

LA RIABILITAZIONE VESTIBOLARE

A cura di

Antonio Cesarani



AUTORI E AFFILIAZIONI

ATANASIO SALVATORE
Ist. Italiano Colonna di Milano

ALPINI DARIO
Serv. Otoneurologia IRCCS S. Maria Nascente
Fond. don Carlo Gnocchi di Milano

ANDREONI GIUSEPPE
Dip. Bioingegneria Politecnico di Milano

ARISI ELENA
Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze ORL
Università di Milano
IRCCS Fond. Osp. Maggiore di Milano

BAROZZI STEFANIA
Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze ORL
Università di Milano

BRAMBILLA DANIELE
Servizio di Audiologia e Foniatria
Ist. Scientifico Eugenio Medea
"La Nostra Famiglia" Bosisio Parini (Lecco)

BRUGNONI GUIDO
Servizio di Medicina Fisica e Riabilitativa
Casa di Cura Capitanio, Milano

CASANI AUGUSTO PIETRO
Sez. ORL – Dip. Neuroscienze –
Università di Pisa

CESARANI ANTONIO
Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze ORL
Università di Milano
IRCCS Fond. Osp. Maggiore di Milano

COSENTINO GAETANO
Sez. ORL – Dip. Scienze
Ortopedico-Riabilitative, Radiologiche
e ORL – Università di Siena

CRIPPA BARBARA
Clinica ORL – Università di Genova

D'ANTEO MICHELE
UO ORL ASL di Livorno

DELLEPIANE MASSIMO
Clinica ORL – Università di Genova

DI BERARDINO FEDERICA
Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze ORL
Università di Milano – IRCCS Fond.
Osp. Maggiore di Milano

FILIPPONI ELIANA
Cattedra di Audiologia – IRCCS Fond. Osp.
Maggiore di Milano

FUSARI PIER FRANCESCO
UO ORL ASL di Livorno

GIORDANO GIAN PIERO
Cattedra di Audiologia
IRCCS Fond. Osp. Maggiore di Milano

GUFONI MAURO
UO ORL ASL di Livorno

GUIDETTI GIORGIO
Serv. di Audiovestibologia – ASL di Modena

MANFRIN MARCO
Sez. ORL – Dip. Scienze Chirurgiche
Rianimatorie e Riabilitative e Trapianto
d'organo – Fondazione IRCCS Policlinico
S. Matteo – Università di Pavia

MARCHETTI MANUELA
Sez. ORL – Dip. Neuroscienze –
Università di Pisa

MARCHI CHIARA
UO ORL e chir. cerv. facciale – Serv.
Stomatologia e chir. orale
ASL di Forlì

MELIS ORNELLA
Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze ORL
Università di Milano – IRCCS Fond.
Osp. Maggiore di Milano

MESSINA ALDO
Serv. Audiologia – Policlinico
Università di Palermo

MONZANI DANIELE

Dip. Neuroscienze, testa collo e riabilitazione
Università di Modena e Reggio Emilia

MORA ENZO

Clinica ORL – Università di Genova

NEGRINI STEFANO

Ist. Italiano Colonna di Milano

NUTI DANIELE

Sez. ORL – Dip. Scienze Ortopedico-
Riabilitative, Radiologiche e ORL –
Università di Siena

PAGNINI PAOLO

Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze
Chirurgiche e ORL – Università di Firenze

PECCI RUDI

Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze
Chirurgiche e ORL – Università di Firenze

PEDOTTI ANTONIO

Dip. Bioingegneria Politecnico di Milano

RAPONI GIORGIO

Centro Vertigini – Istituto Clinico S. Rita -
Milano

RIGO STEFANO

Ministero della Salute – S.A.S.N. Trieste

SALAMI ANGELO

Clinica ORL – Università di Genova

SALERNI LORENZO

Sez. ORL – Dip. Scienze
Ortopedico-Riabilitative, Radiologiche
e ORL – Università di Siena

SANTAMBROGIO GIORGIO

Dip. Bioingegneria Politecnico di Milano

SOCCI MARINA

Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze ORL
Università di Milano
IRCCS Fond. Osp. Maggiore di Milano

SOI DANIELA

Cattedra di Audiologia – IRCCS Fond. Osp.
Maggiore di Milano

TESIO LUIGI

Ist. Fisiologia Umana II – Università
di Milano

VANNUCCHI PAOLO

Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze
Chirurgiche e ORL – Università di Firenze

VERRECCHIA LUCA

Cattedra di Audiologia – Dip. Scienze
Chirurgiche e ORL – Università di Firenze

VICINI CLAUDIO

UO ORL e chir. cerv. facciale – Serv.
Stomatologia e chir. orale
ASL di Forlì

SULLE INTERAZIONI TRA SUONO, EQUILIBRIO, MOVIMENTO E LINGUAGGIO

ALDO MESSINA

Nel secolo scorso Sherrington ha introdotto il concetto di "sesto senso": "flusso sensorio continuo e inconscio, a partenza dalle parti mobili del nostro corpo (muscoli, tendini, articolazioni) e che ne controlla la posizione, il tono ed il movimento in modo automatico: ovvero la postura". Si può andare ben oltre i "sei sensi", se consideriamo il senso dell'equilibrio, l'orientamento, la sensibilità termica, la cinestetica.

Rudolf Steiner, fondatore della pedagogia Waldorf, identifica dodici sensi, classificando il senso dell'equilibrio tra quelli corporei (con il tatto) e l'udito tra quelli spirituali (con il pensiero).

La vista, per consentirci la percezione del colore, utilizza specifici recettori a seconda della lunghezza d'onda dello stimolo luminoso. L'uomo possiede dei recettori visivi che gli consentono di percepire lunghezze d'onda comprese tra 400 e 700 nM. Secondo la teoria tricromatica di Thomas Young, possediamo differenti specifici recettori per il colore blu, verde e rosso. L'eccitamento è trasmesso con fibre diverse del sistema nervoso ed è il cervello, combinando i colori, a determinare la sensazione. Se diversi sono i recettori per ognuno dei tre colori principali, è come se esistesse la vista per il blu, quella per il verde e quella per il rosso: tre recettori visivi e non uno. Le api, come altri animali, pur possedendo recettori tricromatici, non sono in grado di distinguere i colori in quanto i segnali afferenti a partenza dai recettori non si mescolano per determinare il contrasto cromatico.

Quattro sono i recettori del gusto. Nell'uomo il senso del gusto riconosce il dolce, il salato, l'amaro o l'aspro.

