

GIOVANNA LENOCI, CATERINA PISCIOTTA, CLAUDIO ZMARICH

## Profili evolutivi della coarticolazione per una diagnosi precoce di balbuzie cronica in età prescolare

The purpose of the study is to examine the relationship between abnormal coarticulation profiles in two stuttering children and the risk to develop persistent stuttering. According to Subramanian et al. (2003), in fact, shortly after the onset of the disorder, children whose stuttering will eventually persist show a higher degree of coarticulation than children who will eventually recover. Comparisons were made among one child known to be a persistent stutterer, one child known to be a recovered stutterer and 26 normally fluent controls. Anticipatory coarticulation was analyzed with the *Locus Equation* metric. Contrary to expectations, data show that the child who eventually persist presents a lower degree of coarticulation than the control group while the other one, who eventually recovered from stuttering, shows a degree of coarticulation very close to the control group *range*.

### 1. Introduzione

La balbuzie è uno dei disordini motori della comunicazione verbale più studiati sebbene molti aspetti del disturbo rimangano ancora sconosciuti, soprattutto a causa del suo carattere multidimensionale. Essa implica infatti, in varia misura, fattori linguistici, psicologici e ambientali che interagiscono continuamente e rendono lo studio e la definizione del disturbo alquanto articolati. Van Riper (1990) la definisce come “a neuro-muscular disorder whose core consists of tiny lags and disruptions in the timing of the complicated movements required for speech” (317).

Nonostante la complessa interazione dei suddetti fattori possa contribuire all’emergere e al persistere della balbuzie, attualmente l’opinione prevalente fra gli studiosi è che la caratteristica saliente del disturbo è l’*output* anomalo del sistema motorio del parlato.

Nella produzione delle disfluenze<sup>1</sup>, infatti, il sistema motorio non riesce a generare e/o inviare i comandi motori appropriati ai muscoli per far sì che il parlato continui ad essere fluente<sup>2</sup> (Olander et al., 2010). A partire dalla definizione di balbuzie data da

<sup>1</sup> Le disfluenze sono i sintomi primari della balbuzie e interrompono bruscamente e frequentemente il flusso continuo del parlato. Le disfluenze tipiche della balbuzie sono definite *Stuttering-Like Disfluencies* e sono le ripetizioni di fono o di sillaba, le ripetizioni di parole monosillabiche e i prolungamenti silenti o udibili di fono (Yairi, Ambrose, 2005).

<sup>2</sup> I movimenti articolatori dei balbuzienti sono risultati essere diversi da quelli dei normofluenti in termini di variabilità, velocità e coordinazione anche durante il parlato percettivamente fluente (es. Kleinow, Smith, 2000).

Van Riper (1990), Van Lieshout et al. (2004) hanno sviluppato un approccio teorico (lo *Speech Motor Skill*) nel quale si sostiene che le disfluenze da balbuzie sono il frutto di 'errori' nei meccanismi del sistema di controllo motorio del parlato<sup>3</sup> e che quest'ultimo rappresenta l'anello debole nella catena di eventi che portano alla produzione linguistica. Un'attività motoria come la produzione verbale (cfr. *speech*), per potersi definire specializzata richiede un certo periodo di pratica, necessario per acquisire una precisa organizzazione spaziale e temporale e una minimizzazione dei costi energetici e temporali dell'attività stessa (Van Lieshout et al., 2004). Nell'approccio proposto da Van Lieshout et al. (2004) i balbuzienti si posizionano all'estremità inferiore del *continuum* non patologico che caratterizza l'abilità motoria a fini linguistici dell'intera popolazione, perché hanno un sistema di controllo motorio del parlato 'limitato' e immaturo. Le ricerche interessate all'analisi della coordinazione temporale (coproduzione) tra vari sottosistemi (di solito sono analizzati quello laringale e articolatorio), e tra i gesti diversi dello stesso sottosistema, hanno tutte, in vario modo, confermato l'esistenza di deviazioni rispetto alla norma (Kleinow, Smith, 2000; Namasivayan, van Lieshout, 2011). Questi risultati sono coerenti anche con quelli della letteratura sulla coarticolazione nei balbuzienti. A livello articolatorio, la coarticolazione si manifesta attraverso l'anticipazione o la posticipazione dei movimenti degli articolatori impegnati nella realizzazione di un dato fono, in intervalli di tempo in cui altri articolatori sono impegnati nella realizzazione dei foni vicini. Pertanto, nel parlato adulto normofluente, la coarticolazione è sintomo di un alto grado di abilità motoria in quanto permette l'organizzazione spazio-temporale dei gesti articolatori all'interno del tratto vocale e una coordinazione stabile ed efficiente raggiunta attraverso l'interazione sinergica fra muscoli e articolatori.

Lo stabilizzarsi di queste sinergie funzionali è un processo che, nel bambino con normale sviluppo linguistico, si affina nel corso degli anni: uno dei risultati più frequentemente riportati in letteratura nella ricerca sullo sviluppo motorio del parlato è che le produzioni articolatorie dei bambini sono più variabili rispetto a quelle degli adulti (Smith, Goffman, 1998; Green et al., 2000) e che alti livelli di variabilità persistono fino all'età adolescenziale. Superata questa fase, i loro *pattern* articolatori diventano più stabili e più vicini al target adulto (Smith, Zelaznik, 2004).

Gli studi più significativi sulla coarticolazione nei balbuzienti sono quelli relativi alle transizioni della seconda formante (F2), il correlato acustico del luogo di occlusione nel cavo orale, lungo la direzione antero-posteriore (Fant, 1970).

Van Riper (1982) è stato uno dei primi a sostenere che la balbuzie, come disordine motorio del parlato, è il risultato di una 'rottura' nella coarticolazione o nella transizione tra un fono e quello successivo. Secondo Kent (1994) la balbuzie si manifesta proprio nella difficoltà ad eseguire compiti articolatori complessi o nel mantenimento dell'organizzazione spaziale degli organi articolatori, come dimostrato dallo studio di Robb e Blomgren (1997) i quali hanno analizzato la coarticolazione anticipatoria in sillabe CV prodotte fluentemente da soggetti balbuzienti adulti. I risultati delle analisi, condotte misurando i cambiamenti frequenziali delle transizioni di F2, hanno evidenziato che,

---

<sup>3</sup> Per controllo motorio s'intende la capacità del sistema nervoso di regolare e/o dirigere i movimenti necessari alla produzione verbale.

rispetto al gruppo di controllo, i balbuzienti mostravano pendenze maggiori, ad indicare che la lingua, nel passare dall'articolazione del *target* consonantico a quello vocalico, si muove velocemente nel cavo orale. I due gesti articolatori vengono realizzati, dunque, con una coordinazione spazio-temporale ridotta (vale a dire con basso grado di coarticolazione intrasillabica), ma con una velocità maggiore e questa potrebbe essere la strategia articolatoria adottata per riuscire a mantenere l'eloquio fluente.

