



## Un silenzio assordante: una ricerca in atto

A cura di Franco Federici  
Laura Dalla Ragione  
Bruno de Franceschi  
Lauretta Burini

**Franco Federici-neurologo Università di Perugia**

**La percezione dei segnali-Il silenzio assordante.**

*Necessità di considerare i modelli comunicativi del sistema nervoso centrale.*

**Bruno de Franceschi-musicista-ricercatore vocale**

*La percezione dei suoni e della musica-La estrazione dell'altezza tonale di suoni complessi periodici-La frequentazione del proprio diapason.*

**Maria Lauretta Burini-protessizzata e collaboratrice della ricerca**

*Una nuova" edizione" dell'ascolto?*

**Laura Dalla Ragione-psichiatra Dipartimento Salute Mentale**

**.Perugia**

*La costruzione del mondo sonoro: ontogenesi e filogenesi.*

## **Bruno de Franceschi**

Musicista-Ricercatore vocale

*La percezione dei suoni e della musica-La estrazione dell'altezza tonale di suoni complessi periodici-La frequentazione del proprio diapason.*

La più parte dei suoni che ci circondano hanno una forma d'onda complessa. Una analisi spettrale mostra che questa forma d'onda si può ottenere un più o meno grande numero di componenti aventi delle forme d'onda sinusoidali (suoni puri) che si ripetono ciclicamente a certe frequenze misurate in Hz cioè in cicli per secondo. Per esempio lo spettro della vocale *i* pronunciata dalla voce di un uomo comprende circa trenta componenti ripartite su una gamma di più migliaia di Hz. Come per tutti i suoni complessi armonici ogni componente è un multiplo intero della componente avente la più bassa frequenza detta frequenza fondamentale.

Un ruolo essenziale del sistema uditivo periferico è l'analisi delle componenti spettrali dei suoni complessi. Questa analisi si effettua dalla "recezione" della energia meccanica nella coclea: dalla base alla sommità su 35 millimetri un insieme di strutture (membrana basilare, cellule ciliate esterne membrana del tetto) si comporta come una serie di filtri assai selettivi ciascuno non lasciando passare senza attenuazioni che una gamma limitata di frequenze. I filtri uditivi sono ordinati spazialmente in maniera che le componenti più acute (di alta frequenza) sono trasmesse dalla base e le più gravi (di bassa frequenza) dalla sommità della coclea; così le componenti frequenziali hanno una rappresentazione spaziale che si mantiene in tutti i centri uditivi (tonotopia). Poi le componenti frequenziali sono ugualmente codificate sotto una forma temporale grazie alla sincronizzazione dei potenziali nervosi con la forma d'onda del suono. Le frequenze componenti di uno stimolo complesso sono così rappresentate dalla periodicità dei potenziali d'azione. La ripartizione dell'energia tra le differenti componenti frequenziali è inoltre rappresentata dal tasso medio delle scariche delle fibre attivate così come dal tasso di sincronizzazione di queste scariche. Dopo l'analisi spettrale periferica è necessario considerare la misura psicoacustica della selettività di frequenza.

Per determinare le caratteristiche dei filtri uditivi il metodo consiste nella utilizzazione di un sistema mascherante presentante un nucleo spettrale centrato sulla frequenza di un segnale da detettare. Il filtro che trasmette al meglio, senza attenuazione un segnale di frequenza dato trasmette anche un certo numero di componenti di frequenze vicine appartenenti a zone vicine.

L'analisi del processo primario di organizzazione mostra che la coclea può essere considerata come un analizzatore spettrale e che il nervo acustico convoglia delle informazioni spaziali e temporali codificando la composizione spettrale delle stimolazioni acustiche. Lo studio dei processi di trattamento ulteriore mostra che il sistema uditivo funziona in seguito come un estrattore di spettri in modo di attribuire a ogni sorgente le componenti che gli appartengono. In effetti ciascun filtro acustico si comporta come un canale specializzato nella trasmissione di una gamma ristretta di componenti frequenziali senza distinzione d'origine. In tale maniera l'informazione concernente ciascuna delle sorgenti emettitrici è distribuita tra un grande insieme di canali. Poi la più parte delle sorgenti non emettono in maniera continua. Ciascuna produce generalmente un flusso di eventi acustici costituito da vibrazioni emesse per periodi limitati successivi e separati da pause. Le durate di emissione e gli intervalli dentro le emissioni sono "battuti" nei pattern temporali di attivazione del nervo acustico, ma i flussi di sorgenti differenti possono essere imbricati temporalmente in maniera più o meno complessa.

Per ricostruire una rappresentazione valida delle sorgenti il sistema uditivo deve allora risolvere due problemi:

- 1) tra la totalità delle informazioni trasmesse mediante l'insieme dei canali uditivi come selezionare e raggruppare separatamente quelli che provengono da sorgenti distinte? Questo problema è tanto più arduo poiché le differenti sorgenti possono avere delle componenti spettrali più vicine in frequenza e emettere simultaneamente; le informazioni concernenti rispettivamente ciascuna delle sorgenti si trovano allora mischiate in seno a uno stesso insieme di filtri. Dei processi di raggruppamento di componenti trasmesse per dei canali differenti invece che dei processi assicuranti una segregazione tra le componenti trasmesse da un canale dato, sembrano indispensabili.
- 2) Come riunire nel corso del tempo gli eventi emessi da una data sorgente separandoli da quelli provenienti da altre sorgenti? Questo processo di riunione nel corso del tempo è essenziale per poter seguire e interpretare il comportamento di ogni sorgente particolare.

