



TEMPI DI ADATTAMENTO IN ELETTROPALATOGRAFIA: PRIMI DATI ARTICOLATORI, ACUSTICI E PERCETTIVI

Chiara Bertini, Irene Ricci
Scuola Normale Superiore
{c.bertini; i.ricci}@sns.it

*Comunicazione presentata al 4° Convegno AISV
Università della Calabria, 2007*

1. SOMMARIO

L'obiettivo di questo lavoro è quello di descrivere l'impatto che provoca sul parlato la presenza di un palato artificiale. Saranno considerate tre prospettive diverse: articolatoria, acustica e percettiva. Ciò che si vuole individuare è la presenza di un tempo minimo di adattamento al palato, necessario a produrre *speech* normale e di conseguenza realizzare un protocollo per la preparazione dei parlanti alle sessioni di registrazioni elettropalatografiche.

Nelle varie ricerche che utilizzano l'elettropalatografo (EPG) come strumento di indagine, il tempo indicato come "adattamento" al palato artificiale varia sensibilmente da ricercatore a ricercatore; si possono leggere indicazioni ad indossare il palato per non più di 20 minuti, fino a vere prescrizioni di preparazioni lunghe anche 3 giorni prima di ogni registrazione.

La nostra analisi si incentra su un unico parlante, che ha effettuato 10 ripetizioni di non-parole del tipo VCV, dove V è sempre la vocale /a/ e C varia fra occlusive alveolari /t d/, occlusive velari /k g/, laterale /l/ e fricativa alveolare /s/. In questo lavoro si è scelto di concentrare l'attenzione sulle sole due consonanti alveolari /t/ e /s/ e ci riserviamo per uno studio più approfondito l'analisi completa delle altre consonanti. Sono state fatte sessioni di registrazione a 8 intervalli temporali e nel periodo che precede ogni sessione di raccolta dati, il parlante viene fatto dialogare in modo da consentire un maggiore adattamento al palato stesso.

Da questo studio sembra emergere che l'adattamento al palato è un fenomeno altamente correlato alla specifica consonante e/o alla specifica prospettiva di analisi, ovvero non è possibile determinare un unico tempo di adattamento indipendentemente dalla consonante investigata ed indipendentemente dal punto di vista da cui parte l'analisi.

Da questi primi risultati appare una sostanziale differenza fra le dinamiche relative all'analisi articolatoria e quelle relative all'analisi acustica. In particolare dal punto di vista articolatorio già a tempi brevi dall'inserimento del palato si ha un buon livello di adattamento, mentre per la prospettiva acustica si hanno grandi difficoltà a determinare un protocollo attendibile anche per tempi considerevolmente lunghi.

2. INTRODUZIONE

L'elettropalatografia è una tecnica articolatoria di indagine largamente utilizzata per studiare i fenomeni legati alla produzione di parlato; le prime applicazioni di questa tecnica sono in ambito clinico per lo studio delle patologie sul linguaggio. Successivamente l'elettropalatografia viene utilizzata per studi sulle lingue, legati a progetti di ricerca scientifica che mirano ad investigare le problematiche dello 'speech production': coarticolazione, differenze nella produzione fra le lingue,...

Ciò che è stato meno indagato in questi anni è il fenomeno di adattamento al palato artificiale che inevitabilmente si crea nei parlanti: la presenza del palato perturba la produzione spontanea di parlato e ciò crea un processo di adattamento che dovrebbe nel tempo portare il parlante a non percepire più la presenza del palato e a produrre uno *speech* imperturbato.

Nelle varie ricerche che utilizzano l'elettropalatografo (EPG) come strumento di indagine, il tempo indicato come "adattamento" al palato artificiale varia sensibilmente da ricercatore a ricercatore: si possono leggere indicazioni ad indossare il palato per non più di 20 minuti, fino a vere e proprie prescrizioni di preparazioni lunghe anche 3 giorni prima di ogni registrazione.

Fra i lavori che si trovano in letteratura e che si sono occupati di questo fenomeno si distinguono il lavoro di McLeod & Searl (2006) e quello di McAuliffe et al (2007).

Il primo si propone di analizzare il fenomeno di adattamento al palato su sette parlanti Australiani, analizzando gli aspetti acustici, impressionistici e percettivi e registrando ad intervalli di tempo regolari fino ad un massimo di 5 ore, sviluppate su due giorni di registrazione. Gli autori, come nel nostro caso, si sono concentrati sulle due consonanti /t/ e /s/; i risultati registrati sono in parte gli stessi trovati nel nostro caso, con la differenza sostanziale, che impedisce un completo confronto, legata al numero di soggetti registrati.

