

MANUELA BOLLANI

## La percezione dello stimolo ritmico tra acquisizione, sintonizzazione e perdita: stato dell'arte e alcune riflessioni

The infant shows keen perceptive abilities and high responsiveness to languages in terms of both rhythmic and prosodic stimulations. However, during its first year, the scope of the infant's perceptive ability gradually narrows down, finally tuning into the typical acoustic traits of its native language and into the rhythmic and melodic features of the musical background provided by its cultural environment. This ability of accurately perceiving rhythm seems to be impaired in subjects with linguistic disorders: people affected by Dyslexia or Specific Language Impairment in fact show problems in rapid temporal processing. In this regard, a brief overview of the literature about rhythm perception will pinpoint significant analogies between acquisition, tuning and loss processes.

### 1. *Introduzione*

“Il ritmo è la denominazione dell'ordine del movimento”. Così Platone (5°-4° secolo a.C.) nelle *Leggi* (II, 664E) definisce il ritmo unendo il concetto di movimento, quale fluire temporale del gesto, a quello di ordine, come periodicità e strutturazione. Il dibattito sulla relazione tra il concetto di periodicità e quello di ritmo è ancora aperto e, secondo Righini (1994), il ritmo sarebbe una categoria psicologica umana che solo per un atto della volontà percettiva andrebbe a creare un raggruppamento gerarchico laddove ci sarebbe solo pura ripetizione periodica, che di per sé non basterebbe a creare ritmo. D'altra parte, Patel (2008) sottolinea come la periodicità sia solo una delle possibili modalità di organizzazione ritmica, definendo il ritmo come “creazione di modelli sistematici di suoni in termini di tempo, accento e raggruppamento” ma non necessariamente regolari nel tempo.

La questione è particolarmente rilevante per comprendere il ruolo della componente ritmica del linguaggio, che ha avuto una lunga associazione con il concetto di periodicità (Allen, 1975; Keller, Port, 2007). In fonologia, il ritmo è stato studiato prevalentemente nell'ambito del modello della fonologia metrica (Hayes, 1995; Marotta, 2003), mentre in fonetica sperimentale lo studio del ritmo è associato al tema dell'isocronia e alla suddivisione in lingue a isocronismo accentuale, a isocronismo sillabico o a isocronismo moraico (Pike, 1945; Bertinetto, 1977; Bertinetto, 1981). Successivamente, la ricerca empirica si è mossa verso una concezione più ampia di ritmo del discorso sulla base di come le lingue si differenzino nella scansione temporale di vocali, consonanti e sillabe. In questa direzione, dai primi fonamen-

tali contributi di Dauer (1983) e Ramus e colleghi (1999), l'indagine fonetica sul ritmo linguistico si è arricchita di numerosi studi (Grabe, Low, 2002; Bertinetto, Bertini, 2008)<sup>1</sup>.

Ad ogni modo, la percezione del ritmo svolge un ruolo centrale sia nell'acquisizione del linguaggio che, in senso più ampio, nello sviluppo psicologico e sensorio-motorio dell'individuo. I primissimi impulsi percepiti dal feto sono di natura ritmica e sarebbe proprio la biomeccanica del ritmo a regolare i processi di anticipazione percettiva del cervello che consentono di strutturare l'interazione con l'esterno (Benenson, 1982; Trevarthen, 1999). In una prospettiva che integri diversi ambiti di ricerca legati allo sviluppo dell'individuo, il presente lavoro vuole fornire una breve panoramica degli studi riguardanti la percezione del ritmo nelle fasi di acquisizione e sintonizzazione linguistica e nei meccanismi connessi a deficit del linguaggio.

## 2. *Percezione ritmica e acquisizione linguistica*

### 2.1 La precoce discriminazione linguistica su base ritmica

L'udito è il primo tra i cinque sensi a svilupparsi nell'essere umano e, per il feto, il mondo esterno è originariamente un'esperienza uditiva, filtrata attraverso il liquido amniotico (Querleu et al., 1981). L'apparato uditivo comincia a formarsi dalla terza settimana di gestazione e completa la sua struttura intorno al quinto mese. Feti di 36-40 settimane reagiscono a cambiamenti delle caratteristiche fisiche dei suoni: alcuni esperimenti (Lecanuet, Granier-Deferre, 1993) hanno mostrato, attraverso la tecnica di decelerazione cardiaca<sup>2</sup>, come i feti notassero il cambiamento tra due sequenze sillabiche simili. L'utero materno è quindi il primo ambiente sonoro e preparerebbe il futuro neonato a sintonizzarsi sulle caratteristiche acustiche dei suoni linguistici. Infatti, a pochi giorni di vita, il neonato dispone di abilità percettive molto raffinate e risulta in grado di discriminare tra diverse lingue: non solo tra la lingua materna ed una lingua straniera mai sentita prima d'allora (Mehler et al., 1988; Nazzi et al., 2000), ma anche tra due lingue straniere, entrambe mai sentite prima (Mehler et al., 1988; Nazzi et al., 1998; Nazzi et al., 2000).

Vari studi hanno proposto che i neonati riescano a discriminare tra lingue diverse sulla base del ritmo (Mehler et al., 1996; Ramus et al., 1999). Questa ipotesi presuppone che siano in grado di costruire rappresentazioni ritmiche in termini di sillabe, ovvero sequenze di vocali di varia durata ed intensità, interrotte da rumore consonantico. Vari studi hanno dimostrato, utilizzando per lo più la tecnica della suzione non nutritiva<sup>3</sup>, che i neonati discriminino molto presto tra vocali diverse,

<sup>1</sup> Per una rassegna più approfondita sull'argomento si veda il numero tematico della rivista *Phonetica* (Kohler, 2009) e il contributo di Barry negli atti del V Convegno Nazionale AISV 2009 (Barry, 2010).

<sup>2</sup> Una decelerazione nel battito cardiaco dei feti in concomitanza con la presentazione di uno stimolo nuovo, dopo una fase di abitudine, indica l'avvenuta discriminazione.