Per il tatto ancora una volta riconosciamo almeno quattro tipi diversi di recettori a diverso adattamento. Ricordiamo i corpuscoli di Meissner – fondamentali nell'aggiustamento di presa durante il periodo in cui l'oggetto è afferrato, i dischi di Merkel, i nocicettori deputati alla percezione del dolore a loro volta distinti in meccanici, polimodali, termici ed i propriocettori. Questi recettori sono deputati alla sensibilità cinestetica in quanto idonei a percepire la posizione delle articolazioni, la loro direzione e velocità di movimento e sono in grado di determinare lo sforzo necessario per afferrare e sollevare un oggetto. Dobbiamo aggiungere la sensazione di tremolio (frequenza inferiore a 40 Hz) e la vibrazione (a frequenze maggiori).

E che dire dell'udito? La coclea è sede di una vasta gamma di recettori uditivi che consentono la percezione delle diverse frequenze comprese tra i 20 e i 20.000 Hz: dovrem-

mo affermare che possediamo 20.000 recettori? Ritenendoci il "metro" del Creato abbiamo definito infra ed ultra suono ciò che il nostro apparato uditivo non è in grado di percepire... ma altri esseri viventi sì.

Se un suono ha una frequenza inferiore ai 16-20 Hz o superiore ai 16.000-20.000 Hz affermiamo che attorno a noi c'è silenzio, in quanto il nostro apparato uditivo non è in grado di percepire quelle frequenze. Essendo però il suono effetto di una vibrazione e muovendosi tutto attorno a noi (παντα περι) in realtà non c'è mai silenzio (assenza di vibrazione) ma solo suono inudibile.

I sistemi sensoriali "ascendono" per vie parallele, effettuando operazioni comuni. In ogni sistema sensoriale è in grado "in itinere" di paragonare simultaneamente le informazioni provenienti dagli altri sistemi sensoriali. Nelle fasi finali dell'elaborazione sensoriale i sistemi effettuano paragoni con eventi passati.

I sinesteti sono individui in grado di percepire "sensazioni combinate": i colori tintinnano ed i suoni risplendono: le affermazioni "dolci melodie", "voci chiare", "colori aspri", "colori ruvidi" sono espressioni di sinestesia verbale.

UDITO ED EQUILIBRIO: EVOLUZIONE ED EMBRIOLOGIA

Il sistema uditivo, come gli altri sistemi sensoriali, deriva embriologicamente dai neuroblasti della cresta neurale e dai placodi sensoriali. I fotorecettori e le cellule gangliari retiniche derivano da una protrusione del diencefalo embrionario ed i neuroni del tubo neurale del S.N.C. Questo determina sia la completa irreversibilità delle lesioni del nervo ottico che il comportamento da organo "centrale" che ha la vista nella prevalenza emisferica.

Il sistema uditivo quindi condivide somiglianze funzionali ed evolutive con altri sistemi recettoriali ed in particolare con il sistema vestibolare e con il sistema (tattile) della linea laterale dei vertebrati inferiori, tutti accomunati dall'impiego della cellula ciliata. La differenza funzionale tra questi sistemi è costituita dalle velocità temporale con cui opera il sistema uditivo, se si pensa che, ad esempio, un singolo suono di 16.000 Hz è costituito da 16.000 oscillazioni in un secondo. La linea laterale dei pesci invece rappresenta evolutivamente il primo organo deputato al controllo posturale e spaziale.

L'orecchio interno si sviluppa nel feto di 22 giorni dal placode acustico, una lamina ispessita, di origine ectodermica ai lati della testa, nella regione romboencefalica che si invagina formando una sacca, otocisti o vescicola otica che, dopo il primo mese di vita si espande dilatandosi in modo disomogeneo, formando primariamente utricolo e sacculo, tra loro separati da una strozzatura. L'utricolo presenta tre pliche da cui origineranno i canali semicircolari. Il sacculo evidenzia, nei vertebrati inferiori, l'abbozzo della "lagena" una formazione che negli animali superiori contribuirà a formare la coclea. Le pareti della vescicola otica daranno origine alle zone membranose del labirinto, le zone ispessite agli epiteli sensoriali.

Pertanto la coclea sia evolutivamente che embriologicamente si forma da una evaginazione del sacculo e nell'uomo sarà la stessa arteria, cocleovestibolare, ad irrorare il sacculo ed il giro basale della coclea.

Per molti animali anfibi il sacculo, oltre ad essere un recettore vestibolare, risulta essere sensibile ai suoni a bassa frequenza. Negli anuri, ordine di anfibi, privi di coda com-

la rana ed il rospo, la macula del sacco presenta due papille: la papilla basilare, idonea alla percezione delle frequenze da 1 a 5 KHz e quella *amphibiorum*, come dice il suo nome tipica degli anfibi, deputata alla percezione delle frequenze fino a 100 Hz.

Con i rettili l'organizzazione dell'orecchio interno inizia a configurarsi come quella dei mammiferi. I canali semicircolari risultano deputati alla percezione delle accelerazioni angolari, utricolo e sacco a quelle gravitazionali. Si è già detto che nei rettili compare la "lagena", un diverticolo saccolare, con papilla basilare, deputata alla percezione acustica, dalla quale nei mammiferi si svilupperà il dotto cocleare, la coclea. La sua lunghezza aumenta nelle diverse specie, proporzionalmente alla richiesta di maggiore sensibilità acustica.

La bilateralità dell'organo sensoriale uditivo consente la localizzazione sonora. Questa dipende in realtà molto anche dal diametro cranico dell'animale. Animali con scatola cranica molto piccola, ad esempio i pipistrelli, percepiscono meglio gli ultrasuoni, quelli con scatola cranica più grande hanno maggiore sensibilità per i toni gravi e, talvolta, per gli infrasuoni.

Ciò che più interessa in questa sede è l'evidenziare che nei pesci non è possibile distinguere il recettore che identifichi la componente statica da quello della sensazione acustica, essendo l'"udito" del pesce vicariato da funzioni vestibolari. Nei pesci, ma anche negli anfibi, il sacco, con la sua *area neglecta* sormontata da una cupola gelatinosa, ha una funzione uditiva dimostrata per le frequenze sino 1000 Hz.

A riposo questi recettori forniscono al sistema nervoso del pesce informazioni relative alla posizione del suo corpo nello spazio e consentono di posizionare gli occhi e la vescica natatoria. Gli organi otolitici sono stimolati dalle vibrazioni dell'acqua ed in alcune specie rivestono un ruolo uditivo subacqueo, permettendo di riconoscere distanza e natura dell'emittente.