Il secondo lavoro concentra lo studio su otto parlanti Australiani e analizza il fenomeno dalle due prospettive acustico e percettivo. Le consonanti analizzate sono /t/, /k/, /s/ e /ʃ/ e le analisi effettuate evidenziano che non si hanno variazioni sulla durata temporale della consonante, né sui valori delle formanti delle vocali adiacenti, mentre si notano differenze significative nei risultati dell'analisi spettrale.

Il nostro contributo si inserisce in questo quadro introducendo alcune novità rispetto ai lavori già citati, senza considerare la lingua che rappresenta forse la novità più importante dal momento che nessuna indagine è stata fatta sull'italiano in questo campo.

Ciò che ci proponiamo di indagare maggiormente è l'aspetto articolatorio del fenomeno in esame, ovvero come cambino gli indici articolatori che descrivono l'articolazione della consonante e, nel caso in cui si raggiunga adattamento, quando ciò avviene. In questo modo si cerca di ottenere un quadro più completo del fenomeno, arricchendo i dati provenienti dalle analisi acustica e percettiva.

Presupponendo che il pattern articolatorio della realizzazione della consonante registrato subito dopo aver inserito il palato sia chiaramente distorto rispetto a quello prototipico, si analizzano sia qualitativamente che quantitativamente i miglioramenti dovuti proprio all'adattamento al palato, aspettandoci di raggiungere un livello di bontà che comunque non si può migliorare oltre.

Questo lavoro rappresenta una prima indagine informativa sul fenomeno in questione e come tale ha ancora molti aspetti da approfondire. Sarà sicuramente necessario, per completare il protocollo per la preparazione delle sessioni di registrazione elettropalatografiche, analizzare il numero minimo di ripetizioni utili ad avere informazioni soddisfacenti sul fenomeno linguistico che si vuole studiare.

Sarà interessante estendere l'indagine ad ulteriori suoni consonantici e a parole più complesse in contesto di frase con addestramenti specifici e sarà necessario, per completare il quadro, analizzare come variano i tempi di adattamento da parlante a parlante.

3. METODO

3.1 Partecipanti, materiali e raccolta dati

I dati analizzati in questo lavoro si riferiscono all'analisi condotta su materiali ricavati dalla registrazione di un parlante italiano adulto della variante pisana di sesso femminile. Il locutore ha una dentatura normale, non presenta protesi dentarie né assenza di dentatura, non ha mai indossato apparecchiature ortodontiche per uso medico e per ricerca e non presenta disturbi neurologici, di eloquio e di ascolto.

Il parlante ha indossato un palato artificiale a 62 elettrodi (modello *Reading EPG*) per la registrazione di 10 ripetizioni di due parole del tipo VCV, dove è stata scelta come vocale iniziale e post-consonantica la /a/ e come consonanti la fricativa /s/ e la oclusiva /t/. Ogni serie di registrazione è stata effettuata a tempi diversi a partire dal momento in cui è stato indossato il palato; in particolare sono state scelte 8 condizioni sperimentali corrispondenti a diversi tempi di adattamento (TA), come riportato in Tabella 1.

T0	prima dell'inserimento del palato
T1	5 minuti dopo l'inserimento del palato artificiale
T2	15 minuti dopo l'inserimento del palato artificiale
T3	30 minuti dopo l'inserimento del palato artificiale
T4	45 minuti dopo l'inserimento del palato artificiale
T5	60 minuti dopo l'inserimento del palato artificiale
T6	2 ore dopo l'inserimento del palato artificiale
T7	3 ore dopo l'inserimento del palato artificiale
T8	4 ore dopo l'inserimento del palato artificiale

Tabella 1 : Riepilogo dei tempi di adattamento.

Il parlante è stato sollecitato a parlare durante il tempo di attesa per le registrazioni in modo da facilitare il processo di adattamento al palato e velocizzare i tempi di riduzione dell'eccessiva salivazione, fisiologicamente inevitabile. È stata fatta anche una registrazione (T0) prima dell'inserimento del palato in modo da aver un riferimento per il confronto nelle analisi.

È stata nostra cura effettuare le 10 ripetizioni nel minor tempo possibile (in media circa 3 minuti), in modo che non ci fossero variazioni di adattamento apprezzabili all'interno di un medesimo TA.

I dati articolatori sono stati registrati con l'elettropalatografo WinEPG della ditta Articulate Instruments con frequenza di campionamento pari a 10 kHz¹. I dati acustici, sincronizzati con quelli articolatori, sono stati registrati con un microfono unidirezionale Shure e digitalizzati con una scheda audio SoundMax a 44 KHz con una precisione di 16 bit.