<sup>3</sup> Il neonato succhia una tettarella collegata ad un trasduttore, che misura la velocità di suzione del neonato. Dopo una fase di abitudine, i neonati succhieranno più velocemente quando percepiranno uno stimolo nuovo (Jusczyk, 2000).

anche se non presenti nella lingua di esposizione (Trehub, 1973; Kuhl et al., 1992) e che siano specificatamente sensibili al nucleo vocalico della sillaba (Bertoncini et al., 1988). In particolare, gli esperimenti di Bijeljac-Babic, Bertoncini e Mehler (1993) mostrano come i neonati siano in grado di discriminare tra sequenze con diverso numero di sillabe mentre non percepiscano alcun cambiamento nel numero dei segmenti fonici se il numero di sillabe rimane invariato. Questi risultati suggeriscono che i neonati siano in grado di crearsi una rappresentazione in termini di sillabe.

L'ipotesi secondo cui i neonati discriminino tra lingue diverse sulla base del ritmo si basa sull'idea che le lingue siano organizzate in classi ritmiche (Pike, 1945; Bertinetto, 1977; Bertinetto, 1981): lingue a isocronismo accentuale, come ad esempio inglese, olandese e russo; lingue a isocronismo sillabico, come ad esempio francese e italiano e lingue a isocronismo moraico, come ad esempio giapponese e turco. I risultati dei maggiori studi riguardo la precoce discriminazione linguistica (Mehler et al., 1988; Christophe, Morton, 1998; Nazzi et al., 1998; Nazzi, Jusczyk, 1999)<sup>4</sup> andrebbero a supporto dell'ipotesi che i neonati siano in grado di discriminare tra classi ritmiche di lingue. Dai dati riportati nella tabella 1, che riassume i risultati di alcuni dei maggiori studi in questione, emerge che i neonati, a pochi giorni di vita, riescono a discriminare tra lingue appartenenti a classi ritmiche differenti, sia nel caso in cui il contrasto includa la loro lingua nativa (Mehler et al., 1988) sia nel caso in cui il contrasto riguardi due lingue entrambe non familiari (Nazzi et al., 1998). D'altraparte, i neonati non risultano in grado di discriminare tra coppie di lingue appartenenti alla stessa classe ritmica (ad esempio inglese ed olandese) se non dopo i 5 mesi di vita (Christophe, Morton, 1998; Nazzi et al., 1998; Nazzi, Jusczyk, 1999). È possibile che dopo i 5 mesi, la rappresentazione che gli infanti si costruiscono della lingua sia più raffinata oppure si basi su informazioni diverse dal ritmo, come i vincoli fonotattici (Jusczyk et al., 1993).

Tabella 1 - *Risultati di esperimenti di discriminazione linguistica (adattata da Guasti, 2007)*

<i>Lingue Discriminate</i>	<i>L1</i>	<i>Età</i>	<i>Riferimento</i>
Francese-Russo	Francese	4 giorni	Mehler et al., 1988
Inglese-Olandese*	Francese	4 giorni	Nazzi et al., 1998
Inglese-Giapponese	Francese	5 giorni	Nazzi et al., 1998
Inglese-Italiano	Inglese	2 mesi	Mehler et al., 1988
Inglese-Olandese*	Inglese	2 mesi	Christophe, Morton, 1998
Inglese-Olandese	Inglese	5 mesi	Nazzi, Jusczyk, 1999

\* Non si ha discriminazione

<sup>4</sup> Gli studi in questione utilizzano per lo più il metodo della suzione non nutritiva e tecniche di manipolazione e filtraggio dello stimololinguistico.

## 2.2 L'utilizzo degli indizi ritmici: la segmentazione del flusso sonoro continuo e l'ipotesi del Bootstrapping fonologico della sintassi

La precoce capacità percettiva dell'infante risulta fondamentale per il processo di acquisizione linguistica e, in particolare, la sensibilità agli indizi ritmici e prosodici del linguaggio renderebbe possibile la segmentazione del flusso sonoro continuo del parlato percepito. *L'Infant Directed Speech* è solitamente molto ricco da un punto di vista prosodico e i confini di frase e dei costituenti prosodici sono solitamente segnalati dai fenomeni di declinazione naturale: pause, F0 discendente e sillaba finale allungata (Fernald et al., 1989). Ciononostante, pause non affidabili, fenomeni di co-articolazione, assenza di riferimenti lessicali di partenza e variabili sonore legate alla vocalità del parlante rendono la segmentazione in unità discrete e l'individuazione dei confini di parola nel parlato spontaneo un'attività particolarmente complicata per il bambino.

Grazie all'integrazione tra un meccanismo generale di elaborazione statistica (*Statistical Learning Mechanisms*, Saffran et al., 1996) e l'utilizzo di indizi prosodico-ritmici, specificatamente linguistici, i neonati già verso i 7-8 mesi sarebbero in grado di segmentare il parlato (Jusczyk, Aslin, 1995). Attraverso il meccanismo di *Statistical Learning* che calcola le probabilità di transizione tra eventi, i bambini risultano in grado di elaborare regolarità distribuzionali, ovvero informazioni statistiche circa la probabilità di adiacenza tra due eventi linguistici. In un esperimento di Saffran e colleghi (1996), neonati di 8 mesi sono risultati in grado di elaborare le differenti probabilità di transizione tra sillabe adiacenti e, di conseguenza, individuare le sequenze che avrebbero potuto formare delle parole. I neonati sarebbero quindi in grado di calcolare la frequenza tra sillabe adiacenti ed usare questa informazione per segmentare il parlato.

Ad ogni modo, la segmentazione del flusso continuo del parlato è un processo che richiede l'integrazione tra i meccanismi dello *Statistical Learning* e l'elaborazione di molteplici indizi linguistici, quali il numero di sillabe, la posizione dell'accento e i vincoli fonotattici. Si è visto come i neonati di pochi giorni siano in grado di crearsi una rappresentazione in termini di sillabe e notino se il numero di sillabe cambi o meno (Bijeljac-Babic et al., 1993). Di conseguenza, è possibile che i bambini facciano congetture sulla lunghezza delle parole e possano attendersi dei confini di parola dopo un certo numero di sillabe a partire dalla struttura ritmica di una lingua e quindi dal repertorio sillabico (Mehler, Nespor, 2004).