Il tentativo di riuscire a interpretare le anomalie riscontrate nel parlato dei balbuzienti adulti come limitazione/restrizione del sistema articolatorio dei balbuzienti o come strategia di adattamento al disturbo incentiva la ricerca a potenziare gli studi sui soggetti prescolari: solo in questo modo è infatti possibile intercettare la balbuzie sul nascere, riducendo al minimo le possibilità che siano intervenute strategie di reazione e compensazione al disturbo.

La balbuzie, infatti, è un disordine della prima infanzia che compare all'età media dei 33 mesi, periodo particolarmente delicato per il bambino, caratterizzato dallo sviluppo anatomofisiologico e delle capacità cognitive e motorie. Oltre all'interesse scientifico di studiare il disturbo nelle sue manifestazioni dirette, ne esiste anche uno etico e propriamente clinico che riguarda la necessità di iniziare precocemente il trattamento terapeutico per quei bambini candidati alla cronicizzazione. Secondo le più recenti stime epidemiologiche, infatti, la balbuzie ha un alto tasso di remissione spontanea (Yairi, Ambrose, 2013): circa il 90% dei bambini che inizia a balbettare sembra debellare completamente il disturbo entro i sei anni d'età, in maniera spontanea e senza intervento clinico. Secondo gli esperti, però, il restante 10% che svilupperà balbuzie cronica deve essere identificato e sottoposto a trattamento terapeutico il prima possibile, in quanto maggiore è l'intervallo temporale che intercorre dalla comparsa del disturbo, minori sono le probabilità di eliminarlo e, una volta che la balbuzie è diventata persistente (sembra che lo diventi dopo 4 anni dall'insorgenza, Yairi, Ambrose, 2005), il trattamento diventa lungo, difficile e quasi mai risolutivo (Starkweather, 1993). Ad oggi, infatti, non esistono cure conosciute, universalmente efficaci, per la guarigione completa da una condizione di cronicità.

Per tutte queste ragioni una delle principali linee di ricerca, intraprese soprattutto negli ultimi anni, è quella di identificare e confrontare i sottogruppi del campione balbuziente: il fenomeno del recupero spontaneo, infatti, solleva parecchi interrogativi riguardo alla natura delle differenze fra balbuzie cronica e remissiva e ai differenti processi evolutivi che caratterizzano le due forme del disturbo.

Inoltre, lo studio dei *pattern* coarticolatori di bambini che hanno da poco iniziato a balbettare permette di osservare il disturbo nelle sue effettive manifestazioni dato che questi, a differenza degli adulti, potrebbero non aver ancora sviluppato strategie di adattamento articolatorio<sup>4</sup>.

Lo studio della coarticolazione nei bambini vicini all'insorgenza della balbuzie ha quindi un altro notevole vantaggio: offre la possibilità di identificare precocemente

<sup>4</sup> "coarticulatory behaviors of adults who do and do not stutter are not readily generalizable to the coarticulatory behavior of children who stutter and children who do not stutter, due to many developmental differences in speech/language production between adults and children" (Chang et al., 2002: 677).

eventuali anomalie nell'organizzazione dei gesti articolatori e di facilitarne la riabilitazione nel trattamento terapeutico (Hardcastle, Tjaden, 2008).

Gli studi finora condotti sui bambini balbuzienti sono però scarsi e fra questi uno dei più recenti è quello di Subramanian et al. (2003) i quali hanno analizzato la coarticolazione intrasillabica del parlato percettivamente fluente di 20 bambini balbuzienti, registrati fra i 7 e i 9 mesi successivi alla comparsa del disturbo. Nello studio è stato incluso anche un gruppo di controllo, formato da bambini con normale sviluppo linguistico. L'obiettivo del lavoro era duplice: da un lato confrontare i risultati acustici del campione balbuziente con quello di controllo, dall'altro identificare *pattern* coarticolatori differenti fra quei bambini balbuzienti che alla fine del periodo di osservazione previsto dal progetto avrebbero recuperato spontaneamente, rispetto a quelli che invece avrebbero cronicizzato il disturbo. I parametri acustici analizzati erano la durata e l'estensione della transizione della seconda formante, misurando i valori frequenziali di F2 all'inizio e alla fine della transizione nelle sillabe CV. Dal confronto tra i gruppi, è emerso che un deficit della transizione formantica è significativo e forse centrale in presenza di balbuzie cronica. Nello specifico, i risultati relativi alle variazioni della transizione di F2 hanno mostrato che i soggetti che in seguito avrebbero sviluppato balbuzie cronica mostravano cambiamenti frequenziali minori, sia rispetto al gruppo di controllo sia rispetto all'altro sottogruppo di bambini balbuzienti che successivamente sarebbe guarito spontaneamente dal disturbo. Nessuna differenza è stata registrata, invece, per l'altro parametro acustico analizzato, la durata delle transizioni.

Gli autori dello studio hanno sostenuto, pertanto, che i bambini cronici, per riuscire ad essere fluenti, adottano la strategia articolatoria di un'alta coarticolazione intrasillabica, eseguendo i movimenti articolatori in un range spaziale ridotto rispetto agli altri due gruppi.

Sulla base di tutte le osservazioni teoriche e sperimentali fin qui menzionate, nel presente contributo verrà presentata una parte dei dati relativi all'analisi acustica della coarticolazione anticipatoria effettuata sul parlato di bambini balbuzienti italiani di età prescolare, reclutati nel progetto longitudinale intitolato "Indici fonetici predittivi di balbuzie cronica in età prescolare", coordinato dal Dott. Zmarich dell'ISTC-CNR, sede di Padova. L'obiettivo del progetto è quello di individuare e convalidare il valore prognostico di alcuni indici proposti in letteratura, di tipo percettivo<sup>5</sup>, acustico e psicologico<sup>6</sup>, ritenuti buoni marcatori di balbuzie cronica in bambini di età prescolare. La convalida del potere predittivo di tali indici permetterebbe di indirizzare, il prima possibile, al trattamento terapeutico solo quei bambini predisposti a sviluppare la forma cronica del disturbo.

