

**Ricevuto il:**

22 aprile 2011

Accettato il:

8 giugno 2011

Disponibile online:

1 aprile 2012

Deficit trasversale del mascellare superiore e problematiche relative all'orecchio medio

Maxillary constriction and middle ear problems

P. Gandini, A. Tamagnone, L. Orsi*

Scuola di Specializzazione in Ortognatodonzia (Direttore: Prof. P. Gandini), Università di Pavia

Parole chiave:

Espansione rapida del mascellare
Ipoacusia di tipo trasmissivo
Tuba di Eustachio
Contrazione mascellare superiore
Muscoli peristafilini

Key words:

Rapid maxillary expansion
Conductive hearing loss
Eustachian tube
Maxillary constriction
Peristaphyline muscles

***Autore di riferimento:**

lindaorsi@libero.it

(L. Orsi)

Riassunto

Obiettivi. La contrazione del mascellare superiore si associa frequentemente alla diminuzione della pervietà aerea nasale con conseguente respirazione orale e nell'ambito di queste condizioni potrebbe manifestarsi anche un'ipoacusia trasmissiva. Lo scopo di questo articolo è di eseguire una rassegna dei lavori presenti in letteratura sull'argomento e avanzare alcune ipotesi relative ai cambiamenti osservati sull'ipoacusia trasmissiva ricorrendo a una terapia ortodontico-ortopedica.

Materiali e metodi. È stata effettuata una revisione della letteratura per analizzare criticamente la relazione tra "disgiunzione rapida del palato" e "miglioramento dell'ipoacusia di tipo trasmissivo".

Risultati. I dati disponibili in letteratura sul tema specifico, per quanto scarsi, suggeriscono la possibilità di migliorare la funzione uditiva migliorando e correggendo l'anatomia del palato.

Conclusioni. L'effetto positivo della disgiunzione nel miglioramento di un deficit uditivo di tipo conduttivo viene considerato come un ulteriore possibile beneficio del trattamento con espansore rapido, ma ciò non significa che per i pazienti con ipoacusia di tipo trasmissivo possa essere indicata l'espansione rapida del palato nel caso in cui tale deficit non si associ alla contrazione del mascellare superiore.

© 2012 Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Abstract

Objectives. Restriction of the maxillary dental arch frequently results in decreased nasal canal patency with mouth breathing, and this situation may also be associated with conductive hearing loss. The aim of this paper is to review some of the literature on this condition and to advance several hypotheses regarding the changes observed in conductive hearing loss following orthodontic-orthopedic treatment.

Materials and methods. A literature review was carried out to critically analyze the relationship between "rapid maxillary expansion" and "improvement in conductive hearing loss".

Results. The limited data in the literature on this specific topic suggest that hearing levels can be improved by correction of the palatal anatomy.

Conclusions. The positive effect on conductive hearing levels can be considered a possible additional benefit of rapid maxillary expansion, but this does not mean that rapid maxillary expansion should be proposed as a treatment for conductive hearing loss that is not associated with maxillary restriction.

© 2012 Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

È sempre crescente l'interesse della letteratura odontoiatrica per i legami e le interazioni fra sistema stomatognatico e altri apparati. Uno degli argomenti particolarmente studiati in questo senso è la correzione delle problematiche trasversali scheletriche e/o alveolo-dentali dei mascellari: infatti, ai risultati ortopedico-ortodontici si sono spesso associati effetti terapeutici consequenziali su altri apparati, fra cui quello uditivo.

La contrazione del mascellare superiore è una manifestazione di una sindrome scheletrica che può associarsi a problemi rinologici e comportare effetti negativi sullo sviluppo dento-facciale. Alcuni degli aspetti tipici di questa sindrome si riconoscono nella presenza di un cross-bite bilaterale con volta palatina alta e stretta, respirazione orale, sollevamento del pavimento nasale e stenosi nasale con diminuzione della pervietà aerea nasale a causa dell'ipertrofia dei turbinati [1]. Le manifestazioni dentali di questa sindrome vengono generalmente affrontate ortodonticamente ricorrendo all'espansione rapida del mascellare. Tuttavia, è importante ricordare che tale terapia ha effetti non solo sul mascellare superiore, ma anche sulle strutture a esso correlate, quali mandibola, cavità nasali, strutture faringee, articolazione temporomandibolare, orecchio medio e processo pterigoideo dello sfenoide [2]. Vari studi descritti in letteratura hanno infatti dimostrato come, conseguentemente alla disgiunzione del palato, si riscontrino, oltre alla risoluzione del cross-bite, il miglioramento dell'affollamento [3-11], l'aumento della pervietà aerea nasale [12-14] e il miglioramento dell'ipoacusia di tipo trasmissivo dovuta a problemi dell'orecchio medio e delle tube di Eustachio [1,2,6,15-22].

Spesso, pazienti con manifestazioni cliniche di otiti muco-purulente recidivanti e resistenti alla terapia antibiotica, nonché con ipoacusia trasmissiva, presentano un mascellare piccolo o un palato stretto con discrepanza trasversale. Si potrebbe ipotizzare che l'insufficienza trasversale sia una concausa o una causa predisponente a questo tipo di alterazione sulla base del fatto che, cambiando l'anatomia del palato, si modifica anche il rapporto tra i muscoli peristafilini interni o elevatori del palato, i muscoli peristafilini esterni o tensori del palato molle e la

parte ossea in cui vanno a inserirsi, cioè il palato stesso [23].

