

FRANCESCO OLIVUCCI, FILIPPO PASQUALETTO, MARIO VAYRA,
CLAUDIO ZMARICH

Lo sviluppo dell'accento lessicale nel bambino in età prescolare: una prospettiva fonetico-acustica

Few studies have addressed the ability of young children to produce stressed and unstressed syllables. Most of them focused on English speaking children and have adopted an acoustic analysis limited to the parameters of duration, intensity and F0. Even less investigated is the development of lexical stress in Italian children, and of the few studies found in the literature, none has looked at parameters such as formant values or spectral emphasis. Our aim is to investigate how two years old Italian children produce and develop lexical stress, observing their productions longitudinally over a six months period. We will also compare children and adults' productions.

Key words: lexical stress, infants, Italian, development, acoustic analysis.

1. *Stato dell'arte*

Sono numerosi gli studiosi che hanno indagato le proprietà fonetico-acustiche che distinguono le sillabe toniche dalle sillabe atone nel parlato adulto in lingua italiana. I primi lavori che hanno esaminato le caratteristiche acustiche che rendono una sillaba prominente sulle altre nel parlato adulto si sono concentrati principalmente sui parametri acustici di durata vocalica, intensità e frequenza fondamentale. Per l'italiano, tra i primi studiosi ad analizzare a fondo il fenomeno attraverso i tre parametri citati sopra dobbiamo ricordare Bertinetto (1981; 1985), e, più di recente, D'Imperio, Rosenthal (1999).

Un'altra linea di studi ha invece esaminato gli effetti globali della prominenza oltre che sulla durata e/o sull'intensità anche sulla struttura spettrale della vocale, ossia sui suoi valori formantici (cfr. Farnetani, Kori, 1982, con rif.; Vayra, Fowler, 1987, con rif.; Albano Leoni, Cutugno & Savy, 1995; Savy, Cutugno, 1997, con rif.; Vayra, Avesani & Fowler, 1999, con rif.). Complessivamente i risultati mostrano un maggior grado di apertura delle vocali toniche rispetto alle atone per quanto concerne le vocali basse (che presentano una F1 più alta) e un maggiore avanzamento delle toniche rispetto alle atone nelle vocali anteriori (che presentano una F2 più alta).

Un ulteriore parametro acustico associato al grado di prominenza prosodica è stato recentemente identificato nell'*enfasi spettrale* (Tamburini, 2009; Bocci, Avesani, 2011). Per quanto non vi sia totale accordo sulle procedure sperimentali con cui misurare l'enfasi spettrale di una vocale, pare tuttavia che vocali prosodicamente più prominenti presentino maggiore intensità nelle frequenze alte dello spettro. I principali

parametri utilizzati dagli studiosi per indagare il grado di enfasi spettrale sono *spectral balance* e *spectral tilt*.

Con *spectral balance* (Sluijter, van Heuven, 1996) si intende la differenza, in dB, tra i valori medi di intensità all'interno di quattro bande di frequenza dello spettro, generalmente identificate con le bande 0-0,5 kHz, 0,5-1 kHz, 1-2kHz e 2-4kHz. La scelta dei limiti superiore e inferiore di ciascuna delle bande di frequenza è funzionale alla necessità di far rientrare in ciascuna di esse una formante. All'interno della prima banda si troverà dunque F0, nella seconda F1 e così di seguito.

Con *spectral tilt* invece si intende generalmente la differenza tra l'intensità dell'armonica più vicina al picco di F1 e quella dell'armonica più vicina al picco di F2 (cfr. Fulop, Kari & Ladefoged, 1998). Altri studiosi (cfr. Hanson, 1997) hanno calcolato lo *spectral tilt* come la differenza, in dB, tra l'intensità della prima armonica e l'intensità dell'armonica più vicina al picco di F3. In entrambi i casi gli Autori utilizzano una procedura di normalizzazione nel calcolo dello *spectral tilt*, volta ad eliminare possibili effetti della qualità acustica della vocale sull'enfasi spettrale. La normalizzazione agisce dunque sulla variazione nella distribuzione delle formanti in vocali di diverso colore spettrale.

Uno studio acustico sui correlati acustici dell'accento, che comprende l'analisi dell'enfasi spettrale insieme a durata, intensità e frequenza fondamentale, è quello di Ortega-Llebaria, Prieto (2011) sullo spagnolo e il catalano. Per quanto concerne lo *spectral tilt*, i valori ricavati attraverso una procedura di normalizzazione del tipo descritto sopra, vengono qui comparati con valori non normalizzati. Dal momento che in quest'ultimo caso emergono differenze significative tra vocali toniche e atone, le Autrici suggeriscono che differenze nello *spectral tilt* determinate da differenze nelle frequenze formantiche delle vocali possano essere neutralizzate dal processo stesso di normalizzazione adottato.

Infine, per quel che riguarda la produzione dell'accento di parola, altri studiosi hanno identificato sia indici palatografici associati alla prominente accentuale (Farnetani, Vayra, 1996; Farnetani, 1997) sia parametri cinematici (Vayra, Fowler, 1992; Magno Caldognetto, Vagges & Zmarich, 1995; Avesani, Vayra & Zmarich, 2007).

Complessivamente questi dati confermano l'ipotesi che, nel parlato adulto, all'accento lessicale corrisponda un incremento globale dello sforzo articolatorio (Fowler, 1995), incremento che si riflette sulle caratteristiche sia acustiche che articolatorie delle toniche, differenziandole dalle atone.

Sul piano articolatorio, l'attività elettromiografica dei muscoli implicati nella fonazione risulta più intensa per le sillabe toniche. Anche l'attività dei muscoli intercostali è maggiore, causando un aumento del flusso espiratorio. I gesti con cui le vocali toniche sono prodotte hanno durata maggiore, maggiore ampiezza e maggiore velocità massima. Lo stadio stabile delle vocali, infine, è tenuto più a lungo quando la vocale è inserita in una sillaba tonica (cfr. Avesani, Vayra & Zmarich, 2009).

Sul piano acustico questo scenario si riflette in una maggiore durata vocalica e sillabica delle sillabe toniche. La frequenza fondamentale della vocale che compone il nucleo di una sillaba tonica è generalmente più alta rispetto a quella di una sillaba atona

e presenta intensità maggiore. Le vocali toniche hanno inoltre valori formantici meno centralizzati e valori maggiori di intensità alle alte frequenze dello spettro rispetto alle vocali atone.

Sono state inoltre individuate differenze tra sillabe toniche e atone nel grado di coarticolazione consonante-vocale. Nelle sillabe toniche, al *rafforzamento articolatorio* di cui sono soggette corrisponderebbe una maggiore *resistenza coarticolatoria* rilevabile nel minor grado di influenze reciproche tra consonante e vocale (cfr. Fowler, 1981; per un'analisi del fenomeno nella lingua italiana cfr. Zmarich, Avesani & Marchiori, 2007; Zmarich, Avesani, 2015).

Se i lavori volti allo studio delle proprietà acustiche che distinguono sillabe toniche da atone nel parlato adulto sono numerosi, lo stesso non si può dire dei lavori dedicati allo sviluppo dell'accento lessicale nel parlato dei bambini. I lavori disponibili riguardano principalmente la lingua inglese.

Pollock, Brammer & Hageman (1993) indagano le proprietà acustiche di sillabe toniche e atone in bambini anglofoni di 2, 3 e 4 anni di età attraverso i parametri di durata, intensità e frequenza fondamentale. Gli autori rilevano come a partire dai due anni di età i bambini utilizzino il parametro di durata per realizzare la prominente lessicale, ma riescano a padroneggiare in produzione i parametri di intensità e frequenza fondamentale soltanto a partire dai tre anni. Questi risultati lascerebbero pensare ad uno sviluppo dell'accento lessicale compreso in un periodo che va dal secondo al terzo anno di vita del bambino.

Gli stessi parametri analizzati da Kehoe, Stoel-Gammon & Buder (1995) inducono invece a conclusioni diverse suggerendo come fin dai 18 mesi di età i bambini riescano a padroneggiare bene ciascuno dei tre parametri analizzati.