I processi di organizzazione simultanea ricercano se le componenti simultanee risultanti dal codice spazio-temporale provengono dalla stessa sorgente o da più sorgenti distinte. Questi processi portano alla percezione di uno o di più eventi uditivi formanti un tutto realizzando la fusione percettiva delle componenti appropriate. Essi funzionano dettando certe regolarità tra le componenti acustiche codificate nel nervo acustico. Queste regolarità sono il sincronismo degli attacchi e delle cadute, l'evoluzione parallela dell'ampiezza nel corso del tempo e soprattutto l'armonicità delle frequenze componenti e il suo mantenimento nel corso del tempo. Per una sorgente data esiste una forte convergenza di queste differenti regolarità perché ogni dimensione acustica non varia in modo completamente indipendente in rapporto alle altre. Per illustrare il ruolo delle regolarità della funzione percettiva si considera per esempio il caso di tre vocali a, e, i emesse simultaneamente; queste vocali hanno degli spettri armonici di cui le frequenze fondamentali rispettive sono spaziate da un intervallo di quarta, i tre spettri non possiedono dunque una armonicità comune. Esse sono pertanto difficili da separare percettivamente le une dalle altre: si percepisce

una sorta di massa sonora avente una altezza imprecisa. Ora quello che permette in primo luogo di identificare una vocale è la forma particolare del suo envelope spettrale caratterizzato dalla presenza di formanti nelle zone di frequenze specifiche.

Un mezzo di rendere percepibile separatamente lo spettro di una delle tre vocali simultanee è di aggiungere (in più della armonicità) una regolarità particolare a ciascuna delle sue componenti. Così per esempio una modulazione di frequenza coerente per le sole componenti della a permette di percepire questo spettro in maniera condensata. La fusione essendo stata compiuta, gli attributi di altezza e di timbro sono calcolati e permettono l'identificazione di una a cantata da una voce umana. I compositori hanno utilizzato questo ruolo delle regolarità in maniera intuitiva sia per impedire la fusione, sia per crearla. Per esempio lo stile del contrappunto evita la fusione scalando la partenza delle voci alla quinta e all'ottava e imponendo loro una evoluzione melodica differente. Al contrario lo stile omofonico utilizza gli stessi indici in maniera inversa per ottenere, dalla fusione di più strumenti di natura differente un nuovo timbro composito. Questo effetto è utilizzato da Ravel nel Bolero dove la melodia è giocata in maniera sincrona e strettamente parallela mediante più strumenti situati a degli intervalli definiti dalla serie armonica: ottava, quinta, doppia ottava, terza maggiore.

Degli altri processi ricercano se degli eventi successivi provengono da una stessa sorgente e instaurano una liaison percettiva tra gli eventi che presentano delle caratteristiche simili così flussi uditivi coerenti si costituiscono. La evoluzione delle emissioni di sorgenti nel corso del tempo è così rappresentata. La organizzazione sequenziale sembra fondata sulle seguenti regolarità: i suoni successivi provenienti da una sorgente data hanno delle proprietà che hanno tendenza a cambiare relativamente e lentamente. Degli improvvisi cambiamenti di qualità da un evento al seguente tendono a indicare la presenza di più sorgenti. Il sistema uditivo applica dei principi gestaltici di similarità e di prossimità per connettere gli uni agli altri i suoni simili in maniera di formare una rappresentazione mentale d'una sequenza di eventi attribuiti ad una data sorgente. La similarità di base che il sistema uditivo sembra utilizzare per connettere gli eventi sonori e la loro composizione spettrale.

La estrazione degli attributi percettivi si può illustrare con questa frase: la altezza tonale dei suoni complessi periodici è tale e quale i suoni musicali e certi suoni di parola. Un suono complesso periodico è percepito come avente una altezza unica identica a quella di un suono puro avente per frequenza la frequenza fondamentale di un suono complesso. La percezione della altezza tonale dei suoni complessi non può esplicarsi unicamente sulla base della informazione spaziale del nervo acustico. In effetti se si filtra la fondamentale così come le prime armoniche la altezza tonale non cambia, pertanto questi non hanno più rappresentazione spaziale a livello cocleare. E' il caso allora dell'ascolto al telefono dove le basse frequenze sono eliminate e l'altezza percepita della voce non è modificata benchè la sua frequenza fondamentale sia troppo bassa per essere trasmessa.

Da considerare con sempre maggiore attenzione un principio che assume concretezza scientifica e rilevanza applicativa e riguarda il

ritmo biologico fondamentale che nella fase di apprendimento preverbale può essere messo in evidenza.

A fondamento di tale aspetto si pongono gli studi che hanno analizzato fini analisi del movimento delle mani attraverso tecniche speciali di registrazione con l'ausilio di sensori che ne consentono l'esame in forma computerizzata. Lo stadio di bambini udenti con genitori sordi e di bambini in condizioni "normali" mostrano che i bambini apprendono e riconoscono ritmi temporali che sono intrinseci costituenti del linguaggio per impadronirsi del linguaggio. Essi riconoscono nella fase di apprendimento linguistico ritmi di medesima struttura e natura sia quando si riferiscono alla articolazione del linguaggio parlato sia quando si esprimono con il movimento delle mani per un linguaggio non verbale.

Ci si trova di fronte in sostanza ad una sequenza ritmica naturale biologica che ha la caratteristica della universalità, specifica e propria della nostra specie. Se ne arguiscono e ne derivano le indicazioni che ci hanno fatto utilizzare applicazioni armoniche e principi musicali alla riacquisizione e significazione di suoni nella ricerca che abbiamo svolto.

Questo fatto si può spiegare con l'estrazione di una informazione temporale.

In effetti, anche se la frequenza fondamentale di un suono complesso armonico è assente dello stimolo presentato, i filtri centrati sulle altre frequenze armoniche, forniscono, alla loro uscita, dei potenziali d'azione separati da intervalli che, per alcuni tra essi, corrispondono alla periodicità della frequenza fondamentale assente.

Ciò risulta dal fatto, constatato dai neurofisiologi, che quando una fibra uditiva è stimolata alla sua frequenza caratteristica, i potenziali d'azione emessi sono separati da intervalli di cui le durate corrispondono, per i più numerosi, alla periodicità caratteristica, poi in quantità decrescente, alla periodicità doppia, tripla, etc.

Per il filtro centrato, per esempio sulla armonica 500 Hz, i potenziali d'azione sono spesso separati da 2 ms, poi da 4 ms, 8ms, etc. Se si fa una somma di tutte le distribuzioni di intervallo per l'insieme delle fibre, si constata che l'intervallo più frequente è 8 ms, che corrisponde al periodo della frequenza fondamentale. E così spiegabile la percezione della altezza tonale dei suoni complessi.

Anche un'altra osservazione è ragionevole prospettare.