Inoltre, in base alla posizione dell'accento, i bambini possono prevedere dove collocare un confine di parola. In un esperimento di Christophe e colleghi (1994) con l'utilizzo della tecnica della suzione non nutritiva (vedi nota 3), dei neonati francesi di solo 3 giorni di vita sono riusciti a discriminare tra due diverse tipologie della stessa sequenza bisillabica: in un caso appartenente ad un'unica parola, in un altro caso utilizzata come ultima sillaba e prima sillaba di due parole differenti. Le due sequenze differivano nella configurazione accentuale, che nel francese prevede che la sillaba tonica sia l'ultima della parola. La posizione dell'accento sembra essere un indizio rilevante in particolare per le lingue tradizionalmente considera-

te come *stress-timed* (Lee, 2010). Per quanto riguarda l'inglese, Jusczyk e colleghi (1993) ipotizzano che i neonati futuri parlanti inglesi utilizzino una Strategia di Segmentazione Metrica (SSM) che consisterebbe nel supporre che ogni volta che viene percepita una sillaba forte inizi una nuova parola. Questa strategia si basa sull'analisi di un corpus linguistico inglese che mostrerebbe la maggiore frequenza nella lingua inglese di strutture bisillabiche trocaiche rispetto a quelle giambiche (Cutler, Carter, 1987). In accordo con la SSM, i neonati esposti all'inglese a 7 mesi riconoscono le parole trocaiche ma non quelle giambiche. Il fatto che a partire dai 10-11 mesi i bambini risultino in grado di riconoscere anche le parole giambiche suggerisce che inizino ad utilizzare altri indizi, oltre a quelli legati alla posizione accentuale, per segmentare il parlato (Jusczyk, Houston, 1999).

La sensibilità per i diversi indizi emerge in differenti momenti dello sviluppo: tra i 7 mesi e mezzo e gli 8 emerge la sensibilità per gli indizi riguardanti la forma tipica delle parole e le regolarità distribuzionali (Saffran et al., 1996; Jusczyk, Houston, 1999), e verso i 9 mesi la sensibilità per i vincoli fonotattici (Jusczyk et al., 1993), che regolano quali sequenze di suoni siano permesse all'interno, all'inizio o alla fine di una parola in una data lingua e quali non lo siano. In un esperimento di Jusczyk e colleghi (1993) i bambini americani a 9 mesi, ma non a 6, sono risultati in grado di discriminare tra liste di parole olandesi e liste di parole inglesi formate dallo stesso repertorio di suoni ma differenti per quanto riguarda i vincoli fonotattici. Nel caso di filtraggio che rimuovesse l'informazione fonemica, i bambini non erano in grado di discriminare tra parole olandesi ed inglesi in quanto, come si è già visto (Christophe, Morton, 1998; Nazzi et al., 1998; Nazzi, Jusczyk, 1999), l'informazione prosodica può non essere sufficiente per discriminare tra lingue appartenenti alla stessa classe ritmica.

Infine, secondo l'ipotesi del *bootstrapping* fonologico della sintassi il bambino potrebbe utilizzare gli indizi ritmico-prosodici per elaborare aspetti del sistema sintattico di una lingua (Morgan, Demuth, 1996; Fikkert, 2007; Demuth, 2011). Secondo il principio di attivazione ritmica, il neonato sarebbe in grado di percepire la prominenza associata alla vocale accentata all'interno del sintagma ed identificare il parametro d'ordine dei costituenti di una data lingua, ovvero se testa-complemento o complemento-testa: se all'interno del sintagma fonologico il bambino sente la prominenza a destra allora l'ordine dei costituenti è testa-complemento, come nel caso di lingue come l'italiano e il francese, se all'interno del sintagma fonologico il bambino sente la prominenza a sinistra allora l'ordine dei costituenti è complemento-testa, come nel caso di lingue come il giapponese e il turco (Nespor et al., 1996). I risultati di un esperimento di Christophe, Nespor, Guasti e Van Ooyen (2003) mostrano come i neonati francesi a 2 mesi siano in grado di discriminare tra due lingue con diversa distribuzione della prominenza, come il francese, con prominenza a destra, ed il turco, con prominenza a sinistra.

### 3. *Verso la sintonizzazione percettiva*

Durante il primo anno di vita la capacità percettiva del bambino va sintonizzandosi sui parametri sonori della lingua nativa. Fino ai 6-8 mesi i neonati possono ancora discriminare non solo tra suoni appartenenti alla lingua a cui sono esposti, ma anche tra suoni appartenenti a lingue mai sentite. Quest'abilità tende a scomparire verso gli 8-10 mesi ed è del tutto scomparsa a 11-12 mesi, quando l'infante inizia a produrre le prime parole nella lingua madre (Werker, Tess, 1984).

Questa sintonizzazione avviene più precocemente per i suoni vocalici rispetto a quelli consonantici: neonati di 4-6 mesi sono in grado di discriminare tra contrasti vocalici non-nativi, mentre neonati di 6-8 mesi non risultano più in grado (Kuhl et al., 1992; Polka, Werker, 1994) mentre, per quanto riguarda i contrasti non-nativi tra consonanti, i bambini risultano in grado di discriminarli a 6-8 mesi ma non dopo i 10-12 mesi (Werker, Tees, 1984). Inoltre, attorno ai 9 mesi, i bambini diventano particolarmente sensibili al contorno accentuale della loro lingua nativa (Juszyk, 2000). Ad ogni modo, il processo di sintonizzazione percettiva rimane un fenomeno indagato soprattutto a livello segmentale e molto meno a livello soprasegmentale.

