

Effetti del trattamento ortodontico sull'attività dei muscoli masticatori

Effects of orthodontic therapy on masticatory muscles activity

Elena Di Palma, Michele Leopardi, Vincenzo Parziale, Maria Lucci, Claudio Chimenti

Università degli Studi di L'Aquila, Dipartimento di Scienze Chirurgiche, Insegnamento di Ortognatodonzia: Prof. C. Chiment

PAROLE CHIAVE

Elettromiografia, muscoli masticatori, trattamento ortodontico.

KEY WORDS

Electromyography, masticatory muscles, orthodontic treatment.

SUMMARY

Aim of the work: the aim of the study was to evaluate changes induced by orthodontic therapy on masseter and anterior temporalis muscles activity.

Materials and Method: 16 patients, 8 males and 8 females aged 12 – 23 years, were enrolled. All subjects had an Angle Class I malocclusion with a crowding of 6 mm in both arches. They were treated with Edgewise Straight-wire appliance. Surface electromyography (sEMG) was performed on all patients before therapy and 6 months after the end of the 2-year treatment. To verify the neuromuscular equilibrium, the EMG activities were recorded during maximum voluntary teeth clench and analysed calculating: POC (index of the symmetric distribution of the muscular activity determined by the occlusion); TORS (index of presence of mandibular torque) and ATTIV (index suggesting the position of occlusal centre of mass). The total muscular activity was also calculated. Pre- and post-orthodontic therapy electromyographic values were compared with Student t-test for paired samples.

Results: After treatment, all subjects attained a good neuromuscular equilibrium (POC and TORS values within normal limits), with a negative ATTIV index (temporalis muscle activity larger than masseter muscle one).

Conclusions: The results underline the importance of sEMG analysis to verify a valid orthodontic goal not only from an aesthetical point of view but also from a functional one.

Introduzione

L'obiettivo primario del trattamento ortodontico è portare i denti in una relazione ideale che garantisca, non solo l'estetica, ma anche una corretta funzione (1).

Per valutare il raggiungimento di una occlusione morfologicamente corretta possiamo servirci di diversi esami (esame clinico, esame dei modelli, esame cefalometrico, esame radiografico, analisi fotografica); mentre per valutare la funzione abbiamo necessariamente bisogno dell'esame elettromiografico visto che la componente funzionale dell'occlusione sono i muscoli (2).

Un'apparecchiatura ortodontica modifica l'occlusione

del paziente, per cui l'attività muscolare dovrebbe essere registrata prima e dopo il trattamento (1, 3) per valutare gli eventuali cambiamenti accorsi.

La quasi totalità degli autori, in letteratura, sostiene che i valori elettromiografici misurati in microVolt (μV), dopo il trattamento ortodontico, risultano essere migliori (maggiori) di quelli rilevati prima del trattamento, durante il clench (4-7). Il trattamento ortodontico, infatti, cambiando la direzione del carico occlusale influenza l'input sensoriale proveniente dai meccanocettori del legamento parodontale, e, dunque, modifica l'output trigeminale e di conseguenza l'attività muscolare (feedback) (8).

I denti e i meccanocettori del legamento parodontale

sono più sensibili alle forze non-assiali rispetto a quelle dirette lungo il loro asse.

Oltre alla direzione del carico oclusale sui singoli elementi dentari, è importante anche il numero di contatti in occlusione ovvero la superficie su cui agisce il carico oclusale. Infatti al diminuire dei contatti occlusali aumenterà la forza che agisce sugli elementi dentari in occlusione che dunque saranno maggiormente sollecitati. In conclusione, secondo i dati assunti dalla letteratura, il trattamento ortodontico comporta un miglioramento dell'attività muscolare, valutata elettromiograficamente, quando questo è finalizzato ad ottenere una corretta relazione oclusale senza interferenze e con il maggior numero possibile di contatti nella massima intercuspidazione.

I dati derivanti dalla letteratura devono essere assunti in maniera relativa, poiché diverse sono le metodiche e le apparecchiature utilizzate per l'esame elettromiografico e diverse sono le analisi effettuate dai diversi Autori.

Il miglioramento dell'attività muscolare riportato dai vari Autori, inoltre, riguarda principalmente l'attività elettrica dei muscoli, mentre viene poco analizzata la loro simmetria funzionale; questo è un approccio incompleto all'analisi dell'attività muscolare poiché non è auspicabile un aumento dell'attività elettrica dei muscoli indagati, a discapito della loro simmetria. Inoltre la sola attività elettrica è un valore che presenta una scarsa ripetibilità.

Al termine del trattamento ortodontico, se i muscoli sono bilanciati (durante il serramento), avremo un risultato stabile nel tempo, mentre se i muscoli non sono bilanciati, probabilmente, il risultato non sarà stabile (3), infatti, il trattamento ortodontico in alcuni casi può provocare un alterato equilibrio neuromuscolare, e in tal caso la recidiva sarà un fisiologico tentativo del sistema stomatognatico di ritornare ad un equilibrio neuromuscolare accettabile (9).