3.2 Analisi articolatoria

Uno degli scopi della nostra ricerca consisteva nell'individuare un tempo di adattamento a partire dall'analisi articolatoria dei dati, compiuta con l'utilizzo del software Articulate Assistant (versione 1.12). Per questo motivo è stato studiato l'andamento in funzione dei TA di vari indici articolatori² relativi all'intera regione palatale e a zone più localizzate, in

¹ 16 bit, 2 canali, campionamento palati 100 al secondo, input microfono 1 mV su 600Ω, 20-4.5 kHz opto-isolated, ± 1dB

² Il centro di gravità, l'indice di lateralità, l'indice di variabilità, l'indice di contatto alveolare, l'indice di chiusura, l'indice di chiusura alveolare, il contatto totale

modo da poter individuare quali parametri evidenzino variazioni significative e tra questi quali erano i più rappresentativi. Limitatamente ai nostri dati, l'analisi ha portato all'individuazione di tre indici rilevanti: il COG (center of gravity), il contatto alveolare totale (Alveolar total) e la 'closure' (clos.). Essi sono stati calcolati nella zona tipica di tenuta per entrambe le consonanti e anche per l'occlusiva alveolare nella transizione tra la vocale iniziale e la consonante stessa. Il centro di gravità (COG) viene calcolato come una media pesata dei contatti attivati in ogni fila del palato e dà un'indicazione di quanto se il contatto lingua-palato è anteriore o posteriore. L'Alv. tot rappresenta invece una media pesata sull'area dei contatti e rappresenta la percentuale dei sensori contattati limitatamente alle prime 2 file di elettrodi (14) del palato artificiale. Infine il numero derivante dal calcolo della 'closure' è il risultato di un algoritmo più complesso che misura la connettività tra il lato destro e sinistro del palato, prendendo in considerazione non solo la quantità di contatti, ma anche la loro simultanea attivazione.

Per ognuna di questi tre indici articolatori e per ognuna ripetizione sono stati calcolati i valori medi ad ogni tempo di adattamento.

3.3 Analisi acustica

Mediante l'utilizzo del software PRAAT (versione 4.4.24), per ogni ripetizione sono state calcolate la durata totale della parola, la durata della sola parte consonantica e la distribuzione spettrale della consonante stessa.

Per quanto riguarda le durate temporali, a partire dallo spettrogramma a banda larga di ogni registrazione per prima è stata misurata la durata complessiva della bisillaba VCV; la durata della fricativa /s/ è stata determinata prendendo come estremi l'inizio e la fine della zona di fricazione; mentre quella della /t/ è stata calcolata partendo dall'inizio del burst fino all'onset della periodicità della vocale seguente.

Per entrambe le consonanti sono stati calcolati i tre momenti della distribuzione spettrale³, SM1 (frequenza del centroide, media), SM3 (skewness) e SM4 (kurtosis); per la fricativa /s/ il calcolo è stato effettuato nel punto centrale della fricazione e per la occlusiva /t/ sull'onset del burst, utilizzando la FFT con una finestra di Hamming di 20 ms.

Tali indici sono stati scelti in quanto è stato dimostrato che variazioni nei momenti spettrali sono legati alla percezione di distorsioni nella produzione di parlato; in particolare SM1 subisce variazioni in presenza di perturbazioni, rappresentando, così, un indice di qualità nella produzione della consonante (Mc Farland D. & S. Baum, 1995, Shadle & Mair, 1997).

Si è deciso di non analizzare i parametri temporali delle consonanti (durata della consonante e della parola), in quanto abbiamo trovato che il fenomeno in questione non ha ripercussioni sul versante temporale come già osservato da Mc Auliffe *et al.* (2007).

3.4 Analisi percettiva

È stato realizzato un esperimento di percezione tramite il software *Presentation* su 15 adulti italiani normodonti (età media 30 anni) non aventi familiarità con studi di fonetica. Il parlante con cui è stato realizzato il corpus non ha partecipato all'esperimento di percezione.

Tra tutti gli stimoli prodotti con il palato artificiale, sono state scelte in modo casuale 3 registrazioni per ogni tempo di adattamento T1, T2, T3, T4, T5 e T7 e una per le registrazioni senza palato, sia per la parola /asa/, sia per /ata/. È stato scelto di non utilizzare tutti gli stimoli registrati sia come numero di ripetizioni, sia come numero di

³ Dall'analisi spettrale è stato escluso il secondo momento (varianza SM2) in quanto è stato dimostrato non subire variazioni in questo contesto (Forrest K. *et al.*, 1988).

tempi di adattamento in quanto ciò avrebbe reso l'esperimento eccessivamente lungo con ovvie conseguenze sull'attendibilità dei risultati.