Si potrebbe pensare che tale differenza nei risultati dei due lavori presentati sopra sia dovuta alla procedura utilizzata: nel lavoro di Pollock e colleghi, infatti, i target analizzati sono stati ottenuti attraverso la ripetizione di non-parole, mentre nel lavoro di Kehoe e colleghi sono stati estratti dal parlato spontaneo dei soggetti. Tuttavia in uno studio successivo di Schwartz, Petinou, Goffman, Lazowski & Cartusciello (1996), in cui si è utilizzata una procedura simile a quella di Pollock, gli Autori rilevano come fin dai due anni di età i bambini di lingua inglese padroneggino correttamente ciascuno dei tre parametri analizzati.

Se non sono tanti i lavori che riguardano lo sviluppo dell'accento lessicale nel bambino di lingua inglese, ancora meno sono i lavori che si occupano di bambini italiani. Tra i pochi contributi disponibili possiamo citare il lavoro di Arciuli, Colombo (2016). Le Autrici analizzano le produzioni di bambini di età compresa tra i 3 e i 7 anni per delineare delle traiettorie di sviluppo nella capacità di produrre sillabe toniche e sillabe atone in parole con un inizio trocaico o giambico. L'obiettivo delle Autrici è di individuare eventuali differenze tra bambini e adulti nella produzione della prominente lessicale in due diversi *pattern* ritmici: SW (forte-debole), tipico delle parole con incipit trocaico e WS (debole-forte), tipico delle parole con incipit giambico, presente nel più comune tra i trisillabi italiani (come ad esempio [pa'tata]).

Sebbene le Autrici non trovino differenze nella produzione dell'accento lessicale da parte di bambini e adulti, dati interessanti emergono dall'analisi della capacità dei bambini di produrre la prominenzza accentuale in sillabe chiuse da consonante geminata: qui il comportamento dei bambini si distingue da quello degli adulti.

Per ultimo citiamo uno studio di Pasqualetto (2015), che condivide molte caratteristiche con il presente lavoro. L'autore analizza le produzioni lessicali, ottenute attraverso un compito di denominazione di figure (TFPI, cfr. Zmarich, Fava, Del Monego & Bonifacio, 2012), di 31 soggetti suddivisi in 5 fasce d'età dai 24 ai 37 mesi¹, selezionate per aver conservato la stessa struttura sillabica dei corrispondenti target adulti (es. [ʃi'bat:e] per [tʃa'bat:e]), ed escludendo le parole bisillabiche. Per ogni parola vengono misurati i valori relativi a durata vocalica, durata sillabica, picco di F0, picco di intensità, sia per la sillaba tonica che per l'adiacente sillaba atona. Il parametro di durata si rivela fin dai 24 mesi il più utilizzato, e statisticamente il più significativo, nella distinzione tra sillabe toniche ed atone. I dati relativi al picco di frequenza e di intensità delle vocali in sillaba tonica ed atona risultano invece meno sistematici e non significativi.

Quello che emerge dalla letteratura sullo sviluppo fonetico-fonologico dell'accento è dunque che, mentre per quanto concerne bambini anglofoni è disponibile un certo numero (seppure non vastissimo) di studi, sono pochi i lavori su bambini aventi l'italiano come L1.

Inoltre tutti i lavori che trattano dello sviluppo dell'accento si concentrano sui parametri di durata, intensità e frequenza fondamentale che, sebbene importanti, sono soltanto alcune delle proprietà acustiche considerate oggi rilevanti dalla letteratura sulla prominenzza prosodica nell'adulto. Più specificamente, nessun lavoro sul bambino fa riferimento a valori formantici o enfasi spettrale delle vocali.

Un'ultima considerazione, non meno rilevante delle precedenti, riguarda l'età dei bambini esaminati. L'età studiata da Arciuli, Colombo (2016) è relativamente avanzata (3-7 anni): in linea di principio, quindi, eventuali discontinuità rispetto ai *pattern* acustici del parlato adulto potrebbero essere scomparse nell'arco di tempo considerato, pur essendo presenti in età più precoci.

L'obiettivo del presente lavoro è di studiare la capacità dei bambini, nel periodo intorno ai due anni di età, di produrre sillabe toniche e atone. Esamineremo, attraverso un confronto con il parlato degli adulti, il ruolo svolto da parametri acustici come durata, intensità, valori formantici ed enfasi spettrale, al fine di individuare eventuali differenze con il *target* adulto.

¹ Il campione normativo, costituito da 31 soggetti di età compresa tra i 25 e i 37 mesi con sviluppo linguistico tipico, è stato selezionato da materiale già registrato (attraverso la somministrazione del TFPI) per studi precedenti. In particolare dai lavori di: Zmarich, Fava, Del Monego & Bonifacio (2012), 30 soggetti; Bossetti (2012) e Seccafien (2013), 20 soggetti; Pigato (2014), 2 soggetti.

2. Metodo

2.1 Soggetti

Per il presente lavoro ci si è avvalsi di materiali raccolti in precedenza e già utilizzati in studi precedenti (Zmarich, Bonifacio, 2004; 2005). Gli Autori dei suddetti lavori, in fase di raccolta dati, si erano assicurati che i soggetti registrati avessero avuto uno sviluppo psicomotorio regolare documentato da un pediatra. Inoltre, a 18 mesi ciascun soggetto era stato sottoposto ad esami delle funzionalità uditive, volti ad escludere deficit uditivi e ad una visita logopedica e alla somministrazione del questionario genitoriale *Primo Vocabolario del Bambino* (PVB, Caselli, Casadio, 1995). Le registrazioni erano state fatte su parlato spontaneo elicitato attraverso la denominazione di giocattoli o di immagini presenti in libri per bambini e avevano una durata che andava dai 30 ai 45 minuti.

Tra i soggetti di tale corpus ne sono stati selezionati cinque tra i più loquaci e le cui registrazioni avessero una buona qualità di audio, in modo da poter contare su un buon numero di target validi anche per le tappe di sviluppo più precoci. Per ciascuno dei cinque soggetti, tre dei quali triestini (VL, BS e FS), e due padovani (ZD e ZA) sono state digitalizzate le registrazioni relative ai 15, 18, 21, 24 e 27 mesi: tali registrazioni erano infatti ancora in formato analogico su nastri magnetici (per i soggetti di TS) e cassette audio (per i soggetti di PD). In fase di selezione dei target idonei secondo le modalità descritte di seguito, ci si è accorti della scarsità di target validi per alcuni soggetti alle tappe dei 15 e 18 mesi. Secondo i criteri che ci eravamo imposti per valutare valida una produzione, infatti, a 15 mesi non vi erano target validi per nessuno dei soggetti selezionati. Anche a 18 mesi, perfino i soggetti più loquaci presentavano un numero esiguo di produzioni considerabili valide. Anziché scegliere di modificare i nostri criteri di selezione dei target si è quindi deciso di limitare il nostro studio sui cinque soggetti in questione alle sole tappe di sviluppo di 21, 24 e 27 mesi.

Per poter contare su un confronto con il parlato adulto si è proceduto a selezionare e a registrare 4 soggetti adulti che fungessero da gruppo di controllo. I soggetti adulti, tutte donne (quindi con una F0 più simile, rispetto agli uomini, alla F0 di bambini) di età media 31 anni (la più giovane aveva 22 anni, la più "anziana" 52), sono stati scelti in modo da essere di origine triestina (CC e GG) e di origine padovana (MO e RG). In questa maniera si è mantenuto anche nel gruppo di controllo l'eterogeneità relativa alle varietà regionali parlate dai soggetti del nostro studio. Ai soggetti adulti è stato sottoposto un questionario per accertare l'assenza di disturbi linguistici. Tutti i soggetti del gruppo di controllo hanno dichiarato di avere avuto uno sviluppo linguistico nella norma. Uno solo dei soggetti (CC) ha dichiarato di non aver mai imparato il suo dialetto locale, mentre gli altri hanno dichiarato di utilizzare saltuariamente, di preferenza nelle situazioni familiari, il loro dialetto di origine.