Fisiologicamente, i peristafilini (elevatori e tensori) sono muscoli deputati ad aprire e chiudere l'ostio faringeo della tromba di Eustachio per liberarne l'interno dall'accumulo di secrezione mucosa atta a mantenere umido e lubrificato l'interno del canale tubarico. Se il palato è di forma ogivale e la trasversalità è ridotta, questi muscoli s'inseriscono in modo tale da risultare più stirati, ipofunzionanti e in atteggiamento crampiforme, ostacolando il deflusso del muco. L'accumulo di quest'ultimo e la virulentazione dell'essudato esitano spesso in otiti muco-purulente recidivanti. Il ripristino della corretta anatomia palatale, aumentando la trasversalità, avvicina i capi muscolari all'ostio tubarico con un possibile miglioramento della tonicità e dell'attività fisiologica di apertura e chiusura dell'ostio della tuba, facilitando la fuoriuscita del muco [24,25].

Numerosi studi riportati in letteratura hanno indagato se la terapia ortodontico-ortopedica della disgiunzione rapida del palato potesse, modificando l'anatomia del palato stesso, cambiare la funzione muscolare e, di conseguenza, eliminare il rischio di otiti e recuperare il deficit uditivo. In tali studi, la disgiunzione palatale rapida è stata realizzata, quindi, anche nell'ottica che potesse giovare alla funzione uditiva attraverso un miglioramento anatomico-muscolare a livello della tuba e un aumento della perfusione aerea dell'imboccatura stessa.

Revisione della letteratura

Dall'analisi della bibliografia presente sull'argomento si possono distinguere due tipi di lavori: quelli che analizzano i risultati a breve termine (fine della disgiunzione), la maggior parte, e quelli a lungo termine (follow-up a distanza). Alcuni lavori sono semplici case report condotti sulla base di un questionario, altri sono studi che valutano il risultato sulla base di test specifici.

Braun [6] sosteneva che vi fosse una correlazione tra ipoacusia e contrazione del mascellare superiore: un deficit trasversale superiore, ostacolando la respirazione nasale, predispone alla respirazione orale che, a sua volta, rende l'intera area, comprese

le strutture più distanti quali l'orecchio medio e la tuba di Eustachio, più suscettibile alle infezioni e di conseguenza può favorire l'insorgenza del deficit uditivo.

Rudolph [26] ha riscontrato che malfunzionamenti della tuba di Eustachio erano più frequenti in bambini con volta palatina alta e stretta e che le malformazioni del palato e del nasofaringe potevano predisporre all'insorgenza di otiti medie: l'otite media cronica è infatti un esempio di come l'ipoacusia trasmissiva possa essere causata da una riduzione del passaggio di aria attraverso il canale tubarico. La progressiva perdita di udito si verifica in seguito all'aumento della concavità a livello della membrana timpanica come conseguenza di un calo pressorio.

Secondo Hershey et al. [27], i miglioramenti complessivi sulla fisiologia nasale indotti dall'espansione rapida diminuiscono il livello di secchezza della mucosa faringea e riducono la frequenza di episodi infettivi delle vie aeree superiori e l'insorgenza di otiti medie, causa frequente di ipoacusia di tipo trasmissivo.

Conducendo uno studio che ha coinvolto più di 300 pazienti, selezionati da un punto di vista medico più che ortodontico, Gray [9] ha trovato una considerevole diminuzione degli episodi di otite media ricorrente in pazienti sottoposti a espansione rapida del mascellare superiore.

Timms [15] ha verificato che alcuni pazienti trattati con espansore rapido riferivano, dopo la terapia, un miglioramento dell'udito e dell'eloquio: tale studio, tuttavia, si basa su questionari compilati dai pazienti stessi e non è supportato da registrazioni della capacità uditiva.

Fingeroth [28] ha stabilito che l'espansione del mascellare poteva portare a miglioramenti del deficit uditivo là dove tale deficit fosse associato a problematiche dell'orecchio medio e della tuba di Eustachio.

In un paziente con deficit uditivo, Hazar et al. [17] hanno notato miglioramenti significativi dell'udito nelle prime quattro settimane dopo la terapia con disgiuntore.

Laptook [1] ha analizzato la situazione di un bambino di 12 anni che riferiva il manifestarsi di frequenti infezioni dell'orecchio medio e delle vie respiratorie superiori e presentava un moderato deficit dell'udito

fin dall'infanzia. I test audiometrici rilevati all'età di 5 anni mettevano in evidenza che la capacità uditiva era francamente al di sotto della norma nell'orecchio destro, mentre nell'orecchio sinistro i valori erano al limite della norma. Il bambino era stato sottoposto a numerose visite specialistiche otorinolaringoiatriche che avevano evidenziato la presenza di grosse quantità di cerume in entrambe le orecchie; inoltre, gli esami audiometrici avevano rivelato che il deficit di udito era costante nelle varie fasi di sviluppo. Il bambino era stato poi sottoposto all'osservazione dell'autore all'età di 9 anni per intercettare le problematiche ortodontiche. Laptook ha riscontrato un deficit trasversale del mascellare superiore associato a cross-bite posteriore bilaterale. Il bambino presentava anche stenosi nasale ed era respiratore orale. La terapia impostata per risolvere le problematiche di natura ortodontica prevedeva il ricorso all'espansione rapida del palato: già dopo 10 giorni di attivazione i familiari hanno notato un miglioramento dell'udito che si è mantenuto costante ed è stato comprovato dagli esami audiometrici cui è stato sottoposto il bambino durante e dopo il trattamento. Nell'ultima valutazione condotta a distanza di 1,5 anni dalla terapia sono stati rilevati valori nella norma per entrambe le orecchie.