Al fine di avere una visione globale dell'attività dei muscoli masticatori, in questo lavoro si è ritenuto indispensabile considerare la simmetrica distribuzione dell'attività muscolare.

Materiali e metodi

È stata indagata l'attività dei muscoli masseteri e temporali anteriori destri e sinistri per comprendere se il miglioramento morfologico dell'occlusione comporta un cambiamento dell'attività muscolare.

Il gruppo di studio è composto da 16 pazienti, 8 maschi e

8 femmine, di età compresa fra i 12 e 23 anni, selezionati presso il reparto di Ortognatodonzia dell'Università degli Studi di L'Aquila.

Tutti i soggetti presentavano una malocclusione di I Classe con un affollamento minore di 6 mm in entrambe le arcate.

È stato effettuato per ogni paziente un trattamento ortodontico con apparecchiatura Edgewise Straight-wire al fine di ottenere un'occlusione estetica e funzionale (stabilità posteriore, guida incisiva e protezione canina) rispondente alle sei chiavi di Andrews nel rispetto dell'armonia e delle proporzioni del viso.

Per valutare l'equilibrio neuromuscolare dell'occlusione in condizioni statiche i pazienti sono stati valutati con un'analisi elettromiografica di superficie dei muscoli masseteri e dei muscoli temporali anteriori di destra e di sinistra (10).

Ciascun paziente è stato sottoposto ad esame elettromiografico effettuato prima dell'inizio della terapia ortodontica (durata 2 anni circa) e dopo 6 mesi dal termine della terapia stessa (11, 12). Secondo alcuni studi, infatti, le valutazioni elettromiografiche per essere attendibili devono essere effettuate quando l'apparecchiatura è stata rimossa, in modo da evitare che l'analisi sia inficiata dal discomfort del paziente generato dall'apparecchiatura, e, possibilmente, ad una distanza temporale di 6 mesi da tale evento in modo che il sistema neuromuscolare possa adattarsi alla nuova condizione oclusale e venga cancellato il precedente engramma muscolare (13-15).

Tutti i pazienti hanno dato il loro consenso informato alle procedure elettromiografiche, tutte non pericolose e non fastidiose.

Elettrodi bipolari di superficie sono stati posizionati sui ventri muscolari parallelamente al decorso delle fibre muscolari secondo quanto segue:

- muscolo massetere; dopo la palpazione del ventre muscolare durante il serramento, l'elettrodo viene posizionato parallelamente alle fibre muscolari a circa 3 cm dall'angolo mandibolare, con il polo superiore dell'elettrodo all'intersezione tra la linea di congiunzione tra commissura labiale e trago e la linea exocanthion-gonion;
- muscolo temporale anteriore; l'elettrodo viene posizionato verticalmente lungo il margine anteriore del muscolo che corrisponde pressappoco alla sutura fronto-parietale.

Sono stati utilizzati elettrodi bipolari monouso con un diametro di 10 mm e una distanza inter-elettrodo di 21 ± 1

mm; un elettrodo monopolare di terra è stato posizionato sulla fronte. Prima dell'applicazione degli elettrodi, per ridurre l'impedenza cutanea, la cute viene accuratamente detersa con cotone idrofilo imbevuto di alcol al fine di eliminare la secrezione sebacea e gli strati cheratinici desquamanti.

L'attività EMG è stata registrata utilizzando quattro degli otto canali dell'elettromiografo Freely-De Gotzen (Legnano, Milano). Ciascuna registrazione è stata eseguita con il paziente seduto con il busto ben eretto e la schiena priva di sostegno, la testa in asse con il torace a formare un angolo di 90° con le cosce e le gambe flesse a 90° circa, lo sguardo rivolto verso l'orizzonte. In ogni seduta sono state eseguite due registrazioni elettromiografiche:

- una registrazione di standardizzazione dei potenziali EMG in cui il paziente viene invitato ad eseguire una prova di massimo serramento volontario (MVC) di 3 sec, su rotoli di cotone posizionati tra i secondi premolari e i primi molari mandibolari;
- una registrazione elettromiografica in massimo serramento volontario di 3 sec nella posizione di massima intercuspidação senza rotoli di cotone, invitando il paziente a serrare con la massima forza possibile e a mantenere lo stesso livello di contrazione per tutta la durata della prova.