Tenendosi lontano da una interpretazione olistica si propone una analisi comparativa con la fenomenologia della percezione visiva. Se nelle specificità dei processi percettivi possono ravvisarsi processi di base che evidenziano analogie tra alcune specificità. Ci si può chiedere se nell'ambito delle variabilità e delle variazioni che sono state prospettate per il sistema percettivo visivo si può porre la domanda se un fenomeno end-stopping sia ricercabile anche a carico della corteccia uditiva? Nella corteccia striata infatti una cellula semplice o complessa mostra di solito il fenomeno della sommazione in lunghezza. Ma nel caso di una cellula end-stopped l'allungamento della linea, che nel caso normale è lunga quanto è largo il campo recettivo con possibilità di migliorare la risposta, evidenzia che l'allungamento della linea fino ad un certo punto è "utile", ma oltrepassare quel limite induce una diminuzione della risposta. Se l'allungamento nel

fenomeno ottico riguarda una o l'altra direzione, nel processo percettivo uditivo le variabilità in più o in meno potrebbero riguardare uno dei parametri presi in esame per la specifica fenomenologia percettiva.

La domanda che si pone riguarda la articolazione del processo percettivo uditivo specificatamente perché è possibile che le modalità di lettura e interpretazione dei suoni è forse parametrizzata attualmente secondo criteri che non rappresentano con completezza il procedimento interpretativo da parte del sistema rispetto a stimolazioni acustiche.

**Franco Federici**

Neurologo-Università di Perugia

### **La percezione dei segnali-Il silenzio assordante**

*Necessità di considerare i modelli comunicativi del sistema nervoso centrale.*

*La struttura e la evoluzione di un processo integrativo mediante protesi istituiscono come tipo di ricerca un indirizzo che si sviluppa in direzioni opposte.*

Da un lato lo sviluppo tecnologico che deve puntare al riconoscimento di un segnale e di un oggetto fisico o alla attuazione di progetti motorio-esecutivi, secondo criteri di generalizzazione che sono tratti dalle "sfere di pensiero" che rappresentano noi stessi, il mondo fisico e la relativa correlazione, dall'altro il cambiamento generalmente radicale, introdotto dall'assenza di un riconoscitore o di un effettore, che propone la novità di stabilire l'architettura delle agenzie mentali che sono destinate ad apprendere processi di tipo particolare (nel senso di traslato, omologo analogo o diverso).

La genesi delle sfere mentali di riformulazione di un processo è esemplificata dalle molteplici possibilità di descrizione-definizione di "ogni cosa".

Un arco ad esempio è definibile secondo vari criteri e "classicamente" si ricordano quelli estetico, dinamico, topologico, geometrico, architettonico, costruttivo, aggirativo, veicolare.

Ogni modo coinvolge una sfera di pensiero diversa e ogni sfera un problema con abilità di tipo nuovo.

Solitamente nel costruire una protesi, per quale che ne sia l'uso, la regola generale è quella di rappresentarsi le serie complesse di eventi che sottendono la funzione da strutturare, ricostruire o svelare (nel senso, in questo ultimo caso, delle possibili modalità di utilizzare il meccanismo per il quale ad una ridotta attività di input farebbe seguito un aumento di eccitabilità).

*Dopo considerazioni di carattere anatomico e fisiologico del sistema uditivo appare evidente che le conoscenze sui cambiamenti dello stimolo acustico ai quali l'uomo e altri animali sono sensibili non sono compiutamente definiti. E' una domanda alla fine semplice quella che si pone.*

Che cosa è che un ascoltatore può "udire"?

La scarica di un nervo o di un gruppo di nervi e la utilizzazione di alcuni relais e di software corticali ci forniscono una incompleta conoscenza dell'udito. Mettendomi nei panni dell'ascoltatore debbo farmi due domande: a cosa posso rispondere? Come posso rispondere.

C'è da viaggiare nel campo della psicofisica per formulare alcune risposte. E' la psicofisica infatti a studiare le relazioni fra l'aspetto psicologico e quello fisico di uno stimolo.

Uno dei mezzi di approccio è incentrato sulla discriminazione. Si utilizza la presentazione di due stimoli sinusoidi di differente intensità e si chiede se se ne riscontra la diversità. Nelle prove di discriminazione si terrà conto della valutazione delle differenze nel parametro di uno stimolo e tra questi il primo è l'intensità. Si ricerca la risposta alla differenza.

Un'altra modalità della sperimentazione è incentrata sulla sensibilità per il cambiamento dello stimolo e un altro ancora alla tendenza alla risposta.

E qui si cominciano a fare delle domande. Per esempio a 100 Hz qual è il più piccolo valore di pressione acustica apprezzabile? E' questa l'operazione per fissare il limite assoluto o soglia assoluta.

Ma si deve prendere in esame anche il limite differenziale o soglia differenziale. Quale è il più piccolo valore di differenza del "peso" di uno stimolo distinguibile?

Ci serve ancora un breve riferimento alla variabilità dei criteri di risposta del soggetto. Iniziata la sperimentazione si impatta nei problemi di sommazione o di sottrazione determinati dal rimbalzo o da un fenomeno di elisione. Ma non esistono soltanto i fenomeni di resistenza determinati dalle onde sonore che rimbalzano sugli oggetti circostanti ma vi sono poi ostacoli che si oppongono alla trasmissione sonora. Tra questi dobbiamo considerare nella normalità la membrana timpanica poiché anche per essa è possibile il realizzarsi il fenomeno della resistenza statica alla trasmissione, per cui il suono viene assorbito, o una reattanza che riduce la oscillazione dell'onda. Tecnicamente si parla di impedenza per descrivere gli effetti combinati della resistenza e della reattanza.

Va considerato ancora che il suono si irradia lungo le tre dimensioni cioè come in una sfera. Ciò determina il fenomeno noto come legge della intensità inversamente proporzionale alla area.

Si ricorda che raddoppiare la distanza fa decrescere l'intensità di un fattore 4, che equivale a 6 decibel; e che la frequenza non cambia ma l'intensità si.

Si deve poi considerare l'ombra sonora: se un suono ha una lunghezza d'ombra di due metri, allora un oggetto grande è maggiore di due metri, un oggetto piccolo è minore di due metri e un oggetto di media grandezza è di circa due metri.