Pirelli et al. [29] hanno selezionato 15 pazienti (età media 11,5 anni) che presentavano una malocclusione caratterizzata da problemi di affollamento all'arcata mascellare accompagnata da deficit trasversale; questi soggetti erano anche interessati da difficoltà nella respirazione e deficit conduttivo. A tutti è stato applicato un disgiuntore rapido per correggere la discrepanza trasversale e in seguito a tale trattamento è stato valutato anche il miglioramento della sintomatologia non stomatognatica. Dopo l'espansione, 9 soggetti presentavano una capacità conduttiva nei range di normalità, mentre in 6 si era verificato un lieve miglioramento. Al termine dell'espansione, l'udito era tornato nei parametri corretti in 13 soggetti, mentre in 2 permaneva un lieve deficit uditivo.

Ceylan et al. [2] hanno applicato il disgiuntore su 14 pazienti (età media 12 anni) che presentavano una grave insufficienza trasversale del mascellare superiore, una volta palatina alta e una riduzione della sensibilità uditiva di grado variabile. I pazienti

sono stati sottoposti a esame audiometrico prima dell'applicazione dell'apparecchio, a distanza di 15 giorni dall'applicazione, quindi dopo una sufficiente apertura della sutura palatina mediana e dopo il periodo della contenzione, a distanza di 4-5 mesi. È stato evidenziato un miglioramento dell'udito statisticamente significativo durante la fase attiva del trattamento, tra la prima e la seconda misurazione, mentre non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra la prima e la terza misurazione e tra la seconda e la terza. È stata inoltre riscontrata una recidiva del difetto uditivo alla fine della contenzione, recidiva che potrebbe essere imputata all'adattamento dei tessuti molli.

Questi studi riportano gli effetti a breve termine della disgiunzione rapida sull'ipoacusia di tipo trasmissivo, mentre vi è scarsa informazione sugli effetti a lungo termine.

Taspinar et al. [18] hanno valutato questi effetti in un periodo di due anni su 35 soggetti con età media di 14 anni e 6 mesi. Tutti i pazienti sono stati sottoposti a terapia con disgiuntore e le valutazioni audiometriche sono state ripetute per valutare i miglioramenti del deficit uditivo in quattro diversi momenti: il primo esame audiometrico è stato eseguito prima dell'espansione, il secondo dopo una buona espansione mascellare (dopo 18 giorni circa), poi il disgiuntore è stato mantenuto in bocca come contenzione per 6 mesi e il terzo esame è stato condotto al termine di questo periodo. È poi stato applicato un arco palatale rigido con estensioni fino ai denti anteriori per due anni e al termine di questo periodo è stata fatta la quarta e ultima registrazione. Le valutazioni audiometriche del presente studio hanno messo in evidenza un miglioramento statisticamente significativo tra la misurazione prima della terapia e le altre tre misurazioni. Non sono invece state trovate differenze statisticamente significative tra la seconda e la terza misurazione, tra la seconda e la quarta e tra la terza e la quarta. Nel 74% dei pazienti trattati il miglioramento dell'udito si è mantenuto anche a distanza di due anni dalla terapia ed è leggermente diminuito dopo la fase di contenzione, ma di un'entità non significativa.

Analogamente, Kilic et al. [22] hanno condotto uno studio a lungo termine su 15 soggetti in crescita

(età media 13,43 anni) affetti da ipoacusia di tipo trasmissivo associata alla contrazione del mascellare superiore. Tutti i pazienti sono stati sottoposti a visita otorinolaringoiatrica, comprensiva di esame audiometrico e timpanometria (T1), e successivamente a terapia ortodontica che prevedeva la disgiunzione del palato mediante espansore bondato. L'audiogramma e il timpanogramma sono stati ripetuti altre due volte: al termine dell'espansione (T2) (media 0,83 mesi) e dopo il periodo di contenzione di 6 mesi e la terapia ortodontica fissa della durata di circa 2 anni (T3). Gli autori hanno riscontrato un miglioramento statisticamente significativo della funzione uditiva in entrambi i periodi di osservazione (T1-T2 e T2-T3). Il miglioramento è rimasto stabile a lungo termine (dopo 2,5 anni circa).

Villano et al. [19] hanno condotto uno studio indirizzato alla valutazione di pazienti che presentavano un mascellare piccolo con discrepanza trasversale e concomitanti manifestazioni cliniche di otiti sierose ricorrenti resistenti alla terapia antibiotica associate a un deficit uditivo. Tra tutti i pazienti che presentavano queste caratteristiche sono stati selezionati 25 soggetti (15 femmine e 10 maschi) di età compresa tra 6 anni e 8 mesi e 8 anni e 2 mesi. Tutti i pazienti sono stati sottoposti a visita otorinolaringoiatrica, comprensiva di esame audiometrico, timpanometria e video-otoscopia, oltre alla normale valutazione clinico-anamnestica necessaria alla diagnosi ortodontica. I pazienti sono stati sottoposti a espansione palatale rapida quale intervento terapeutico richiesto per correggere la problematica ortodontica.

Il timpanogramma e l'audiogramma sono stati registrati:

- a T0 (prima dell'espansione palatale);
- a T1 (a distanza di 7-14 giorni dall'espansione palatale);
- a T2 (dopo il periodo di contenzione, a distanza di 8 mesi dall'espansione).