Negli animali più evoluti si è dimostrata una risposta saccolare agli stimoli acustici. Lo stimolo sonoro riattivando le "antiche" fibre nervose che nei pesci conducevano lo stimolo dal sacco ai centri uditivi corticali, sono in grado, per via vestibolare, di determinare sensazioni uditive. Appare propria la locuzione "udito saccolare" se non si confonde con l'inesistente "ascolto saccolare".

Gli studi di Cazals confortano l'ipotesi dell'esistenza di un udito saccolare.

L'autore ha osservato che un gruppo di cavie, alle quali era stata somministrata una dose di 450 mg/Kg/die di Amikacina, non presentavano alcuna patologia vestibolare, come dimostrato dall'assenza di scosse nistagmiche e dalla mancanza di reperti anatomopatologici significativi.

Viceversa, ovviamente, era documentabile una completa sordità, confermata dalla quasi completa distruzione delle cellule cocleari. In questi stessi animali, utilizzando uno stimolo acustico di 70 dB a frequenza grave, potevano ancora essere attivate le risposte elettrofisiologiche uditive evocate alla finestra rotonda ed alla cortecchia uditiva. Utilizzando metodiche di distruzione cocleare selettiva, mediante iniezione dalla finestra rotonda di farmaci ototossici, si è giunti alla conclusione che la risposta acustica evidenziata proveniva dall'organo vestibolare ed in particolare dal sacco. Uno studio analogo era stato condotto da Blecker nel 1949.

Halmagyi e coll. (1994) hanno proposto una metodica per lo studio della funzionalità del sacco con stimolazioni di 85-100 dB SPL: dopo 8 msec., era possibile evocare

sullo sternocleidomastoideo un complesso bifasico, p13-n23 che, secondo gli autori, era espressione dell'attivazione dei recettori saccolari, dal momento che scompare dopo neurectomia ma si mantiene nelle sordità profonde.

Questi studi spiegano l'interazione audio-vestibolare.

Funzionalmente, secondo A. Azzi, tutti i dispositivi sensoriali dell'orecchio interno, legati tra loro da una notevole somiglianza strutturale e funzionale, potrebbero essere considerati trasduttori mecano-elettrici a deformazione. L'orecchio interno, secondo l'autore, costituirebbe nella sua globalità stato-acustica, il luogo della percezione accelerometrica. Le accelerazioni lineari a frequenza acustica saranno percepite dalla coclea, quelle a frequenza infracustica sono avvertite con l'ausilio delle formazioni utricolo-sacculari e quelle angolari vengono rilevate dai canali semicircolari.

Se non accettassimo tale ipotesi dovremmo ammettere che l'orecchio interno possieda quattro sensibilità: uditiva, accelerazione lineare, angolare e gravitazionale.

Lo sviluppo sensomotorio uditivo dei bambini, che ripercorre le tappe dell'evoluzione, fa sì che il bambino in un primo momento apprenda il concetto di spazio: unica analisi consentita ai pesci. In un secondo momento il bambino acquisirà il concetto di ritmo, analisi consentita ad anfibi ed uccelli. E, per finire, identifica "umanamente" il suono completando il proprio percorso di apprendimento della spaziocezione, sensibilità spaziale condizionata da cinque sensi: udito, tatto, vista, vestibolo e occhio.

L'INTERAZIONE TRA SUONO E SISTEMA VESTIBOLARE

Il concetto di capacità e funzione uditiva

Nessun otiatra, volendo studiare la funzione vestibolare, ometterebbe l'esecuzione dell'audiometria tonale liminare e pertanto non si comprende perché l'esame della funzione uditiva possa prescindere dallo studio della funzione vestibolare

Come ha evidenziato O. Schindler, la capacità uditiva, fenomeno per il quale lo stimolo fisico acustico viene trasformato in impulso elettrico - nervoso è cosa ben diversa dalla percezione uditiva. Quest'ultima - secondo l'autore - è determinata da una scelta di informazioni audiogene fra le moltissime mediate dalla coclea. Mentre la standardizzazione della capacità uditiva è da tempo operativa grazie all'audiometria tonale liminare, lo stesso non possiamo affermare per la percezione uditiva che, non essendo un fenomeno prettamente fisico ma psicoacustico, è condizionata da:

- *Coordinazione uditivo motoria e sensorio motoria*
- *Separazione figura sfondo*
- *Costanza timbrica*
- *Separazione silenzio sonorità*
- *Separazione sonorità continue ed interrotte*

Pertanto nell'analisi della percezione uditiva, diversamente che nella capacità uditiva, rientrano input otoneurologici ed in particolare si fa riferimento ai rapporti tra suono e movimento.

La percezione uditiva, inoltre, risulta "influenzata" da altre sensorialità: la coordinazione sensorio motoria e visuo motoria (occhio-mano). Infine ai parametri "classici" del-

l'audiometria tonale liminare (frequenza intensità) si aggiunge il timbro (numero di armoniche prodotte), la qualità del suono, elemento che fa la differenza tra un violino di Stradivari e quello acquistato in un grande magazzino.

Riferendoci all'importanza del timbro nella percezione uditiva A. Carré, ha osservato che, proponendo a bambini con sordità preverbale ad esempio la frequenza "La 4" emessa da un pianoforte e successivamente la stessa nota prodotta da violino, pur essendo i due suoni di identica frequenza (La 4), durata, intensità (misurata con fonometro), sia nelle condizioni di orecchio nudo che con protesi e cuffie, il bambino talvolta percepiva, addirittura con fastidio, il violino ma non percepiva neanche minimamente il suono del pianoforte. Se ne deve dedurre che il solo timbro può modificare la percezione di un suono, ma soprattutto che ognuno di noi costruisce un proprio modo di "udire" legato anche al timbro ottimale.

L'ipotesi sulla quale stiamo lavorando è quella secondo la quale, per valutare la funzione uditiva, non potendosi, come detto, utilizzare l'audiometria tonale liminare, sarebbe opportuno testare il soggetto con l'ausilio di stimoli fondati sulle armoniche musicali.

Lo stimolo musicale inoltre ci darebbe anche contezza dei rapporti individuali tra suono e movimento.

Fenomeno di Tullio e Sindrome di MINOR (DCSS)

Tullio (1929) e successivamente Huizinga (1935) hanno osservato la comparsa di vertigine oggettiva durante l'esposizione rumorosa intensa, con ny omolaterale al lato stimolato e talvolta O.T.R. (ocular tilt reaction) di origine otolitica. Darwin nel 1794 aveva riferito lo stesso fenomeno.