Ai soggetti, collocati in ambiente silenzioso, è stato chiesto di ascoltare in cuffia (Creative HQ-1300) una coppia di suoni separati da un intervallo di silenzio di 1,5 sec e di esprimere un giudizio di similarità tra i due. Il primo si riferiva sempre ad una delle due parole registrate senza palato e il secondo all'analogica parola prodotta con il palato artificiale in uno delle diverse condizioni sperimentali (TA), per un totale di 42 confronti. Gli ascoltatori erano stati informati chiaramente che il primo suono era quello di riferimento, rispetto al quale dovevano confrontare il secondo, ed esprimere un giudizio di similarità, mediante un voto da 0 (suoni completamente diversi) a 5 (suoni perfettamente uguali). Al termine di ogni coppia di ascolto il soggetto aveva un tempo massimo di 3 min per dare una risposta; una volta presa la decisione, la coppia di stimoli successiva veniva presentata dopo 5 sec di silenzio. È stato scelto di non dare la possibilità del riascolto per rendere più omogenei e paragonabili i giudizi espressi dai partecipanti. Gli stimoli sono stati presentati in ordine casuale per ogni ascoltatore in un'unica sessione della durata media di circa 3 minuti.

I soggetti hanno familiarizzato con la procedura descritta eseguendo preliminarmente un breve e analogo test con 5 coppie di suoni, scelti fra quelli non utilizzati per l'esperimento.

4. RISULTATI

4.1 Risultati articolatori

Analizzando qualitativamente l'andamento dei due indici articolatori AlvTot e Clos. per la consonante /s/ si nota una netta distinzione tra il tempo di adattamento T1 e tutti gli altri tempi (Figura 1). L'analisi della varianza a misure ripetute ($F(7,72)$, $p < 0.05$) e test post-hoc (Bonferroni) avvalorano la tendenza appena descritta, in quanto i vari TA non sono significativamente distinguibili fra di loro ad eccezione del tempo T1. Questo indica che già a partire da 15 min si ha un buon livello di adattamento al palato dal punto di visto articolatorio.

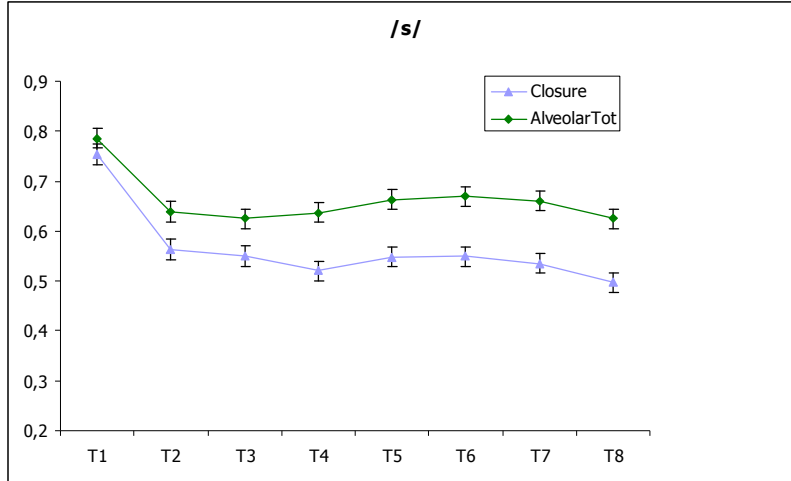


Figura 1: Andamento AlvTot e Clos. in funzione dei tempi di adattamento per la /s/.

Un'analisi dei patterns articolatori rende più tangibile questo divario; in Figura 2 si può notare il diverso numero di contatti che vengono prodotti in due condizioni sperimentali estreme. Subito dopo l'inserimento del palato (T1) i contatti lingua-palato riguardano tutta la zona alveolare eliminando quasi completamente il canale di flusso dell'aria caratteristico della fricativa, che invece risulta evidente nel caso del pattern registrato dopo 4 ore (T8).

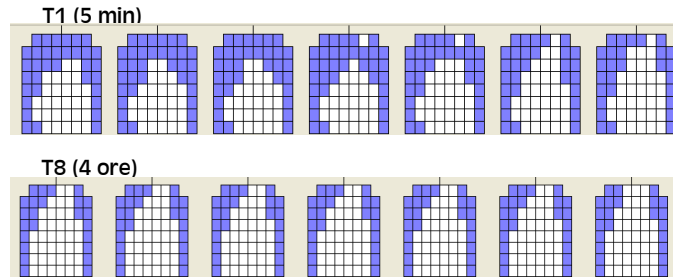


Figura 2 : Confronto fra due patterns articolatori prodotti dal parlante a 5 min (T1) e a 4 ore (T8) per la fricativa in /asa/.