La video-otoscopia è stata effettuata soltanto prima dell'espansione (a T0) e dopo il periodo di contenzione (a T2) a causa degli elevati costi e della complessità della procedura di esecuzione. Durante il trattamento, per avvalorare la veridicità dello studio, nessun paziente è stato sottoposto a terapia otorinolaringoiatrica, quindi non sono stati

somministrati farmaci antinfiammatori, antibiotici o fluidificanti del muco.

Nella valutazione a T0 tutti i soggetti presentavano un deficit uditivo di tipo trasmissivo e non neurosensoriale attestato dagli esami audiometrici (fig. 1). In particolare, il difetto uditivo era maggiore per frequenze comprese tra 250 e 1000Hz, mentre si riscontrava una capacità uditiva quasi nella norma

tra 1000 e 2000 Hz e per frequenze tra 2000 e 4000 Hz. Questa valutazione ha permesso agli autori di escludere che la natura del disturbo fosse legata a malformazioni dell'orecchio, che vanno a influenzare prevalentemente le alte frequenze [2], facendo invece pensare che il deficit uditivo fosse causato dalla presenza di muco, che riduce parzialmente l'elasticità della membrana timpanica determinando una

Fig. 1
Audiogramma a T0.

Fig. 1

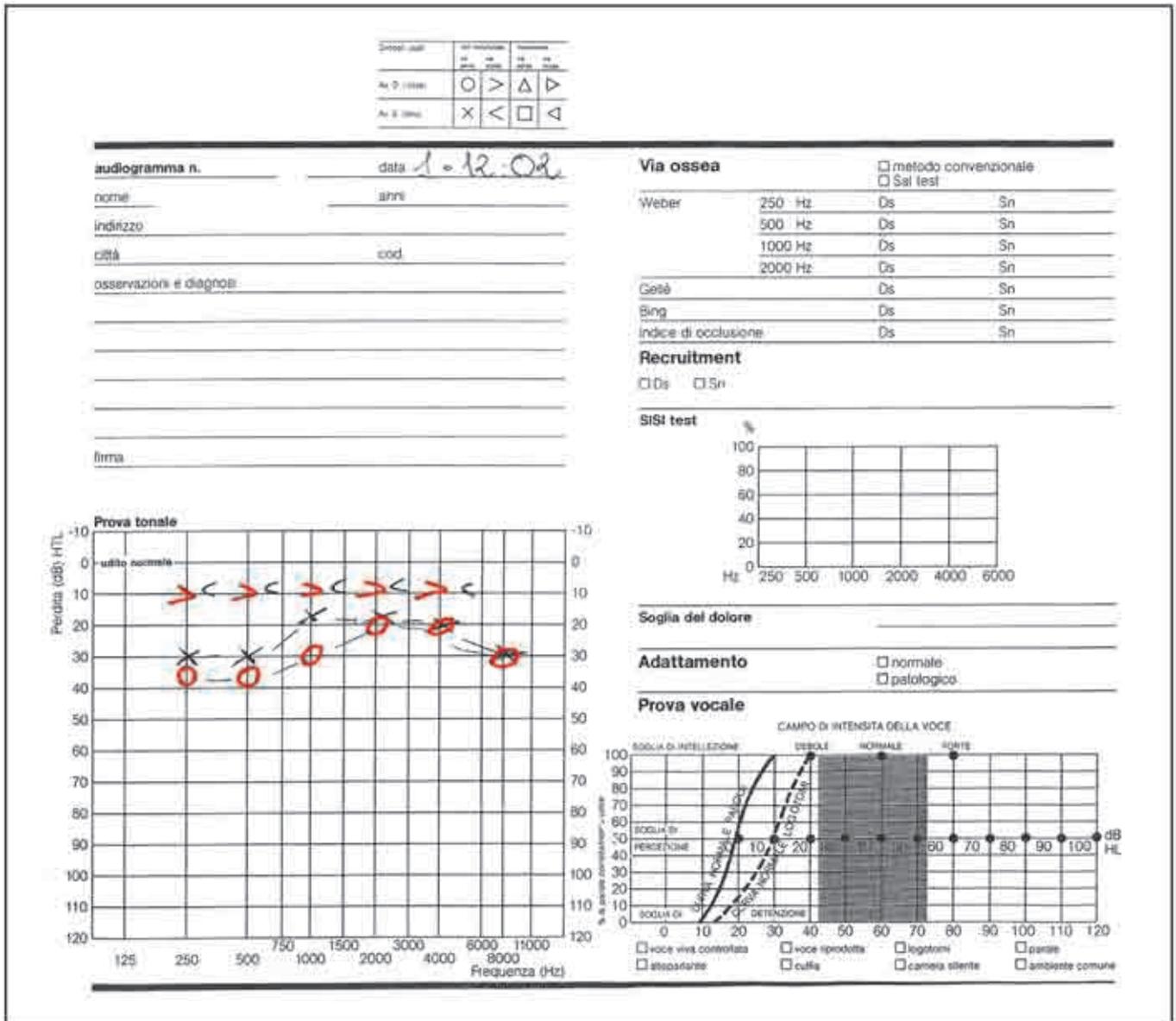


Fig. 2

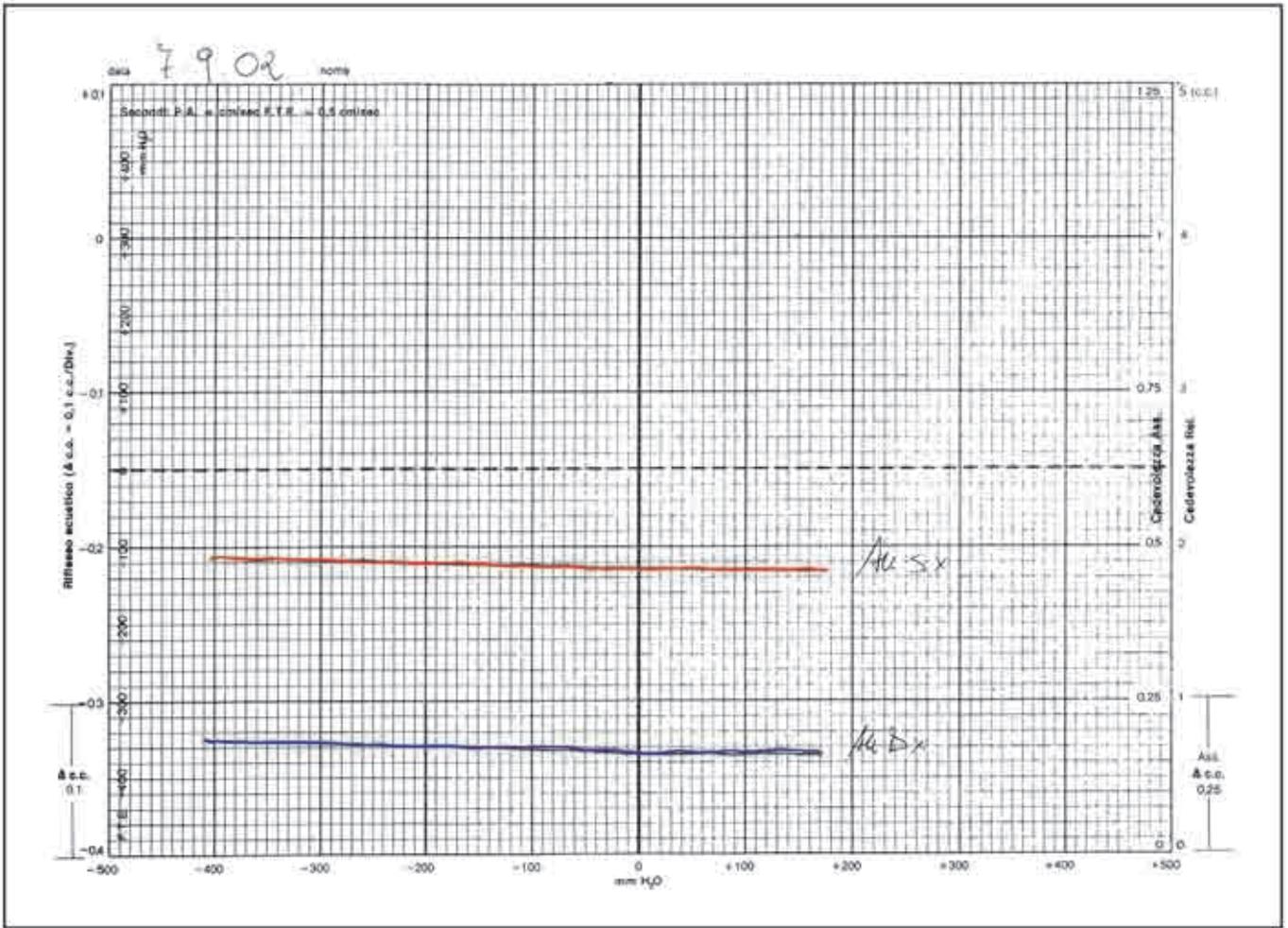


Fig. 2
Timpanogramma a T0.

percezione del suono ovattato, se non addirittura nullo, per le frequenze più basse. Il timpanogramma era piatto per entrambe le orecchie in tutti i soggetti, a dimostrare la ridotta elasticità della membrana timpanica e ad avvalorare l'ipotesi che il difetto uditivo fosse provocato dalle secrezioni mucose che avevano difficoltà a defluire (fig. 2). La video-otoscopia ha messo in evidenza la presenza di un essudato muco-purulento in quantità variabile in prossimità dell'imbocco faringeo della tuba uditiva (fig. 3).

Fig. 3



Fig. 3
Video-otoscopia a T0.

Dopo l'espansione palatale (a T1) sono stati effettuati i medesimi esami strumentali:

- l'audiogramma eseguito per frequenze tra 250 e 1000Hz non registrava alcun miglioramento eccetto che per quattro soggetti, dei quali uno solo manifestava il miglioramento in entrambe le