Nella vita quotidiana ognuno di noi, intento ad eseguire in auto una manovra in un vicolo particolarmente stretto, abbassa il volume dello stereo. Analogamente quando il funambolo è "in marcia", in alto, sulla corda, siamo tutti bene attenti a non parlare, capendo che un minimo improvviso rumore potrebbe farlo cadere giù.

È un'applicazione fisiologica dell'effetto Tullio l'interazione audio vestibolare che trova spiegazione nelle nostre premesse.

In patologia invece, rumori anche non molto intensi determinano la comparsa di vertigini in diverse patologie: fistole labirintiche, iperlassità del legamento spirale stapediale, traumi cranici, colesteatoma erosivo, Ménière che determini una compressione del distretto staffa-sacculo e alcuni casi di malformazione della staffa (anatomicamente staffa e sacculo sono vicini).

A parte segnaliamo la comparsa di effetto Tullio nella deiscenza del canale semicircolare superiore (DCSS L. Minor). In questa patologia la deiscenza determina la formazione di "una terza finestra" che sembra facilitare il movimento cupolare ogni volta che l'onda sonora attiva l'onda endolinfatica.

Prima dell'avvento dei VEMPs la diagnosi di DCSS era affidata alla TAC ed alla comparsa di movimenti oculari dopo stimolazione acustica o pressoria (impedenzometria o Valsalva e manovre di posizionamento). Relativamente alla manovra del Valsalva si ha un comportamento opposto a seconda che si applichi con narici chiuse (aumento pressione della cassa ed iniziale flusso eccitatorio ampullifugo) o a glottide chiusa (aumento pressione intracranico, iniziale flusso ampullipeto, quindi inibitorio).

Per osservare con audiometro il fenomeno sarà sufficiente inviare un treno di toni test a frequenza 500-750 e 1000 Hz ed intensità 120 dB ed osservare, con occhiali di Frenzel o in videonistagmoscopia, l'eventuale comparsa di ny. Questo osserverà eventualmente la prima legge di Ewald e pertanto potrà avere direzione verticale essendo interessato il canale semicircolare superiore.

Stimoli sonori a frequenza 490 Hz e intensità 95 dB possono determinare una stimolazione otolitica ma in questo caso ovviamente non otterremo ny ma l'attivazione di un riflesso di torsione oculare (OTR, ocular tilt reaction).

Dal punto di vista audiometrico, se non si dispone di audiometri in grado di erogare per via ossea stimoli <10 dB ci si dovrà limitare a documentare quei casi di DCCS con ipoacusia trasmissiva per i gravi, timpanogramma normale e riflesso stapediale presente.

Sinestesia Sono-Vestibolare e VEMPs

L'osservazione che stimoli sonori con frequenza compresa tra i 200-600 Hz (preferibilmente 350Hz) ad andamento sinusoidale ad elevata intensità (95-100 dB SPL per i toni puri), eccitando il sacculo, determinino una risposta inibitoria in particolare sul muscolo sternocleidomastoideo ipsilaterale all'orecchio stimolato, è alla base dello studio dei VEMPs (Vestibular Evoked Myogenic Potentials). Analogamente a quanto osservato negli studi di Cazals, anche gli anacusici presentano i VEMPs, il che fa supporre che la via di partenza del riflesso non sia cocleare ma sacculare. A conferma del fatto i VEMPs non si evocano nei soggetti sottoposti a sezione selettiva del nervo vestibolare anche se normoudenti.

L'importanza dell'esame vestibolare nella diagnostica audiologica infantile

Si è già riferito sull'importanza di associare allo studio della funzione uditiva, lo studio del sistema vestibolare. M. Pansini e coll. hanno studiato un gruppo di 120 bambini, affetti da sordità preverbale, con una perdita uditiva intorno agli 80 dB per le frequenze, "canoniche", da 250 ai 4.000 Hz.

Sono stati classificati in base al livello riabilitativo logopedico raggiunto, allo stato di tensione della voce (tesa, lassa, normale), allo spettro vocale (alto, basso, bitonale, normale), allo spettro d'articolazione (completo, incompleto, insufficiente), all'intonazione, alle relazioni tra ritmo, movimento e parola (coordinata, incoordinata), alla quantità di struttura musicale acquisita (buona, insufficiente) ed infine, all'abilità ad imitare il ritmo musicale.

I bambini sono stati studiati e classificati anche per quanto concerne la loro funzionalità vestibolare. È stato subito rilevato che i livelli riabilitativi raggiunti erano migliori nei bambini con buona funzione vestibolare.

L'osservazione è certamente da riferirsi agli studi sulla percezione delle basse frequenze da parte del sacculo.

La fase diagnostica della sordità preverbale non dovrà, pertanto, limitarsi ad una diagnosi audiometrica, ma dovrà proporre una seconda fase che, con l'ausilio dell'esame

otoneurologico, ci permetta di essere nelle condizioni di personalizzare per ogni bambino un iter riabilitativo logopedico coadiuvato da stimolazioni ritmico-musicali legate al timbro ottimale individuale ed eventualmente, da esercizi posturali. La base organica delle nostre rappresentazioni dello spazio e del tempo è condizionata dai rapporti esistenti tra l'udito, le sensibilità visiva e tattile, mediati dal labirinto posteriore. Sarà possibile attuare un percorso riabilitativo che dal corpo giunga al movimento, migliori la propriocezione e l'equilibrio, stimoli la funzione (e non la capacità) uditiva per giungere, infine, ad un linguaggio ricco di prosodia e pertanto "musicale".

L'INTERAZIONE TRA SUONO E MOVIMENTO: SPAZIOCEZIONE

Sacculo ed emozioni

Negli animali superiori la componente uditiva sacculare è in stretta relazione con i circuiti emozionali di Papez e con il sistema limbico (ippocampo, talamo, ipotalamo, corpo mammillare, setto). Pertanto la stimolazione uditiva sacculare determina risposte emozionali probabilmente quale evoluzione dei richiami sessuali.

Euripide, ne "le Baccanti", descrive l'estasi che le menadi dionisiache provavano, al suono dei cimbali, correndo e roteando la testa (stimolazione dei canali semicircolari e delle macule) sempre più vorticosamente. Giungevano infine in trance a contatto col Dio Dionisio che infine ("o chi per lui") le possedeva sessualmente.

La capacità della musica di alterare la percezione della realtà, quasi fosse una droga, sembra essere dovuta al fatto che il sacculo, dopo stimolazione sonora, determini la produzione di dopamina nel sistema limbico. D'altronde il termine "emozione" evoca, come vedremo oltre, il concetto di movimento.

