico possono facilitare oppure ostacolare in



modo significativo l'espressione delle potenzialità individuali, in particolare nei soggetti portatori di impianto cocleare (Spencer & Marschark, 2010).

Dal punto di vista neuropsicologico, l'apprendimento scolastico richiede un funzionamento efficiente della memoria di lavoro e delle funzioni esecutive, sistemi cognitivi deputati al mantenimento temporaneo delle informazioni, alla loro manipolazione e al controllo del comportamento orientato a uno scopo (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 2000; Cowan, 2017). I modelli multicomponenziali descrivono la memoria di lavoro come articolata in sottosistemi distinti per l'elaborazione del materiale verbale e visuo-spaziale, coordinati da un sistema centrale di controllo attentivo ed esecutivo (Baddeley, 2007).

Nel bambino sordo, in particolare quando l'accesso al linguaggio verbale è stato tardivo o qualitativamente limitato, il circuito fonologico-articolatorio risulta spesso meno efficiente. Ciò comporta una ridotta capacità di mantenere attive le informazioni verbali durante l'esecuzione di compiti complessi, come la comprensione di consegne articolate, la risoluzione di problemi matematici o la produzione scritta (Ruffieux & Nunes, 2003; Pisoni, Kronenberger, Roman, & Geers, 2011). Tale fragilità non implica necessariamente un deficit intellettuale generale, ma riflette una diversa organizzazione funzionale dei sistemi cognitivi in seguito alla deprivazione sensoriale precoce.

In ambiente scolastico, queste caratteristiche possono tradursi in un rapido sovraccarico cognitivo. Il bambino con sordità è frequentemente chiamato a investire una quota significativa delle proprie risorse attentive nella decodifica del segnale linguistico, soprattutto in presenza di rumore di fondo, distanza dall'insegnante o scarsa qualità acustica dell'aula. Di conseguenza, risultano disponibili minori risorse per l'elaborazione concettuale profonda dei contenuti disciplinari, per il monitoraggio dell'errore e per la pianificazione delle risposte (Kronenberger, Beer, et al., 2014). Questo fenomeno risulta coerente con la letteratura sul listening effort, che descrive l'aumento delle risorse attentive ed esecutive necessarie per sostenere la comprensione linguistica in condizioni di accesso sensoriale complesso o degradato (Pichora-Fuller et al., 2016; Peelle, 2018). In questa prospettiva, il costo cognitivo associato all'accesso all'informazione linguistica rappresenta una variabile centrale per comprendere la sostenibilità del funzionamento nei contesti educativi.

Le funzioni esecutive – tra cui inibizione comportamentale, flessibilità cognitiva, pianificazione e controllo dell'attenzione – svolgono un ruolo determinante nel sostenere la partecipazione attiva alle attività didattiche e l'adattamento alle richieste scolastiche (Diamond, 2013; Miyake & Friedman, 2012). La letteratura indica che tali funzioni sono particolarmente sensibili alle condizioni di sviluppo linguistico precoce e alla qualità dell'interazione comunicativa. Nei bambini sordi, eventuali ritardi o atipie in questi ambiti possono manifestarsi sotto forma di difficoltà organizzative, lentezza nell'esecuzione dei compiti, scarsa tolleranza alla frustrazione e ridotta autonomia nello studio (Shallice & Burgess, 1996; Kronenberger, Colson, et al., 2014).

Un ulteriore elemento critico riguarda le caratteristiche fisiche dell'ambiente scolastico. L'acustica dell'aula, la disposizione dei banchi, l'illuminazione e la possibilità di accesso visivo al volto dell'insegnante influenzano direttamente l'efficacia della percezione uditiva mediata dall'impianto cocleare e, di conseguenza, il carico cognitivo richiesto per la comprensione del messaggio verbale (Marschark & Hauser, 2012). Ambienti rumorosi o visivamente disorganizzati aumentano la richiesta attentiva e possono amplificare le difficoltà di memoria di lavoro e di controllo esecutivo.

In tale prospettiva, l'inclusione scolastica non può essere ridotta alla sola presenza fisica dell'alunno in classe, ma richiede una progettazione intenzionale dell'ambiente di apprendimento. Strategie quali la semplificazione linguistica delle consegne, l'uso sistematico di supporti visivi, la segmentazione dei compiti complessi, la riduzione del rumore ambientale e la strutturazione chiara delle routine didattiche rappresentano interventi a basso costo ma ad alto impatto sul funzionamento cognitivo dell'alunno sordo (Spencer & Marschark, 2010).