Il segnale EMG analogico è stato amplificato, digitalizzato e filtrato digitalmente. Il software dedicato ha elaborato gli indici elettromiografici. In modo particolare in questo lavoro sono stati valutati per ogni paziente gli indici POC, di attivazione (ATTIV) e il TORS. In breve, l'indice POC (Percent Overlapping Coefficient) è elaborato attraverso l'analisi delle "forme d'onda" dei tracciati elettromiografici ottenuti dalle registrazioni in massimo serramento volontario (MVC) su rotoli di cotone e in posizione di massima intercuspidação senza cotone. I tracciati elettromiografici dei muscoli appaiati vengono sovrapposti e viene calcolato il rapporto tra l'area di sovrapposizione e l'area totale. L'indice POC è quindi un indice di simmetria dell'attività muscolare. Viene calcolato oltre che per coppie di muscoli omologhi (POC masseteri, POC temporali), anche per l'attività muscolare complessiva (POC totale). Se i due muscoli omologhi si contraggono con perfetta simmetria, ci si aspetta un POC superiore al 100%, ma si ritengono comunque accettabili valori del POC superiori a 85% mentre valori inferiori a 85% stanno ad indicare una situazione di asimmetria dell'attività elettromiografica dei due muscoli clinica-

mente inaccettabile. In condizioni di normalità, l'attività muscolare dei temporali è predominante in posizione di riposo e in occlusione centrica, mentre durante il serramento prevale l'attività muscolare dei masseteri. Tuttavia, contatti occlusali prevalenti nei settori anterolaterali (fino al primo o secondo premolare) definiscono un baricentro occlusale anteriore che determina una prevalente attività del temporale anteriore anche in serramento, mentre una prevalenza di contatti a livello molare è correlata ad una prevalente attività del massetere (16). L'indice di attivazione (ATTIV) viene calcolato per consentire un confronto quantitativo tra l'attività muscolare di masseteri e temporali e rende idea dell'area di prevalenza dei contatti e del baricentro occlusale. I suoi valori sono compresi in un intervallo da -100% a +100, dove il segno negativo indica la prevalenza dei muscoli temporali, mentre il segno positivo indica la prevalenza dei muscoli masseteri. In condizioni di normalità ci si aspetta che in serramento prevalgano i muscoli masseteri e quindi un'attivazione positiva. L'indice TORS, infine, esprime l'esistenza o meno di una coppia muscolare (temporale dx- massetere sx e viceversa) che esercita in effetto laterodeviante sulla mandibola. Esso può assumere valori compresi tra 0% e 100%. L'indice è nullo in condizioni di perfetta simmetria muscolare (POC = 100%). Quando l'indice tende verso valori maggiori di 10% indica la presenza di una coppia muscolare laterodeviante la mandibola verso sinistra (sx) oppure verso destra (dx).

La ripetibilità delle registrazioni elettromiografiche dei muscoli masseteri e temporali anteriori è già stata ampiamente testata nei laboratori del FARC e presso il reparto di ortognatodonzia dell'Università degli Studi di L'Aquila (17).

Dall'esame elettromiografico effettuato prima del trattamento ortodontico si è evidenziato che tutti i pazienti, nonostante la malocclusione, presentavano un'attività muscolare simmetrica (gli indici di attività muscolare POC e TORS presentavano valori nella norma); mentre i valori dell'indice d'attivazione erano prossimi allo zero (tab. 1).

Risultati

L'esame elettromiografico effettuato ai pazienti dopo 6 mesi dal termine della terapia (durata 2 anni circa) mostra, come si può evidenziare dalla tabella, che gli indici di POC e TORS (indici con un'elevata ripetibilità e riproducibilità) si sono mantenuti nella norma all'inter-

| | | POC m (%) | POC t (%) | TORS (%) | ATTIV(%) | Impact $\mu V \mu V \cdot s$ % |
|--------------|-------|-----------|-----------|----------|----------|--------------------------------|
| Prima | Media | 88.66 | 88.10 | 92.03 | -0.48 | 110.50 |
| | SD | 1.70 | 1.69 | 1.12 | 6.02 | 15.47 |
| Dopo | Media | 86.78 | 87.80 | 91.75 | -5.33 | 94.19 |
| | SD | 2.10 | 1.68 | 0.79 | 3.05 | 16.43 |
| <i>P</i> | | 0.021 | NS | NS | 0.020 | 0.001 |

POC (Percentage Overlapping Coefficient): indice della simmetrica distribuzione dell'attività muscolare tra gli antimeri destro e sinistro, calcolato per masseteri (m) e temporali anteriori(t)
TORS: coefficiente di torque, indice della possibile presenza di momenti torcenti sulla mandibola
ATTIV: attività relative dei muscoli masseteri e temporali anteriori
p: valore di probabilità del t-test di student per campioni appaiati
NS: non significativo ($p > 0.05$)

Tab. 1. Variabili elettromiografiche calcolate per 16 pazienti prima e dopo trattamento ortodontico.

no dei valori medi di riferimento in tutti i pazienti esaminati, stando ad indicare una simmetrica attività muscolare dei masseteri e dei temporali anteriori.

Per quanto riguarda l'indice d'attivazione (ATTIV), dall'esame elettromiografico è risultata una negativizzazione di tale indice (tab. 1).