2.2 Materiali e procedura

Le registrazioni relative ai bambini sono state attentamente esaminate e all'interno dell'alto numero di produzioni che ciascuna presentava sono state selezionate come

target validi per il nostro studio soltanto le produzioni che rispettavano alcune proprietà. Innanzitutto la produzione doveva essere spontanea: questo ha portato ad escludere dallo studio qualsiasi produzione infantile avvenisse su ripetizione immediata del parlato adulto. Inoltre la produzione doveva coincidere, per struttura accentuale e per numero di sillabe, con il target adulto. Allo stesso modo, sono state scartate tutte le parole in cui la struttura di una delle sillabe che la componevano fosse diversa dalla corrispondente pronuncia adulta. Nel caso la parola in questione fosse un bisillabo è stata accettata soltanto se non era prodotta in isolamento (ovvero soltanto se era seguita da un'altra parola). Questa scelta è stata dovuta al fatto che si voleva poter sempre contare su un confronto tra una sillaba tonica e una atona nella stessa parola. Poiché nel caso dei bisillabi, tutti piani, il confronto sarebbe stato fatto obbligatoriamente tra la penultima sillaba, tonica, e l'ultima, atona, si voleva evitare che quest'ultima fosse influenzata dalla presenza di un confine di enunciato che avrebbe causato allungamento della vocale in questione e un profilo discendente di F0 (cfr. Snow, 1997). Sono state invece accettate parole isolate di lunghezza superiore a due sillabe. In conclusione il numero di target validi per il presente studio individuati alle varie tappe di ogni soggetto va da un minimo di 3 target per i 21 mesi di FS ad un massimo di 76 target per i 27 mesi di BS. Le parole individuate sono in prevalenza trisillabi (piani o sdruccioli), molti bisillabi e pochi quadrisillabi (piani e sdruccioli). Trattandosi di parlato spontaneo le parole ritenute valide per l'analisi variano da soggetto a soggetto. Benché sia possibile individuare alcune parole ricorrenti, ogni registrazione relativa ad una tappa di sviluppo di ciascun soggetto presenta un numero diverso di target validi e le parole target di ogni soggetto sono diverse.

Per poter allestire un corpus relativo al gruppo di controllo che fosse comparabile a quello dei bambini sono state individuate 47 parole, scelte tra bisillabi e trisillabi piani e sdruccioli, nell'insieme delle parole più frequenti pronunciate dai bambini. In questa maniera si sarebbe potuto contare su un confronto diretto tra il gruppo di controllo e ogni soggetto per ciascuna tappa di sviluppo: vi era infatti sempre almeno una parola per ogni tappa di ogni soggetto presente anche nel corpus delle 47 del gruppo di controllo. I soggetti adulti sono stati registrati in camera anecoica nella sede dell'ISTC-CNR di Padova con registratore Edirol R-09. Le parole da pronunciare erano proiettate dallo schermo di un computer e l'avanzamento della presentazione era controllato direttamente dal soggetto. Per ogni soggetto è stato randomizzato l'ordine di presentazione delle parole. Per evitare gli effetti del confine di enunciato sulla sillaba precedente, i bisillabi sono stati inseriti in frasi del tipo "Dico X chiaramente". Ai soggetti veniva chiesto di leggere a voce alta ciò che compariva sullo schermo in maniera chiara, scandendo bene e a voce alta. Dopo una breve frase di addestramento cominciava il test vero e proprio. Ogni soggetto è stato sottoposto a tre sessioni di registrazione, separate da una breve pausa: in questa maniera, anche se una delle tre registrazioni fosse stata di scarsa qualità, si sarebbe potuto comunque contare su almeno due diverse registrazioni di ciascun target per ogni soggetto.

Il materiale così raccolto, sia per il gruppo di studio che per il gruppo di controllo, è stato segmentato e annotato a mano attraverso Praat.

Le misure acustiche a cui fa riferimento il presente lavoro sono state estratte automaticamente dalle registrazioni attraverso *script* di Praat.

2.3 Misure acustiche

In una fase precedente del presente lavoro, che ha portato alla discussione della tesi di laurea magistrale del primo autore, si erano indagati i tre parametri di durata, intensità ed F0 delle vocali toniche e atone.

I risultati ottenuti, tuttavia, hanno condotto ad alcune considerazioni. Innanzitutto i risultati relativi al parametro di F0 ci hanno suggerito che, anche per il bambino, i valori di F0 associati alla sillaba accentata fossero condizionati dall'intonazione globale dell'enunciato. Abbiamo ritenuto pertanto che lo studio del parametro F0 associato all'accento lessicale non potesse prescindere da un'analisi intonativa dell'enunciato. Non essendovi i prerequisiti per individuare all'interno del nostro corpus di dati un numero di enunciati sufficientemente alto per un'analisi statistica con profili intonativi assimilabili, alla fine si è scelto di escludere il parametro di F0 dalla nostra analisi.

Inoltre, in accordo con la bibliografia esistente sul parlato adulto, si è scelto di aggiungere nella fase del lavoro successiva alla discussione di tesi di laurea le analisi dei valori formantici e dell'enfasi spettrale.

2.3.1 Durata

Attraverso uno *script* di Praat creato dal primo autore sono stati estratti, da ciascuna registrazione segmentata e annotata a mano, due diversi valori relativi alla durata: la durata di ciascuna vocale e quella di ciascuna sillaba. In questa fase si presenteranno soltanto i risultati relativi alla durata vocalica, studiata anche da Arciuli e Colombo (2016), in quanto quelli relativi alla durata sillabica (Olivucci, 2015) davano risultati praticamente sovrapponibili ai primi in termini di differenza fra valori relativi ai contesti di sillaba tonica e sillaba atona.

2.3.2 Intensità

Oltre ai valori di durata, per ogni vocale è stata calcolata l'intensità attraverso due diverse procedure. Una prima misura era rappresentata dal picco di intensità all'interno dei confini vocalici, mentre una seconda misura era rappresentata dalla media dell'intensità in una frazione della vocale pari al 40% della sua durata totale centrata sul picco di intensità. Come nel caso dei valori relativi alla durata, anche per quanto riguarda l'intensità le due misure hanno dato risultati sovrapponibili. In questa sede, dunque, presenteremo soltanto i risultati relativi al picco di intensità nella vocale.

2.3.3 Valori formantici

Per ciascuna vocale, tonica o atona, del nostro corpus, sono stati estratti i valori di F1 ed F2. Tali valori sono stati calcolati come media, in Hz, della frequenza relativa a ciascuna formante all'interno di un intervallo centrato sul punto medio della vocale e di durata pari al 40% del totale.

2.3.4 Enfasi spettrale

Lo *script*, nella sua forma definitiva, è stato progettato per estrarre due misure di enfasi spettrale relative alla pendenza dello spettro: lo *spectral balance* e lo *spectral tilt*. Per entrambe si è fatto riferimento a Bocci, Avesani (2011).

Lo *spectral balance* è una misura della differenza fra l'intensità dello spettro alle bande a bassa frequenza e quelle ad alta frequenza. Lo spettro viene tradizionalmente diviso in bande contenenti F0 e le prime tre formanti. I confini di ogni banda usati nella bibliografia, tuttavia, fanno riferimento ai valori medi delle formanti nelle vocali del parlato adulto. Per il parlato infantile era necessario apportare alcune modifiche. Facendo quindi riferimento ad Assmann, Katz (2000), si sono individuati, per ciascuna delle sette vocali della lingua italiana, nuovi confini di frequenza validi per le prime tre bande dello spettro (contenenti quindi F0, F1 e F2). All'interno di ciascuna banda è stata poi calcolata l'intensità media dello spettro (ottenendo in questa maniera B1, B2 e B3).