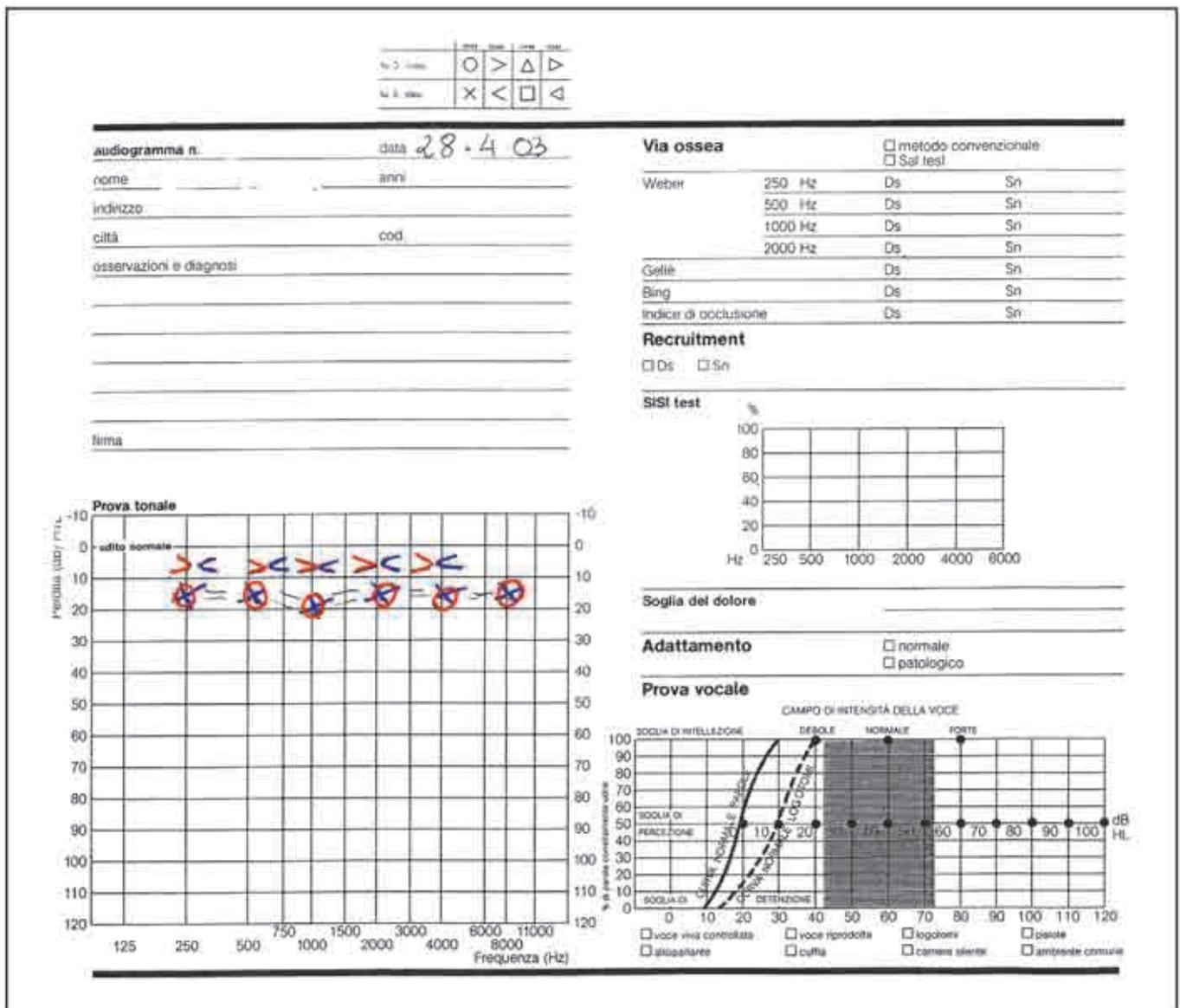
- orecchie e i restanti tre limitatamente a un solo orecchio;
- per frequenze tra 1000 e 2000Hz si avevano lievi miglioramenti in tutti i soggetti, che poi risultavano nel range normale per frequenze tra 2000 e 4000Hz;
- il timpanogramma è risultato piatto in tutti i soggetti a eccezione di quattro, due dei quali hanno mostrato un lieve miglioramento relativo a entrambe le orecchie;

Il timpanogramma e l'audiogramma sono stati ripetuti a distanza di otto mesi dall'espansione (T2) per valutare gli effetti della terapia ortopedica maxillare dopo il periodo di contenzione:

- l'audiogramma ha rivelato un totale ripristino della funzione uditiva: i valori stimati in decibel e Hertz erano del tutto simili a quelli considerati nella norma per tutti i soggetti e in entrambe le orecchie (fig. 4);
- il timpanogramma proponeva un grafico con il tipico aspetto "a campana", segno questo di un

Fig. 4
Audiogramma a T2.

Fig. 4



totale recupero dell'elasticità della membrana timpanica, per cui la funzione risultava perfettamente normale (fig. 5);

- la video-otoscopia ha mostrato un ostio tubarico retrofaringeo libero e privo di muco (fig. 6).

La valutazione eseguita a T1 ha dimostrato che le due settimane necessarie per l'attivazione dell'apparecchio non erano state sufficienti a permettere la fuoriuscita di tutta la secrezione mucosa dall'interno

dell'orecchio. Al tempo T1, infatti, la membrana timpanica è risultata in grado di recuperare solo parte delle sue proprietà elastiche: il miglioramento ottenuto era evidenziato dall'esame audiometrico per frequenze comprese tra 1000 e 4000Hz, ma non per frequenze inferiori (250-1000Hz).