Caso clinico

Qui di seguito, a scopo esemplificativo, è riportato uno

dei pazienti (femmina 12 anni) presi in esame in quest'indagine. Dall'esame fotografico effettuato al check-up iniziale si evidenzia una normodivergenza e un profilo diritto; i tessuti molli sono ben sostenuti (Fig. 1 e 2). All'esame clinico delle arcate e sui modelli di studio si evidenzia una prima classe molare e canina con lieve affollamento in entrambe le arcate (fig. 3 e 4). Dall'OPT si evidenzia la dentizione della paziente (l'OPT è stata eseguita prima dell'inizio del check-up quando il 15, 17, 27, non erano completamente erotti) (fig. 5). Dal telecranio in postero- anteriore (fig. 6) si evidenzia la simmetria

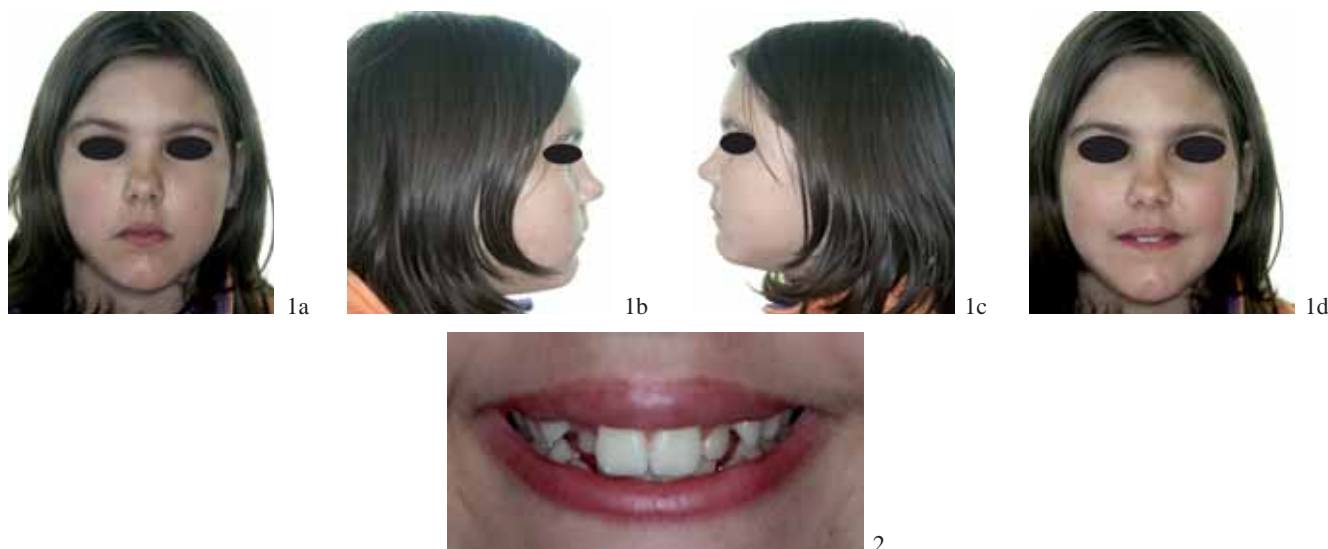


Fig. 1 - 2. Foto extra-orali del check-up iniziale.



Fig. 3. Foto inta-orali del check-up iniziale.