<sup>5</sup> Uno degli indici sperimentali del progetto è il *Profilo delle Disfluenze*, che per ragioni di spazio non verrà presentato in questa sede ma per il quale si rimanda a Zmarich (in stampa).

<sup>6</sup> È stato dimostrato che a partire dai tre anni i bambini balbuzienti mostrano consapevolezza delle difficoltà di fluenza e attitudini più negative rispetto ai coetanei normofluenti. Un test di facile somministrazione, per valutare l'attitudine comunicativa dei soggetti prescolari è il *KiddyCAT* (Vanryckegem, Brutten, 2006; Bernardini et al., submitted). Il test prevede che venga chiesto al bambino di rispondere a 12 domande, dirette e poste verbalmente, riguardanti la percezione che il soggetto ha del proprio modo di parlare e dei sentimenti che lo accompagnano ogni volta che parla.

## 2. *Il Metodo*

I bambini reclutati nel progetto del CNR appartengono a famiglie con genitori o fratelli balbuzienti conclamati, residenti nel Veneto: un risultato frequentemente riportato in letteratura è che la balbuzie ha delle basi ereditarie (Kraft, Yairi, 2012) e che la probabilità di iniziare a balbettare per i bambini con storia familiare di balbuzie è 5-6 volte maggiore rispetto a bambini nati in famiglie di non balbuzienti (Kloth et al., 1999).

Il progetto ha l'obiettivo di seguire longitudinalmente i bambini, dai 24 mesi d'età, prima dunque che insorga la balbuzie, fino ad almeno 15 mesi successivi. In questo modo è possibile monitorare l'evoluzione naturale del disturbo e seguire i soggetti nelle diverse fasi. Passati i 15 mesi successivi all'insorgenza, se i soggetti continuano a balbettare e se i genitori lo richiedono, si interrompe il periodo di osservazione sperimentale e inizia il trattamento terapeutico.

Secondo il protocollo del progetto al raggiungimento del ventiquattresimo mese d'età il bambino veniva audio e video registrato, durante una sessione di interazione semi-strutturata con la madre.

Alla fine della sessione di registrazione ai genitori veniva lasciato un pro-memoria per riconoscere formalmente i primi sintomi della balbuzie (le disfluenze) e dei questionari anamnestici. Inoltre veniva loro raccomandato di contattare i referenti del progetto non appena il bambino avesse iniziato a balbettare. Se per i genitori erano comparsi i primi segni della balbuzie, e dopo la verifica della corrispondenza dei sintomi da parte degli operatori del progetto, il bambino veniva accompagnato al Centro Medico di Foniatria per una diagnosi formale del disturbo che comprendeva una serie di accertamenti clinici, tra cui quello otorinolaringoiatrico, psicologico, cognitivo e logopedico che sarebbe stata ripetuta alla fine del periodo di osservazione sperimentale. Parallelamente alla diagnosi clinica formale, iniziava per il bambino una serie di video-audio registrazioni domiciliari, con scadenza trimestrale, effettuate dagli operatori inviati dall'ISTC-CNR, per raccogliere dati sullo sviluppo fonetico (Zmarich et al., 2012; Bortolini, 1995); sullo sviluppo lessicale (Caselli et al., 2007); sull'attitudine comunicativa del bambino (Vanrychegem, Brutten, 2006); sull'evoluzione della gravità della balbuzie (Riley, 1994).

Sempre durante la sessione di registrazione veniva chiesto ai genitori di creare le condizioni per un'interazione spontanea col bambino necessaria allo studio delle variabili sperimentali (cfr. 'Profilo delle disfluenze', analisi acustica della coarticolazione intrasilabica).

I bambini venivano comunque audio-registrati per altre due tappe successive ai 15 mesi dall'esordio, a 18 e 24 mesi, e l'avvenuta risoluzione o meno del disturbo veniva certificata attraverso un'intervista telefonica fatta ai genitori a distanza di 36 e 48 mesi dalle prime manifestazioni del disturbo.

Sono entrate a far parte del progetto 50 famiglie con storia familiare di balbuzie e 44 bambini sono stati registrati a 24 mesi. Tre famiglie si sono ritirate dal progetto subito dopo la prima registrazione e dei 41 bambini rimasti, 17 hanno sviluppato la balbuzie (41,46%). Altre tre famiglie di bambini balbuzienti hanno successivamente rinunciato a partecipare al progetto e il numero complessivo di soggetti si è così ridotto a 14.

## 2.1 I soggetti dello studio

I soggetti del lavoro sperimentale che qui presentiamo sono due, un maschio e una femmina: Alessandro e Anna. Tutti e due i soggetti hanno storia familiare di balbuzie: Anna è figlia di padre balbuziente e ha iniziato a balbettare all'età di 30 mesi mentre Alessandro ha padre e fratello maggiore balbuzienti, e i primi sintomi della balbuzie sono comparsi ai 31 mesi d'età.

Alessandro ha intrapreso più cicli di trattamento terapeutico alla fine del periodo di osservazione e alla valutazione finale, prevista dal protocollo del progetto per accertare lo *status* di balbuziente/non balbuziente, risulta che la balbuzie ancora persiste. Anna, invece, sembra essersi rimessa spontaneamente dal disturbo.

Per entrambi i soggetti sono state analizzate una o più registrazioni relative alle tappe significative del disturbo (cfr. Tab. 1): Tappa -1, corrispondente ai mesi precedenti la comparsa del disturbo; Tappa 0, relativa al momento della comparsa (o ai primi mesi successivi ad essa); Tappa  $\leq 12$  corrispondente ad un intervallo temporale di massimo un anno dall'insorgenza e la Tappa finale, relativa alla registrazione effettuata attorno ai 15 mesi successivi alla comparsa del disturbo, che coincide con la fine dell'osservazione sperimentale. Nel protocollo del progetto la tappa  $\leq 12$  è di fondamentale importanza per la predizione di cronicità. Secondo lo studio di Subramanian et al. (2003), riportato nell'introduzione, i bambini destinati a sviluppare balbuzie cronica mostravano, nel secondo semestre dalla comparsa del disturbo, un alto grado di coarticolazione nelle sillabe percettivamente fluenti, sia rispetto al gruppo di controllo sia rispetto ai bambini balbuzienti che in seguito avrebbero debellato il disturbo. Se questi risultati venissero convalidati sarebbe possibile ritenere l'andamento della seconda formante un indice precoce di cronicità in bambini di età prescolare.