Per entrambi gli indici si nota un leggero aumento del loro valore dopo 2-3 ore dall’inserimento del palato, anche se nel margine dell’errore della misura, cosa che evidenzerebbe un peggioramento nell’andamento. Questo fatto può essere spiegato come un fenomeno di stanchezza e di intolleranza ai ganci metallici che permettono di fissare il palato artificiale alla dentatura, come evidenziato dal parlante.

Il COG misurato nella zona di fricazione non ha mostrato variazioni rilevanti, per questo non viene inserito nell’analisi.

Dallo studio degli indici AlvTot e Clos., (Figura 3) relativi alla /t/, nella regione di transizione VC, emerge di nuovo la sostanziale differenza tra i valori di T1 e i restanti, ad esclusione di T7 che presenta un andamento singolare. Ciò, come descritto in precedenza, può essere spiegato con un fenomeno di insofferenza al palato artificiale che si riscontra a partire da T7. L’analisi della varianza e i test post hoc confermano la significativa differenza tra il primo tempo di adattamento e gli altri e la non distinzione tra tutti i tempi di adattamento superiori a T1.

Anche in questo caso come per la fricativa /s/, già dopo pochi minuti dall’inserimento del palato si ottiene un buon adattamento, che mantenendosi costante indica il raggiungimento dell’adattamento.

L’andamento del COG per i vari TA nella zona di tenuta della consonante, riportato in Figura 4, indica l’aumento della distribuzione dei contatti anteriori del gesto articolatorio al passare del tempo di adattamento.

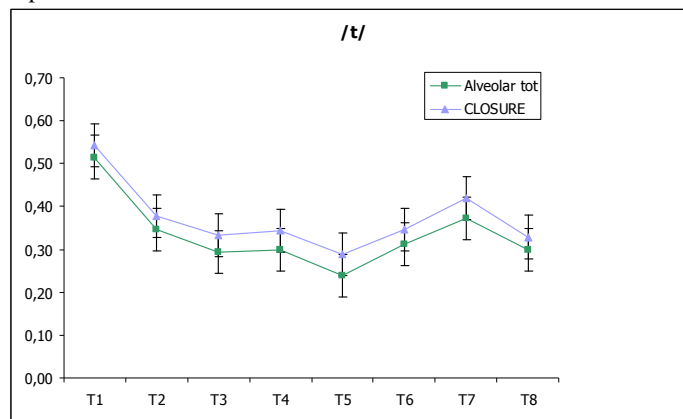


Figura 3 : Andamento degli indici AlvTot e Clos. in funzione dei tempi di adattamento per la /t/.

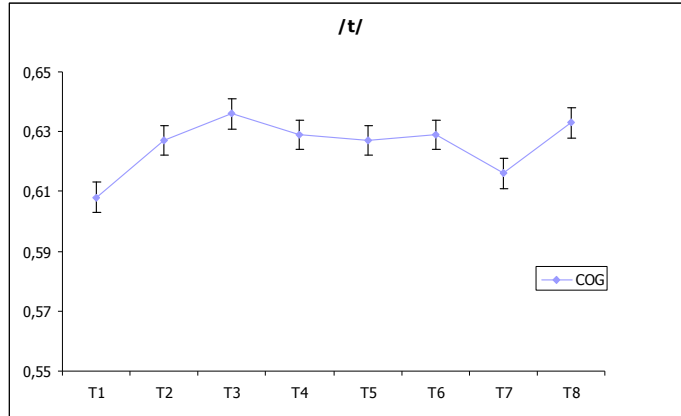


Figura 4: Andamento del COG in funzione dei tempi di adattamento per la /t/.

Come mostrato in precedenza per la /s/, la Figura 5 mostra la differenza fra i patterns articolatori di /t/ ai due tempi di adattamento estremi. È evidente come al passare del tempo la struttura articolatoria dell'occlusiva si sposta maggiormente nella regione alveolare diventando più simmetrica e priva di contatti spuri derivanti principalmente da eccessiva salivazione.