Analoghe sono le vie nervose che determinano "la vertigine da bacio" "perché quando la baci ti gira la testa?", vedi relazione dello scrivente al Convegno di Montecassino del 2004).

Suono - equilibrio - movimento

Il suono, ancor più se intenso e ritmato, grazie alla mediazione sacculare, evoca nell'uomo emozioni e risposte comportamentali che, se organizzate, danno origine alla danza. Todd ha ottenuto l'evocazione di VEMPs utilizzando quale stimolo test il suono di un tamburo con frequenza superiore ai 70 battiti al minuto.

In realtà i batteristi delle band moderne sanno che proponendo un ritmo superiore alle settanta battute, chi ascolta dovrà necessariamente muoversi. L'analogia di questa frequenza con il battito cardiaco mi ha fatto ritenere che, in condizioni fisiologiche la tachicardia si associa al movimento, poiché il nostro sistema sensoriale percepisce un ritmo accelerato rispetto ai settanta battiti, debba compensare la sensazione mancante muovendosi.

Il sacculo completa il concetto di spaziocezione. Lo spazio lo sentiamo nell'ordine dei sensi, lo viviamo, muovendoci, nell'ordine del tempo, del ritmo. Ritengo che le funzioni spazio tempo sono mediate dal sacculo.

Ritmi corporei

Il Movimento è alla base della parola e la parola è movimento. Come ha dimostrato A.R. Luria la porzione inferiore della regione frontale, stazione terminale dell'analizzatore motorio, nell'uomo ha acquisito specifiche competenze verbali. Il lobulo parietale accessorio (tipico della specie umana nella sua funzione) si è dimostrato essere deputato a coordinare le aree della parola con quelle dei movimenti della mano (prevalentemente destra, essendo il lobulo parietale accessorio situato a sinistra).

Nella comunicazione quotidiana oltre che con la parola, comunichiamo con il corpo. La massa corporea ci consente di esprimere, in modo non verbale, l'intensità e l'intonazione del nostro discorso, le membra e la mano (prevalentemente la destra comandata dal lobulo parietale accessorio sinistro) per mostrarne il ritmo e la motricità fine delle dita per scandire i fonemi. Ma ogni oratore (anche il non professionista) potrà raggiungere una buona competenza relativa alla propria comunicazione corporea solo se possiede, quale prerequisito, corretta sensibilità cinestetica, tattile, dell'equilibrio e visiva e infine coordinati movimenti della mano. È la comunicazione globale.

Studi recenti, effettuati con l'ausilio di video camere, dimostrano che anche il bambino sordo profondo utilizza la motricità fine della mano nella sua pseudolallazione. Esiste quindi una mano ritmogena, come anche un piede ritmogeno. Gli orchestrali vengono educati a non muovere il piede mentre suonano come verrebbe spontaneo anche per loro.

Secondo Krauss R. certi segni che inconsciamente tracciamo per aria mentre parliamo, ci aiutano a recuperare le informazioni, le parole, che non riusciamo a richiamare in memoria. In questo occorre ricordare le influenze dell'apparato vestibolare sull'ippocampo e sulla working memory.

Per contro, se siamo abituati ad associare specifici segni a corrispondenti parole, inconsapevolmente, facendo quel segno, emettiamo la parola anche quando questa non è necessaria stante che, in quel contesto, il nostro interlocutore può vederci ma non sentirci. Ad esempio quando in auto segnaliamo a gesti a chi ci incrocia di spegnere le luci, contemporaneamente diciamo, inutilmente a voce alta, "i fari".

In campo riabilitativo al binomio Suono - Movimento, mediato dal sacculo, si aggiunge quello movimento - parola, per arrivare al percorso suono - movimento - parola.

Si avvalorano quelle metodiche riabilitative della sordità infantile che fanno riferimento alla strutturazione di ritmi corporei.

Grafismo fonetico

Partendo dall'osservazione che l'audizione, la fonazione ed il segno grafico sono espressione del ritmo, A. Gladic ha proposto un nuovo approccio riabilitativo: il grafismo fonetico.

Il segno grafico è prodotto dal gesto manuale, ispirato dal gesto fonetico a sua volta determinato dalla trasposizione della stimolazione uditiva. Ovviamente nel grafismo il segno grafico non assumerà un valore convenzionale, anche se ne può rappresentare un preapprendimento.

Una forma grafica si presenta, secondo Gladic, come una disposizione nello spazio, dunque come elemento ritmico. Anche l'analisi visiva è proiettata nel tempo e nello spa-

zio ed assume carattere dinamico, essendo possibile osservare il segno grafico nel momento in cui nasce ed in quello in cui è già compiuto. Questo vale ancor di più per il linguaggio che è un processo dinamico, mai statico, e possiede una propria ritmicità.

Il grafismo fonetico avvicina la ritmicità del linguaggio a quella del segno grafico.

Suono e movimento e riabilitazione della persona con Parkinson

La riabilitazione globale è obiettivo prioritario per la riabilitazione della persona affetta da morbo di Parkinson. Anche in questo campo la posturologia e, più modernamente, i rapporti tra suono e movimento, prendono piede con la proposta di esercizi che consentono di:

- riconquistare la percezione del proprio corpo
- riconquistare energia vitale
- coordinare meglio i singoli movimenti delle varie parti del corpo
- migliorare l'equilibrio
- far partecipare il cervello e la mente al movimento
- conoscere la mente.

Il Parkinsoniano deve apprendere a percepire ed interpretare i segnali trasmessi al cervello dai numerosi recettori propriocettivi, vestibolari e visivi.

La sequenzialità spazio temporale in particolare, è affinata utilizzando in riabilitazione diversi strumenti sonori posti in sequenza temporale che stimolano al movimento ritmico.

Vertigine da acuto

Con il mezzosoprano e medico audiologo Teresa Nicoletti abbiamo studiato quel "leggero stordimento" o talvolta vera e propria vertigine che si manifesta nei cantanti lirici all'emissione di una frequenza acuta da "acuto".

La "vertigine da acuto" è risultata essere presente soprattutto nelle voci di registro acuto (soprani-tenori), meno nelle voci di registro medio (mezzosoprani-baritoni) ed ancor meno nelle voci di registro grave (contralti-bassi), indipendentemente dal fatto che fossero voci femminili o maschili.

Un dato da sottolineare è che le voci di registro acuto, rispetto agli altri registri vocali, hanno riferito in maggiore percentuale la comparsa di vertigine di tipo oggettivo, accompagnata sempre da fenomeni neurovegetativi (nausea e/o vomito), mentre in minore percentuale vertigine di tipo soggettivo ed ancor meno "leggero stordimento".