Il Piano Educativo Individualizzato dovrebbe pertanto fondarsi non soltanto sulla diagnosi funzionale in senso stretto, ma su una valutazione approfondita del profilo neuropsicologico, con particolare attenzione alla memoria di lavoro e alle funzioni esecutive (Alloway & Alloway, 2010). In assenza di tale analisi,



il rischio è quello di interpretare le difficoltà scolastiche come mancanza di impegno o di motivazione, piuttosto che come espressione di un carico cognitivo strutturalmente più elevato.

Considerare la scuola come ambiente neuro-educativo significa riconoscere che le modalità di insegnamento e l'organizzazione del contesto influenzano direttamente i processi di apprendimento a livello cerebrale. Per il bambino con sordità, tale consapevolezza assume un valore ancora maggiore, poiché consente di trasformare un potenziale fattore di rischio evolutivo in un'opportunità di compensazione e sviluppo, attraverso interventi pedagogici mirati e scientificamente informati.

6. Il modello olografico come cornice integrativa dell'intervento

Le evidenze cliniche, neurobiologiche e psicopedagogiche finora discusse mostrano come la sordità infantile non possa essere adeguatamente compresa né affrontata attraverso modelli settoriali o riduzionistici. L'attenzione esclusiva alla dimensione tecnologica dell'impianto cocleare o al solo versante riabilitativo-logopedico rischia di frammentare l'intervento e di trascurare la complessità dei processi evolutivi coinvolti (Marschark & Hauser, 2012; Spencer & Marschark, 2010).

In questa prospettiva si colloca il modello olografico, che propone una lettura integrata dello sviluppo del bambino sordo come risultato dell'interazione dinamica e continua tra più sistemi: neurobiologico, cognitivo, emotivo-relazionale, familiare, educativo e sociale. Il termine "olografico" rimanda all'idea che ogni dimensione dell'esperienza del bambino contenga, in forma implicita, le altre, e che nessun ambito possa essere compreso o modificato in modo efficace se isolato dal contesto globale di funzionamento.

Secondo tale modello, la sordità non viene concepita unicamente come una menomazione sensoriale, ma come una condizione che incide sulla costruzione delle reti neurali, sull'organizzazione delle funzioni cognitive superiori, sulle modalità di regolazione emotiva e sulle traiettorie di apprendimento (Kral, Kronenberger, Pisoni, & O'Donoghue, 2016). L'impianto cocleare rappresenta uno strumento di straordinaria rilevanza clinica, ma il suo effetto sullo sviluppo dipende dalla qualità delle interazioni che il bambino sperimenta quotidianamente e dalla coerenza degli interventi educativi e familiari che accompagnano la stimolazione sensoriale (Moeller et al., 2013).

Il modello olografico assume come presupposto che la plasticità cerebrale, pur offrendo ampie possibilità di recupero funzionale, non sia illimitata. Essa risulta inoltre fortemente dipendente dal contesto di sviluppo, dall'accessibilità linguistica precoce, dalla stabilità emotiva dell'ambiente familiare e dalla qualità delle esperienze scolastiche (Kral & Sharma, 2012; Kronenberger, Beer, et al., 2014).

In assenza di una progettazione integrata, il rischio è quello di osservare progressi settoriali – ad esempio nella percezione dei suoni – che non si traducono automaticamente in competenze linguistiche, cognitive o scolastiche adeguate (Niparko et al., 2010). Questo fenomeno contribuisce a spiegare la notevole variabilità degli outcome osservati nei bambini con impianto cocleare, anche a parità di condizioni audiologiche iniziali (Kral et al., 2016).

Un elemento qualificante del modello è l'attenzione al profilo neuropsicologico individuale del bambino. Piuttosto che adottare protocolli standardizzati rigidi, l'intervento viene concepito come un processo di modulazione continua, basato sulla valutazione delle risorse e delle fragilità specifiche in termini di memoria verbale, controllo attentivo, flessibilità cognitiva e capacità di autoregolazione (Diamond, 2013; Miyake & Friedman, 2012).

All'interno di questa cornice, la famiglia e la scuola non costituiscono semplici contesti applicativi delle indicazioni cliniche, ma veri e propri agenti di sviluppo neurocognitivo. Le modalità comunicative adottate in ambito domestico, le aspettative genitoriali e la gestione dello stress influiscono direttamente sull'efficacia dell'impianto e sulla costruzione delle competenze linguistiche (Hintermair, 2006; Quittner et al., 2010). Analogamente, l'organizzazione dell'ambiente scolastico, le strategie didattiche inclusive e l'attenzione alle funzioni esecutive determinano il grado in cui il bambino riesce a trasformare l'accesso al suono in apprendimento significativo (Marschark et al., 2011).