A distanza di otto mesi (T2), tuttavia, vi è stato un completo recupero della funzione uditiva per ogni tipo di frequenza, dalla più bassa (250Hz) alla più

Fig. 5

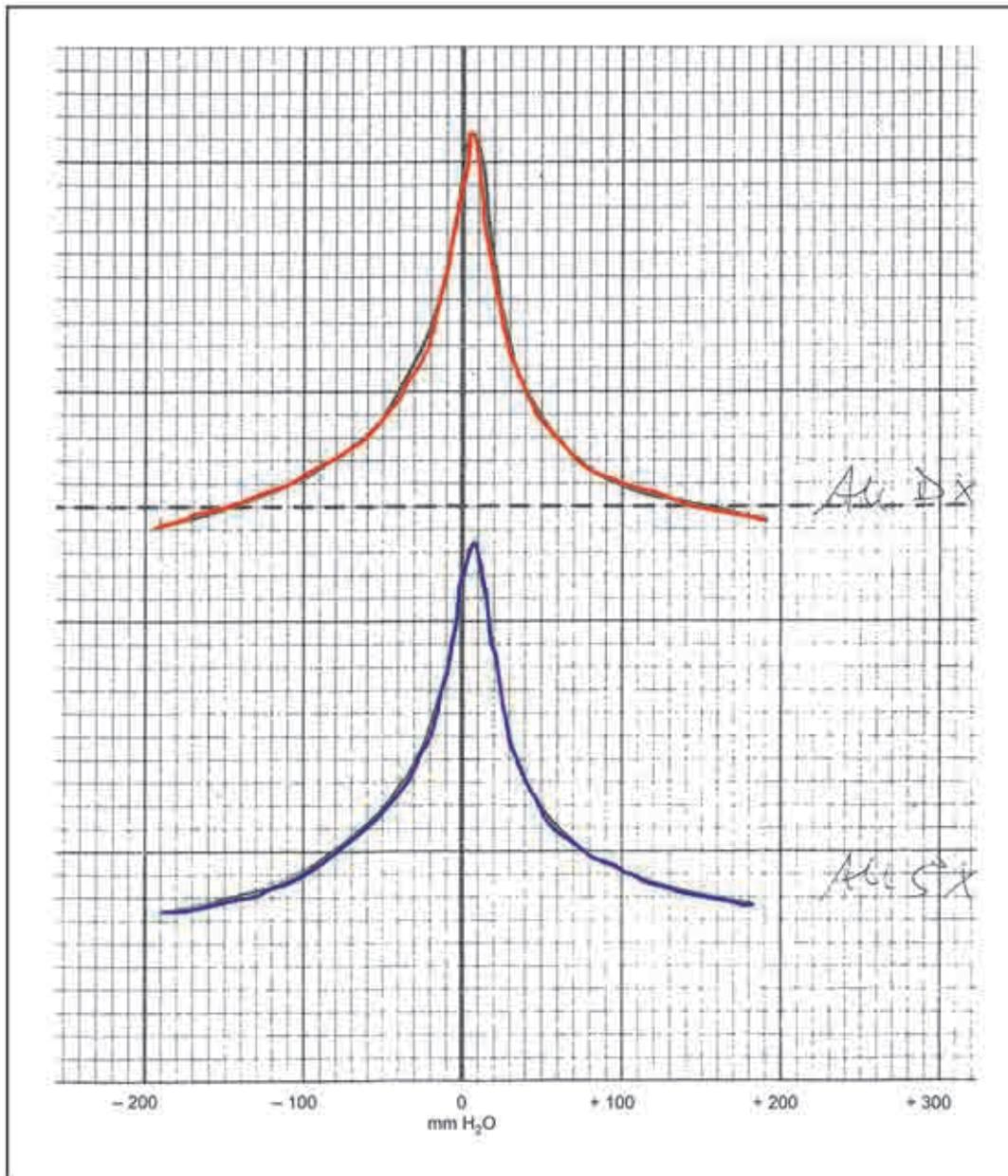


Fig. 5

Timpanogramma a T2.

Fig. 6

Video-otoscopia a T2.

Fig. 6



alta (4000 Hz). Tale miglioramento, risultato più significativo dopo il periodo di contenzione, dimostra che dopo la correzione anatomica è necessario che trascorra un certo periodo di tempo affinché si abbia l'eliminazione completa del muco stagnante. La valutazione statistica dei risultati, eseguita con metodo ANOVA, che permette tramite l'analisi della varianza di paragonare due o più gruppi di dati confrontando la variabilità interna a questi gruppi con la variabilità tra i gruppi, ha rivelato un miglioramento dell'udito statisticamente significativo in tutti i pazienti che presentavano un'ipoacusia del tipo descritto.

A distanza di cinque anni i pazienti oggetto dello studio sono stati richiamati per un nuovo controllo (questo studio si presenta come l'unico con un follow-up a così lungo termine). La valutazione degli effetti della terapia con disgiuntore rapido sulla capacità uditiva, registrati al tempo T3 (a distanza di cinque anni dall'intervento terapeutico) per i soli 11 pazienti (3 maschi e 8 femmine) dei 25 soggetti del campione originario che si sono resi disponibili per la prova, ha messo in evidenza che:

- l'audiometria compresa tra 250 e 1000 Hz indicava per tutti i soggetti una capacità uditiva normale; in particolare, l'audiogramma era per 2 soggetti identico a quello registrato a T2 (dopo il periodo di contenzione), mentre per tutti gli altri soggetti si è riscontrato un

miglioramento, che in 4 casi riguardava solo l'orecchio destro e nei restanti 5 era relativo a entrambe le orecchie;

- l'audiogramma eseguito tra 1000 e 2000 Hz presentava per tutti i soggetti valori nel range della norma; per 5 soggetti era identico a quello registrato a T2 e per i restanti sei si sono avuti invece lievi miglioramenti alternativamente all'uno o all'altro orecchio;
- l'audiogramma tra 2000 e 4000 Hz evidenziava per tutti i soggetti e in entrambe le orecchie la stabilità dei risultati ottenuti, quindi il totale ripristino della funzione uditiva, a eccezione di due casi che manifestavano un lieve miglioramento per entrambe le orecchie;
- il timpanogramma assumeva per tutti i soggetti analizzati il caratteristico aspetto "a campana", identico a quello registrato dopo il periodo di contenzione, a dimostrazione della stabilità a distanza del recupero di elasticità e funzionalità della membrana timpanica.