E ancora nella pratica comunicativa vocale si impatta in una serie di fattori aggiuntivi:

- 1) la intenzione che viene riferita come energia diversa che connota nel sordo profondo un contenuto sottotesto essenziale e talora conclusivo;
- 2) la intonazione che viene interpretata come ritmo e non come frequenza;
- 3) la lettura musicale strutturata dalle assenze del suono che danno l'armonia e quindi è il movimento della battuta che è essenziale, "sono gli attacchi che contano mentre per voi udenti è quello che viene dopo l'attacco che vi fa percepire l'armonia";
- 4) il movimento degli oggetti e/o delle persone si piglia l'abitudine "a farlo diventare rumore";
- 5) le armoniche;
- 6) il volume;
- 7) la mappatura dei suoni.

Quando comincia per dire così il riascolto, si può evidenziare la inaccettabilità del messaggio verbale per ragioni

- a) di significato,
- b) di ordine delle parole,
- c) di grammatica.

Solitamente si dispone di alcuni software allestiti per la estrazione e udibilità dei suoni e cominciano gli interrogativi per il sordo profondo se alcuni processi di comprensione e di modificazione delle modalità di percezione sono "una faccenda tecnica o del cervello".

La attuazione di un gioco sillabico ad esempio sviluppa una buona risoluzione quando l'ausilio tempistico si fa preminente. Si attua con un udente e si pronuncia una sillaba dei partecipanti in sequenza.

Si migliora quando si intuisce e capisce che stare nel tempo non vuol dire stare nel proprio tempo ma stare nel tempo dell'altro.

Si ricerca la utilizzazione del reseau simbolico verbale con esemplificazioni del lavoro per agenzie:

- a) agenzia del "ricordi?"
- b) agenzia interrogativa,
- c) agenzia affermativa.

Si lavora sulla riscoperta della intonazione e dell'accento ("l'intonazione è ritmo").

Attuando anche meccanismi del ripetere ciò che si è udito e non del tradurre ricercando la forma comprensibile.

E' difficile attuare il silenzio, non è come chiudere gli occhi per un attimo.

*Sarei tentato di chiedervi di chiudere gli occhi e di interrogarvi sulle cose che state percependo. Attivate la vostra attenzione. Vi sono i rumori della sala, qualche parola sussurrata, un colpo di tosse, qualcuno sta parlando ostinatamente, percepite i rumori delle strutture sulle quali siete seduti e perché no il respiro del vicino, alcuni rumori lontani che vengono dalle vie adiacenti, forse l'inesorabile trillo di qualche immancabile cellulare, siete insomma immersi in una sorta di cappa sonora che vi circonda e che è la somma di tutto ciò.*

Ebbene pensate ora che tutto questo smette di “esistere”, all’inizio sostituito da una grande quantità di rumori fastidiosi e ineliminabili, che quando scompaiono vi lasciano soli in un mondo che ormai ha rilevanza solo perché lo vedete. E’ scomparso un insieme di elementi di lettura dell’esistenza che ci circonda ma soprattutto il silenzio ha fatto scomparire la relazione con l’altro uomo che ti parla, con il mondo che è pieno di voci, comincia il conto con il ricordo del mondo dei suoni, delle voci, delle musiche. Questa assenza fa talora esplodere come sommatoria di più incompleti processi l’assordante silenzio che accompagna questa fase della vita del sordo profondo che ne vive l’esperienza periclitando tra un ricordo incompiuto del mondo sonoro e la prospettiva futura di una perdita per sempre o di qualche possibilità adattiva e di compenso.

Dei tre modi di silenzio che “ritrovansi”, il primo delle parole, il secondo dei desideri, il terzo dei pensieri, nell’assordante silenzio si sperimenta la difficoltà di esercitare il linguaggio interiore che struttura il pensiero, quando esso comincia a vivere l’handicap di non attuarsi con la esplicitazione dello scambio interumano perché ormai la immediata integrazione con gli altri non c’è più. Nasce una sorta di non riscontro che tende a riverberarsi anche nel dialogo interiore.

Inizia così un percorso che può portare al desiderio e alla attuazione di una protesi cocleare.

*Sono le conoscenze che accompagnano nella realizzazione di ausili per la comunicazione dei disabili delle sensorialità specifiche. E’ “naturalmente” opportuno considerare con rigorosa attenzione il ruolo che la conoscenza del codice informativo specifico cui si fa riferimento, gioca nella possibilità di funzionamento della protesi prospettata.*

Conoscenza delle caratteristiche comuni e differenziali peculiari dei vari canali e dei processi correlati che attuano i sistemi afferenziali e i processi di simbolizzazione rispettivi. Le trasmissioni dei messaggi sensoriali sono servite da un gran numero di linee indipendenti e ogni singola fibra trasmette più messaggi nello stesso tempo.

Una esemplificazione del principio comune di funzionamento consiste nella continua mutazione delle intensità in frequenza e della frequenza in intensità che modifica profondamente e “trasmuta” il rapporto tempo intensità dello stimolo.

Se questa lettura fenomenica è abbastanza corretta, è anche certamente incompleta soprattutto perché non considera compiutamente il ruolo e le funzioni specifiche di rete nella corteccia uditiva e nel software.

Consentiamoci una esemplificazione: è proprio la rete a gestire la sovrapposizione dei campi periferici come potente preanalizzatore nell’ambito di una stessa modalità sensoriale. I processi “periferici” di analisi del segnale subiscono ulteriori integrazioni “*in itinere*” e a livello delle neuroreti corticali quando assumono il significato che è peculiare di ciascuna modalità sensitiva.

Un aspetto essenziale di un progetto protesico è ripercorrere strutture e problemi di mappe-interpreti e di ingressi-evento che esprimono per certe distribuzioni spazio-temporali eccitamenti decodificabili nelle aree recettoriali.

E’ all’interno di questi processi del segnale che si svolgono i fenomeni del codice informativo. Sono processi da analizzare con criteri e metodi semeiologici che non sono ancora compiutamente messi a punto per

ottenere un possibile uso pratico, con particolare riferimento agli strumenti di analisi, per la misura cognitiva del processo appercettivo.