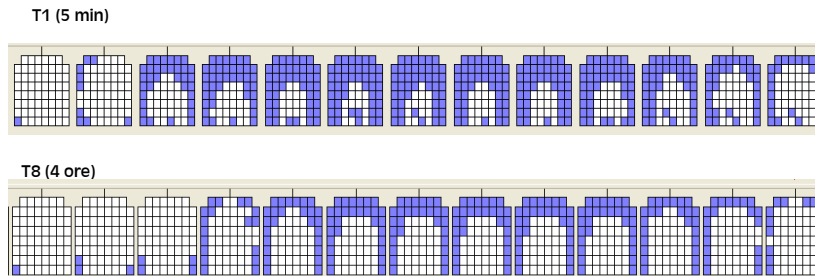


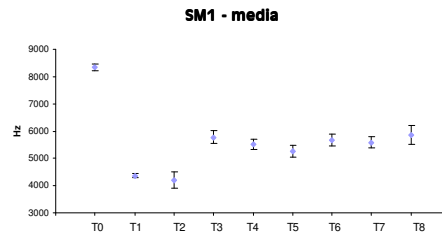
Figura 5: Confronto fra due patterns articolatori a 5 min (T1) e a 4 ore (T8) per l'occlusiva alveolare in /ata/.

4.2 Risultati acustici

Per ognuna delle dieci ripetizioni di /asa/ e /ata/ e per ogni tempo di adattamento sono stati calcolati i tre momenti spettrali (media SM1, skewness SM3 e kurtosis SM4), escludendo, come già detto, il secondo momento (varianza SM2).

Il calcolo è stato eseguito per la occlusiva /t/ nel punto di onset del burst, per la fricativa /s/ invece nel punto di mezzo della fricazione, usando in entrambi i casi, una finestra Hamming di 20 msec.

Analizzando il caso della /s/, i valori medi dei tre momenti sono riportati in Figura 6



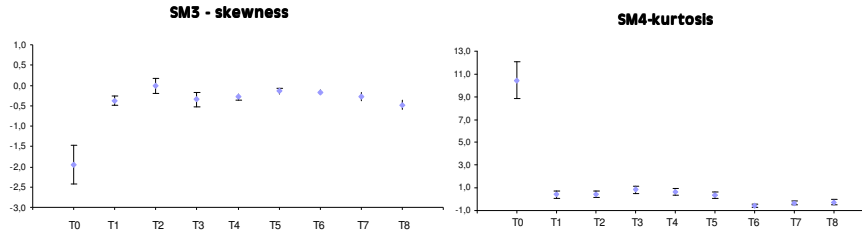


Figura 6: Valori medi dei tre momenti spettrali per la consonante /s/

Da un'analisi qualitativa dei grafici si nota nell'andamento dei valori dei momenti SM1 SM3 e SM4 una diversità del valore calcolato a T0 rispetto a tutti i valori degli altri TA. Questo dimostrerebbe un'assenza di adattamento al palato, anche se con una lieve tendenza al miglioramento. L'analisi statistica e test post-hoc mostrano che per i valori di SM1 e SM4, T0 è significativamente uguale solamente al valore T8, cosa che indica che dopo 4 ore dall'inserimento del palato si può raggiungere un buon livello di adattamento dal punto di vista acustico. Per quanto riguarda SM3 si ha che tutti i valori ai vari TA sono uguali statisticamente.

I valori relativi alla /t/ sono riportati invece in Figura 7

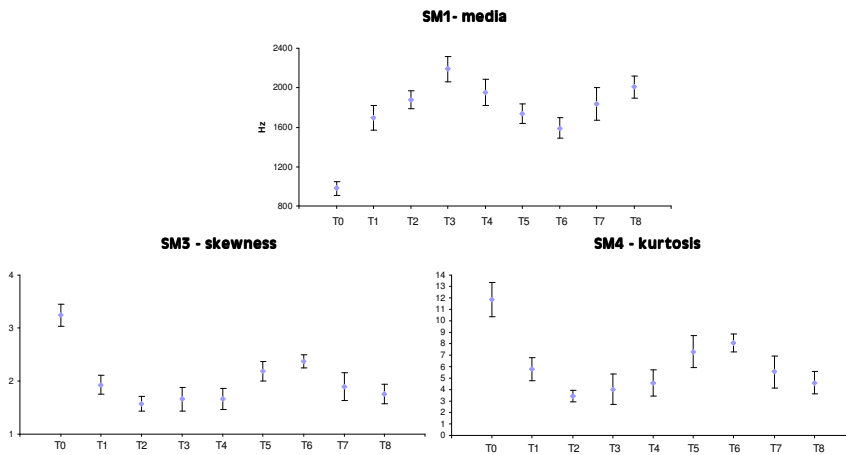


Figura 7: Valori medi dei tre momenti spettrali per la consonante /t/

Come si può vedere abbastanza chiaramente dai grafici i valori dei tre momenti calcolati in assenza di palato (T0) non sono mai raggiunti dai valori relativi a tutti i tempi di adattamento registrati, nemmeno a quelli più 'alti'; ovvero mai si raggiunge un livello di adattamento al palato tale da poter dire che i dati registrati sono in qualche modo 'uguali' a quelli che si sarebbero registrati in assenza di palato.