Il modello olografico si differenzia dunque dagli approcci lineari causa-effetto, nei quali la tecnologia



viene considerata il principale fattore predittivo degli esiti evolutivi. Esso propone invece una visione sistemica, coerente con i modelli bio-psico-sociali dello sviluppo e con la prospettiva dell'ICF-CY (World Health Organization, 2007), in cui ogni intervento su un livello – biologico, educativo o relazionale – produce effetti su tutti gli altri livelli.

Dal punto di vista psicopedagogico, questo approccio implica la necessità di costruire progetti educativi individualizzati realmente interdisciplinari, fondati su una collaborazione strutturata tra neuropsichiatra infantile, audiologo, logopedista, psicologo, insegnanti e famiglia. La condivisione degli obiettivi e delle strategie diventa parte integrante dell'intervento, non un elemento accessorio (Moeller et al., 2013; Spencer & Marschark, 2010).

In sintesi, il modello olografico offre una cornice teorica capace di integrare le conoscenze neuroscientifiche sulla plasticità cerebrale con i contributi della psicologia dello sviluppo e della pedagogia speciale, consentendo di superare una visione parcellizzata della sordità infantile e di orientare l'intervento verso la promozione di uno sviluppo globale e armonico.

7. Implicazioni psicopedagogiche per l'intervento educativo e clinico

L'adozione di una prospettiva integrata nello studio della sordità infantile comporta rilevanti implicazioni sul piano psicopedagogico, sia per la progettazione degli interventi educativi sia per l'organizzazione dei servizi clinici e riabilitativi. Considerare il bambino come sistema in sviluppo, inserito in una rete di relazioni biologiche, cognitive, emotive e sociali, impone un superamento dei modelli di intervento settoriali e una ridefinizione del ruolo delle diverse figure professionali coinvolte (Spencer & Marschark, 2010).

In primo luogo, risulta centrale la valutazione neuropsicologica precoce e continuativa. Oltre agli indicatori audiologici e linguistici, è necessario monitorare sistematicamente il funzionamento della memoria di lavoro, delle funzioni esecutive, dell'attenzione e delle competenze socio-emotive, dimensioni che costituiscono fattori predittivi cruciali dell'adattamento scolastico e dell'autonomia futura (Alloway & Alloway, 2010; Diamond, 2013).

Sul piano didattico, l'intervento deve fondarsi su principi di accessibilità cognitiva oltre che sensoriale. Ciò implica la semplificazione linguistica delle consegne, l'uso sistematico di mediatori visivi e organizzatori grafici, la segmentazione dei compiti complessi in unità gestibili, l'adeguamento dei tempi di elaborazione e la riduzione del carico attentivo superfluo (Marschark & Hauser, 2012). Tali strategie non rappresentano facilitazioni improprie, ma adattamenti funzionali coerenti con il profilo neuropsicologico del bambino sordo.

Un'ulteriore implicazione riguarda la formazione degli insegnanti e degli operatori scolastici. La conoscenza dei meccanismi di plasticità cerebrale, dei limiti della tecnologia protesica e delle specificità cognitive associate alla sordità consente di evitare interpretazioni erranee delle difficoltà scolastiche in termini di scarso impegno o deficit motivazionale (Kronenberger, Beer, et al., 2014). La lettura neuro-educativa del comportamento favorisce invece un approccio pedagogico fondato sulla comprensione dei processi sottostanti e sulla modulazione dell'ambiente di apprendimento.

Il modello integrato richiede inoltre un rafforzamento dell'alleanza tra scuola, famiglia e servizi sanitari. La condivisione degli obiettivi educativi e riabilitativi, la coerenza delle strategie comunicative e la continuità degli interventi costituiscono elementi determinanti per la stabilità emotiva del bambino e per l'efficacia a lungo termine dell'impianto cocleare (Moeller et al., 2013; Quittner et al., 2010).

Sul piano clinico, l'approccio psicopedagogico integrato suggerisce di affiancare alla riabilitazione logopedica interventi mirati sullo sviluppo delle funzioni esecutive e della regolazione emotiva. Tali interventi possono includere training cognitivi, attività metacognitive e supporto psicologico, risultando particolarmente rilevanti nei casi in cui emergano difficoltà attentive, impulsività, rigidità cognitiva o problematiche comportamentali secondarie alla fatica comunicativa cronica (Diamond, 2013; Miyake & Friedman, 2012).