*Tabella 1 - Nella tabella vengono riportate le tappe significative dell'evoluzione del disturbo dei due soggetti sperimentali e l'età (in mesi) dei soggetti al momento delle audio-registrazioni*

<i>Soggetti</i>	<i>Tappa -1</i>	<i>Tappa 0</i>	<i>Tappa <math>\leq 12</math></i>	<i>Tappa finale</i>
<i>Anna</i>	24 mesi; 29 mesi	30 mesi; 31 mesi	43 mesi;	
<i>Alessandro</i>	24 mesi	34 mesi	42 mesi;	45-48 mesi;

Le audio registrazioni, tutte della durata di circa 75 minuti, sono state effettuate al domicilio dei soggetti, avendo cura di ridurre al minimo i rumori che potevano alterare la qualità del segnale acustico registrato. Per Anna, che faceva parte di uno studio pilota precedente al progetto longitudinale, l'audio-registrazione è stata realizzata tramite un registratore digitale MiniDisc Sony MZ-R70, collocato in un marsupio indossato dalla bambina e con un microfono esterno Sony ECM DS70P tipo Lepelier, fissato sul colletto della maglietta. Per Alessandro, invece, è stato utilizzato un registratore digitale Edirol R-09 con microfono incorporato, posizionato vicino al bambino. Nel progetto è stato incluso anche un gruppo di bambini con normale sviluppo linguistico, attualmente composto di 26 soggetti, d'età compresa fra i 28 e i 54 mesi d'età. I bambini del gruppo normofluente sono stati audio-registrati presso alcuni istituti d'infanzia di Padova e la selezione dei soggetti è avvenuta in seguito al vaglio di questionari sottoposti ai genitori, per escludere la



presenza di anomalie nello sviluppo psicofisiologico dei soggetti. L'analisi acustica della coarticolazione intrasillabica, per tutti i bimbi, ha permesso il confronto fra i due gruppi.

## 2.2 Trascrizione fonetica

La prima fase dell'analisi è consistita nella trascrizione fonetica manuale (in IPA) del segnale acustico registrato a 44.1 kHz e 16 bit (eccetto i suoni di tipo vegetativo o di difficile identificazione) e acquisito sul PC con una frequenza di campionamento di 22.05 kHz, tramite il software PRAAT<sup>7</sup>. Successivamente, sulla base della trascrizione fonetica, sono stati individuati ed etichettati tutti gli enunciati contenenti sillabe CV o CVC, trascritte con consonante occlusiva<sup>8</sup> bilabiale (p/b), dentale (t/d) e velare (k/g) seguite da vocali, necessarie per l'analisi della coarticolazione. Per ogni file audio è stato creato un *Textgrid* in PRAAT, composto da quattro *Tiers* in cui sono state annotate ortograficamente le sillabe potenzialmente utili all'analisi, i foni effettivamente prodotti dal bambino (in alfabeto SAMPA, perché utilizza i soli caratteri ASCII presenti in una normale tastiera del PC), le sillabe aspirate<sup>9</sup> e le produzioni disfluenti. A causa della relativa rumorosità del segnale la segmentazione tra foni e tra sillabe è stata svolta manualmente, apponendo dei confini all'interno dei *Text-grid*, sulla base dell'andamento delle formanti, in particolare di F2 (Salza, 1990).

## 2.3 Analisi Acustica

L'analisi acustica della coarticolazione intrasillabica è stata effettuata, inizialmente, soltanto sulle sillabe prodotte in modo percettivamente fluente<sup>10</sup>, usando come indice l'andamento della transizione della seconda formante (F2). La metrica utilizzata per quantificare il grado di coarticolazione anticipatoria è quella delle *Locus Equations* (cfr. LE; Sussman et al., 1999), calcolate sui valori frequenziali della transizione della seconda formante, misurati subito dopo il rilascio dell'occlusione consonantica (sul primo ciclo glottico, F2<sub>onset</sub>; cfr. Fig. 1 a)) e a metà della vocale successiva (F2<sub>vowel</sub>; cfr. Fig. 1 a)). Questi valori frequenziali sono stati misurati per ogni singola categoria di luogo (bilabiali, dentali e velari) prodotta con un'ampia gamma di vocali e rappresentati in un piano cartesiano, con le coordinate di F2<sub>onset</sub> riportate sull'asse delle ordinate e quelle di F2<sub>vowel</sub> sull'asse delle ascisse (cfr. Fig. 1 b)).

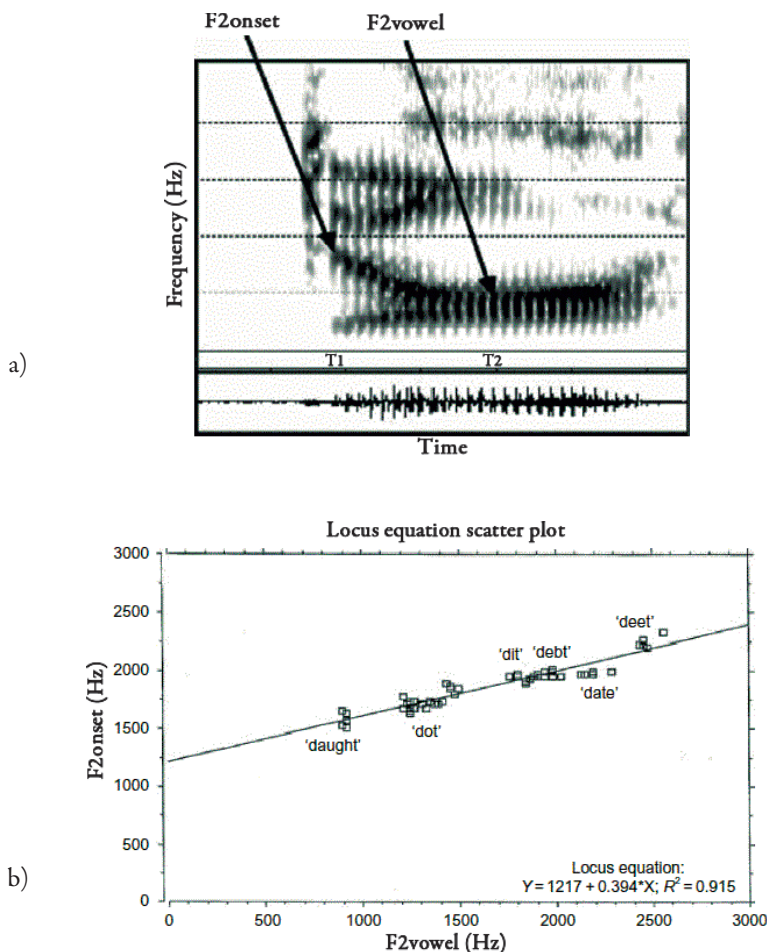
<sup>7</sup> Il programma è scaricabile dal sito [www.PRAAT.org](http://www.PRAAT.org).