Gli autori dichiarano che lo studio presentato è stato realizzato in accordo con gli standard etici stabiliti dalla Dichiarazione di Helsinki e che il consenso informato è stato ottenuto da tutti i partecipanti prima del loro arruolamento allo studio

Conclusioni

In pazienti affetti da perdita di udito di origine conduttiva associata a una discrepanza del mascellare, l'espansione del palato può favorire una ripresa della funzione uditiva riportando a un funzionamento più fisiologico l'apertura dell'ostio della faringe della tuba di Eustachio. Il miglioramento del deficit uditivo può essere considerato una conseguenza positiva dell'espansione, ma il disgiuntore non deve essere pensato come un elemento terapeutico dove esiste un'ipoacusia non accompagnata da una contrazione del mascellare superiore.

Conflitto di interessi

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamento allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti per il presente studio.

Bibliografia

- Laptook T. Conductive hearing loss and rapid maxillary expansion. Report of a case. *Am J Orthod* 1981;80:325-31.
- Ceylan I, Oktay H, Demirci M. The effect of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. *Angle Orthod* 1996;66:301-8.
- Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the mid-palatal suture. *Angle Orthod* 1961;31:73-90.
- Starnbach HK, Cleall JF. The effects of splitting the mid-palatal suture on the surrounding structures. *Am J Orthod* 1964;50:923-4.
- Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the mid-palatal suture. *Angle Orthod* 1965;35:200-17.
- Braun F. A contribution of the problem of bronchial asthma and extension of the palatal suture. *Trans Eur Orthod Soc* 1966;42:361-4.
- Haas AJ. Just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod* 1970;57:219-55.
- Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid mid-palatal suture opening. *Am J Orthod* 1970;58:41-66.
- Gray LP. Results of 310 cases of rapid maxillary expansion selected for medical reasons. *J Laryngol Otol* 1975;89:601-14.
- Montgomery W, Vig PS, Staab EV, Matteson SR. Computed tomography: a three-dimensional study of the nasal airway. *Am J Orthod* 1979;76:363-75.
- Frank SW, Engel GA. The effects of maxillary quad-helix appliance expansion on cephalometric measurements in growing orthodontic patients. *Am J Orthod* 1982;81:378-89.
- Doruk C, Sokucu O, Sezer H, Canbay EI. Evaluation of nasal airway resistance during rapid maxillary expansion using acoustic rhinometry. *Eur J Orthod* 2004;26:397-401.
- Doruk C, Sokucu O, Bicakci AA, Yilmaz U, Tas F. Comparison of nasal volume changes during rapid maxillary expansion using acoustic rhinometry and computed tomography. *Eur J Orthod* 2007;29:251-5.
- Chiari S, Romsdorfer P, Swoboda H, Bantleon HP, Freudenthaler J. Effects of rapid maxillary expansion on the airways and ears – a pilot study. *Eur J Orthod* 2009;31:135-41.
- Timms DJ. Some medical aspects of rapid maxillary expansion. *Br J Orthod* 1974;4:127-32.
- Timms DJ. A study of basal movement with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod* 1980;77:500-7.
- Hazar S, Günbay MU, Sandıkçıoğlu M, Kirkim G. Hizli üst çene genişletmesi ve iletim tipi isitme kaybı. *Ege Ortod* 1992;1:15-7.
- Taspinar F, Ucuncu H, Bishara SE. Rapid maxillary expansion and conductive hearing loss. *Angle Orthod* 2003;73(6):669-73.
- Villano A, Grampi B, Fiorentini R, Gandini P. Correlations between rapid maxillary expansion (RME) and the auditory apparatus. *Angle Orthod* 2006;76(5):752-8.
- Cozza P, Di Girolamo S, Ballanti F, Panfilio F. Orthodontist-otorhinolaryngologist: an interdisciplinary approach to solve otitis media. *Eur J Pediatric Dent* 2007;2:83-8.
- Kilic N, Oktay H, Selimoğlu E, Erdem A. Effects of semirapid maxillary expansion on conductive hearing loss. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(6):846-51.
- Kilic N, Kiki A, Oktay H, Selimoğlu E. Effects of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. *Angle Orthod* 2008;78(3):409-14.
- Balboni GC. *Anatomia umana*;2 Milano: Edi-Ermes; 1990.
- Jury SC. Prevention of severe mucosecretory ear disease and its complications in patients with cleft lip and palate malformations. *Folia Phoniater Logop* 1997;49:177-80.
- Bluestone CD. Studies in otitis media: children's hospital of Pittsburgh-University of Pittsburgh progress report 2004. *Laryngoscope* 2004;114(Suppl 105):1-26.
- Rudolph AM. *Pediatrics*. 16th ed. New York: Appleton-Century Crofts; 1977. p.954-68.
- Hershey HG, Stewart BL, Warren DW. Changes in nasal airway resistance associated with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod* 1976;69(3):274-84.
- Fingerroth AI. Ortodontic-orthopedics as related to respiration and conductive hearing loss. *J Clin Pediatr Dent* 1991;15:83-9.
- Pirelli P, Marullo MN, Casagrande M, Tornaghi M. Espansione rapida del mascellare: effetti sulla funzionalità respiratoria e uditiva. *Mondo Ortod* 1995;2:129-35.