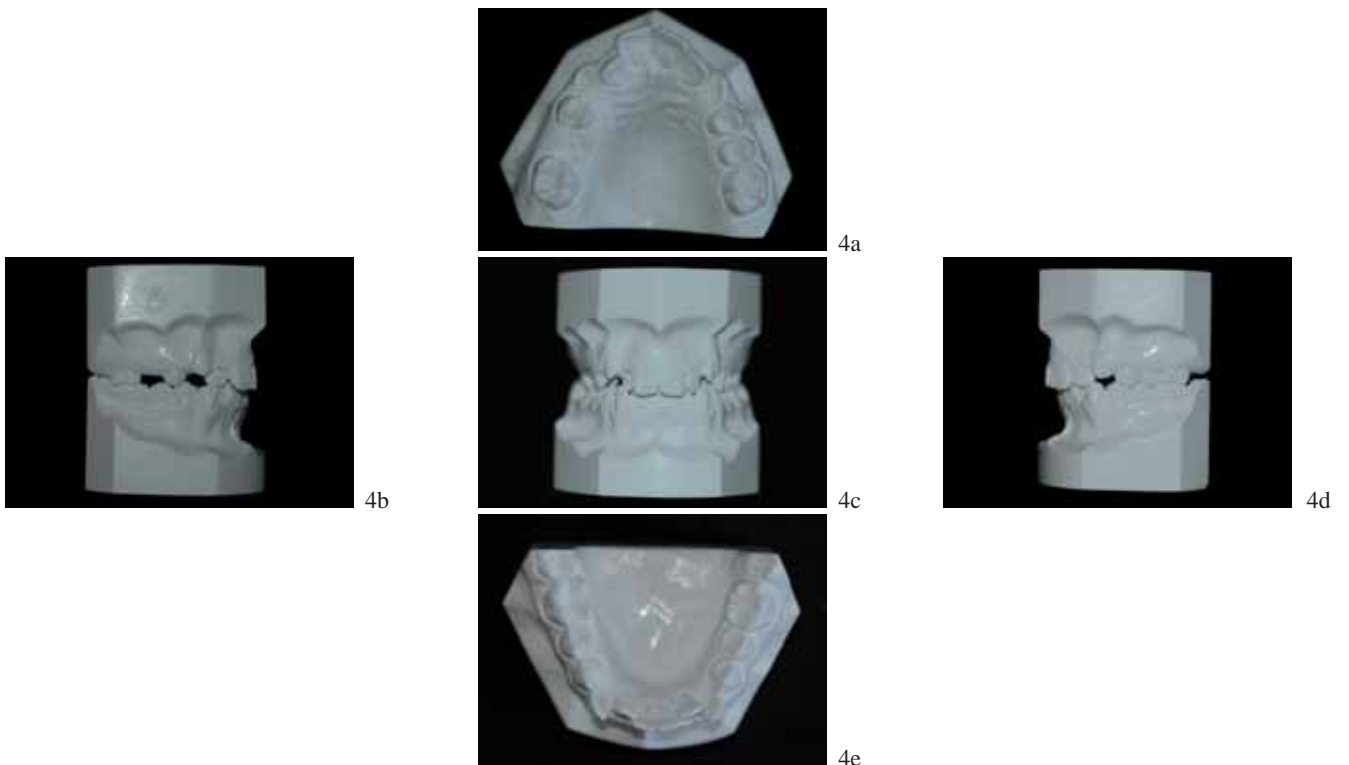


Fig. 4. Modelli iniziali di studio.



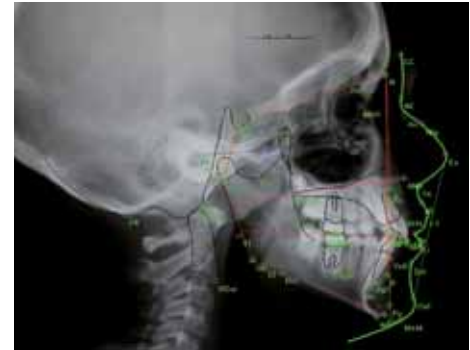
5

Fig. 5. OPT pre-trattamento.



6

Fig. 6. Telecranio in proiezione P-A pre-trattamento.



7a

| MISURE SCHELETRICHE ORIZZONTALI | | | |
|----------------------------------------|---------|-------|----------|
| 1) SNA | 75.64° | 82.0 | 2.04 --- |
| 2) SNB | 73.77° | 80.0 | 2.04 --- |
| 3) Angolo ANB | 1.86° | 2.0 | 2.04 |
| 4) Dist. di A da McNameera | -1.92mm | 0.0 | 2.04 |
| 5) Dist. di Po da McNameera | -5.52mm | -4.0 | 2.04 - |
| 6) Indice di WITS | -0.11 | -1.0 | 2.04 |
| MISURE SCHELETRICHE VERTICALI | | | |
| 7) Angolo GoGn-SN | 39.98° | 32.0 | 2.04 ** |
| 8) Angolo tra Mandib. e Francoforata | 26.60° | 24.0 | 4.04 |
| 9) Angolo tra palatale e mandibol. | 30.48° | 29.0 | 3.04 |
| MISURE REFERITE AI DENTI ANTERIORI | | | |
| 10) Dist. lineare Inc. Sup. da A-Po | 9.27mm | 8.0 | 2.04 * |
| 11) Dist. lineare Inc. Inf. da A-Po | 2.88mm | 2.0 | 2.04 |
| 12) Angolo tra Inc. Sup. e P.palatale | 109.40° | 110.0 | 1.04 |
| 13) Angolo tra Inc. Inf. e P.mandibol. | 91.82° | 93.0 | 3.04 |

| VALORI DI JARABAK | | | |
|-----------------------------|---------|-------|----------|
| 14) S*P*As | 121.19° | 123.0 | 1.04 |
| 15) S*As*Go | 145.01° | 143.0 | 2.04 |
| 16) As*Go*Me | 132.75° | 130.0 | 2.04 |
| 17) S*Go*Ar | 146.02° | 140.0 | 2.04 +++ |
| 18) S*Go*Me | 76.71° | 70.0 | 2.04 +++ |
| LINEA ESTETICA | | | |
| 19) Distanza Li-E | -2.40mm | -4.0 | 2.04 |
| 20) Distanza Li-E | -2.88mm | -3.0 | 2.04 |
| DISTANZE | | | |
| 21) Base Cranio-Arcoalveare | 73.72mm | 71.0 | 2.04 |
| 22) Lunghezza Mandibolare | 66.22mm | 71.0 | 0.04 |

7b

Fig. 7. Telecranio in proiezione L-L e tracciato cefalometrico.