Questa analisi qualitativa è confermata in parte dai risultati di un'analisi statistica condotta sui dati; per SM1 ciò che si ottiene è che c'è sempre significativa differenza fra i valori calcolati a T0 e tutti quelli calcolati ai vari tempi di adattamento, mentre fra i vari tempi di adattamento non c'è alcuna differenza, ovvero non viene registrato nessun miglioramento. Per SM3 si ha che c'è significativa differenza fra T0 e tutti gli altri TA ad eccezione dei tempi T5, T6 e T7, questo suggerisce che dopo un'ora si raggiunge un buon livello di adattamento. Per quanto riguarda infine SM4 si ha che T0 non è significativamente diverso dai vari TA ad eccezione di T2 e T8, ovvero per quanto riguarda SM4 si raggiunge abbastanza velocemente un valore simile a quello di T0.

Per concludere dobbiamo tenere presente comunque che la variabile che è maggiormente indicativa del fenomeno in questione è il primo momento spettrale (SM1),

come già descritto, ed è da essa che dobbiamo dedurre i risultati; gli altri momenti (SM3 ed SM4) possono servire esclusivamente ad indicare una tendenza di secondo ordine.

Da tutto questo si può concludere che, dal punto di vista acustico, non c'è mai un raggiungimento completo di adattamento al palato e che ma si possono notare, sia qualitativamente che in parte statisticamente, delle tendenze a miglioramento dei dati registrati.

4.3 Risultati percettivi

I giudizi di similarità medi sono stati graficati separatamente per le due consonanti ai vari tempi di adattamento (Figura 8). Ciò che si cerca di stabilire è se esista un confine nei tempi di adattamento oltre il quale gli stimoli vengono percepiti come se fossero prodotti senza palato e quindi, se c'è indistinguibilità fra lo stimolo prodotto senza palato e quello prodotto con palato.

Nei grafici riportati nella figura si nota che per la consonante fricativa /s/ solo dopo un tempo di adattamento superiore a 45 minuti si supera la soglia di 3 come giudizio di similarità, ovvero sembrano essere necessari almeno 45 minuti di adattamento per consentire di percepire lo stimolo come 'naturale'. Inoltre si nota che non si arriva mai alla completa indistinguibilità dei due suoni nemmeno a tempi di adattamento pari a 4 ore.

Diversa è la situazione per la consonante occlusiva /t/: il giudizio di similarità medio è sempre piuttosto alto, ovvero gli stimoli risultano percettivamente già di buona qualità anche a tempi di adattamento inferiori a 30 minuti.

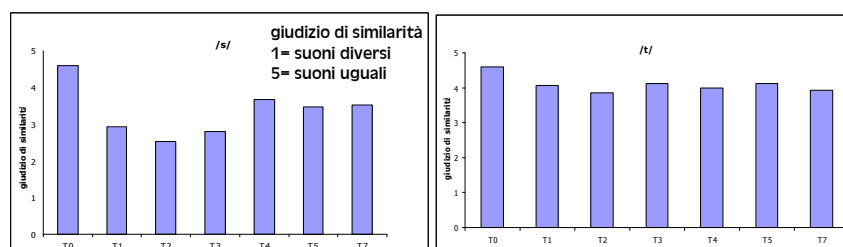


Figura 8: Istogrammi dei valori medi dei giudizi di similarità

Alle analisi qualitative si è aggiunta un'analisi statistica che conferma i risultati già messi in evidenza precedentemente: per la fricativa /s/ si ha che non c'è significativa differenza fra T0 e T5, mentre c'è per tutti gli altri tempi di adattamento. Quindi si può dire che dopo i 60 minuti si ha indistinguibilità fra i due stimoli. Per la occlusiva /t/ invece si ha che non c'è mai significativa differenza fra i vari tempi di adattamento, ciò a significare che c'è un'assenza di distinzione fra gli stimoli prodotti con palato e il corrispettivo 'naturale'. Anche in questo caso si può notare la stessa tendenza, trovata nelle analisi precedenti, ad un peggioramento relativo ai tempi di adattamento più alti (T7, T8), spiegabile sempre come un fenomeno di fastidio legato al prolungato periodo di inserimento del palato.

5. CONCLUSIONI

Premettendo che il numero di ripetizioni non è particolarmente elevato e che il numero di soggetti è sicuramente poco informativo, si possono avanzare alcune considerazioni in merito all'individuazione di un tempo di adattamento.

Il primo risultato che si ottiene da questo studio è sicuramente il fatto che l'adattamento è un fenomeno dipendente fortemente dal tipo di consonante oggetto di studio e dal tipo di analisi che si vuole intraprendere; è quindi possibile individuare dei tempi minimi di adattamento al palato necessari prima della registrazione degli stimoli.