La possibilità di usare sistemi sensoriali alternativi deve concretarsi non solo nella introduzione di segnali nelle strutture capaci di processarli ma anche con soddisfacenti capacità di arrivare alla metacognizione.

Si tratta di preparare una analisi separata degli input recettoriali filtrando e smistando le caratteristiche salienti dei comunicati, dando alle aree corticali segnali già sfrondati da dati superflui e esaltati nei particolari significativi utili per l'acquisizione cognitiva.

La conoscenza della interazione e integrazione indotte dalle facoltà plastiche del sistema nervoso, sostiene la ricerca e la volontà di proseguire il lavoro che riguarda le protesizzazioni.

Ma è opportuno non usare soltanto una ipotesi di risoluzione "plastica" insita nelle modificazioni delle vie sensoriali attraverso cambiamenti delle neuroreti che permettono di comunicare le informazioni tra le diverse aree corticali. Occorre anche produrre sollecitamente i rispettivi processi di apprendimento d'uso mediante la acquisizione dell'alfabeto comunicativo impiegato e della sintassi e metacognizione che lo sottendono e ne sono esito.

In sostanza ci si trova di fronte ai problemi che riguardano non soltanto i modelli e le strutture della protesi ma i codici di comunicazione nella loro logica e nello sviluppo cognitivo.

La conoscenza di questi codici è essenziale per l'attivazione di entità di tipo sintetico-formale correlativamente alla acquisizione di concetti di tipo semantico-analitico

In conclusione i processi dei sistemi percettivi sono mimati nella realizzazione di protesi informatiche sostitutive e occorre avere il massimo delle conoscenze derivabili dalle reti neurali impegnate. E' essenziale dunque indagare sulle caratteristiche che sottendono e articolano la trasmissione e sugli aspetti operativi che sono insiti in queste funzioni.

E' da evitare il rischio di interpretazioni analogicamente semplici. Utilizzare una struttura afferenziale periferica o raggiungere un livello strutturale encefalico mediante modalità diretta ripropone la conoscenza di premesse strutturali nelle varie stazioni intermittenti e nella modalità di lettura finale. Così le ricerche strutturali tendono alla elaborazione di modelli comparabili, indipendentemente dagli elementi che li compongono. E ai modelli e ai criteri interpretativi bisogna coniugare l'aspetto associativo.

Il processo di apprendimento delle reti nervose si realizza mediante una fenomenologia che accorda l'insieme di valori in ingresso con l'uscita effettiva della rete rispetto a una soluzione predeterminata. Sono da aggiustare i pesi delle connessioni costruite fino a quando lo scarto tra i due livelli venga massimamente minimizzato.

La protesi che livelli di intervento attua di per sé e quale quota lascia alla scelta e alla operatività del soggetto? E che processo di apprendimento è necessario attuare per effettuarne un buon uso?

## **Una nuova “edizione” dell’ascolto?**

A cura di Maria Lauro Burini  
Protesizzata cocleare

L’approccio ad un impianto cocleare assume connotazioni diverse a seconda che esso sia impiantato ad un bambino affetto da sordità prelinguistica o ad un adulto divenuto sordo dopo l’apprendimento della lingua. Le difficoltà che i sordi sia pre- che post-linguistici affrontano sono numerose ma anche piuttosto diverse.

Va precisato, tuttavia, che sia le protesi che possono essere applicate sia le riabilitazioni studiate per riportare l’individuo ad un grado accettabile di autonomia, per quanto possano essere sofisticate le une e perfezionate le altre, non possono restituire una funzione identica a quella perduta. Far credere questo equivarrebbe ad ingannare l’utilizzatore della protesi. Questi dovrà di fatto *ri-nascere* e divenire un individuo diverso e – forse – migliore per certi versi.

A questo proposito è utile richiamare un'osservazione di Oliver Sacks, tratta da Risvegli, note a "Prospettive". "L'accomodamento non ha il fascino del risveglio ".....≥ Deve essere guadagnato, carpito con sforzi, coraggio e sofferenza infiniti ".....≥ Molti ne sono stancati e non sopravvivono; altri resistono ".....≥ Costoro sono i *nati due volte* che dopo un'amara divisione fisiologica e sociale finalmente raggiungono una vera unione, una riconciliazione assai stabile e duratura".

Questo è vero per l'adulto che, perdendo l'udito e avendone piena coscienza, sente di essere definitivamente diverso dall'individuo che era prima.

Il recupero della funzione in un modo per così dire "posticcio" mediante un impianto cocleare, strumento certamente perfezionabile da un punto di vista tecnologico, al pari di qualsiasi altra protesi, non può essere un mezzo utile a recuperare l'identico concetto di individuo che la persona aveva costruito nel corso della propria vita di udente.

A chi diviene sordo il mondo e in esso le persone appaiono lontani; la sensazione di *sbagliato* che da ciò promana è il risultato della proiezione del sentimento di essere diventato un individuo *sbagliato* rispetto alla norma.

Quando la perdita di udito è progressiva, essa costringe il cervello, mediante un lungo allenamento, ad affilare le armi per uscire dall'isolamento in cui la persona sprofonda lentamente.

Ovviamente chi nasce sordo non può avere coscienza dell'assenza di ciò che mai ha avuto, non deve ri-costruire la propria identità.

*L'abitudine a coesistere con l'impianto, inoltre, viene acquisita gradatamente; in una prima fase esso può sembrare un "clandestino a bordo" della testa, perché di esso si avverte la presenza sotto forma di dolenzia o toccando con le dita la cute dietro l'orecchio. Anche il semplice fatto di indossare sempre la "scatoletta" esterna, che diviene una sorta di appendice del corpo cui è collegata mediante una cavo ed un microfono, richiede pure un allenamento necessario anche a chi abbia usato a lungo delle normali protesi acustiche binaurali.*

Il fatto che l'impianto cocleare faccia udire è indubbio e - personalmente - non saprei tornare indietro alla sordità perenne. Il volume è molto alto, ma il modo di ricevere i segnali è molto diverso. Prima di tutto è necessario far sì che il cervello compia una riclassificazione dei rumori.