<sup>8</sup> La scelta di selezionare esclusivamente le sequenze con consonanti occlusive è dovuta alla metrica utilizzata, le *Locus Equations* (cfr. LE). Lindblom (1963) derivò inizialmente le LE dalle produzioni di parole contenenti sillabe CV con consonanti occlusive e osservò che le pendenze delle LE variavano in modo sistematico in funzione del luogo di articolazione dell'occlusiva.

<sup>9</sup> Le sillabe aspirate sono da considerare separatamente perché introducono un artefatto nella misurazione rispetto alle non aspirate.

<sup>10</sup> Il numero di sillabe analizzate attraverso le varie tappe sono state, rispettivamente per Anna e Alessandro, le seguenti: bilabiali (358; 136), dentali (512; 282), velari (240; 95).

Figura 1 - a) Spettrogramma con i punti di misurazione delle coordinate delle LE: punto frequenziale prelevato sul primo ciclo glottidale della vocale (F2onset) e a metà del nucleo vocalico (F2vowel). b) Grafico rappresentativo delle LE e della retta di regressione lineare per le sequenze [dVt] (tratto da Sussman, *Guitar*, 2011: 171)



Disponendo le coordinate frequenziali, che codificano le transizioni di F2 di varianti allofoniche di una data categoria di luogo, nel piano cartesiano, emerge un evidente ordine lineare (cfr. Fig. 1 b)) in quanto i punti si addensano in maniera compatta lungo una retta di regressione descritta dalla seguente equazione:  $F2_{onset}(V) = k \times F2_{vowel}(V) + c$  (Lindblom, 1963), con  $k$  e  $c$  costanti reali che rappresentano rispettivamente la pendenza della retta di regressione (cfr. *slope*)<sup>11</sup> e l'intercetta<sup>12</sup> con l'asse delle ordinate (Sussman et al., 1999). I valori della slo-

<sup>11</sup> "the slope indicates the amount of change of  $F_2$  at the beginning of the vowel transition for a unit of change of  $F_2$  at the vowel midpoint" (Iskarous et al., 2010: 2021).

<sup>12</sup> "the intercept indicates  $F_2$  at the beginning of the vowel transition for a zero  $F_2$  at vowel midpoint, that is, the intercept is at the intersection of the regression line with the dependent variable axis"



pe<sup>13</sup> e dell'intercetta, per i tre luoghi articolatori, sono distinti nello spazio acustico e rappresentano "partly distinctive invariant properties" (Nearey, Shamass, 1987: 17), come dimostrato da diversi studi condotti sul parlato sia di adulti che di bambini in età prescolare (Sussman et al., 1992; Sussman et al., 1999).

Il valore della *slope* di queste rette di regressione lineare, serve a quantificare la misura in cui, in una sequenza CV, la vocale influenza la frequenza dell'*onset* della transizione di F2, e quindi la coarticolazione fra il gesto consonantico e quello vocalico (Krull, 1988). L'analisi acustica della coarticolazione intrasillabica è stata automatizzata, grazie alla creazione di appositi *script* di PRAAT<sup>14</sup>: il primo è servito al calcolo automatico dei valori di F1 e F2 tramite l'algoritmo LPC del menu *Formant* sulla porzione stabile della vocale e al calcolo del valore centrale e dei valori medi delle stesse formanti (al 30%, 50% e 70% della sua durata), oltre che delle durate di tutti i foni e di tutte le sillabe indicati nei *Tier*. Col secondo *script*, invece, è stato calcolato il V.O.T.<sup>15</sup> delle sillabe iniziali di enunciato e la F2 della consonante. Una volta calcolati<sup>16</sup> i valori di F2 relativi alla consonante e alla vocale di ciascuna sillaba, essi sono stati messi in relazione per calcolare, attraverso le *Locus Equations*, il grado di sovrapposizione spazio-temporale della vocale sulla consonante, per ogni luogo articolatorio.

### 3. Risultati

#### 3.1 Profili evolutivi della coarticolazione

Nei grafici 1 e 2 sono rappresentati, per ogni categoria di luogo articolatorio (bilabiali, dentali e velari), i valori delle *slopes* calcolati rispettivamente per Alessandro e Anna, nelle diverse tappe di evoluzione del loro disturbo. Questi grafici permettono di visualizzare le variazioni nel grado di coarticolazione anticipatoria nel tempo (sull'asse delle ascisse è riportata l'età, in mesi, dei due bambini balbuzienti), dal periodo precedente la comparsa del disturbo (Tappa -1) fino ai mesi vicini alla fine del periodo di osservazione.

##### 3.1.1 Alessandro

Nel grafico 1 sono illustrati i profili evolutivi della coarticolazione di Alessandro attraverso i tre luoghi articolatori:

---

(Iskarous et al., 2010: 2021).

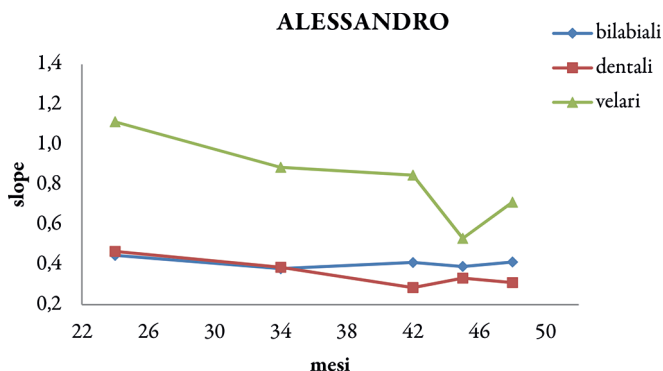
<sup>13</sup> Il lavoro di Lindblom (1963) offre il primo chiaro riconoscimento che le *slopes* delle LE variano in modo sistematico in funzione del luogo di articolazione dell'occlusiva.

<sup>14</sup> Gli *script* sono stati creati da Vincenzo Galatà (ISTC-CNR).

<sup>15</sup> Il *Voice Onset Time* misura l'intervallo di tempo che intercorre tra il rilascio di una consonante occlusiva e l'inizio della vibrazione delle corde vocali per la vocale successiva. Il V.O.T. è considerato uno dei correlati acustici più affidabili per distinguere tra consonanti sorde e sonore.