Riferivano, inoltre, che questo fenomeno si era presentato più di una volta, ma mai molte volte.

Il gruppo delle voci di registro medio ha riferito in maggiore percentuale il manifestarsi di "leggero stordimento" rispetto alla vertigine, e la vertigine di tipo soggettivo è risultata in percentuale maggiore rispetto alla vertigine di tipo oggettivo, quest'ultima sempre accompagnata da nausea e/o vomito.

Questo fenomeno si è presentato anche qui più di una volta, ma mai molte volte.

Anche il gruppo delle voci gravi ha riferito in maggiore percentuale "leggero stordimento", ed anche qui la percentuale di vertigine di tipo soggettivo supera quella di tipo

oggettivo accompagnata da nausea e/o vomito. Rilevanti sono le risposte sulle sensazioni riportate.

La maggior parte del campione intervistato (62%) ha riferito di avere avvertito vibrazioni in diverse zone del massiccio cranio facciale (fronte, zigomi, mandibola, tempie) sia che avesse avuto "leggero stordimento", sia che avesse presentato vertigini; il 32% ha addotto altre cause (iperossigenazione? ipoossigenazione? etc.).

Il gruppo delle voci acute e delle voci medie riferisce soprattutto la sensazione di vibrazione e meno le altre cause. Mentre invece le voci gravi hanno addotto in prevalenza altre cause ed in minore percentuale la sensazione di vibrazione.

Da notare come i cantanti che presentavano solo "leggero stordimento" avvertono anch'essi vibrazioni nel massiccio cranio facciale. Inoltre quelli che hanno addotto "altre cause", come iperossigenazione o ipoossigenazione, si riferivano ad una sensazione di "vuoto" all'interno della scatola cranica, come di una strana ebbrezza.

È possibile che abbiano avuto anch'essi vibrazioni? Ciò ricorda una frase che diceva il maestro Arrigo Pola (tenore allievo di Lauri Volpi ed a sua volta maestro di Luciano Pavarotti), a proposito delle voci acute: "Eh... la vecchia scuola aveva ragione! I tenori e i soprani sono più pazzereilli e bisogna comprenderli... perchè cantando gli vibra sempre il cervello!".

Disturbi vestibolari ed apprendimento della matematica: il ritmo

Nel dare ad un amico, ad esempio, il numero del nostro cellulare ognuno di noi, secondo la propria abitudine individuale, accoppia i numeri a due a due, a triplete o a numero decimale ecc. Se chiediamo al nostro interlocutore di ripeterci il numero, questi lo riporterà accoppiando i numeri secondo il proprio ritmo che, probabilmente, non sarà uguale al nostro con la conseguenza che non riconosceremo il nostro numero di cellulare.

Questo è dovuto al fatto che ognuno di noi basa la propria conoscenza, il proprio eloquio, la propria andatura, facendo riferimento al proprio ritmo individuale.

Ritmo. In greco ritmo (ριθμος) vuol dire numero.

Il gruppo nazionale di Matematica e Scienze nel 1979, volendo individuare i prerequisiti che ogni bambino deve possedere per addentrarsi nell'apprendimento della matematica, ha identificato le seguenti condizioni:

- Organizzazione spaziale (dentro e fuori, sopra sotto, davanti dietro, destro e sinistro)
- Organizzazione temporale (prima e dopo)
- Discriminazione
- Raggruppamento
- Ordinamento
- Trasformazione
- Conservazione
- Successione
- Rappresentazione
- Sostituzione
- Moltiplicazione logica.

Risulta evidente che i primi prerequisiti fanno esplicito riferimento a concetti psicomotori che riconoscono una matrice otoneurologica.

A. Rey ha dimostrato i rapporti intercorrenti tra deficit psicomotorio e dei movimenti coordinati e apprendimento della matematica sia nei sordi che nei normoudenti.

Reuven Kohen Ratz e Maruan Masalha, in una loro ricerca, hanno paragonato tra loro in un gruppo di soggetti di tre scuole israeliane, di diversa etnia, arabi e israeliani, e di età media 10 anni, i risultati ai test di equilibrio misurati con pedana stabilometrica con le risposte ai test matematici ed hanno osservato che i disturbi dell'apprendimento matematico e del linguaggio nei soggetti sordi sono determinati nel 30% dei casi da disfunzioni psicomotorie che rendevano questi soggetti paragonabili ai soggetti normoudenti più piccoli di quattro anni.

L'INTERAZIONE TRA SUONO RITMO E ARCHITETTURA. PITAGORA

L'armonia dei suoni ha la sua radice nel greco *αρμονικος*, ordinare, disporre, il cui significato originario includeva la quantità, la qualità e concetti otoneurologici quali la disposizione spaziale delle cose: informazioni che andavano trasmesse all'anima.

Non a caso in ogni cultura il momento della Creazione è rappresentato da un suono, ipotesi che diviene principio in Pitagora che delineò la possibilità di concordare le leggi della natura, dell'uomo e della musica. Riteneva che le regole numeriche che presiedono alla musica (*ριθμος* in greco vuol dire numero) ed alle composizioni musicali sono in grado di provocare nell'uomo intense sensazioni motorie ed emotive. D'altronde "emozione", dal latino "emotus" indica lo smuovere, lo scuotere, il movimento esagerato.

Pitagora intuì che i rapporti di frequenza in tutti gli accordi puri, maggiori e minori, si trovano all'interno di un'ottava e sono espressi attraverso il "senario" (quindi una serie "attiva" di sei), il sette indica il riposo e l'ottavo è la riproduzione dell'uno: si ricomincia.

I pitagorici ne dedussero che la Creazione si basa sul senario, il sette è il riposo e con l'otto c'è il nuovo ritmo. Dio creò l'Universo in sette giorni, riposò la Domenica. Lo stesso fanno gli umani che con l'ottavo giorno riprendono il ritmo iniziale.

L'otto divenne il numero della continuità ed ogni forma regale nel medioevo doveva essere ottagonale. Hanno forma ottagonale le opere che devono avvicinare a Dio. La fortezza di Castel del Monte ha forma ottagonale, ad ogni angolo vi è una torre con identica forma, la corona di Carlo Magno, il lampadario di Federico Barbarossa. L'uomo felice è al settimo cielo, l'ultimo, secondo Aristotele, perché all'ottavo c'è Dio.

Nel medioevo l'architettura gotica si fonda sul rispetto delle proporzioni corrispondenti agli accordi musicali. Ad esempio nella cattedrale di Chartres le proporzioni rifletterebero la gamma musicale basata sulla nota Re del primo modo gregoriano.