Le voci appartengono al mondo dei rumori, si sovrappongono ad essi e quando si riesce ad interpretare il senso delle parole queste ultime sembrano sorgere da un mondo lontano, irreali.

Quando avviene quella che in termini tecnici è l'appercezione, il cervello sembra risvegliarsi dal sonno della sordità ed ogni volta si stupisce di comprendere.

Particolarmente nei primi tempi la comprensione comporta alcuni secondi che rendono tardivo - e talora inefficace in relazione al contesto - il meccanismo: in questo tempo la persona osserva il mondo apparentemente stordita. Ad un lavoro mentale intenso, corrisponde infatti all'esterno un atteggiamento del soggetto sordo di assenza. In un discorso lungo e articolato, questo determina ovvie complicazioni. Personalmente ho provato una sensazione visiva di tale meccanismo: i significati sembravano e sembrano talora sorgere da una massa informe di nebbia e vapori. All'improvviso si squarcia la massa e ne esce un raggio luminoso, che si irradia nel cervello e, conseguentemente, nell'anima, per una sorta di gioia: questo è comprendere. Al contrario quando non si capisce, tutto rimane

nella nebbia, tutto resta incerto, non verificato e la mente vaga alla ricerca disperata di certezze.

Con la perdita dell'udito va perduta anche la coscienza di spazio e tempo; il neo-sordo deve trovare nuove relazioni spazio-temporali utilizzando la vista, il tatto, l'odorato.

Con l'uso dell'impianto interviene un ulteriore cambiamento anche da questo punto di vista per cui tutto deve essere rimesso in relazione; diviene indispensabile rimettere in ordine le percezioni fisiche che a livello mentale non trovano più riscontri. Tra volontà e cervello prende il via uno scontro costante, che spesso conduce ad una immobilizzazione, ad ottenere un non-risultato. Lo scontro avviene in quanto la volontà di capire spinge il cervello a lavorare, ma quest'ultimo, non accontentandosi della comprensione parziale dei messaggi, "rifiuta" anche il poco che comprende.

Il cervello sembra approdare nel nulla e inizia una vita in qualche modo autonoma dalla volontà che implode, cadendo in una sorta di buco nero che attira in sé tutte le risorse, nonché desideri e speranze. È tutto l'essere che viene squassato in questa implosione.

Se il cervello non riesce a far compattare i suoni con la memoria che di essi possiede e con il significato conseguente che ha nell'archivio dell'esperienza di udente, non può attribuire loro un senso, cosicché non avviene il riconoscimento. Suono su suono, rumore su rumore si crea una pila confusa, una nuova torre di Babele e l'individuo rimane ignaro, fuori gioco.

Se avviene uno stop su un solo termine, anche isolato, il cervello sembra incepparsi, non riesce a districarsi dai suoni e rumori successivi. Per quanti sforzi possa fare l'interlocutore per ripetere più chiaramente le parole, tutto risulta vano perché il cervello oppone un diniego.

Solo mediante la scrittura, la lettura labiale o la lingua dei segni, cioè facendo ricorso a meccanismi visivi di comunicazione, avviene la comprensione. Immediatamente il cervello confronta ciò che ha compreso con la stringa di suoni/rumori da cui avrebbe dovuto comprendere e si stupisce a volte chiedendosi perché non sia riuscito a capire, altre volte continuando a non trovare riscontro tra quanto udito e il senso acquisito altrimenti.

Una volta riaperti i battenti, il cervello ricomincia a lavorare, senza concedersi attenuanti quando sbaglia.

Gradatamente si sviluppa un modo visivo di udire; tuttavia non si può utilizzare la lettura labiale contemporaneamente all'ascolto. Almeno nel mio caso si tratta di meccanismi mentali diversi che mi è impossibile utilizzare insieme; cosicché, se talvolta leggo sulle labbra qualche parola, sono certa che in quel preciso momento il cervello prescinde dal meccanismo di ascolto anche se l'impianto è in funzione.

Quando si accende l'impianto - soprattutto dopo tempi lunghi di permanenza nell'assenza di suono - onde sonore arrivano a ondate successive ad avvolgere la persona impiantata. Esse sono più o meno intense a seconda dell'intensità del suono e della distanza dalla fonte che le emette. In pochi secondi, al pari dell'ondata di alta marea, si propagano a riempire lo spazio intorno all'individuo. Ad ogni accensione dell'impianto, dopo cinque secondi (che personalmente conto ad occhi chiusi) l'ondata di marea investe la persona ed arriva con forza al cervello. Questo necessita di qualche secondo per riaversi ed iniziare il lavoro di discriminazione. Da

questo momento l'impiantato ha la sensazione di vivere sempre "in collegamento diretto" con il mondo, e, per ciò stesso, di vivere in un modo artificiale, un po' surreale.

Il problema maggiore - sempre nel mio caso - è rappresentato dalla presenza costante di una forte vibrazione o fluttuazione stridente.

*Ogni parola/suono udita per mezzo dell'impianto sembra essere costituita da un nucleo centrale, che, se riuscissi a percepirlo nettamente, potrebbe essere più vicino alla realtà, e da una corona circolare di vibrazioni stridenti. Esse si prolungano come se avessero delle frange, ciascuna delle quali ha una caratteristica di maggiore o minore acutezza; nell'insieme costituiscono un rumore polifonico.*

E', inoltre, presente la distorsione di frequenze caratteristica dell'otosclerosi, causa della mia sordità. Tale distorsione fa sì che certe note della scala sembrino spostate di un tono più in basso anche durante le prove tecniche di mappatura dei suoni cui si sottopongono periodicamente i pazienti impiantati per verificare l'idoneità dell'impianto e i risultati ottenuti.

Nel mio caso - ma posso ritenere che ciò sia vero per altri pazienti - non esiste armonia; la musica ha una propria vita solo come ritmo; gli strumenti a percussione sono gli unici che riesco ad apprezzare. Di tutti gli altri percepisco il rumore di ciò che produce successivamente l'armonia udita dagli udenti: le dita che pizzicano le corde della chitarra, il battere martellante dei tasti del pianoforte, il raschiare sulle corde dell'archetto di un violino, l'aria che entra e fuoriesce in modo diverso nei vari strumenti a fiato... Gli acuti in chi canta, seppure sia intuibile la loro esistenza, si appiattiscono verso il basso costituendo una monocroma, ma intensa vibrazione, priva di variazioni armoniche.