La precoce e ampia capacità discriminatoria del neonato ed il fenomeno di sintonizzazione percettiva fanno pensare, come già osservato da Jakobson (1941), che il processo di acquisizione del sistema fonologico di una lingua possa consistere in una sorta di selezione sonora da un bagaglio più ampio. Secondo il modello *Maintenance/Loss* (Aslin, 1981; Werker, Tees, 1984), la capacità percettiva del bambino sarebbe già al suo apice prima dell'acquisizione linguistica vera e propria e, successivamente, verrebbero mantenute quelle abilità che trovano riscontro nello stimolo percepito nella lingua nativa mentre verrebbero perse quelle abilità relative a parametri e categorie non rilevanti per la lingua nativa.

Il meccanismo di sintonizzazione percettiva ha un corrispondente analogo in ambito musicale (Scott et al., 2007) e ciò fa pensare che possa essere un fenomeno più generale che coinvolge il trattamento dello stimolo acustico, non specificamente linguistico. Alcuni esperimenti mostrano come i bambini occidentali a 6 mesi siano in grado di processare ritmi in metri complessi, mentre a 12 mesi mostrino una capacità percettiva nettamente specializzata nel trattamento di modelli ritmici occidentali (Hannon, Trehub, 2005)<sup>5</sup>.

In conclusione, il processo di sintonizzazione percettiva che avviene durante il primo anno di vita viene regolato dalla specifica esperienza culturale del bambino e sembra essere un fenomeno di ordine generale che si esprime attraverso differenti ambiti sonori, quali la musica e il linguaggio (Scott et al., 2007).

---

<sup>5</sup> Gli esperimenti di Hannon e Trehub (2005) prevedevano una fase di abituação in cui veniva proposta una struttura ritmica e una fase successiva in cui la struttura veniva disturbata con alcune variazioni. Veniva misurata la frequenza di sguardi dei bambini su due monitor con stimoli visivi associati agli stimoli sonori.

#### 4. *Correlati neurali e cognitivi della percezione ritmica tra musica e linguaggio*

L'abilità musicale e quella linguistica seguono percorsi paralleli ed integrati e, anche a livello cognitivo, i confini di una sfumano nell'altra rendendo talvolta difficoltosi i tentativi di circoscrivere precisi ambiti di indagine. Le risposte neurali a stimoli linguistici e stimoli musicali mostrano attivazioni ampiamente sovrapposte nei bambini (Kotilahti et al., 2010), mentre nei soggetti adulti il trattamento di stimoli linguistici e stimoli musicali mostra configurazioni di dominanza emisferica, con gli stimoli linguistici processati prevalentemente dall'emisfero sinistro e quelli musicali dall'emisfero destro (Callan et al., 2006). Questi risultati suggeriscono che la specializzazione emisferica nell'adulto emergerebbe gradualmente durante lo sviluppo (Brandt et al., 2012) e che i processi cognitivi potrebbero condividere meccanismi cerebrali mentre i domini potrebbero avere rappresentazioni separate nella memoria a lungo termine (Patel, 2012).

In linea con Patel (2012), Zatorre e Gandour (2008) propongono che la specializzazione emisferica possa non riguardare una differenza astratta tra il dominio musicale e il dominio linguistico ma una differenza di trattamento dello stimolo acustico. Secondo questa ipotesi, già presente nello studio di Zatorre e colleghi (2002), l'emisfero sinistro sarebbe specializzato nel trattamento di cambiamenti acustici rapidi, importanti per la percezione linguistica, mentre l'emisfero destro sarebbe specializzato nel trattamento di minime modulazioni di frequenza dello stimolo acustico, rilevanti per la percezione musicale<sup>6</sup>. Musica e linguaggio si mostrano particolarmente connessi anche da questo punto di vista, non permettendo una vera e propria specificità di trattamento. Il trattamento di cambiamenti acustici rapidi risulterebbe cruciale per il riconoscimento del timbro sia linguistico che musicale (Robinson, Patterson, 1995) in quanto la percezione di cambiamenti temporali dell'ordine di 25-50 millisecondi risulta cruciale per l'estrazione di informazioni fonemiche dal segnale linguistico (Tallal, Piercy, 1973) e questa piccola finestra temporale risulta essenziale anche per il riconoscimento dei timbri degli strumenti musicali, in quanto nessuno strumento attacca il suono con una frequenza immediatamente stabile (Hall, 1991). Di conseguenza, l'elaborazione dello stimolo ritmico risulta essere il dominio di maggiore connessione tra attività musicali ed attività linguistiche (Hausen et al., 2013).

Inoltre, il trattamento dello stimolo ritmico, sia linguistico che musicale, attiva le aree della corteccia motoria e l'area pre-motoria (Grahn, Brett, 2007; Chen et al., 2008), dando supporto alla *Motor Theory of Rhythm Perception* (Stewart et al., 2006), parallela alla *Motor Theory of Speech Perception* (Liberman, Mattingly, 1985), per la quale la percezione del ritmo si baserebbe sui meccanismi motori necessari per la sua produzione. Nelle scienze motorie, infatti, la capacità di ritmo è una delle capacità coordinative specifiche ed è intesa come la abilità che permette di organizza-

<sup>6</sup> Per una discussione più approfondita di questa ipotesi si vedano i lavori di Sophie K. Scott, in particolare Scott, McGettigan (2013) e la rassegna di Ott e Meyer negli atti del V Convegno Nazionale AISV 2009 (Ott, Meyer, 2010).

zare i movimenti in maniera che l'azione risulti il più fluida ed armoniosa possibile attraverso un corretto dosaggio di tempi ed intensità (Blume, 1982)<sup>7</sup>.