Goethe riteneva che l'architettura fosse musica cristallizzata.

Pitagora realizzò così la scuola pitagorica con tre livelli di apprendimento che rappresentano il sunto di questa realazione: Il primo, più semplice, formava gli "acustici", dei musicisti esperti. Il secondo era rappresentato dai "matematici", specialisti nell'impiegare i rapporti numerico musicali per raggiungere il mondo limbico-emozionale ed il self control. All'ultimo livello giungevano solo "gli electi", in grado di utilizzare il suono per condizionare i comportamenti, i movimenti, le emozioni degli ascoltatori. Musicoterapeuti pitagorici, specialisti nel dare, tramite il suono... equilibrio ad ogni essere umano.

Bibliografia

- A.F.A.N. Il metodo vero tonale e la comunicazione umana, Cefpas, Caltanissetta, 1998.
- Arluno G, Schindler O. Il bambino sordo nella scuola di tutti. Omega, Torino 1981.
- Asp C. "the verbotonal method for management of young, hearinh - impaired children" ear and hearing, 1985, vol 6, n 1 pag 39- 42.
- Asp C. 2the verbotonal method as An alternative to present auditory training techniques in J Wingo and G. Holloway eds. Appraisal of speech pathology and Audiology.
- Atti III Conferenza Nazionale della S.I.A. "Standardizzazione delle metodiche diagnostiche in Audiologia". Riva dei Tessali, 1990.
- Atti del Convegno "Psicopatologia e sordità" Edizioni scientifiche Magi, Roma 1996.
- Atti del Seminario Internazionale "Farmaci e Apparato vestibolare" (Del Bo M, Arpini A). CRS Amplifon, 1983.
- Azione Parkinson Grosseto Onlus "Riabilitazione Globale Piacevole e divertente di un parkinsoniano" La stampa, Grosseto, 2000.
- Azzi A. Il sacco endolinfatico e le macule otolitiche. A.I.N.E., n.1, anno 2, pag 6.
- Bang C, Schindler O. Seminario di musicoterapica. Copisteria Universitaria, Torino 1978.
- Borbotto P.L. Pozza B. "Musica e psiche" da Musicoterapica Realtà e Futuro, Omega, Torino, 1987.
- Carré A, Messina A. "Audiometria Musicale". Workshop su Audiologia e Musica, Palermo 2002.
- Carré A. L'enfant sourd et la musique. Bulletin de Liaison des Praticiens de la Méthode Verbo-tonale 1982; 10:4-15.
- Carré A. "Musique et Langage". Conférence, Congrès Mondial de Musicothérapie, Paris, 27 Mars 1983.
- Carré A. "Analyse des productions phoniques d'une jeune de 12 ans sourde profonde". Maîtrise de Linguistique, Université de Rennes 2, Mai 1984.
- Carré A. "Elaboration d'une méthode pour analyser la saisie du langage dans des conditions d'écoute perturbée". D.E.A. de Linguistique, Université de Rennes 2, Mai 1985.
- Carré A. "Les sourds ont la parole". Cahiers du CENAM, Musique et perspectives de soins, 1986, p. 34-36.
- Carré A. "Et les sourds entendront". Nouvel Observateur, Février 1986.
- Carré A. "Les sourds se jouent Beethoven". Libération, Juillet 1986.
- Carré A. "Musique et instruments musicaux dans la rééducation verbo-tonale". In: Alain Carré et Aldo Gladic, Janvier 1989 - 10 Moduli di lavoro "Musica e strumenti Musicali della rééducation verbo-tonale". Edition CIRMAC, Février 1993.
- Carré A. Metodologie e strategie del risveglio musicale. Préface du Prof. Schindler. Omega Torino 1993.
- Carré A. L'audiométrie instrumentale. Journées d'information de l'ISME France, Paris, Décembre 1996.
- Carré A. Quando la musica parla al silenzio. Éditions Scientifiques Magi, Roma 1997.
- Carré A. Musique et Médecine. L'Éducation Musicale, n° 446, Mars 1998, p. 10-13.
- Carré A. Le paradoxe de la musicalité de l'enfant sourd. Médecine des arts, n° 29, Septembre 1999, p. 38-40.
- Cassandro E. "Stress acustico e interferenze vestibolari". Workshop su Audiologia e Musica, Palermo 2002.
- Critchley MD Henson R.A. "La musica e il cervello" Piccin, Pádova, 1987.
- Cuda D. "Acufeni: Diagnosi e terapia" Tor Graf, Lecce, 2004.
- Cazals Y. "Aspetti sperimentali di ototossicità sull'apparato vestibolare". Farmaci ed apparato vestibolare. CRS, 1983.
- De Filippis A, Ambrosetti U. La protesizzazione basata sulla percezione vibrotattile. I CARE, anno 15 n. 4.
- De Filippis Cippone A. "Manuale di logopedia" Masson, Milano, 1989.
- De Filippis C. "Anatomia ed embriologia dell'apparato vestibolare con cenni di anatomia comparata" da XIII giornate Italiane Otoneurologia Manifestazione ufficiale A.U.O.R.L., Forte dei Marmi, Formenti 1996.
- Dufour A. Mira E., Pignataro O., "Otoneurologia Clinica", CRS Amplifon, Milano, 1997.
- Gladic A. Le dita Leggono. Manuale di digitolessia. Grafismo fonetico - Lettura digitale dei ritmi grafici. Masson, Torino, 1982.