Infine, il modello olografico invita a una riflessione più ampia sul concetto stesso di successo dell'in-



tervento. Esiti positivi non possono essere valutati esclusivamente in termini di percezione uditiva o correttezza fonetica, ma devono includere indicatori di benessere psicologico, partecipazione sociale, autonomia scolastica e qualità delle relazioni interpersonali (World Health Organization, 2013).

In questa prospettiva, l'obiettivo ultimo dell'intervento psicopedagogico non è la normalizzazione sensoriale, ma la promozione di un funzionamento globale armonico, compatibile con le caratteristiche individuali del bambino e con il suo contesto di vita.

Il MIAN non propone una lettura esclusivamente audiologica o oralista della sordità, ma una cornice interpretativa orientata a comprendere le condizioni neurofunzionali che sostengono l'accessibilità all'apprendimento nei differenti percorsi linguistici, comunicativi ed educativi.

8. Conclusioni

La sordità infantile si configura come una condizione di sviluppo complessa che coinvolge simultaneamente dimensioni sensoriali, neurobiologiche, cognitive, emotive ed educative, incidendo sul funzionamento globale del bambino nei contesti di vita e di apprendimento. Le evidenze discusse nel presente contributo mostrano come una lettura riduzionistica, centrata esclusivamente sulla perdita uditiva o sulla soluzione tecnologica offerta dall'impianto cocleare, risulti insufficiente a spiegare la marcata variabilità degli esiti evolutivi osservati nei bambini sordi.

L'analisi dei processi di plasticità cerebrale, dello sviluppo della memoria di lavoro e delle funzioni esecutive, insieme al ruolo svolto dall'ambiente familiare e scolastico, evidenzia come lo sviluppo emerga dall'interazione dinamica tra fattori biologici e contesti relazionali ed educativi. In tale prospettiva, l'impianto cocleare rappresenta una risorsa fondamentale per l'accesso al suono, ma non può essere considerato un fattore autosufficiente né predittivo in modo univoco del funzionamento cognitivo, linguistico o scolastico del bambino.

Il modello olografico proposto consente di collocare la sordità infantile all'interno di una cornice teorica coerente con la pedagogia speciale e con i modelli di educazione inclusiva, superando la frammentazione degli interventi e offrendo uno strumento interpretativo utile per comprendere le differenze individuali negli esiti di sviluppo. Tale approccio permette di integrare dimensioni cliniche, psicologiche ed educative in una prospettiva di funzionamento, orientata alla partecipazione, all'apprendimento e al benessere.

1. Sul piano psicopedagogico, ciò implica la necessità di progettare contesti educativi inclusivi capaci di adattarsi ai profili neurocognitivi individuali, di valorizzare le risorse del bambino e di ridurre il carico cognitivo associato alle difficoltà di accesso linguistico. La scuola, in quanto ambiente privilegiato di sviluppo e di partecipazione sociale, assume un ruolo centrale nel trasformare l'accesso al suono in opportunità di apprendimento significativo.
2. Affrontare la sordità infantile nell'ambito della pedagogia speciale significa spostare l'attenzione dalla sola normalizzazione sensoriale alla promozione di un funzionamento globale armonico, sostenuto da una collaborazione strutturata tra famiglia, scuola e servizi clinici. Solo attraverso un'integrazione reale tra tecnologia, relazioni ed educazione è possibile favorire percorsi di inclusione autentica, capaci di sostenere lo sviluppo, l'autonomia e la qualità della vita del bambino sordo.
3. L'accessibilità non può essere ridotta esclusivamente al recupero sensoriale, ma deve essere considerata come il risultato dinamico dell'interazione tra dimensione neurobiologica, esperienza linguistica, mediazione educativa e organizzazione dell'ambiente di apprendimento.
4. In questa cornice interpretativa, il MIAN si propone come uno strumento teorico finalizzato a leggere la complessità del funzionamento nei soggetti con sordità, riconoscendo la pluralità dei percorsi comunicativi, linguistici e delle possibili traiettorie evolutive.