### 5. Percezione del ritmo e disturbi linguistici

In linea con la *Motor Theory of Rhythm Perception* (Stewart et al., 2006), Fujii e Wan (2014) propongono l'ipotesi SEP (acronimo di *Sound Envelope Processing e Synchronization and Entrainment to a Pulse*) come modello di interazione tra abilità linguistiche e musicali, che assegna al ritmo un ruolo fondamentale nella riabilitazione di deficit in entrambi gli ambiti. L'ipotesi SEP si pone come completamento di un modello precedente, l'OPERA di Patel (2011; 2014), un impianto concettuale che descrive come le attività musicali possano agevolare e affinare il *processing* linguistico. OPERA è un acronimo che riassume le cinque condizioni in cui le attività musicali possono essere di maggior beneficio a quelle linguistiche: (1) *Overlap* – indica la sovrapposizione nell'attivazione neurale durante il trattamento di stimoli musicali e di stimoli linguistici, (2) *Precision* – su questa rete neurale condivisa gli stimoli musicali richiedono un livello di precisione maggiore nel trattamento rispetto agli stimoli linguistici, (3) *Emotion* – le attività musicali che coinvolgono la rete neurale provocano forti emozioni positive, (4) *Repetition* – le attività musicali che impegnano questa rete sono caratterizzate da frequenti ripetizioni, (5) *Attention* – le attività musicali che attivano questa rete neurale richiedono un'attenzione molto focalizzata. In altre parole, la prima condizione (*Overlap*) descrive il contesto neurale condiviso da musica e linguaggio mentre le condizioni seguenti (*Precision, Emotion, Repetition, Attention*) indicano le proprietà delle attività musicali che azionano la plasticità neurale intensificando il *processing* del linguaggio.

Con l'ipotesi SEP, Fujii e Wan (2014) aggiungono due componenti ad integrazione del modello OPERA di Patel, per sottolineare come sia lo stimolo ritmico, nello specifico, ad essere altamente benefico per la riabilitazione dei disturbi linguistici. Le due componenti sono (1) il trattamento dell'involuppo sonoro (*Sound Envelope Processing*), che postula che la percezione del ritmo sia la fonte di maggiore sovrapposizione nelle reti neurali di musica e linguaggio (Goswami, 2011), e (2) la sincronizzazione e accordo ad un impulso (*Synchronization and Entrainment to a Pulse*), che postula che la fonte di maggiore sovrapposizione nelle reti neurali di musica e linguaggio sia la percezione ritmica in particolare se accompagnata da produzione ritmica abbinata ad un'attivazione senso-motoria (Tourville, Guenther, 2011).

L'impianto prettamente teorico della SEP trova applicazione pratica in interventi terapeutici come la *Melodic Intonation Therapy* (MIT). Ispirata dall'osservazione clinica che i pazienti con afasia non-fluente potessero cantare parole pur essendo

<sup>7</sup> L'impianto teorico alla base della *Motor Theory of Rhythm Perception* (Stewart et al., 2006) si avvale anche degli studi neuro-fisiologici sui neuroni specchio (Rizzolatti, Craighero, 2004) e delle indagini neuro-cognitive di Hickok e Poeppel (2000), che hanno contribuito ad approfondire il rapporto tra percezione e produzione.

incapaci di parlare (Yamadori et al., 1977), la MIT utilizza le funzioni preservate come la melodia e il ritmo per migliorare il linguaggio espressivo. Le principali componenti di questa tecnica di riabilitazione del linguaggio sono (1) l'intonazione melodica, (2) l'utilizzo di frasi e ripetizioni formulaiche e (3) lenta e periodica verbalizzazione accompagnata dal battere della mano sinistra (Sparks et al., 1974; Schlaug et al., 2010). Le componenti ritmiche della MIT, ovvero la ritmica del cantato e il battere della mano sinistra, possono aiutare a facilitare il trattamento dell'involuppo sonoro e la sincronizzazione e accordo ad un impulso motorio, così come postulato dalla SEP (Fujii, Wan, 2014).

La centralità del ritmo nella riabilitazione del deficit linguistico emerge anche in considerazione delle difficoltà di elaborazione dello stimolo ritmico in soggetti affetti da disturbi linguistici. Già nel 1973, Tallal e Piercy ipotizzavano che la dislessia fosse il risultato di un deficit nel trattamento temporale rapido, in particolare nella veloce transizione formantica che permette di distinguere una consonante da un'altra. Studi più recenti (Goswami et al., 2002; Surányi et al., 2009) dimostrano che, rispetto ai bambini con sviluppo nella norma, i bambini dislessici sono meno sensibili alle modulazioni di intensità di uno stimolo sonoro e, nello specifico, presentano grosse difficoltà nella percezione del tempo di salita (*Rise Time*) e del centro percettivo (*P-Centre*)<sup>8</sup> di un suono. Tra l'altro, la sensibilità ai tempi di salita risulta strettamente connessa alle abilità di lettura e i lettori precoci mostrano migliori capacità percettive verso i tempi di salita rispetto ai soggetti di controllo.

Un altro disturbo linguistico che potrebbe essere correlato con difficoltà nella percezione ritmica e nell'ascolto musicale è il Disturbo Specifico del Linguaggio (DSL - *Specific Language Impairment*). Il DSL è un fallimento del normale sviluppo linguistico nonostante un'intelligenza normale, un contesto di crescita e acquisizione linguistica normale e l'assenza di disturbi all'udito o problemi emotivi. Come nel caso della dislessia, i bambini che sviluppano il DSL mostrano una ridotta sensibilità alla durata dei suoni fin dai primissimi mesi di vita e hanno difficoltà nel trattamento degli stimoli temporali rapidi e nella discriminazione di contrasti relativi ai tempi di salita (Benasich, Tallal, 2002; Corriveau et al., 2007).

La sensibilità al tempo di salita e al *P-Centre* è essenzialmente sensibilità al ritmo e, infatti, i bambini con disturbi linguistici hanno grosse difficoltà in compiti di coordinamento ritmico, come parlare o fare un semplice movimento sincronizzandosi ad un metronomo, e in compiti di percezione ritmica, quali discriminare tra due ritmi differenti (Goswami et al., 2002; Huss et al., 2011). In questi soggetti, attività che collegano esplicitamente le strutture ritmiche musicali a quelle linguistiche possono aiutare a migliorare il coordinamento e la percezione ritmica (Bhide et al., 2013).

---

<sup>8</sup> Il *Rise Time* è il tempo in cui uno stimolo sonoro raggiunge il massimo dell'ampiezza e il *Perceptual Centre* di un evento sonoro indica il momento in cui ne viene percepita l'occorrenza (Goswami et al., 2002).