Ciò che colpisce particolarmente è che dal punto di vista articolatorio, l'adattamento avviene in tempi molto più brevi che rispetto alle altre due prospettive (acustico e percettivo); questo suggerisce che se i materiali registrati devono essere analizzati esclusivamente dal punto di vista articolatorio possono essere ridotti notevolmente i tempi di adattamento.

I tempi minimi individuati in questo studio per l'adattamento relativo alla consonante occlusiva /t/ sono rispettivamente 15 minuti per l'analisi articolatoria, per l'analisi acustica non si individua mai un tempo a cui i parametri analizzati sono mediamente uguali a quelli del tempo di riferimento (anche se si possono notare tendenze al miglioramento), per i risultati percettivi emerge che già le registrazioni ottenute a 5 minuti non mostrano differenze statistiche con quelle registrate senza palato.

Per quanto riguarda la fricativa /s/, si individuano come tempo minimi 15 minuti per l'articolatorio, per quello acustico 4 ore e per quello percettivo si arriva a 60 minuti.

Un aspetto particolarmente nuovo, e che dovrà essere indagato meglio, che emerge in tutti i dati registrati è la tendenza ad un peggioramento nei livelli di adattamento presenti ai tempi più 'alti', ovvero nel caso di tempi pari a 3 e 4 ore. Questo fatto suggerirebbe un fenomeno di stanchezza e di insofferenza al palato da parte del soggetto.

Ciò che è interessante è che esso emerge sempre, lo si ritrova sia nelle analisi articolatorie che in quelle acustiche e percettive, sia per la occlusiva /t/ che per la fricativa /s/. Sarà necessario indagare se ciò sia un fenomeno peculiare di questo soggetto o se, a tempi diversi, si manifesti in generale.

Ci proponiamo di estendere in futuro l'analisi, confrontando i risultati ottenuti con lo studio di altre consonanti anche in contesto di frase. In particolare sarà nostra cura aumentare il numero di parlanti in modo da aumentare le dimensioni del campione testato ed avere così una maggiore stabilità statistica.

6. BIBLIOGRAFIA

Aasland W., S. Baum, D. McFarland (2006) “Electropalatographic, acoustic, and perceptual data on adaptation to a palatal perturbation” *Journal of the Acoustical Society of America* 119, 2372-81

Baum S. & D. McFarland (1997) “The development of speech adaptation to an artificial palate” *Journal of the Acoustical Society of America* 102, (4) 2353-2359

Baum S. & D. McFarland (2000) “Individual differences in speech adaptation to an artificial palate” *Journal of the Acoustical Society of America* 107, (6) 3572-3575

Calamai S. & P.M. Bertinetto (2006) “Per uno studio articolatorio dei glides palatale, labio-velare e labio-palatale dell'italiano”, Atti del 3° Convegno Nazionale AISV Scienze Vocali e del Linguaggio" - Metodologie di Valutazione e Risorse Linguistiche, Povo (Trento) 29 novembre -1 dicembre 2006, CD-rom

Flege, J., Fletcher, S., and Homiedan, A. (1988) “Compensating for a bite block in /s/ and /t/ production: Palatographic, acoustic, and perceptual data,” *Journal of the Acoustical Society of America* 83, 212–228.

Forrest K., G.Weismer, P. Milenkovic, R.Dougall (1988) “Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: preliminary data” *Journal of the Acoustical Society of America* 84 (1) 115-123

Hardcastle W., W. Jones , C.Knight (1989) “New developments in electropalatography: A state-of-the-art report” *Clinical Linguistics & Phonetics* 3 (1) 1-38

McAuliffe M., M. Robb & B. Murdoch (2007) “Acoustic and perceptual analysis of speech adaptation to an artificial palate” *Clinical Linguistics & Phonetics* 1- 10

McFarland D., S. Baum, (1995) “Incomplete compensation to articulatory perturbation” *Journal of the Acoustical Society of America* 97, 1865-1873.

McFarland D., S. Baum, C. Chabot (1996) “Speech compensation to structural modifications of the oral cavity” *Journal of the Acoustical Society of America* 100 (2) 1093-1104.

McLeod, S. & J. Searl (2006) “Adaptation to an electropalatograph palate: Acoustic impressionistic, and perceptual data” *American Journal of Speech-Language Pathology*, 15, 192-206.

Shadle, C.H. & Mair, S. (1997), “Quantifying spectral characteristics of fricatives”, in *Proceedings ICSLP 1996*, Philadelphia, PA, USA, October 3-6, 1521-1524.

Wrench A. (2003), *Articulate Assistant User Guide* (vers. 1.12)