Dopo aver fatto molti tentativi inutili applicandomi al solo linguaggio, mi sono convinta che la strada per ricominciare a comprendere la lingua parlata passi attraverso il recupero di un'armonia, anche se sia priva delle caratteristiche proprie dell'armonia degli udenti. Chi non ha osservato, infatti, variazioni armoniche nella lingua degli udenti, variazioni dipendenti da molti fattori, culturali, di appartenenza geografica, di carattere, di sesso ecc.?

Sempre più spesso penso che la vibrazione, che avvolge ciò che odo, sia nient'altro che la parte armonica del linguaggio udita dagli udenti, che in me rimane *non trasformata* allo stato originario di pura vibrazione o somma di vibrazioni delle onde sonore.

Il recupero dell'armonia è l'ulteriore sfida che ritengo di dover affrontare senza pormi limiti di tempo. Si tratta di tracciare una strada nuova, forse di "colonizzare" una nuova parte del cervello rimasta finora inutilizzata.

## **La costruzione dei suoni: ontogenesi e filogenesi**

**Dott.Laura Dalla Ragione, psichiatra, DSM Perugia**

L'introduzione di nuove tecnologie, in particolare quelle per la comunicazione delle sensorialità in un portatore di handicap, ci costringe a ripensare alcuni concetti che fanno parte del nostro normale bagaglio culturale e che hanno a che fare con la costituzione dell'identità e dello schema corporeo ad essa intimamente connesso, con lo svolgersi di un processo di apprendimento, con il concetto di appartenenza.

L'introduzione di una protesi cocleare ridisegna la mappa neuronale, osteomuscolare, simbolica, emozionale di colui che ne è il portatore. Le conseguenze evolutive, i cambiamenti necessari, per accordarsi a tale modificazione interna, sono talmente rilevanti, sul piano quantitativo che qualitativo, da avere aperto molti problemi tutt'ora in corso di discussione: psicologici-cognitivi, antropologici, sociologici, sanitari e, non ultimo, etici.

### **Ogni sapere presuppone un non sapere**

Un primo grande problema nella introduzione di una protesi cocleare, ma questo sistema potrebbe valere per qualunque sistema sensoriale alternativo, introduce necessariamente un metalivello di analisi che mette immediatamente in luce quelli che Bachelard chiama gli *ostacoli epistemologici*(1). Le teorie sulla percezione e sulla natura dell'apprendimento, di cui disponiamo, per avvicinarci a questo problema diventano decisive nel comprendere come il nostro cervello si ristruttura a partire da un cambiamento così rilevante. L'introduzione di una nuova modalità sensitiva artificiale, in questo caso uditiva, che apparentemente ripristina una funzione perduta, diventa in realtà una nuova acquisizione per il nostro cervello; esso non riutilizza in modo meccanico vecchie strategie di apprendimento ma è costretto a disegnare nuove mappe per nuovi territori neuronali.

Non a caso la metafora utilizzata da M.Lauretta, impiantata cocleare, per descrivere la fine della sordità profonda, con l'introduzione dell'impianto cocleare è stata quella del viaggio "E' come ritornare da un lungo viaggio" laddove l'esperienza del silenzio profondo e la riacquisizione di un mondo sonoro vengono efficacemente rappresentati come l'esplorazione di nuovi territori.

Ma è necessario chiarire che cosa intendiamo per apprendimento e in fondo per conoscenza.

Ogni sistema biologico acquisisce informazioni, cioè apprende, nel senso più ampio del termine, grazie a due modalità fondamentali. Una è lenta, rigida, duratura, l'altra rapida, flessibile e precaria. La prima trascende l'individuo, poiché si iscrive nella discendenza, ed è dovuta principalmente al gioco del caso e della selezione; le informazioni così ottenute si accumulano nel genoma. La seconda è dovuta all'esperienza dell'individuo. Trascende anch'essa dall'individuo, ma tramite le relazioni sociali e non attraverso un meccanismo biologico. All'eredità biologica della prima risponde l'eredità culturale della seconda; le informazioni ottenute si accumulano nel sistema nervoso. Negli esseri viventi, le informazioni non si accumulano, si integrano: la memoria è il

risultato dell'interazione fra i nuovi dati e quelli già presenti nel sistema nervoso, ovvero cambia *programma* in funzione dei contenuti via via integrati.

Questo ci consente di comprendere la complessità dell'apprendimento di un sistema operativo superiore, quale quello del nostro sistema percettivo, con l'introduzione di un nuovo accesso sensoriale, che non determina ovviamente solo l'aumento di informazioni, ma appunto l'ingresso all'interno di un nuovo ordine di senso, con una selezione precisa e molto ben differenziata, un cambiamento di programma, la costruzione di un nuovo vocabolario.

Ogni sapere presuppone un non sapere ci dice Varela (2). Percepire qualcosa significa dare rilievo ad un segmento e disattivarne altri, se vediamo lo sfondo non vediamo la figura e possiamo vedere la figura perché c'è lo sfondo.

Se l'ontogenesi dell'uomo ripercorre la filogenesi dell'intera specie umana, nella costruzione del mondo della percezione noi possiamo osservare come si strutturi questo intreccio tra innato e acquisito, e quale sia la relazione non lineare tra il predeterminato e l'esperienziale. Questo tema è opportuno sottolinearlo per condurre ancora più avanti il nostro ragionamento su cosa vuol dire *apprendere l'esperienza*, nel caso ad esempio di una protesi cocleare.