## 6. Conclusioni e prospettive di ricerca

Fin dai primi mesi, il neonato mostra una forte sensibilità per le caratteristiche prosodiche del linguaggio ed un'elevata capacità percettiva che, nel corso del primo anno di vita, va gradualmente riducendosi, sintonizzandosi sulle proprietà acustiche della lingua nativa, nonché sulle caratteristiche melodico-ritmiche della musica della cultura dominante (Werker, Tees, 1984; Hannon, Trehub, 2005). Nonostante la modalità di trattamento diventi via via più modulare durante lo sviluppo (Patel, 2012), musica e linguaggio sono facoltà cognitive strettamente correlate e, a livello neurale, è il trattamento dello stimolo ritmico ad attivare la maggior parte delle sovrapposizioni, in particolare nelle aree motorie (Stewart et al., 2006; Fujii, Wan, 2014). Le abilità connesse al trattamento temporale rapido sono proprio quelle che risultano danneggiate nei dislessici e nei soggetti affetti da Disturbo Specifico del Linguaggio, che mostrano grosse difficoltà nella percezione ed elaborazione del *Rise Time* e del *P-Centre* (Goswami et al., 2002). È possibile che molti disturbi dell'apprendimento linguistico possano essere meglio compresi se considerati come deficit nel trattamento di input acustici complessi (Brandt et al., 2012).

Questa breve rassegna sulla percezione del ritmo apre le porte a stimoli, prospettive e ipotesi. Un quesito su tutti potrebbe essere il seguente: se i deficit nell'apprendimento linguistico possono essere considerati come deficit nel trattamento di input acustici complessi, il meccanismo di sintonizzazione percettiva che avviene a circa un anno di vita può essere considerato come un restringimento delle abilità di trattamento acustico? Un approfondimento dei meccanismi di sintonizzazione percettiva, in particolare a livello soprasegmentale, e l'integrazione di differenti ambiti di ricerca, dall'acquisizionale al terapeutico, possono fornire importanti indizi sul reale meccanismo di percezione acustica in generale e ritmico-linguistica in particolare e, in linea con le intuizioni jakobsoniane, sulle possibili analogie tra acquisizione, sintonizzazione e perdita.

## Bibliografia

- ALLEN, G.D. (1975). Speech rhythm: its relation to performance universals and articulatory timing. In *Journal of Phonetics*, 3, 75-86.
- ASLIN, R.N. (1981). Experimental influences and sensitive periods in perceptual development: a unified model. In ASLIN, R.N., ALBERTS, J.R. & PETERSEN, M.R. (Eds.), *Development of Perception*, vol. 2. Academic Press, 45-94.
- BARRY, W.J. (2010). Rhythm measures in retrospect. Reflections on the nature of spoken-language rhythm. In SCHMID, S., SCHWARZENBACH, M. & STUDER, D. (Eds.), *Atti del V Convegno Nazionale AISV* (Università di Zurigo, 4-6 febbraio 2009). Torriana (RN): EDK Editore, 3-12.
- BENASICH, A.A., TALLAL, P. (2002). Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. In *Behavioural Brain Research*, 136, 31-49.
- BENENZON, R. (1982). *Manuel de musicothérapie*. Toulouse: Privat.

- BERTINETTO, P.M. (1977). Syllabic blood, ovvero l'italiano come lingua ad isocronismo sillabico. In *Studi di Grammatica Italiana*, 6, 69-96.
- BERTINETTO, P.M. (1981). *Strutture prosodiche dell'italiano. Accento, quantità, sillaba, giuntura, fondamenti metrici*. Firenze: Accademia della Crusca.
- BERTINETTO, P.M., BERTINI, C. (2008). On modelling the rhythm of natural languages. In BARBOSA, P., ARANTES, P. (Eds.), *Speech prosody, Proceedings of the 4<sup>th</sup> conference* (Campinas, Brazil, 6-9 May 2008). Capes, 427-430.
- BERTONCINI, J., BIJELJAC-BABIC, R., JUSCZYK, P.W., KENNEDY, L.J. & MEHLER, J. (1988). An investigation of young infants' perceptual representations of speech sounds. In *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 21-33.
- BHIDE, A., POWER, A. & GOSWAMI, U. (2013). A rhythmic musical intervention for poor readers: a comparison of efficacy with a letter-based intervention. In *Mind, Brain and Education*, 7, 2, 113-123.
- BIJELJAC-BABIC, R., BERTONCINI, J. & MEHLER, J. (1993). How do four-day-old infants categorize multisyllabic utterances. In *Developmental Psychology*, 29, 711-721.
- BLUME, D.D. (1982). *Posizioni tecniche essenziali per lo sviluppo delle capacità coordinative*. Roma: CONI SdS.
- BRANDT, A., GERBIAN, M. & SLEVC, L.R. (2012). Music and early language acquisition. In *Frontiers in Psychology*, 3, 327, 1-17.
- CALLAN, D.E., TSYTSAREV V., HANAKAWA, T., CALLAN, A.M., KATSUHARA, M., FUKUYAMA, H. & TURNER R. (2006). Song and speech: brain regions involved with perception and covert production. In *Neuroimage*, 31, 1327-1342.
- CHEN, J.L., PENHUNE, V.B. & ZATORRE, R.J. (2008). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. In *Cerebral Cortex*, 18, 2844-2854.
- CHRISTOPHE, A., DUPOUX, E., BERTONCINI, J. & MEHLER, J. (1994). Do infants perceive word boundaries? An empirical study of the bootstrapping of lexical acquisition. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 1570-1580.
- CHRISTOPHE, A., MORTON, J. (1998). Is Dutch native English? Linguistic analysis by 2-month-olds. In *Developmental Science*, 1, 215-219.
- CHRISTOPHE, A., NESPOR, M., GUASTI, M.T. & VAN OYEN, B. (2003). Prosodic structure and syntactic acquisition: the case of the head-direction parameter. In *Developmental Science*, 6, 2, 211-220.
- CORRIVEAU, K., PASQUINI, E. & GOSWAMI, U. (2007). Basic auditory processing skills and specific language impairment: a new look at an old hypothesis. In *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 50, 647-666.
- CUTLER, A., CARTER, D.M. (1987). The predominance of strong initial syllable in the English vocabulary. In *Computer Speech and Language*, 2, 133-142.
- DAUER, R.M. (1983). Stress-timing and syllable-timing reanalyzed. In *Journal of Phonetics*, 11, 51-62.
- DEMUTH, K. (2011). The acquisition of phonology. In GOLDSMITH, J., RIGGLE, J. & YU, A. (Eds.), *The Handbook of Phonological Theory*. Malden, MA: Blackwell, 571-595.