<sup>16</sup> Per un numero consistente di sillabe è stata effettuata un'analisi di tipo manuale, che ha prodotto un sostanziale accordo con le misure automatiche: sullo spettrogramma sono stati calcolati, manualmente, con la tecnica della FFT (*Fast Fourier Transform*) gli effettivi valori frequenziali della F2 misurati all'inizio della transizione e a metà della vocale, negli stessi istanti temporali calcolati dagli *script*.

Grafico 1 - In ascissa è espressa l'età (in mesi) di Alessandro e in ordinata il valore della *slope* per il luogo di articolazione bilabiale (in blu), dentale (in rosso) e velare (in verde). Nell'ellisse rossa sono raccolti i valori delle *slope* nella tappa si insorgenza della balbuzie



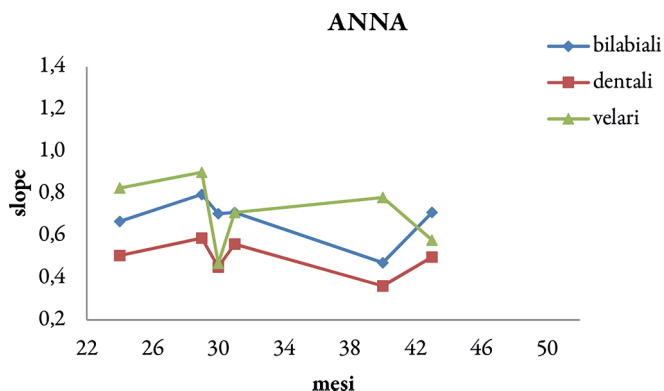
Il primo risultato che merita di essere osservato è che già all'età di 24 mesi (tappa -1), quando Alessandro ancora non balbetta, i valori delle *slopes* registrati per il luogo di articolazione bilabiale e dentale sono sovrapposti nello spazio acustico. Questo rappresenta un fenomeno nient'affatto comune nella letteratura sulle *Locus Equations* (studiate perlopiù sulla popolazione non patologica), le quali si caratterizzano per essere un buon marcatore del luogo di articolazione delle consonanti occlusive, presentando valori di pendenza che variano in funzione del luogo articolatorio.

Il valore della *slope* per il luogo velare si posiziona, invece, su livelli alti, conformemente ai risultati riportati in letteratura. La distinzione coarticolatoria fra il luogo bilabiale e dentale non è realizzata anche nella tappa successiva, quando la balbuzie compare, e i rispettivi valori delle *slopes* si attestano su livelli piuttosto bassi. Rispetto alla tappa (-1), quando il disturbo insorge, il grado di coarticolazione per il luogo velare si abbassa leggermente mentre si mantiene stabile nella tappa successiva, a distanza di 8 mesi dall'insorgenza. Esso si presenta, invece, meno stabile nelle due tappe successive: il valore della *slope* si abbassa notevolmente a distanza di 11 mesi dalla comparsa del disturbo e aumenta nella tappa finale. Il grado di coarticolazione per gli altri due luoghi articolatori, bilabiale e dentale, si attesta invece sempre su livelli ancora molto bassi nelle tappe successive.

### 3.1.2 Anna

Nel grafico 2 sono rappresentati, nello spazio acustico, i profili evolutivi della coarticolazione misurati per Anna:

Grafico 2 - In ascissa è espressa l'età (in mesi) di Anna e in ordinata il valore della *slope* per il luogo di articolazione bilabiale (in blu), dentale (in rosso) e velare (in verde). Nell'ellisse rossa sono raccolti i valori delle *slopes* nella tappa si insorgenza della balbuzie



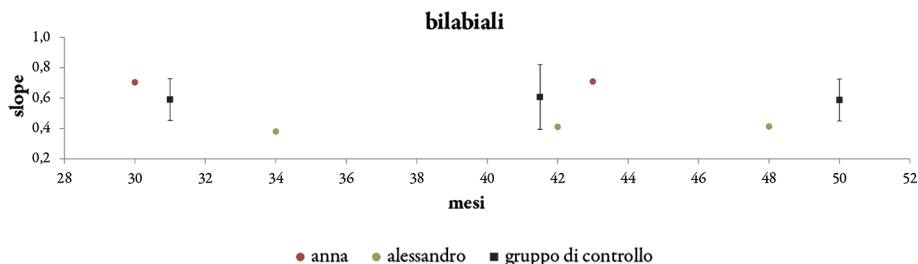
I risultati emersi dall'analisi acustica della coarticolazione intrasillabica effettuata sul parlato fluente di Anna mostrano delle differenze rispetto a quelli osservati per Alessandro. Innanzitutto nelle fasi precedenti la comparsa del disturbo (quando la bambina ha 24 e 29 mesi d'età) i valori delle *slopes* registrati per i tre luoghi articolatori sono ben distinti nello spazio acustico. La distinzione coarticolatoria fra i tre luoghi si perde, invece, quando il disturbo compare (età di 30 mesi): un brusco calo del grado di coarticolazione per il luogo velare, fa sì che il valore della *slope* si sovrapponga a quello del luogo dentale, e con quello del luogo bilabiale nel mese successivo l'insorgenza. Altro aspetto da sottolineare è la coerenza dei *pattern* coarticolatori attraverso i tre luoghi: i valori delle *slope* subiscono una diminuzione (maggiore per il luogo velare) quando il disturbo insorge e un aumento nel mese successivo. Nelle tappe seguenti, i profili evolutivi della coarticolazione per i luoghi dentale e bilabiale sono simili (discendente a distanza di 10 mesi dall'insorgenza e ascendente nei 3 mesi successivi) mentre quello velare segue un pattern inverso.

### 3.2 Confronto col gruppo di controllo

Nei grafici 3, 4 e 5 vengono visualizzati, per i tre luoghi di articolazione, i valori delle *slopes* calcolati per Alessandro e Anna in due tappe specifiche del disturbo: l'insorgenza e la tappa ( $\leq 12$  mesi). Nei grafici vengono riportati anche i valori medi e le deviazioni standard (per delimitare il *range* normativo) delle *slopes* calcolate per i 26 bambini con normale sviluppo linguistico, divisi in due fasce d'età, corrispondenti all'età dei due bambini balbuzienti: la prima è la fascia 28-34 mesi, la seconda è la 39-47. Siccome per Alessandro si dispone anche di un'altra registrazione, effettuata quando il bambino aveva 48 mesi d'età, è stato calcolato il grado di coarticolazione ed è stato confrontato con quello del gruppo di controllo (fascia d'età 46-54 mesi).