Senza entrare nel dettaglio delle modalità con cui è stato calcolato lo *spectral tilt* (modalità per le quali si rimanda a Fulop et al., 1998) basterà dire che esso rappresenta una misura di enfasi spettrale normalizzata rispetto alla qualità vocalica. Poiché la posizione delle formanti sull'asse delle frequenze influenza l'enfasi spettrale (più alti sono i valori delle formanti sull'asse delle frequenze, più alti saranno i valori di intensità, dato che si associano alle alte frequenze dello spettro) per il calcolo dello *spectral tilt* si procede in tre fasi distinte. Innanzitutto si calcola la differenza reale (A1-A2), in dB, tra l'intensità relativa all'armonica più vicina al picco di F1 e quella più vicina al picco di F2. In un secondo momento si stima un valore ipotetico di A1-A2 calcolato sulla base di un modello che tiene conto soltanto dell'apporto delle formanti. La differenza tra la misurazione reale e la stima ipotetica rappresenta lo *spectral tilt*, che risulta in questa maniera normalizzato sui valori delle formanti. Tuttavia la necessità di adattare le formule utilizzate in Fulop et al. (1998) al segnale acustico del parlato infantile ha richiesto di apportarvi alcune modifiche. Innanzitutto Fulop e colleghi utilizzano nelle loro formule larghezze di banda relative alle formanti stimate sul segnale acustico del parlato adulto. In particolare stimano una larghezza di banda di 30 Hz per F1, 80 Hz per F2 e 150 Hz per F3. Tali valori, tuttavia, non risultano validi nel caso le formanti si trovino a frequenze maggiori rispetto a quelle considerate standard per gli adulti, come nel caso del parlato infantile. Si è preferito dunque, in questa sede, non utilizzare valori fissi di larghezza di banda, ma calcolarli per ciascuna formante di ciascuna vocale attraverso la formula riportata in Fant (1971):

$$(1)$$

$$B_n = \frac{F_n}{2\pi}$$

Dove B_n è la larghezza di banda e F_n la frequenza della formante in questione.

Un'ulteriore modifica apportata alle formule di Fulop et al. (1998) riguarda la frequenza di risonanza del tratto vocale. Infatti gli Autori considerano una lunghezza di 17,5 cm per il tratto vocale, tipica del tratto vocale adulto, con una frequenza di risonanza pari a 506 Hz. Dovendosi applicare al parlato di bambini di circa 2 anni di età la frequenza di risonanza doveva essere riconsiderata a partire da una lunghezza del tratto vocale pari a 10

cm (cfr. Boë, Granat, Badin, Autesserre, Pochic, Zga, Henrich & Ménard, 2006) e quindi essere modificata a 875 Hz.

3. Risultati

3.1 Durata

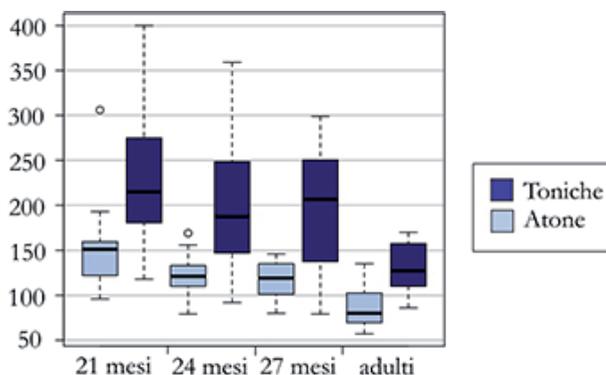
In una fase preliminare sono state indagate eventuali differenze tra le durate vocaliche in sillaba tonica aperta e chiusa. Per ciascuna tappa di sviluppo di ogni soggetto e per ciascuna registrazione di ogni adulto del gruppo di controllo, è stato calcolato attraverso un *two sample t-test* il grado di significatività della differenza tra le durate vocaliche in sillaba tonica aperta e chiusa. Per quanto riguarda i bambini le sillabe toniche aperte presentavano sempre durata vocalica maggiore rispetto alle sillabe chiuse: per i 21 mesi tale differenza era mediamente pari a 21 ms, per i 24 mesi era pari a 34 ms e per i 27 mesi 18 ms. Tuttavia la differenza di durata vocalica nei due diversi contesti non era significativa per nessuno dei soggetti analizzati a nessuna delle tappe di sviluppo. Per quanto riguarda gli adulti la situazione era simile: dei quattro soggetti analizzati uno soltanto presentava una differenza statisticamente rilevante tra sillabe toniche aperte e chiuse (GG, durata vocalica sillabe toniche aperte: 160 ms, durata vocalica sillabe toniche chiuse: 123 ms; $t(85,402) = -5,267$, $p\text{-value} < 0,001^{**}$), mentre gli altri tre soggetti non presentavano differenze statisticamente rilevanti. Almeno per quanto riguarda i soggetti adulti ci si sarebbe potuti aspettare differenze più rilevanti nei due diversi contesti (cfr. Vayra, Avesani & Fowler, 1999). Ulteriori studi sarebbero necessari per indagare le cause dei nostri risultati. Una possibile spiegazione potrebbe essere da ricercare nella varietà regionale dei nostri soggetti, tutti provenienti da aree che presentano forti fenomeni di degeminazione (cfr. Telmon, 1993). Dato che, all'interno del nostro corpus, nella maggioranza schiacciante dei casi la chiusura della sillaba era da attribuire alla presenza di una consonante geminata, è ipotizzabile che fenomeni come l'indebolimento della consonante geminata abbiano influito sul grado di accorciamento vocalico e, a livello statistico, abbiano indebolito la significatività della differenza di durata vocalica tra i contesti aperto/chiuso. Ad ogni modo, per il presente studio, al fine di evitare un impoverimento dei dati disponibili, si è scelto di incorporare i dati relativi a sillabe aperte e quelli relativi a sillabe chiuse.

Dai nostri dati emerge che fin dai 21 mesi le sillabe toniche presentano durata vocalica maggiore rispetto alle sillabe atone. Un primo calcolo del grado di significatività di tale differenza è stata un'analisi della varianza con misure ripetute (ANOVA), calcolata utilizzando il software SYSTAT, in cui ogni soggetto è rappresentato dalla media delle durate vocaliche, il fattore *between* è l'accento (tonica vs atona) e il fattore *within* la tappa di sviluppo (21 vs 24 vs 27 mesi). L'analisi della varianza ha confermato un alto grado di significatività nella differenza tra sillabe toniche e atone (F-ratio=36,263; $p\text{-value} < 0,001^{**}$). Significativo è anche il fattore *within* (tappe di sviluppo, F-ratio= 9,135, $p\text{-value} = 0,001^{**}$): significatività probabilmente dovuta al fatto che la velocità di locuzione è significativamente più alta a 27 mesi che a 24 e a 21 mesi. Non era significativa, invece, l'interazione dei due fattori.

Tuttavia, data l'eterogeneità dei dati, si è resa necessaria un'ulteriore conferma di questo risultato che tenesse conto dell'alto numero di fattori coinvolti dall'elaborazione di un *linear mixed model* (LMM, cfr. Baayen, Davidson & Bates, 2008; Jaeger, 2008). Utilizzando il software R si è stimato un modello della durata vocalica con il fattore "accento" e "tappa di sviluppo" come *fixed effects* e "soggetto", "tipo sillabico" (sillaba aperta vs chiusa) e "posizione della sillaba nella parola" come *random effects*. Il modello stimato conferma che vocali in sillaba tonica sono, nei bambini, mediamente più lunghe di 83 ms rispetto alle atone. La significatività di questo risultato è confermata dal confronto tra il modello reale e un ulteriore modello nullo (che quindi non tiene conto del fattore "accento", cfr. De Boeck, Bakker, Zwitser, Nivard, Hofman, Tuerlinckx, Partchev, 2011), attraverso il quale emerge che il modello reale descrive meglio i nostri dati con un *p-value* < 0,001**.

Anche per gli adulti la differenza in termini di durata vocalica tra sillabe toniche e atone risulta significativa. In particolare un'analisi della varianza in cui ogni soggetto è rappresentato dalla media dei valori di durata vocalica ha confermato che i valori relativi alle sillabe toniche sono maggiori rispetto a quelli relativi alle sillabe atone con una significatività di $p < 0,001^{**}$ ($F\text{-ratio}=9,135$). Un LMM elaborato utilizzando come *fixed effect* il fattore "accento" e come *random effects* i fattori "soggetto", "tipo sillabico" (aperto vs chiuso) e "posizione della sillaba nella parola" ha stimato che le sillabe toniche hanno vocali mediamente più lunghe di 52 ms rispetto alle atone. Il confronto con un modello nullo (che non utilizza quindi l'accento come fattore) ha confermato che il modello reale descrive meglio i dati con $p < 0,001^{**}$.

Figura 1 - Valori medi e deviazione standard della durata vocalica (in ms) in sillabe toniche e atone di adulti e bambini suddivisi per tappa di sviluppo



3.2 Intensità

I valori relativi al picco di intensità all'interno del nucleo sillabico, divisi per tappe di sviluppo, si sono rivelati sistematicamente maggiori in sillaba tonica piuttosto che in sillaba atona.