- FERNALD, A., TAESCHNER, T., DUNN, J., PAPOUSEK, M., BOYSSON-BARDIES, B. & FUKUI, I. (1989). A cross-language study of prosodic modifications in mothers' and fathers' speech to preverbal infants. In *Journal of Child Language*, 16, 477-501.
- FIKKERT, P. (2007). Acquiring phonology. In DE LACY, P. (Ed.), *Handbook of phonological theory*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 537-554.
- FUJII, S., WAN, C.Y. (2014). The role of rhythm in speech and language rehabilitation: the SEP hypothesis. In *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 777, 1-15.
- GOSWAMI, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. In *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 3-10.
- GOSWAMI, U., THOMSON, J., RICHARDSON, U., STAINTHORP, R., HUGHES, D., ROSEN, S. & SCOTT, S.K. (2002). Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: a new hypothesis. In *Proceedings of the National Academy of Sciences*, U.S.A. 99, 10911-10916.
- GRABE, E., LOW, E.L. (2002). Durational variability in speech and the rhythm class hypothesis. In *Papers in Laboratory Phonology*, 7, 515-546.
- GRAHN, J.A., BRETT M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. In *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 893-906.
- GUASTI, M.T. (2007). *L'acquisizione del linguaggio - Un'introduzione*. Milano: Raffaello Cortina Editore.
- HALL, D. (1991). *Musical Acoustics*, 2nd Edn. Pacific Grove: Brooks/Cole Publishers.
- HANNON, E.E., TREHUB S.E. (2005). Tuning in to musical rhythms: infants learn more readily than adults. In *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, 102, 35, 12639-12643.
- HAUSEN, M., TORPPA, R., SALMELA, V.R., VAINIO, M. & SÄRKÄMÖ, T. (2013). Music and speech prosody: a common rhythm. In *Frontiers in Psychology*, 4, 566, 1-16.
- HAYES, B. (1995). *Metrical stress theory. Principles and case studies*. Chicago: University of Chicago Press.
- HICKOK, G., POEPEL, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. In *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 131-138.
- HUSS, M., VERNEY, J.P., FOSKER, T., MEAD, N. & GOSWAMI, U. (2011). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: perception of musical meter predicts reading and phonology. In *Cortex*, 47, 674-689.
- JAKOBSON, R. (1941). *Kindersprache, Aphasie und allgemeine Lautgesetze*. Uppsala: Almqvist & Wiksell.
- JUSCZYK, P. (2000). *The discovery of spoken language*. Cambridge: MIT Press.
- JUSCZYK, P.W., ASLIN, N. (1995). Infants' detection of sound patterns of words in fluent speech. In *Cognitive Psychology*, 29, 1-23.
- JUSCZYK, P.W., CUTLER, A. & REDANZ, N. (1993). Preference for the predominant stress patterns of English words. In *Child Development*, 64, 675-687.
- JUSCZYK, P.W., HOUSTON, D.M. (1999). The beginning of word segmentation in English-learning infants. In *Cognitive Psychology*, 39, 159-207.

- KELLER, E., PORT, R. (2007). Speech timing: Approaches to speech rhythm. In *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (Saarbrücken, Germany, August 6-10 2007), 327-329.
- KOHLER, K.J. (Ed.) (2009). *Rhythm in speech and language*. In *Phonetica*, 66, 1-2.
- KOTILAHTI, K., NISSLÄ, I., NÄSI, T., LIPIÄINEN, L., NOPONEN, T., MERILÄINEN, P., HUOTILAINEN, M. & FELLMAN, V. (2010). Hemodynamic responses to speech and music in newborn infants. In *Human Brain Mapping*, 31, 595-603.
- KUHL, P.K., WILLIAMS, K.A., LACERDA, F., STEVENS, K.N. & LINDBLOM, B. (1992). Linguistic experience alters phonetic perception in infants by six months of age. In *Science*, 255, 606-608.
- OTT, C., MEYER, M. (2010). Functions of the left and right posterior temporal lobe during segmental and suprasegmental speech perception. In SCHMID, S., SCHWARZENBACH, M. & STUDER, D. (Ed.), *Atti del V Convegno Nazionale AISV* (Università di Zurigo, 4-6 febbraio 2009). Torriana (RN): EDK Editore, 393-424.
- LECANUET, J.P., GRANIER-DEFERRE, C. (1993). Speech stimuli in the fetal environment. In DE BOYSSON-BARDIES, B., HALLE, P., SAGART, L. & DURAND, C. (Eds.), *Developmental Neurocognition: Speech and Voice Processing in the First Year of Life*. Dordrecht: Kluwer.
- LEE, C.S. (2010). Speech rhythm and word segmentation: a prominence-based account of some crosslinguistic differences. In SCHMID, S., SCHWARZENBACH, M. & STUDER, D. (Eds.), *Atti del V Convegno Nazionale AISV* (Università di Zurigo, 4-6 febbraio 2009). Torriana (RN): EDK Editore, 33-43.
- LIBERMAN, A.M., MATTINGLY, I. G. (1985). The motor theory of speech perception revised. In *Cognition*, 21, 1-36.
- MAROTTA, G. (2003). What does phonology tell us about stress and rhythm? Some reflections on the phonology of stress. In SOLÉ, M.J., RECASENS, D. & ROMERO, J. (Eds.), *Proceedings of the XVth International Congress of Phonetic Sciences*, 3 (1). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 333-336.
- MEHLER, J., DUPOUX, E., NAZZI, T. & DEHAENE-LAMBERTZ, G. (1996). Coping with linguistic diversity: the infant's viewpoint. In MORGAN, J., DEMUTH, K. (Eds.), *Signal to Syntax: Bootstrapping From Speech to Grammar in Early Acquisition*. Mahwah: Erlbaum, 101-116.
- MEHLER, J., JUSCZYK, P., LAMBERTZ, G., HALSTED, N., BERTONCINI, J. & AMIEL-TISON, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. In *Cognition*, 29, 143-178.
- MEHLER, J., NESPOR, M. (2004). Linguistic Rhythm and the development of language. In BELLETTI, A. (Ed.), *Structures and Beyond. The Carthography of Syntactic Structures*. Oxford: Oxford University Press, 3, 213-222.
- MORGAN, J., DEMUTH, K. (1996) (Eds.). *Signal to syntax: bootstrapping from speech to grammar in early acquisition*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- NAZZI, T., BERTONCINI, J. & MEHLER, J. (1998). Language discrimination by newborns: Towards an understanding of the role of rhythm. In *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 756-766.
- NAZZI, T., JUSCZYK, P.W. (1999). Five-month-old infants' discrimination of languages. *Proceedings of the 23rd Annual Boston Conference on Language Development*. Somerville: Cascadilla Press, 519-528.