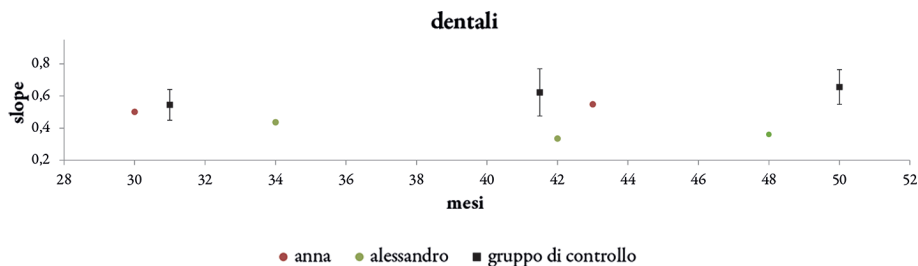
Questi grafici permettono, pertanto, di confrontare, da una parte, i dati della coarticolazione dei due bambini balbuzienti col gruppo di controllo di pari età e di convalidare, dall'altra, il valore prognostico della transizione di F2 nella predizione precoce di balbuzie cronica, proposto da Subramanian et al. (2003).

Figura 2 - In ordinata vengono riportati i valori delle *slope* delle LE per il luogo bilabiale e in ascissa l'età (in mesi) dei bambini analizzati. In nero sono riportati i valori medi e le deviazioni standard delle *slope* registrate per il gruppo di controllo e nei colori descritti nella legenda quelli dei 2 bambini balbuzienti



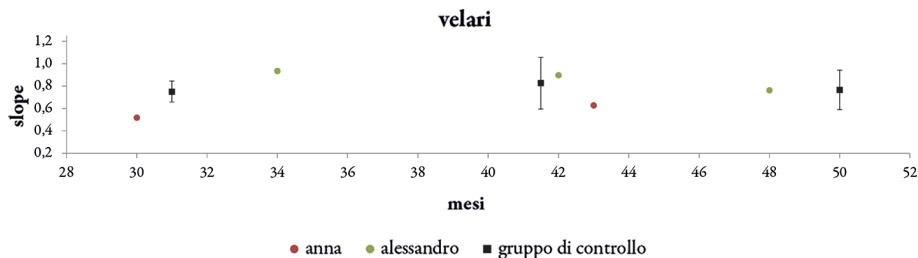
Dal confronto dei dati per il luogo bilabiale, emerge chiaramente che Anna e Alessandro presentano valori di *slope* molto diversi, anche rispetto al gruppo di controllo. Anna infatti si posiziona nel limite superiore alla norma mentre Alessandro presenta un valore di *slope* molto più basso, che si posiziona al di fuori del *range* normativo. Nel secondo semestre dalla comparsa, invece, il valore della *slope* di Anna si avvicina al valore medio registrato per il gruppo di controllo mentre quello di Alessandro si posiziona ancora su valori bassi, posizionandosi nel limite inferiore del gruppo di controllo, anche nella tappa finale.

Figura 3 - In ordinata vengono riportati i valori delle *slope* delle LE per il luogo dentale e in ascissa l'età (in mesi) dei bambini analizzati. In nero sono riportati i valori medi e le deviazioni standard delle *slope* registrate per il gruppo di controllo e nei colori descritti nella legenda quelli dei 2 bambini balbuzienti



Per quanto riguarda il luogo di articolazione dentale è possibile osservare come, nella tappa (0), il grado di coarticolazione di Anna rientra nei valori normativi mentre Alessandro si posiziona, come per le bilabiali, nel limite inferiore alla norma. Anche nel secondo semestre dalla comparsa, mentre Anna presenta un grado di coarticolazione anticipatoria simile ai coetanei con normale sviluppo linguistico, Alessandro presenta un basso grado di coarticolazione. Anche a distanza di 14 mesi dalla comparsa del disturbo, il grado di coarticolazione eccede il *range* normativo), posizionandosi sempre nel limite inferiore.

Figura 4 - In ordinata vengono riportati i valori delle *slope* delle LE per il luogo velare e in ascissa l'età (in mesi) dei bambini analizzati. In nero sono riportati i valori medi e le deviazioni standard delle *slope* registrate per il gruppo di controllo e nei colori descritti nella legenda quelli dei 2 bambini balbuzienti



I dati ottenuti per il luogo di articolazione velare mostrano invece una situazione diversa rispetto agli altri due luoghi: al momento della comparsa del disturbo, infatti, il valore della *slope* registrato per Anna eccede il valore medio del gruppo normo-fluente, posizionandosi nel limite inferiore mentre quello registrato per Alessandro si pone oltre il limite superiore. Nel secondo semestre dalla comparsa, il valore della *slope* di Alessandro si avvicina al valore medio del gruppo normo-fluente mentre quello registrato per Anna rimane su valori bassi rispetto al gruppo di controllo.

In generale è possibile osservare come le strategie articolatorie adottate dai bambini balbuzienti per ottenere la fluenza variano a seconda dei soggetti, dei luoghi consonantici esaminati e della gravità del disturbo.

Alessandro, ad esempio, che ha cronicizzato il disturbo nella sua forma severa, presenta rispetto ad Anna, una coarticolazione anormalmente bassa rispetto al gruppo normo-fluente, soprattutto per i luoghi dentale e bilabiale. In questo caso la bassa coarticolazione è dovuta ad una ridotta capacità di coordinazione di due gesti dello stesso articolatore (apice e dorso della lingua) o di due articolatori differenti (labbra e dorso della lingua).

Nel caso delle velari, invece, la coarticolazione fra i due gesti consonantico e vocalico potrebbe essere facilitata dall'adattamento di vincoli biomeccanici già esistenti: la sovrapposizione anatomica dei due gesti articolatori è totale, essendo l'articolatore lo stesso (il dorso della lingua).

#### 4. Conclusioni

Scopo di questo contributo è quello di presentare una parte dei risultati sperimentali del progetto longitudinale 'Indici fonetici predittivi di balbuzie cronica in età prescolare'. Sebbene il numero dei soggetti non sia sufficiente per stimare il valore prognostico della transizione della seconda formante come indice di cronicità, i risultati delle analisi permettono delle considerazioni preliminari, seppur di tipo ancora qualitativo, sulle fasi evolutive del disturbo, sia nella sua forma cronica che in quella remissiva. Ricordiamo che, dalla valutazione finale dei genitori dei due bambini balbuzienti, risulta che mentre Anna si è rimessa con un solo ciclo di tratta-

mento, Alessandro balbetta ancora nonostante si sia sottoposto a più cicli di trattamento. Quest'ultimo dunque sembra aver sviluppato la forma cronica del disturbo con un livello di gravità di tipo severo.