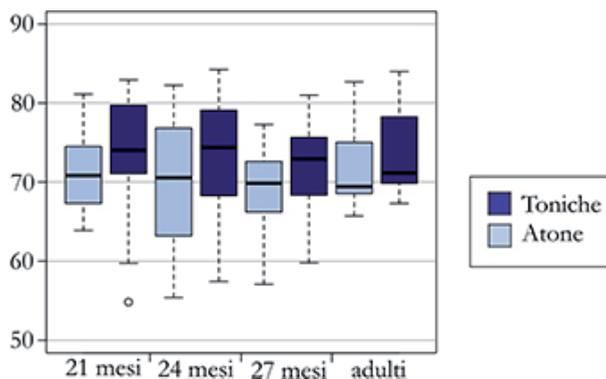
Un'analisi della varianza con misure ripetute, operata sui dati relativi ai bambini utilizzando come fattore *between* l'accento e come fattore *within* le tappe di sviluppo, ha rivelato la significatività di tale differenza ($F\text{-ratio}=5,182$; $p\text{-value}=0,03^{*}$). Il fattore "tappe di svi-

luppo” non si è invece rivelato significativo, così come non significativa era l'interazione tra i due fattori.

Per tenere conto di tutti i fattori coinvolti si è elaborato, anche per i dati relativi all'intensità, un LMM, utilizzando come *fixed effect* l'accento e come *random effects* il soggetto in questione, la tappa di sviluppo, il tipo sillabico (aperto vs chiuso) e la posizione della sillaba all'interno della parola. Dal modello reale è emerso che nei bambini le sillabe toniche presentano mediamente un'intensità maggiore rispetto alle sillabe atone di 2,8 dB. Il confronto con il modello nullo ha confermato che il modello reale descrive meglio i risultati con $p=0,002^{**}$.

Anche per quanto riguarda gli adulti l'analisi della varianza a misure ripetute ha confermato che le sillabe toniche hanno intensità significativamente maggiore rispetto alle atone ($F\text{-ratio}=18,499$; $p\text{-value}<0,001^{**}$). L'elaborazione di un LMM con *fixed effect* l'accento e *random effects* il soggetto, il tipo sillabico e la posizione della sillaba all'interno della parola ha confermato che le sillabe toniche negli adulti presentano intensità mediamente superiore di 1,2 dB rispetto alle sillabe atone, mentre il confronto con il modello nullo ha evidenziato che il modello reale descrive meglio i nostri dati con un $p=0,01^{*}$.

Figura 2 - Valori medi e deviazione standard dell'intensità vocalica (in dB) in sillaba tonica e atona in adulti e bambini divisi per tappa di sviluppo



3.3 Valori formantici

Fino a questo punto abbiamo analizzato i dati relativi alla durata e all'intensità senza tener conto del tipo di vocale in questione. Essendo il nostro un corpus di parlato spontaneo ed essendo quindi impossibile elicitarle le stesse produzioni ad ogni tappa, si è scelto di unire i dati relativi a diverse vocali al fine di contare su un ampio numero di dati su cui impostare le nostre analisi statistiche. Questo era ovviamente impossibile per quanto riguarda i valori formantici, valori che risentono fortemente del tipo di vocale prodotta. La necessità di dividere i dati e analizzarli separatamente per ciascuna vocale ha inevitabilmente impoverito i dati a disposizione obbligandoci a scartare le analisi relative alle vocali meno frequenti del corpus. Le vocali più frequenti e quindi quelle su cui si è concentrata la nostra analisi sono le vocali /a/ e /i/.

I dati relativi a F1 e a F2 ad ogni tappa di sviluppo e relativi agli adulti sono i seguenti.

Tabella 1 - Medie e deviazioni standard (tra parentesi) dei valori di prima e seconda formante per le vocali /a/ e /i/ divisi per tappa di sviluppo e prominenzza

	/a/		/i/	
	F1	F2	F1	F2
21				
A	1017,96 (217,88)	2000,94 (142,60)	584,22 (163,75)	3306,83 (308,80)
T	1175,74 (131,03)	2015,21 (132,08)	688,50 (153,40)	3096,44 (354,02)
24				
A	834,18 (125,53)	1949,30 (168,57)	593,80 (117,16)	3019,71 (388,06)
T	1077,02 (93,55)	1948,62 (141,36)	565,58 (114,74)	3248,43 (201,37)
27				
A	919,83 (96,73)	2023,78 (159,10)	643,75 (399,64)	2856,22 (508,47)
T	1203,65 (243,76)	1921,52 (211,78)	485,91 (70,02)	3318,74 (236,93)
adulti				
A	760,67 (96,44)	1671,05 (89,62)	395,21 (57,42)	2423,87 (219,15)
T	897,00 (120,03)	1590,14 (64,10)	362,14 (37,41)	2493,73 (254,35)

Dalla tabella 1 si può notare, sia per i bambini che per gli adulti, come la prima formante di /a/ presenti valori più alti in sillaba tonica che in sillaba atona. Tale tendenza si è rivelata significativa attraverso lo sviluppo di un LMM avente come *fixed effect* l'accento e come *random effects* il soggetto, il tipo sillabico (sillaba aperta vs chiusa), la tappa di sviluppo e la posizione all'interno della parola. Nei bambini l'LMM ha confermato per la vocale /a/ valori di F1 mediamente maggiori di 307 Hz quando erano in sillaba tonica, con una significatività, dovuta al confronto con il modello nullo, di $p < 0,001^{**}$. Nei dati relativi agli adulti la vocale /a/ presenta una F1 mediamente maggiore di 178 Hz quando si trova in sillaba tonica, con una significatività dovuta al confronto con il modello nullo di $p < 0,001^{**}$. L'analisi di F2 per la vocale /a/ ha invece restituito valori diversi per bambini e adulti: i bambini non mostrano differenze significative in termini di F2, mentre per gli adulti le sillabe toniche presentano valori significativamente inferiori rispetto alle atone ($p < 0,001^{**}$).

Anche per quanto riguarda la vocale /i/ sono state rilevate differenze in termini di valori formantici tra adulti e bambini. I bambini non presentano a nessuna tappa differenze significative in termini di F1, mentre esibiscono valori di F2 maggiori nelle toniche ($p = 0,03^*$). Per gli adulti, al contrario, i valori di F1 risultano minori in sillaba tonica ($p = 0,045^*$), mentre non vi sono differenze significative in termini di F2.

3.4 Enfasi spettrale

Anche per le misure di enfasi spettrale, *spectral balance* e *spectral tilt*, è stato necessario separare i dati relativi a ciascuna vocale.

Per *spectral balance* si intende la differenza, in dB, fra i livelli di intensità distribuiti in tre bande contigue dello spettro (B1, B2 e B3). Calcolare la differenza algebrica tra B1 e

B2 e poi tra B2 e B3 avrebbe portato ad avere due diversi valori per rendere conto di un'unica misura. In questa sede si è preferito procedere calcolando, attraverso il metodo della regressione lineare, la pendenza della retta che meglio intercettasse i valori di intensità a B1, B2 e B3: tale pendenza avrebbe rappresentato una stima della pendenza dello spettro e avrebbe reso conto, con un unico valore, della *spectral balance*. Non per tutte le vocali erano disponibili dati in quantità sufficiente per un'indagine approfondita. Ad esempio, come si può notare sotto, nei dati non compaiono mai i valori relativi alle vocali toniche medio-basse /ɛ/ e /ɔ/: per queste vocali, infatti, si disponeva di uno scarso numero di esemplari per un confronto in sillaba atona (anche se nelle varietà regionali in questione è possibile reperire i due tipi vocalici sopra indicati anche in contesto di sillaba atona finale, cfr. Telmon, 1993). Inoltre, a causa di un fenomeno di innalzamento della vocale in sillaba tonica, tipico delle varietà regionali in questione (cfr. Telmon, 1993) anche in sillaba tonica le vocali sopra indicate risultano estremamente rare. Per ogni soggetto sono stati esclusi i dati relativi ad una vocale laddove non vi fossero almeno due differenti valori, l'uno relativo alla vocale tonica e l'altro relativo alla vocale atona.