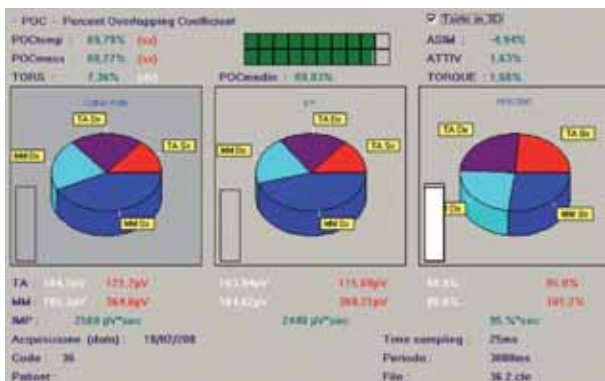


Fig. 8. Esame elettromiografico pre-trattamento ortodontico.

del massiccio facciale. Dall'esame cefalometrico eseguito su telecranio in proiezione latero-laterale (fig. 7) si evidenzia la normodivergenza, la I classe scheletrica e tutte le altre informazioni utili alla diagnosi. L'esame elettromiografico prima del trattamento (fig. 8) rivela valori di POC normali sia per quanto riguarda i muscoli masseteri che temporali. Presentano valori nei range di normalità anche l'indice di Attivazione (ATTIV), l'indice di TORS e l'impact. La paziente presenta, quindi un'occlusione

equilibrata dal punto di vista elettromiografico.

Dall'esame delle arcate si evidenzia la risoluzione della malocclusione al termine della terapia (fig. 9). All'esame fotografico alla fine del trattamento si evidenzia la normodivergenza e il profilo diritto con i tessuti molli ben sostenuti (fig. 10 e 11). L'esame elettromiografico dopo il trattamento rivela valori di POC normali sia per quanto riguarda i muscoli masseteri che temporali. Presentano valori nella norma l'indice di TORS e l'impact. L'indice di attivazione è negativo (fig. 12).

Conclusioni

Valutazioni morfologiche dell'asimmetria cranio-facciale sono diventate una parte usuale della caratterizzazione sia di soggetti normali sia di soggetti affetti da patologie dell'apparato stomatognatico. D'altra parte le valutazioni funzionali della simmetria del complesso cranio-facciale sono meno usuali e riguardano comunque gli schemi dei movimenti mandibolari e l'attività dei muscoli masticatori. Gli schemi di contrazione di coppie muscolari possono essere investigati per mezzo dell'elettromiografia di superficie. La sEMG consente di monitorare e di indagare su alcuni dei principali muscoli coinvolti nella masti-