Riferimenti bibliografici

- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought, and action*. Oxford University Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47–89). Academic Press.
- Calderon, R., & Greenberg, M. T. (2003). Social and emotional development of deaf children: Family, school, and program effects. In M. Marschark & P. E. Spencer (Eds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language, and education* (pp. 177–189). Oxford University Press.
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323–338. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)00020-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)00020-9)
- Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1158–1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>
- DesJardin, J. L., & Eisenberg, L. S. (2007). Maternal contributions: Supporting language development in young children with cochlear implants. *Ear and Hearing*, 28(4), 456–469. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31806dc1ab>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Hintermair, M. (2006). Parental resources, parental stress, and socioemotional development of deaf and hard of hearing children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(4), 493–513. <https://doi.org/10.1093/deafed/enl005>
- Houston, D. M., Stewart, J., Moberly, A., Hollich, G., & Miyamoto, R. T. (2012). Word learning in deaf children with cochlear implants: Effects of early auditory experience. *Developmental Science*, 15(3), 448–461. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01140.x>
- Kandel, E. R., Dudai, Y., & Mayford, M. R. (2014). The molecular and systems biology of memory. *Cell*, 157(1), 163–186. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.001>
- Kral, A., & Sharma, A. (2012). Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends in Neurosciences*, 35(2), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.09.004>
- Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: A connectome model. *The Lancet Neurology*, 15(6), 610–621. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)00034-X)
- Kronenberger, W. G., Beer, J., Castellanos, I., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2014). Neurocognitive risk in children with cochlear implants. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 140(7), 608–615. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2014.757>
- Kronenberger, W. G., Colson, B. G., Henning, S. C., & Pisoni, D. B. (2014). Executive functioning and speech-language skills following long-term use of cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 19(4), 456–470. <https://doi.org/10.1093/deafed/enu011>
- Marschark, M., & Hauser, P. C. (2012). *How deaf children learn: What parents and teachers need to know*. Oxford University Press.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moeller, M. P. (2000). Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics*, 106(3), e43. <https://doi.org/10.1542/peds.106.3.e43>
- Moeller, M. P., Carr, G., Seaver, L., Stredler-Brown, A., & Holzinger, D. (2013). Best practices in family-centered early intervention for children who are deaf or hard of hearing. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 18(4), 429–445. <https://doi.org/10.1093/deafed/ent034>
- Niparko, J. K., Tobey, E. A., Thal, D. J., Eisenberg, L. S., Wang, N.-Y., Quittner, A. L., & Fink, N. E. (2010). Spoken language development in children following cochlear implantation. *JAMA*, 303(15), 1498–1506. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.451>
- Peelle, J. E. (2018). *Listening effort: How the cognitive consequences of acoustic challenge are reflected in brain and behavior*. *Ear and Hearing*, 39(2), 204–214. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000494>
- Pichora-Fuller, M. K., Kramer, S. E., Eckert, M. A., Edwards, B., Hornsby, B. W. Y., Humes, L. E., Lemke, U., Lunner, T.,



- Matthen, M., Mackersie, C. L., Naylor, G., Phillips, N. A., Richter, M., Rudner, M., Sommers, M. S., Tremblay, K. L., & Wingfield, A. (2016). *Hearing impairment and cognitive energy: The Framework for Understanding Effortful Listening (FUEL)*. *Ear and Hearing, 37*(Suppl. 1), 5S–27S. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000312>
- Pisoni, D. B., Conway, C. M., Kronenberger, W. G., Henning, S. C., & Anaya, E. M. (2010). Executive function, cognitive control, and sequence learning in deaf children with cochlear implants. In M. Marschark & P. E. Spencer (Eds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language, and education* (Vol. 2, pp. 439–457). Oxford University Press.
- Pisoni, D. B., Kronenberger, W. G., Roman, A. S., & Geers, A. E. (2011). Measures of digit span and verbal rehearsal speed in deaf children after more than 10 years of cochlear implantation. *Ear and Hearing, 32*(1 Suppl.), 60S–74S. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181ffd58e>
- Quittner, A. L., Barker, D. H., Cruz, I., Snell, C., Grimley, M. E., & Botteri, M. (2010). Parenting stress among parents of deaf and hearing children: Associations with language delays and behavior problems. *Parenting: Science and Practice, 10*(2), 136–155. <https://doi.org/10.1080/15295190903212851>
- Ruffieux, N., & Nunes, T. (2003). The development of working memory in deaf children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 8*(3), 317–332. <https://doi.org/10.1093/deafed/eng018>
- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1996). The domain of supervisory processes and temporal organization of behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 351*(1346), 1405–1412. <https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0124>
- Sharma, A., Dorman, M. F., & Kral, A. (2005). The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hearing Research, 203*(1–2), 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2004.12.010>
- Spencer, P. E., & Marschark, M. (2010). *Evidence-based practice in educating deaf and hard-of-hearing students*. Oxford University Press.
- Tomasello, M. (2003). *Constructing a language: A usage-based theory of language acquisition*. Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1990). *Thought and language*. MIT Press. (Original work published 1934)
- World Health Organization. (2007). *International classification of functioning, disability and health: Children and youth version (ICF-CY)*. World Health Organization.