- NAZZI, T., JUSCZYK, P.W. & JOHNSON, E.K. (2000). Language discrimination by English-learning 5-month-olds: Effects of rhythm and familiarity. In *Journal of Memory and Language*, 43, 1-19.
- NESPOR, M., GUSTI, M.T. & CHRISTOPHE, A. (1996). Selecting word order: the rhythmic activation principle. In KLEINHENZ, U. (Ed.), *Interfaces in Phonology*. Berlin: Akademik Verlag, 1-26.
- PATEL, A.D. (2008). *Music, language and the brain*. Oxford: Oxford University Press.
- PATEL, A.D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. In *Frontiers in Psychology*, 2, 142.
- PATEL, A.D. (2012). Language, music, and the brain: a resource-sharing framework. In REBUSCHAT, P., ROHRMEIER, M., HAWKINS, J. & CROSS, I. (Eds.), *Language and Music as Cognitive Systems*. Oxford: Oxford University Press, 204-223.
- PATEL, A.D. (2014). Can non-linguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis. In *Hearing Research*, 308, 98-108.
- PIKE, K.L. (1945). *The intonation of American English*. Ann Arbor. Michigan University Press.
- POLKA, L., WERKER, J.F. (1994). Developmental changes in perception of nonnative vowel contrasts. In *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 421-435.
- QUERLEU, D., RENARD, X. & VERSYP, F. (1981). Les perceptions auditives du fœtus humain. In *Medicine et Hygiène*, 39, 2101-2110.
- RAMUS, F., NESPOR, M. & MEHLER, J. (1999). Correlates of linguistic rhythm in the speech signal. In *Cognition*, 73, 265-292.
- RIGHINI, P. (1994). *L'acustica per il musicista. Fondamenti fisici della musica*. Milano: Ricordi.
- RIZZOLATTI, G., CRAIGHERO, L. (2004). The mirror-neuron system. In *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- ROBINSON, K., PATTERSON, R.D. (1995). The duration required to identify the instrument, the octave, of the pitch chroma of a musical note. In *Music Perception*, 13, 1-14.
- SAFFRAN, J.R., ASLIN, R.N. & NEWPORT, E.L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. In *Science*, 274, 1926-1928.
- SCHLAUG, G., NORTON, A., MARCHINA, S., ZIPSE, L. & WAN, C.Y. (2010). From singing to speaking: facilitating recovery from non-fluent aphasia. In *Future Neurology*, 5, 657-665.
- SCOTT, L.S., PASCALIS, O. & NELSON, C.A. (2007). A domain general theory of the development of perceptual discrimination. In *Current Directions in Psychological Science*, 16, 197-201.
- SCOTT, S.K., MCGETTIGAN, C. (2013). Do temporal processes underlie left hemisphere dominance in speech perception? In *Brain and Language*, 127, 36-45.
- SPARKS, R., HELM, N. & ALBERT, M. (1974). Aphasia rehabilitation resulting from melodic intonation therapy. In *Cortex*, 10, 303-316.
- STEWART, L., VONKRIEGSTEIN, K., WARREN, J.D. & GRIFFITHS, T.D. (2006). Music and the brain: disorders of musical listening. In *Brain*, 129, 2533-2553.

- SURÁNYI, Z., CSÉPE, V., RICHARDSON, U., THOMSON, J.M., HONBOLYÓ, F. & GOSWAMI, U. (2009). Sensitivity to rhythmic parameters in dyslexic children: a comparison of Hungarian and English. In *Reading and Writing*, 22, 41-56.
- TALLAL, P., PIERCY, M. (1973). Defects of non-verbal auditory perception in children with developmental aphasia. In *Nature*, 241, 468-469.
- TOURVILLE, J.A., GUENTHER, F.H. (2011). The DIVA model: a neural theory of speech acquisition and production. In *Language and Cognitive Processes*, 26, 952-981.
- TREHUB, S.E. (1973). Infants' sensitivity to vowel and tonal contrasts. In *Developmental Psychology*, 9, 91-124.
- TREVARTHEN, C. (1999). Musicality and the intrinsic motive pulse: evidence from human psychobiology and infant communication. In *Musicae Scientiae*, Special Issue "Rhythms, musical narrative and the origins of human communication", 157-213.
- WERKER, J.F., TEES, R.C. (1984). Cross language speech perception: evidence for perceptual reorganization during the first year of life. In *Infant Behavior and Development*, 7, 49-63.
- YAMADORI, A., OSUMI, Y., MASUHARA, S. & OKUBO M. (1977). Preservation of singing in Broca's aphasia. In *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 40, 221-224.
- ZATORRE, R.J., BELIN, P. & PENHUNE, V.B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. In *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 1.
- ZATORRE, R.J., GANDOUR, J.T. (2008). Neural specializations for speech and pitch: moving beyond the dichotomies. In *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 363, 1087-110.