Nel corso dell'ontogenesi del bambino la cultura incide fortemente nella biologia, anche successivamente la cultura ha un feedback biologico, ma è certamente durante il periodo infantile che questa interazione è particolarmente decisiva. Il bambino percepisce solo ciò che è pronto a recepire e la forma recepita trova una corrispondenza neuronale strutturante. Nel linguaggio possiamo vedere in maniera chiara come questo processo non sia di tipo cumulativo o additivo, ma piuttosto un processo che introduce il bambino all'interno di un ordine, di un sistema di differenziazione. Ad un certo stadio dell'apprendimento del linguaggio (circa 21 mesi) il bambino, che ha già incominciato ad accumulare per imitazione un enorme numero di vocaboli, apparentemente impoverisce il suo vocabolario, non imita più tutte le parole che sente, ma seleziona solo ciò che gli serve. Si tratta quindi di una scelta nell'acquisizione del sistema di opposizioni fonetiche. Parlare vuol dire quindi introdursi in un sistema complesso di differenziazioni, entrare nell'ordine del senso; l'apprendimento consiste nel selezionare e ricordare fonemi originari e fondatori, con un ordine fisso di comparsa e scomparsa (afasia).

Allo stesso modo il recupero di una funzione percettiva maggiore, quale quella uditiva, significa l'ingresso all'interno di un universo di senso molto differenziato e linearmente non conseguente al precedente apprendimento acustico. Si tratta della costruzione di un nuovo mondo sonoro, di un differente sistema esperienziale e cognitivo, che si interseca non in modo cumulativo con le tracce mnestiche del precedente.

### **Il senso dell'identità**

Ma l'introduzione di una protesi, anche qui di qualunque natura, determina una ridefinizione sul piano dell'identità corporea molto forte. Il passaggio da uno stato di percezione ad un altro, con la perdita o la riacquisizione attraverso un artificio della funzione sensoriale, significa la costruzione di un nuovo mondo sensoriale, di un nuovo schema corporeo, che è connesso, ma è anche qualcosa di profondamente diverso da quello precedente. Ci dice Maria Laretta: "E' come avere un clandestino a bordo" riferendosi alla sua protesi. La presenza di un corpo estraneo di questa rilevanza, all'interno del suo schema corporeo non può non determinare una nuova attribuzione di senso allo schema corporeo, di cui non si può tenere conto nella fase successiva all'impianto.

Alcune riflessioni ci possono aiutare meglio a capire cosa si intende per costruzione dello schema corporeo e sua ridefinizione.

Quello che Winnicot chiama personalizzazione è legato principalmente al sentimento di abitare nel proprio corpo; Heidegger parla del rapporto tra abitare ed essere, vivere occupando uno spazio animandolo e costruendolo(3). Il processo di personalizzazione si struttura dunque sempre attraverso l'esperienza del proprio corpo. Il sistema osteomuscolare può essere considerato non più come un semplice strumento funzionale, ma come l'accesso privilegiato per inserirsi nell'esistenza.

Lasciando da parte per un attimo, in quanto operazione intellettuale, l'integrazione dei movimenti che avviene nella corteccia cerebrale motoria: si può notare che il legame paleontologico esistente tra l'orecchio interno e l'apparato osteomuscolare nell'equilibrio dell'individuo rispetto all'ambiente, nelle percezioni immediate e nell'organizzazione dei movimenti. Il peso del corpo è percepito attraverso i muscoli e si combina con l'equilibrio spaziale per inserire l'uomo nel suo universo concreto e costituire, per antitesi, un universo immaginario in cui peso ed equilibrio sono aboliti. La liberazione si produce liberamente quando si sogna di volare, nel momento in cui nel sonno il riposo dell'orecchio interno e dei muscoli creano il contrario del panorama quotidiano. Il normale funzionamento di tutto l'apparato intellettuale è soggetto all'infrastruttura organica, non soltanto quando la macchina corporea è in buono o cattivo stato, ma in ogni istante della vita, nei ritmi che integrano il soggetto nel tempo e nello spazio. Per l'animale come per l'uomo l'equilibrio consiste nel gioco coordinato degli organi e dei muscoli, secondo lo svolgimento di concatenazioni ritmiche di diversa natura, fissate in un ordine regolare. I ritmi creano lo spazio e il tempo, almeno per il soggetto; spazio e tempo non esistono, non sono vissuti, se non in quanto materializzati entro un universo ritmico. Una delle caratteristiche operazionali dell'umanità, fin dai primi stadi è stata l'esecuzione di percussioni ritmiche ripetute a lungo. Questa operazione, ci dice Leroi-Gourham (4), è anche l'unica che segna l'ingresso nell'umanità degli Australantropi; le tecniche di fabbricazione degli utensili si collocano in un ambiente di ritmi, ad un tempo muscolari, uditivi e visivi, derivati dalla ripetizione di gesti d'urto. I ritmi garantiscono, quindi, l'identità.

La metafora del sistema immunitario (self-notself) ci consente di aggiungere altre suggestioni a questo argomento. Il sistema immunitario dei vertebrati è costituito da un complesso sistema di cellule e molecole che cooperano a conservare " l'identità biochimica dell'individuo"(5). Questa capacità di discriminare, che si manifesta a diversi livelli dell'organizzazione biologica, dal punto di vista filogenetico deriva probabilmente dai meccanismi molecolari che controllano le integrazioni strutturali e funzionali dei componenti propri di un sistema vivente. La stessa capacità di discriminazione si estende, sempre dal punto di vista filogenetico e successivamente ontogenetico, alla costruzione dello schema corporeo, fondamento strutturale dell'identità. E' pertanto necessario tenere conto di questa capacità di discriminazione del sistema nervoso centrale, nell'immaginare che tipo di catastrofe, nel senso suggerito dal matematico Thom, avvenga all'identità generale dell'individuo a cui viene alterato un aspetto somatico, sensoriale del proprio schema corporeo. Nello stesso tempo le conoscenze sulla plasticità del sistema nervoso, sulla sua capacità di apprendimento, sulle sue infinite risorse ci danno la consapevolezza di quanto, tenendo conto della sua complessità, il sistema nervoso centrale sia in grado di costruire molti nuovi mondi possibili e non necessari.

- 1) G.Bachelard, *La formazione dello spirito scientifico*, Einaudi, Torino 1972
- 2) F.Varela, H.Maturana, *Autopoiesi e cognizione*, Marsilio Editori, Venezia 1985.
- 3) M. Heidegger, *Essere e tempo*, trad.it. di p.Chiodi, Torino 1969.
- 4) A.Leroi-Gourham, *L'homme e la matiere*, Paris 1949.
- 5) F.M.Burnet, *Immunological recognition of self*, in Nobel Lectures-Physiology of Medicine.