L'analisi della *spectral balance* ha evidenziato interessanti differenze nei valori di enfasi spettrale tra le vocali in sillaba tonica e quelle in sillaba atona. Alla figura (3) sono riportati i valori dei coefficienti angolari delle rette ottenute da B1, B2 e B3 attraverso regressione lineare. È importante tenere presente che a valori maggiori dei coefficienti angolari corrispondono rette con pendenza inferiore e quindi con maggior enfasi alle alte frequenze dello spettro. Dai grafici in questione possiamo vedere come le vocali in sillaba tonica presentino tendenzialmente, sia per i bambini che per gli adulti, coefficienti angolari più alti rispetto alle vocali in sillaba atona, ovvero maggior intensità alle alte frequenze dello spettro. L'analisi della significatività di tale differenza nei dati riguardanti i bambini, calcolata attraverso l'LMM, con *fixed effects* l'accento e la tappa di sviluppo e con *random effects* i soggetti, il tipo di vocale e la posizione della parola all'interno dell'enunciato, ha fornito un *p-value*, ottenuto dal confronto con un modello nullo, inferiore a 0,001**. Per quanto riguarda i dati relativi al gruppo di controllo adulto l'analisi con LMM ha confermato valori di *spectral balance* più alti in sillabe toniche di 1,5 punti. Il confronto con il modello nullo ha restituito un *p-value*=0,006**.

L'analisi dello *spectral tilt* (ST) non ha richiesto una regressione lineare come nel caso dello *spectral balance*: Lo ST, infatti, rappresenta in un unico valore la differenza fra due diverse armoniche dello spettro, quelle più prossime rispettivamente a F1 e a F2. L'elaborazione di un LMM che utilizza come *fixed effect* l'accento e come *random effects* il soggetto, la tappa di sviluppo, il tipo di vocale e la posizione della parola all'interno dell'enunciato non ha evidenziato, nel confronto con il modello nullo, alcuna differenza statisticamente significativa, né per i bambini né per gli adulti.

Quindi sebbene i valori di *spectral balance* delle vocali differiscano tra sillaba tonica e sillaba atona, lo stesso non si è potuto dire dello *spectral tilt*, dove, oltre a non esservi differenze significative tra sillabe toniche e atone, non si è potuta neppure individuare una netta tendenza delle prime ad avere valori maggiori o minori rispetto alle seconde.

Figura 3 - Valori medi e deviazione standard di spectral balance divisi per tipo di vocale. I grafici si riferiscono ai 21 mesi (in alto a sinistra), 24 mesi (in alto a destra), 27 mesi (in basso a sinistra) e agli adulti (in basso a destra)

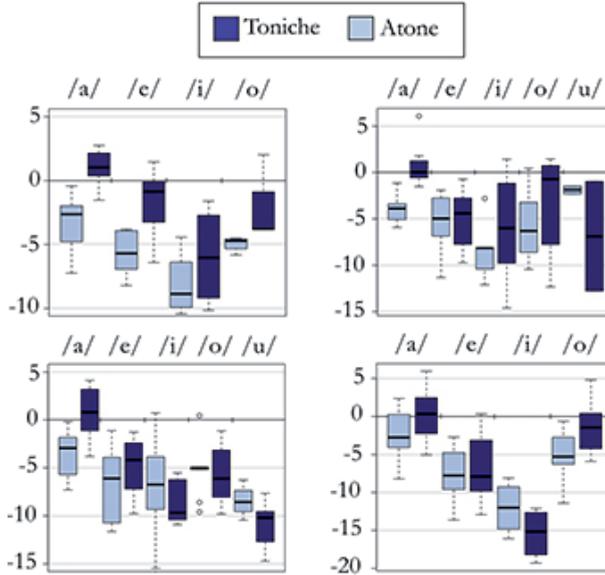
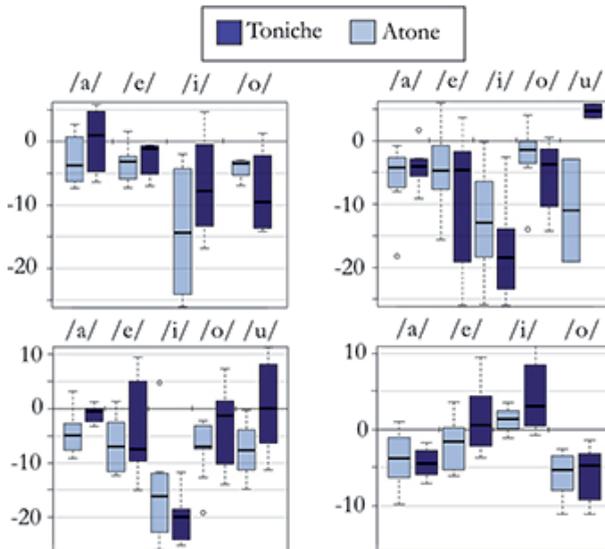


Figura 4 - Valori medi e deviazione standard di spectral tilt divisi per tipo di vocale. I grafici si riferiscono ai 21 mesi (in alto a sinistra), 24 mesi (in alto a destra), 27 mesi (in basso a sinistra) e agli adulti (in basso a destra)



4. *Discussione*

I risultati osservati relativi ai bambini dai 21 ai 27 mesi ci portano a concludere che, fin dalla tappa più precoce, i bambini possiedano una buona capacità di produrre sillabe toniche e sillabe atone distinte fra loro. Il confronto con il gruppo di controllo adulto ha infatti evidenziato come, astruendo dalle differenze di durata assoluta legate alla diversa velocità di elocuzione dei bambini, non vi siano differenze sostanziali in termini di parametri acustici tra le produzioni adulte e quelle infantili, e attraverso le varie tappe di sviluppo esaminate.

Il parametro di durata vocalica è senza dubbio quello che ha fornito i risultati più netti: le vocali in sillaba tonica presentano durata vocalica nettamente maggiore rispetto a quelle in sillaba atona, sia nei bambini a partire dai 21 mesi che negli adulti. I nostri dati trovano conferma anche nel citato lavoro di Pasqualetto (2015). Questo studio indaga le differenze di durata, intensità e frequenza fondamentale in sillabe toniche e atone in un gruppo di soggetti più ampio rispetto al nostro, ed aumenta le fasce d'età considerate includendo come tappe di sviluppo quelle di 24, 27, 30, 33 e 36 mesi. Lo studio di Pasqualetto non è tuttavia di tipo longitudinale, in quanto i soggetti variavano ad ogni tappa in funzione dei dati disponibili. Questo lavoro conferma i nostri dati relativi alla differenza tra sillabe toniche e atone, trovando differenze altamente significative in termini di durata fin dalla tappa più precoce, a volte con un rapporto di 2:1, mentre i dati relativi al picco di frequenza e di intensità delle vocali in sillaba tonica ed atona risultano meno sistematici e non significativi. Nello studio in questione l'analisi della varianza (ANOVA) evidenzia che i soggetti mostrano valori statisticamente significativi di durata sia per il fattore *within* (tonica vs atona, a prescindere dai gruppi di età) che per il fattore *between* (il fattore "gruppi di età", significativo a prescindere dal fattore "accento").

Risultati meno netti, ma comunque altamente significativi, sono stati ottenuti per il parametro di intensità massima all'interno della vocale. Anche in questo caso i dati relativi ai bambini non differiscono da quelli relativi agli adulti: entrambi i gruppi risultano capaci di differenziare la produzione di sillabe toniche e sillabe atone per quanto concerne il parametro intensità.

Ben più complessa risulta la discussione dei risultati relativi ai valori formantici. Per quanto riguarda la vocale bassa /a/, i risultati ottenuti relativi a F1 erano certamente attesi: trova conferma infatti la tendenza delle vocali basse ad essere associate ad una posizione della mandibola più bassa quando accentate (cfr. Avesani, Vayra & Zmarich, 2009, per uno studio cinematografico su sillaba e accento in parlanti toscani; cfr. anche lo studio cinematografico di Magno Caldognetto, Vagges & Zmarich, 1995 sui movimenti articolatori nella produzione di vocali toniche e atone in parlanti del nord-Italia). Questa tendenza vale sia per i bambini che per gli adulti, indice, questo, che il controllo del grado di apertura è già maturo a 21 mesi. L'analisi della seconda formante ha invece evidenziato come, negli adulti, ad un maggior grado di prominenza corrisponda una vocale bassa più arretrata (in armonia con quanto osservato in Zmarich, Avesani, 2015). Tale differenza tra vocali toniche e atone non è stata invece rilevata nei dati relativi ai bambini.