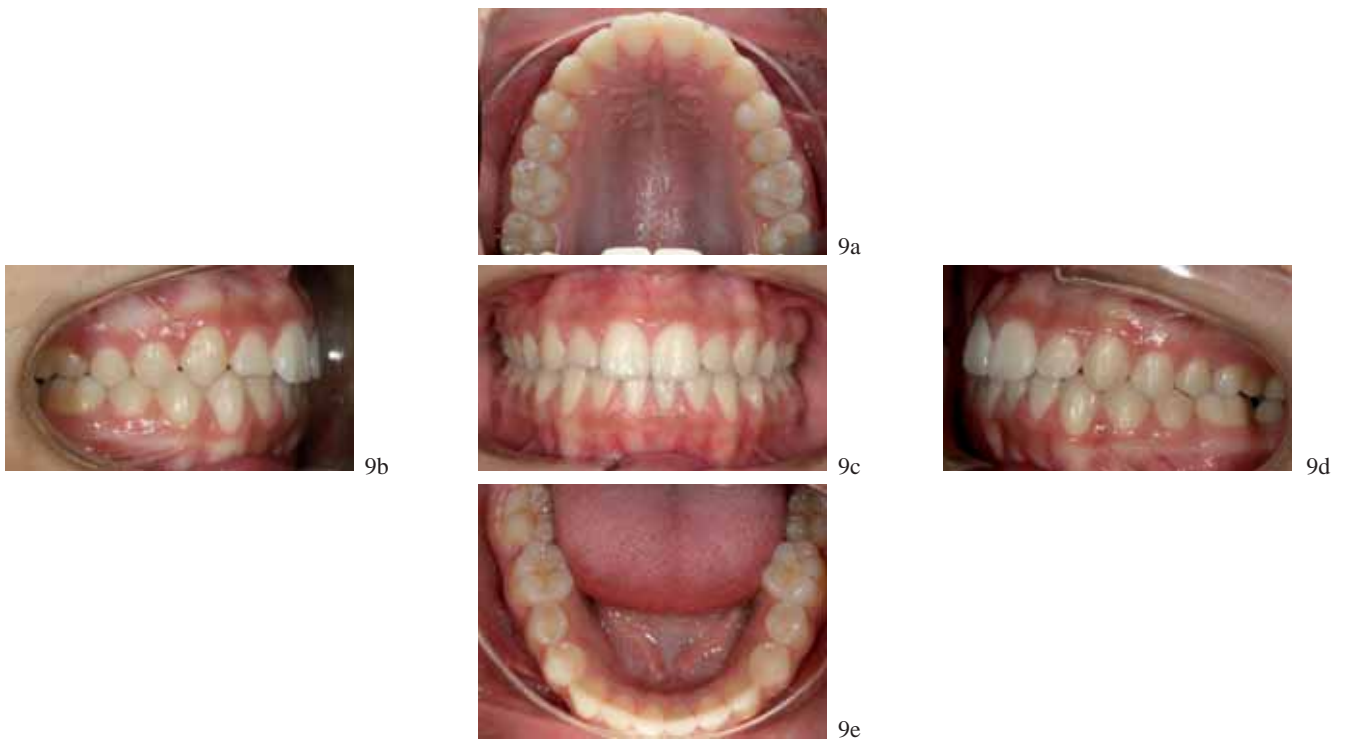


Fig. 9. Foto intra-orali del check-up post-trattamento.



Fig. 10-11. Foto extra-orali del check-up post-trattamento.

cazione, nella deglutizione, nella postura della testa (masseteri, temporali, digastrici anteriori e sternocleido-

mastoidei), con risultati che si sono dimostrati essere ben riproducibili quando ottenuti con protocolli ben standar-



Fig. 12. Esame elettromiografico post-trattamento ortodontico.

dizzati. Il confronto tra i valori degli indici elettromiografici pre e post-trattamento ortodontico ha permesso di valutare gli effetti della terapia sulla funzione dei muscoli temporali anteriori e masseteri.

Dai risultati dell'indagine si evince che dopo il trattamento ortodontico, a distanza di 2 anni e 6 mesi dalla prima rilevazione elettromiografica, permane una buona simmetria dell'attività muscolare dei temporali anteriori e dei masseteri di entrambi i lati, evidenziata da indici di POC e di TORS nella norma in tutti i pazienti esaminati. D'altro canto, i valori dell'indice d'attivazione (ATTIV), all'interno di un range negativo, stanno ad indicare che, durante la contrazione in massima intercuspidação, il rapporto tra masseteri e temporali non è soddisfacente, ovvero i temporali si attivano rispetto ai masseteri più di quanto non dovrebbero. Questi valori indicano che il baricentro occlusale si è spostato anteriormente il che comporta, durante la massima contrazione, carichi maggiori sulle articolazioni temporomandibolari come dimostrato dagli studi di Ferrario e Sforza (16).

Il cambiamento di posizione del baricentro, messo in luce dall'indice d'attivazione, è confermato all'esame clinico; infatti, con le cartine d'articolazione (Shimstock, metal foil for occlusion testing, 8 mm x 5mm x 8 µm) in tutti i pazienti del gruppo esaminato, si evidenzia almeno un contatto occlusale a livello del gruppo frontale (da canino a canino).

Terminare i casi con contatti sui denti anteriori è una caratteristica intrinseca delle apparecchiature straight-wire che porta ad un livellamento della curva di Spee. Ciò deve farci riflettere sulla necessità di un utilizzo più attento di queste apparecchiature, ponendo attenzione a

terminare i casi senza contatti occlusali anteriori.

Nel corso di quest'indagine l'esame elettromiografico dei muscoli masseteri e temporali anteriori si è rivelato uno strumento affidabile e di facile utilizzo che permette di valutare in modo veloce e non invasivo l'attività dei muscoli masticatori prima e dopo trattamento ortodontico. Le valutazioni elettromiografiche, attraverso gli indici di POC e TORS, permettono di ottenere, con esami strumentali, una prognosi a lungo termine sulla stabilità del risultato ortodontico ottenuto; e allo stesso tempo l'indice di attivazione (ATTIV) consente di quantificare il carico a cui sono sottoposte le articolazioni temporomandibolari (ATM) durante il serramento massimo volontario.

L'esperienza di questo lavoro suggerisce di effettuare l'esame elettromiografico a tutti i pazienti ortodontici, prima e dopo il trattamento, così da avere utili informazioni senza creare nessun tipo di discomfort ai nostri pazienti; sarebbe preferibile a nostro avviso eseguire l'esame elettromiografico post-trattamento prima del debonding, in modo da poter correggere l'occlusione se questa non risultasse adeguata.

Riassunto

Scopo del lavoro: valutare le modifiche indotte dal trattamento ortodontico sull'attività dei muscoli temporali anteriori e masseteri di destra e di sinistra.