Dai dati acustici sulla coarticolazione anticipatoria emerge che le strategie articolatorie adottate per riuscire ad essere fluenti, sono diverse nei due bambini balbuzienti. Alessandro, infatti, presenta una sovrapposizione spazio-temporale minima fra il gesto consonantico (bilabiale e dentale) e quello vocalico, sia rispetto ad Anna che rispetto al gruppo di controllo.

La bassa coarticolazione riscontrata nell'eloquio di Alessandro potrebbe essere indice del fatto che gli articolatori, nel passare dalla posizione assunta per l'articolazione consonantica a quella vocalica, si muovono in un *range* spazialmente ampio, come dimostrato anche dallo studio di Robb e Blomgren (1997) realizzato con soggetti balbuzienti adulti. Le ipotesi di un'alta coarticolazione nell'eloquio dei bambini destinati a cronicizzare, proposta da Subramanian et al. (2003), non viene confermata dai risultati preliminari di questo studio.

### *Bibliografia*

- BERNARDINI, S., COCCO, L., ZMARICH, C., VANRYCKEGHEM, M., DI PIETRO, M. & NATARELLI, G. (submitted to *The Journal of Fluency Disorders*). The KiddyCAT©: A Normative and Comparative study of Italian CWS and CWNS.
- CHANG, S.E., OHDE, R.N. & CONTURE, E.G. (2002). Coarticulation and formant transition rate in young children who stutter. In *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 45, 676-688.
- FANT, G. (1970). *Acoustic theory of speech production*. Berlin: Mouton De Gruyter.
- GREEN, J.R., MOORE, C.A., HIGASHIKAWA, M. & STEEVE, R.W. (2000). The Physiologic Development of Speech Motor Control: Lip and Jaw Coordination. In *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 239-255.
- ISKAROUS, K., FOWLER, C. & WHALEN, D.H. (2010). Locus equations are an acoustic expression of articulator synergy. In *Acoustical Society of America*, 128 (4), 2021-2032.
- KLEINOW, J., SMITH, A. (2000). Influences of length and syntactic complexity on the speech motor stability of the fluent speech of adults who stutter. In *Journal of Speech, language and Hearing Research*, 43, 548-559.
- KLOTH, S.A.M., KRAAIMAAT, F.W., JANSSEN, P. & BRUTTEN, G.J. (1999). Persistence and remission of incipient stuttering among high-risk children. In *Journal of Fluency Disorders*, 24, 253-265.
- KRAFT, S.J., YAIRI, E. (2012). Genetic bases of stuttering: the state of the art. In *Folia Phoniatica et Logopedica*, 64, 34-47.
- KRULL, D. (1988). Acoustic properties as predictors of perceptual responses: a study of Swedish voiced stops. *Phonet. Exp. Res. Inst. Ling., Univ. Stockh. (PERILUS)* 7, 66-70.
- LINDBLOM, B. (1963). *On vowel reduction. The Royal Institute of Technology Speech Transmission Laboratory*. Stockholm: Report N. 29.



- NAMASIVAYAM, A.K., VAN LIESHOUT, P.H.H.M. (2011). Speech Motor Skill and Stuttering. In *Journal of Motor Behavior*, 43 (6), 477-489.
- NEAREY, T., SHAMMASS, S. (1987). Formant transitions are partly distinctive invariant properties in the identification of voiced stops. In *Canadian*.
- OLANDER, L., SMITH, A. & ZELAZNIK, H.N. (2010). Evidence That a Motor Timing Deficit Is a Factor in the Development of Stuttering. In *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53, 876-886.
- ROBB, M., BLOMGREN, M. (1997). Analysis of F2 transitions in the speech of stutters and nonstutters. In *Journal of fluency Disorders*, 22, 1-16.
- SALZA, P.L. (1990). La problematica della segmentazione del segnale vocale. In *Atti della 1° Giornata di Studio di G.F.S.*, Padova, 3-6 novembre.
- SMITH, A., GOFFMAN, L. (1998). Stability and patterning of speech movement sequences in children and adults. In *Journal of Speech, Language, and Hearing Science*, 41, 18-30.
- SMITH, A., ZELAZNIK, H.N. (2004). Development of functional synergies for speech motor coordination in childhood and adolescence. In *Developmental Psychobiology*, 45, 22-33.
- SUBRAMANIAN, A., YAIRI, E. & AMIR, O. (2003). Second formant transitions in fluent speech of persistent and recovered preschool children who stutter. In *Journal of Communication Disorders*, 36, 59-75.
- SUSSMANN, H.M., HOEMEKE, K.A. & MCCAFFREY, H.A. (1992). Locus equations as an index of coarticulation for place of articulation distinction in children. In *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 769-781.
- SUSSMANN, H.M., DUDER, C., DALSTON, E. & CACCIATORE, A. (1999). An acoustic analysis of the developmental of CV coarticulation: A case study. In *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42, 1080-1096.
- VAN LIESHOUT, P.H.H.M., HULSTIJN, W. & PETERS, H.F.M. (2004). Searching for the weak link in the speech production chain of people who stutters: A motor skill approach. In MAASSEN, B., KENT, R.D., PETERS, H.F.M., VAN LIESHOUT, P.H.H.M. & HULSTIJN, W., *Speech motor control in normal and disordered speech*. Oxford, Vanryckegem & Brutten, 2006, 313-355.
- VAN RIPER, C. (1982). *The nature of stuttering*. Englewood Cliffs, NJ.
- VAN RIPER, C. (1990). Final thoughts about stuttering. In *Journal of Fluency Disorders*, 15, 317-318.
- YAIRI, E., AMBROSE, N. (2013). Epidemiology of stuttering: 21<sup>st</sup> century advances. In *Journal of Fluency Disorders*, 38 (2), 66-87.
- YAIRI, E., AMBROSE, N. (2005). *Early Childhood Stuttering: for clinicians by clinicians*. Austin (TX): Pro-Ed.
- ZMARICH, C. (in stampa). Il profilo delle disfluenze come indice predittivo precoce di cronicità in bambini che hanno appena iniziato a balbettare. In BUSÀ, M.G., GESUATO, S. (Eds.), *Miscellanea in onore di Alberto Mioni*. Edizioni CLEUP: Padova.
- ZMARICH, C., FAVA, I., DEL MONEGO, G. & BONIFACIO, S. (2012). Verso un Test Fonetico per la Prima Infanzia. In FALCONE, M., PAOLONI, A. (Eds.), *La voce nelle applicazioni*, Atti del VIII convegno nazionale AISV. Roma: Bulzoni Editore, 51-66.