I valori relativi alla vocale /i/ indicano invece come gli adulti producano le vocali anteriori alte toniche come più alte, presentando in tale contesto valori minori di F1 (e nessuna differenza nei valori di F2), mentre i bambini come più avanzate, presentando valori maggiori di F2 (ma nessuna differenza nei valori di F1).

Come è noto, l'effetto dell'accento sul grado di apertura di una vocale alta è complesso. Esso infatti chiama in causa una compensazione articolatoria fra il movimento di abbassamento della mandibola associato alla fase di apertura della sillaba, e il compito di raggiungere il target fonologico (in questo caso il tratto [+alto] della /i/). Dai nostri dati relativi agli adulti emerge che le vocali alte tenderebbero ad alzarsi in sillaba tonica, mentre i bambini incontrerebbero maggiori difficoltà a controllare la coordinazione gestuale necessaria a raggiungere il target. Nella prospettiva della *Articulatory Phonology* il problema può essere formulato in termini di competizione fra gesti cooccorrenti: abbiamo una competizione fra il gesto di apertura orale, associato alla sillaba e ampliato in sillaba tonica, e il gesto di innalzamento del dorso della lingua associato alla vocale alta /i/. Questi gesti entrano in competizione per quanto riguarda la mandibola, che è un articolatore (secondario) condiviso da entrambi.

Dunque, il bambino incontrerebbe maggiore difficoltà a controllare la coordinazione gestuale necessaria per produrre una vocale accentata alta, sia rispetto all'adulto, sia rispetto alla produzione di una vocale accentata bassa come /a/. Con /i/ l'abbassamento (fonetico) della mandibola associato alla fase di apertura della sillaba tonica prevarrebbe sul gesto di innalzamento dorsale associato alla vocale alta accentata.

Sorprende invece la tendenza dei bambini a produrre come più avanzata la vocale anteriore alta /i/ in posizione tonica, quando negli adulti, forse nuovamente per un regionalismo, /i/ tonica non presenta alcun fenomeno di *enhancement* dell'anteriorità. Una spiegazione potrebbe risiedere nella diversa dimensione e configurazione del tratto vocale, come ci è stato opportunamente suggerito da un revisore. Si tratta senz'altro di un tema che merita un ulteriore approfondimento.

Per quanto riguarda i risultati relativi all'enfasi spettrale, i nostri dati presentano differenze significative tra sillabe toniche e atone in termini di *spectral balance*, ma non di *spectral tilt*. Questo dato potrebbe essere dovuto al fatto che, essendo lo *spectral tilt* una misura acustica normalizzata in funzione della posizione delle formanti sull'asse delle frequenze nello spettro di una vocale, tale normalizzazione potrebbe avere neutralizzato le differenze significative trovate in termini di *spectral balance*. Secondo questa ipotesi, tali differenze sarebbero dovute alla diversa struttura formantica delle vocali in sillaba tonica vs atona.

Da questa prospettiva risulta estremamente interessante il confronto con l'analisi dei valori di *spectral tilt* in vocali toniche e atone dello spagnolo e del catalano, proposta recentemente in Ortega-Llebaria e Prieto (2011). Questo studio mostra che, sebbene non compaiano differenze significative tra gradi diversi di prominenza quando lo *spectral tilt* viene "corretto" (normalizzato), in funzione delle differenze fra frequenze formantiche, tuttavia differenze statisticamente significative, associate

a singoli tipi vocalici, emergono qualora nel calcolo della pendenza dello spettro si eviti il processo di normalizzazione.

In sostanza, i nostri risultati si allineano perfettamente con quelli discussi in Ortega-Llebaria e Prieto (2011), dove le differenze di *spectral tilt* sono interpretate come dipendenti principalmente da differenze nella distribuzione spettrale delle formanti, associate alla riduzione della vocale in sillaba atona.

Un'analisi più approfondita sulla relazione fra i valori formantici e i valori di enfasi spettrale in ciascuna vocale potrebbe dunque aiutarci a far luce sulla ratio sottostante agli esiti diversi delle due misurazioni.

In generale possiamo concludere che i bambini, fin dai 21 mesi, riescono a produrre l'accento di parola in maniera simile all'adulto. Alcune differenze tra adulto e bambino sono tuttavia riscontrabili nei valori formantici. Al fine di spiegare le differenze fra adulto e bambino per quanto concerne la dimensione dell'"altezza" abbiamo avanzato l'ipotesi della "complessità articolatoria" intrinseca alla produzione di una vocale accentata alta: qui è presente una competizione fra il gesto di abbassamento della mandibola, associato alla fase di apertura del ciclo sillabico e il gesto di innalzamento del dorso della lingua, associato alla vocale alta e "rinforzato" in sillaba tonica. Tale competizione potrebbe implicare un grado di coordinazione gestuale ancora non raggiunto dal bambino nell'età qui studiata. Per quanto concerne invece le differenze fra bambino e adulto entro la dimensione dell'antero-posteriorità, la questione è senz'altro apertissima: un'ipotesi da verificare con attenzione è che la produzione di vocali più anteriori nel bambino rispetto all'adulto sia connessa a differenze nella dimensione del tratto vocale.

Ringraziamenti

Il presente lavoro non sarebbe stato possibile senza la pazienza e la disponibilità di alcune persone.

Desideriamo innanzitutto ringraziare Cinzia Avesani, che con lunghe discussioni ha contribuito, per pura e sincera passione per la scoperta, a far crescere questo lavoro: è grazie a lei, che con regolarità ha alimentato il frutto delle nostre fatiche consigliandoci sui parametri da utilizzare, sulle analisi statistiche da effettuare e sulle interpretazioni da attribuire ai nostri risultati, che questo lavoro è maturato, passando dalla prima acerba fase di tesi di laurea alla forma presente.

Un ulteriore sentito ringraziamento va a Vincenzo Galatà, che ha seguito e stimolato i nostri primi goffi tentativi di realizzazione degli *script* utilizzati nel presente lavoro.

Infine, un sentito ringraziamento ai revisori, che ci hanno aiutato a migliorare questo lavoro sia nella forma che nei contenuti.

Riferimenti bibliografici

- ALBANO LEONI, F., CUTUGNO, F. & SAVY, R. (1995). The vowel system of Italian connected speech. In *Proceedings of XIIIth ICPHS*, Stockholm, 13-19 agosto 1995, 4, 396-399.
- ARCIULI, J., COLOMBO, L. (2016). An acoustic investigation of the developmental trajectory of lexical stress contrastivity in Italian. In *Speech Communication*, 80, 22-33.
- ASSMANN, P.F., KATZ, W.F. (2000). Time-varying spectral change in the vowels of children and adults. In *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(4), 1856-1866.
- AVESANI, C., VAYRA, M. & ZMARICH, C. (2007). On the articulatory bases of prominence in Italian. In *Proceedings of XVIth ICPHS*, Saarbrücken, Germany, 6-10 agosto 2007, 2, 981-984.
- AVESANI, C., VAYRA, M. & ZMARICH, C. (2009). Coordinazione vocale consonante e prominente accentuale in italiano. La sfida della Articulatory Phonology. In *Linguistica e modelli tecnologici di ricerca. Atti del XL Congresso Internazionale SLI*. Roma: Bulzoni, 353-386.
- BAAYEN, R.H., DAVIDSON, D.J. & BATES, D.M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. In *Journal of memory and language*, 59(4), 390-412.
- BERTINETTO, P.M. (1981). *Strutture prosodiche dell'italiano*. Firenze: Accademia della Crusca.
- BERTINETTO, P.M. (1985). A proposito di alcuni recenti contributi alla prosodia dell'italiano. In *Annali della Scuola normale superiore di Pisa. Classe di lettere e filosofia*, 15(2), 581-643.
- BOCCI, G., AVESANI, C. (2011). Phrasal Prominences do not need Pitch Movements: Postfocal Phrasal Heads in Italian. In *Interspeech*, 1357-1360.
- BOË, L.J., GRANAT, J., BADIN, P., AUTESSERRE, D., POCHIC, D., ZGA, N., HENRICH, N. & MÉNARD, L. (2006). Skull and vocal tract growth from newborn to adult. In *7th International Seminar on Speech Production*, Belo Horizonte, Brazil, dicembre 2006, 75-82.
- BOSSETTI, S. (2012). Test fonetico della prima infanzia: un nuovo test fonetico per bambini dai 18 ai 36 mesi. Tesi di Laurea, Università di Padova, non pubblicata.
- CASELLI, M.C., CASADIO, P. (1995). *Il Primo Vocabolario del Bambino*. Milano: Franco Angeli.
- DE BOECK, P., BAKKER, M., ZWITZER, R., NIVARD, M., HOFMAN, A., TUERLINCKX, F. & PARTCHEV, I. (2011). The estimation of Item Response Models with the lmer Function from the lme4 Package in R. In *Journal of Statistical Software*, 39(12), 1-28.
- D'IMPERIO, M., ROSENTHALL, S. (1999). Phonetics and phonology of main stress in Italian. In *Phonology*, 16, 1-28.
- FANT, G. (1971). *Acoustic theory of speech production: with calculations based on X-ray studies of Russian articulations*, vol. 2. Berlin: Walter de Gruyter.
- FARNETANI, E. (1997). The phonetic word: the articulation of stress and boundaries in Italian. In *Quaderni del Centro di Studio per le Ricerche di Fonetica*, 16, 158-172.