Materiali e metodi: 16 pazienti, 8 maschi e 8 femmine, di età compresa fra i 12 e 23 anni, con una malocclusione di I Classe con un affollamento di 6 mm in entrambe le arcate e sono stati trattati con apparecchiatura Edgewise Straight-wire. Sono stati sottoposti ad esame elettromiografico prima e dopo 6 mesi dalla fine della terapia ortodontica, durata 2 anni. Per verificare l'equilibrio neuromuscolare, è stata registrata l'attività elettromiografica dei muscoli masseteri e temporali anteriori di destra e di sinistra in un test di massimo serramento volontario. I tracciati sono stati analizzati calcolando: POC (indice della simmetrica distribuzione dell'attività muscolare determinata dall'occlusione), TORS (indice della possibile presenza di momenti torcenti sulla mandibola) e ATTIV (rapporto tra l'attività di masseteri e temporali, indica la posizione del baricentro occlusale). I valori ottenuti prima e dopo la terapia ortodontica sono stati confrontati con il t-test di Student per dati appaiati.

Risultati: dopo il trattamento ortodontico, in tutti i soggetti si ottiene un buon equilibrio neuromuscolare (indici

di POC e TORS), mentre l'indice ATTIV è negativizzato (maggiore attività dei temporalis rispetto ai masseteri in occlusione).

Conclusioni: i risultati di questo studio evidenziano l'importanza di effettuare un'analisi elettromiografica per verificare che il risultato ortodontico sia valido non soltanto da un punto di vista estetico ma anche dal punto di vista funzionale.

Bibliografia

- Mahony D. Refining occlusion with muscle balance to enhance long-term orthodontic stability. *J Clin Pediatr Dent* 2005;29(2):93-8.
- Ramfjord SP, Ash MM Jr. Significance of occlusion in the etiology and treatment of early, moderate, and advanced periodontitis. *J Periodontol* 1981;52(9):511-7.
- Ferrario VF, Marciandi PV, Tartaglia GM, Dellavia C, Sforza C a Neuromuscular evaluation of post-orthodontic stability: An experimental protocol. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2002;17(4):307-13.
- Miyawaki S, Takada K. Incisor crossbite and repaired unilateral cleft lip and palate: changes in jaw movement and temporalis muscle activity before and after edgewise treatment-case report. *Cleft Palate Craniofac J* 1997; 34(6):533-37.
- Mongini F, Schmid W, Tempia G Improvement of masticatory function after orthodontic treatment. Two case reports. *American J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;105(3):297-303.
- Thomas GP, Throckmorton GS, Ellis E, Sinn DP. The effects of orthodontic treatment on isometric bite forces and mandibular motion in patients before orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53(6):673-8.
- Tanaka E, Iwabe T, Watanabe M, Kato M, Tanne K. An adolescent case of anterior open bite with masticatory muscle dysfunction. *Angle Orthod* 2003;73(5):608-13.
- Sohn BW, Miyawaki S, Noguchi H, Takada K. Changes in jaw movements and jaw closing muscle activity after orthodontic correction of incisor crossbite. *Am Journal Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(4):403-09.
- Nanda RS, Nanda SK. Considerations of dentofacial growth in long-term retention and stability: Is active retention needed? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101(4):297-302.
- Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Ciusa V. An electromyographic investigation of masticatory muscles symmetry in normo-occlusion subjects. *J Oral Rehabil* 2000;27(1): 33-40.
- Miyamoto K, Ishizuka Y, Tanne K. Changes in masseter muscle activity during orthodontic treatment evaluated by a 24-hour EMG system. *Angle Orthod* 1996;66:223-8.
- Goldreich H, Gazit E, Lieberman MA, Rugh JD. The effect of pain from orthodontic arch wire adjustment on masseter muscle electromyographic activity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106(4):365-70.
- Kikuta T, Hara I, Seto T, Yoshioka I, Nakashima T, Yasumitsu C. Evaluation of masticatory function after sagittal split ramus osteotomy for patients with mandibular prognathism. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1994;9(1):9- 17.
- Nagai I, Tanaka N, Noguchi M, Suda Y, Sonoda T, Kohama G. Changes in occlusal state of patients with mandibular prognathism after orthognathic surgery: a pilot study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001 Dec;39(6):429-33.
- Van Den Braber W, Van Der Bilt A, Van Der Glas HW, Bosman F, Rosenberg A, Koole R. The influence of orthognathic surgery on masticatory performance in retrognathic patients. *J Oral Rehabil* 2005;32(4):237-41.
- Ferrario VF, Sforza C. Biomechanical model of the human mandible in unilateral clench: distribution of the temporomandibular joint reaction forces between working and balancing sides. *Prosthetic Denti* 1994; 72(2):169-76.
- Ferrario VF, Sforza C, D'Addona A, Miani A jr. Reproducibility of electromyographic measures: a statistical analysis. *J Oral Rehabil* 1991;18(6): 513-21.

Indirizzo Autore

Michele Leopardi
Università di L'Aquila,
Via Vetoio, Coppito, Edificio Delta 6,
67100 L'Aquila
E-mail: micheleleopardi@alice.it