- Goldman J: "Il potere di guarigione dei suoni: come utilizzare le armoniche vocali per creare, equilibrio armonia e salute" ed Il punto d'incontro, Vicenza, 1996.
- Gorter Robert I dodici sensi dell'uomo. Convegno del 17-18-19 febbraio 1995 presso la Scuola Rudolf Steiner via Clericetti, 45 - Milano, 2001.
- Guarino C. "Il ruolo della musica nello sviluppo del bambino sordo". Tesi di specializzazione, DPR 970/75.
- Guarino C, et al. "L'acquisizione delle abilità musicali nel bambino non-udente e nel bambino udito". Workshop su Audiologia e Musica, Palermo 2002.
- Guidetti G. "Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio", Maparrese, Roma, 1997
- Guberina P. Methodologia verbotonlog sistema gavor. God. 1, broj. i. Zagreb 1967.
- Guidetti G. Diagnosi e terapia dei disturbi dell'equilibrio. Maparrese, Roma 1997.
- Gurrier Y, Uziel A. Fisiologia neurosensoriale in ORL. Masson, Milano 1986.
- Hemsey De Gainza V. La musica del bambino. Ricordi, Milano 1987.
- Halmagyi G.M. Colebatch JC Curthoys IS "new tests of vestibular function" *Baillieres Clin. Neurol.* 1994; 3, 485-500.
- Kandel E.R. Schwartz J.H. "Principi di neuroscienze" Ambrosiana, Milano, 1988.
- Lenneberg E. Fondamenti biologici del linguaggio. Boringhieri, Torino 1982.
- Lewis E.R., Reverenze E.L., Bialek W.S. "the vertebrate inner ear", CRS Press, Inc. Boca raton, florida 1985.
- Luria A.R. "Le funzioni corticali superiori dell'uomo" ed C.E Giunti, Firenze, 1967.
- MacDonald Critchley E, Henson RA. La musica e il cervello. Piccin, Padova 1987.
- Maffei L, Fiorentini A. Arte e cervello. Zanichelli, Bologna 1995.
- Marchioni D., Guidetti G., "La working Memory e l'orientamento spaziale". *Otoneurologia* 2000, settembre 2002, n. 11 pag 3-7, 2002.
- Martini A., poster S. "L'udito saccolare", da aggiornamenti di vestibologia, 2 a edizione, Formenti, Milano, 2005.
- Minor LB, Solomon D., Zinreich JS, Zee DS "sound- and/or pressure-induced vertigo due to bone dehiscence of the superior semicircular canal" *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*; 124:249-58.
- Modugno G.C. Brandolini C. Savastio G. "La semeiotica fisica e strumentale della sindrome da discesa del canale semicircolare superiore" da aggiornamenti di vestibologia, 2 a edizione, Formenti, Milano, 2005.
- Monzani D. "Vertigine e psiche" da aggiornamenti di vestibologia, edizione, Formenti, Milano, 2004.
- Morescalchi F, Morescalchi M.A., Ottoboni S. "Evoluzione dell'apparato statoacustico nei vertebrati terrestri" da XIII giornate Italiane Otoneurologia Manifestazione ufficiale A.U.O.R.L., Forte dei Marmi, Formenti 1996.
- Morescalchi M.A., Ottoboni S, Morescalchi F. "L'Evoluzione dell'apparato statoacustico nei vertebrati acquatici" da XIII giornate Italiane Otoneurologia Manifestazione ufficiale A.U.O.R.L., Forte dei Marmi, Formenti 1996.
- Messina A, Rizzo C, Martines E. I test vocali nella diagnosi di sordità infantile. *Clinica ORL* 1982; XLIV: 89.
- Messina A et al. Indagine socio sanitaria su un gruppo di giovani soggetti audiolesi. *Audiologia Italiana* 1988; 5:50-57.
- Messina A. "Suono e Movimento". Journées Nationales Musique et Handicap. Paris, mars 2002.
- Messina A, Ferrari P. Guida diagnostico-terapeutica della vertigine posizionale da causa vascolare. Casma editore, Bologna 2002.
- Messina A., Nicoletti T. "La vertigine da acuto". In pubblicazione
- Mevio E., Tenti P. "Embriologia dell'orecchio" Moder edizioni scientifiche, Milano, 1996.
- Mora E. Ottoboni A. "Lo Spazio come realtà biologica" da XIII giornate Italiane Otoneurologia Manifestazione ufficiale A.U.O.R.L., Forte dei Marmi, Formenti 1996.
- Negri M. galli S. "Gli effetti vestibolari dell'impianto cocleare" da aggiornamenti di Audiologia, 2a edizione, formenti, Milano, 2005.
- Oliverio A: "I gesti ci aiutano a pensare meglio" *Corriere scienza, Corriere della Sera* 10.01.99, Milano.
- Ottoboni S. Conte A. Barbieri M. "Il senso dello spazio nell'evoluzione dell'uomo" da XIII giornate Italiane Otoneurologia Manifestazione ufficiale A.U.O.R.L., Forte dei Marmi, Formenti 1996.

- Pansini M. La spatioception, organe vestibulaire et la rééducation de l'audition et de la parole. Bulletin de l'Association des Praticiens de la Methode Verbo Tonale, n. 6 1997, Paris.
- Pansini M., Ribaric K., Jelicic I., Matkovic A., "neuro-otologic diagnosis and tratment of vestibolo-cochlear nerve tumors, current concepts of head and neck cancers, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1981, 51-61.
- Pierce J. "La scienza del suono" Zanichelli, Bologna, 1988.
- Pea B: "Laboratorio del numero", Emme edizioni, 1987.
- Rasano C. Musicoterapia: teoria e pratica. Giunti, Firenze 1982.
- Reuven Kohen-Raz and Maruan Malasha The Hebrew University, Jerusalem "Relation of basic arithmetic and motor skill in deaf elementary school children".
- Romano C. Brigida R. crimi C. Movimento, suono, immagine. Orientamenti per la formazione e l'aggiornamento degli insegnanti della scuola di base, Bologna, Edizioni magistero (1987), Movimento, suono, immagine. Orientamenti per la formazione e l'aggiornamento degli insegnanti della scuola di base, Bologna, 1987 Edizioni magistero.
- Russolo M. "Localizzazione Sonora Udito Direzionale Lateralizzazione Uditiva" Oticon- Giuntina, Firenze, 1986.
- Sala A. Schindler O. tramontani F: "Fisiologia Evolutiva della comunicazione" omega, Torino, 1983.
- Schindler O e AA.VV. "Musicoterapica: realtà e futuro". Atti del V Congresso Internazionale. Omega, Torino 1985.
- Schindler O. "Biologia della musica". Workshop su Audiologia e Musica, Palermo 2002.
- Steiner R: "Una fisiologia occulta" ed antroposofica, Milano 2005.
- Stensland Junker K. Attenzione selettiva del bambino nella prima infanzia: premessa per la futura comunicazione. CRS, 1972.
- Tomatis A. "Ascoltare l'Universo" Baldini e Castaldi, Milano, 2003.
- Tomatis A., Vertiges. Ergo Press, 1989.
- Tomatis. A. "L'orecchio e la voce" Baldini e Castaldi, Milano, 1993.
- Tran Ba Hui P, Bastian D, Oheresser M. Anatomie de l'oreille interne. Enciclopedie Medico-Chirurgicale, 2002 A10, Paris.
- Vicini C. "Vestibologia clinica e strumentale", TorGraf, Lecce, 2003.
- Williams P.L., Wendell-Smith C.P., "Embriologia" Edi Ermes, Milano, 1981.
- Zucchini GL. Musica ed Handicap. Zanichelli, Bologna 1989.