- FARNETANI, E., KORI, S. (1982). Lexical stress in spoken sentences: a study on duration and vowel formant pattern. In *Quaderni del Centro di Studio per le Ricerche di Fonetica del CNR*, 1, 106-133.
- FARNETANI, E., VAYRA, M. (1996). The role of prosody in the shaping of articulation in Italian CV syllables, From Control Strategies to Acoustics. In *Proceedings of the 1st ESCA Tutorial and Research Workshop on Speech Production Moeling*, 9-12.
- FOWLER, C. (1995). Acoustic and kinematic correlates of contrastive stress accent in spoken English. In BELL-BERTI, F., RAPHAEL, L. (Eds.), *Producing Speech. A Festschrift for Katherine Safford Harris*. Woodbury: AIP Press, 355-373.
- FULOP, S.A., KARI, E. & LADEFOGED, P. (1998). An acoustic study of the tongue root contrast in Degema vowels. In *Phonetica*, 55(1-2), 80-98.
- HANSON, H.M. (1997). Glottal characteristics of female speakers: Acoustic correlates. In *The Journal of the Acoustical Society of America*, 101(1), 466-481.
- JAEGER, T.F. (2008). Categorical data analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards logit mixed models. In *Journal of memory and language*, 59(4), 434-446.
- KEHOE, M., STOEL-GAMMON, C. & BUDER, E.H. (1995). Acoustic correlates of stress in young children's speech. In *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 38(2), 338-350.
- MAGNO CALDOGNETTO, E., VAGGES, K. & ZMARICH, C. (1995). Visible articulatory characteristics of the Italian stressed and unstressed vowels. In *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences*, 1, 366-369.
- OLIVUCCI, F. (2015). Lo sviluppo dell'accento lessicale nel bambino: una prospettiva fonetico-acustica. Tesi di Laurea, Università di Bologna, non pubblicata.
- ORTEGA-LLEBARIA, M., PRIETO, P. (2011). Acoustic Correlates of Stress in Central Catalan and Castilian Spanish. In *Language and Speech*, 54(1), 73-97.
- PASQUALETTO, F. (2015). L'acquisizione dell'accento di parola in bambini italofofoni da 24 a 36 mesi d'età: uno studio acustico. Tesi di Laurea, Università di Padova, non pubblicata.
- PIGATO, G. (2014). Applicazione di un nuovo Test Fonetico a soggetti con Disturbo Specifico di Linguaggio e a Parlatori Tardivi. Tesi di Laurea, Università di Padova, non pubblicata.
- POLLOCK, K.E., BRAMMER, D.M. & HAGEMAN, C.F. (1993). An acoustic analysis of young children's productions of word stress. In *Journal of Phonetics*, 21, 183-203.
- SAVY, R., CUTUGNO, F. (1997). Ipoarticolazione, riduzione vocalica, centralizzazione: come interagiscono nella variazione diafasica. In CUTUGNO, F. (Ed.), *Fonetica e fonologia degli stili dell'italiano parlato. Atti VII Giornate di Studio del GFS*, Napoli, 14-15 novembre 1996. Roma: Esagrafica, 177-194.
- SECCAFIEN, G. (2013). Inventari fonetici e processi fonologici nel primo vocabolario di bambini con sviluppo tipico valutati con un nuovo test fonetico. Tesi di Laurea, Università di Padova, non pubblicata.
- SCHWARTZ, R.G., PETINO, K., GOFFMAN, L., LAZAWSKI, G. & CARTUSCIELLO, C. (1996). Young children's production of syllable stress: An acoustic analysis. In *The Journal of the Acoustical Society of America*, 99(5), 3192-3200.

SLUIJTER, A.M., VAN HEUVEN, V.J. (1996). Spectral balance as an acoustic correlate of linguistic stress. In *The Journal of the Acoustical society of America*, 100(4), 2471-2485.

SNOW, D. (1997). Children's acquisition of speech timing in English: a comparative study of voice onset time and final syllable vowel lengthening. In *Journal of Child Language*, 24, 35-56.

TAMBURINI, F. (2009). Prominenza frasale e tipologia prosodica: un approccio acustico. In FERRARI, G. (Ed.), *Linguistica e modelli tecnologici di ricerca. Atti del XL Congresso internazionale di studi della Società di linguistica italiana (SLI)*, Vercelli, 21-23 settembre 2006. Roma: Bulzoni, 437-455.

TELMON, T. (1993). Varietà regionali. In SOBRERO, A. (Ed.), *Introduzione all'italiano contemporaneo. La variazione e gli usi, II*. Roma-Bari: Laterza, 93-149.

VAYRA, M., AVESANI, C. & FOWLER, C. (1999). On the phonetic bases of vowel-consonant coordination in Italian: a study of stress and compensatory shortening. In *Proceedings of 14th ICPbS*, San Francisco, USA, 1-7 agosto 1999, 495-498.

VAYRA, M., FOWLER, C. (1987). The word-level interplay of stress, coarticulation, vowel height and vowel position in Italian. In *Proceedings of the XIth International Congress of Phonetic Sciences*, Tallinn, 1-7 agosto 1987, 4, 24-27.

VAYRA, M., FOWLER, C. (1992). Declination of supralaryngeal gestures in spoken Italian. In *Phonetica*, 49(1), 48-60.

ZMARICH, C., AVESANI, C. (2015). L'influenza della durata consonantica sulla coarticolazione della sillaba CV con gradi diversi di prominenza prosodica. In ROMANO, A., RIVOIRA, M. & MEANDRI, I. (Eds.), *Aspetti prosodici e testuali del raccontare: dalla letteratura orale al parlato dei media*. Alessandria: Edizioni dell'Orso, 305-318.

ZMARICH, C., AVESANI, C. & MARCHIORI, M. (2007). Coarticolazione e accentazione. In GIORDANI, V., BRUSEGHINI, V. & COSI, P. (Eds.), *Scienze Vocali e del linguaggio – Metodologie di valutazione e risorse linguistiche, Atti del III Convegno Nazionale AISV*, Povo, Trento, 29 novembre - 1 dicembre 2006. Torriana: EDK editore, 5-15.

ZMARICH, C., BONIFACIO, S. (2004). Gli inventari fonetici dai 18 ai 27 mesi d'età: uno studio longitudinale. In ALBANO LEONI, F., CUTUGNO, F., PETTORINO, M. & SAVY, R. (Eds.), *Atti del Convegno Nazionale "Il Parlato Italiano"*, Napoli, 13-15 febbraio 2003. Napoli: M. D'Auria, CD-ROM, 1-20.

ZMARICH, C., BONIFACIO, S. (2005). Phonetic inventories in Italian children aged 18-27 months: a longitudinal study. In *Proceedings of INTERSPEECH*, Lisboa, 4-8 settembre 2005, 757-760.

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 dell'VIII convegno AISV*. Roma: Bulzoni, 51-66.