

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO
SCUOLA DI DOTTORATO IN SCIENZE MORFOLOGICHE, FIOLOGICHE E DELLO SPORT
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOMEDICHE PER LA SALUTE

**DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE MORFOLOGICHE – XXV
CICLO**

**INDAGINI STRUMENTALI ELETTROMIOGRAFICHE
IN PAZIENTI CON DISORDINI
TEMPOROMANDIBOLARI**

Tesi di Dottorato di
GIANLUIGI LODETTI
MATRICOLA: R08704

Tutor: prof.ssa Chiarella Sforza
Coordinatore: prof.ssa Laura Vizzotto

Anno Accademico 2011/2012

A chi ha fatto della conoscenza un dono.

Grazie.

ABSTRACT	pag. 3
1. INTRODUZIONE	pag. 4
1.1 Valutazione clinica: RDC	pag. 5
1.2 Valutazione morfologica e funzionale: RMN, TC, EMG, Sistemi Optoelettronici	pag. 6
1.3 Scopo del lavoro	pag. 8
2. MATERIALI E METODI	pag. 8
2.1 Elettromiografia	pag. 8
2.1.1 Contrazione massima volontaria (MVC)	pag. 12
2.1.2 Protocollo di registrazione	pag. 13
2.1.3 Analisi dei dati - Dominio delle ampiezze (valori RMS)	pag. 13
2.1.4 Analisi dei dati – dominio delle frequenze	pag. 15
2.1.5 Errore del Metodo	pag. 15
2.2 Risonanza Magnetica nucleare (RMN)	pag. 15
2.2.1 Protocollo di acquisizione	pag. 17
2.3 STUDIO 1	
Correlazione tra RDC ed EMG in pazienti TMD cronici	pag. 18
2.3.1 INTRODUZIONE	pag. 18
2.3.2 SOGGETTI E METODI	pag. 19
2.3.3 RISULTATI	pag. 20
2.3.4 DISCUSSIONE	pag. 23
2.4 STUDIO 2	
Correlazione tra RMN ed EMG in pazienti TMD	pag. 27
2.4.1 INTRODUZIONE	pag. 27

2.4.2 SOGGETTI E METODI	pag. 28
2.4.3 RISULTATI	pag. 32
2.4.4 DISCUSSIONE	pag. 35
2.5 STUDIO 3	
Correlazione tra EMG dei muscoli masticatori e dei fasci superiori del trapezio in pazienti TMD	pag. 38
2.5.1 INTRODUZIONE	pag. 38
2.5.2 SOGGETTI E METODI	pag. 40
2.5.3 RISULTATI	pag. 42
2.5.4 DISCUSSIONE	pag. 45
3. DISCUSSIONE FINALE	pag. 51
4. BIBLIOGRAFIA	pag. 53
5. LISTA DELLE ABBREVIAZIONI	pag. 61

ABSTRACT

Surface electromyography (EMG) can make an objective recording of the masticatory muscle function and dysfunction. Normalized EMG data will inform on the influence of occlusion (teeth contact) on the neuromuscular activity, avoiding individual variability (anatomical variations, physiological and psychological status, etc.) and technical variations (muscle cross-talk, electrode position, etc.).

In the first study, the normalized electromyographic characteristics of masticatory muscles in patients with temporomandibular joint disorders (TMD) with long lasting pain (more than 6 months) were analyzed. Overall, patients with long lasting TMD have an increased and more asymmetric standardized activity of their temporalis anterior muscle, and reduced mean power frequencies, relative to healthy controls.

In the second study, a group of TMD patients were categorized according to both RDC/TMD and magnetic resonance imaging (MRI) in patients with disk displacement, osteoarthritis and/or disk displacement. The quantitative sEMG characteristics of their masticatory muscles were examined. A significant correlation between diagnostic data obtained by MRI and sEMG was found, permitting to propose sEMG as a first diagnostic tool, reserving MRI to more complex situations.

In the third study, the surface electromyographic spectral characteristics of masticatory and neck muscles during the performance of maximum voluntary clench (MVC) tasks, were considered. A set of data to characterize the sEMG spectral characteristics of jaw and neck muscles in young adult subjects performing MVC tasks currently in use within the dental field was obtained.

The outcomes suggest that the proposed method could be a useful tool to evaluate functionally altered stomatognathic conditions. Diagnosis of alterations of the stomatognathic apparatus and assessment of the effects of therapy would both profit from this quantitative approach, thus reducing the discordance among several clinical examinations.

1. INTRODUZIONE

La diagnosi ed la pianificazione del trattamento nei pazienti con disordini temporomandibolari (TMD) sono tuttora oggetto di discussione nella comunità scientifica. Questa controversia si basa sul fatto che a tutt'oggi esistono limitate conoscenze sull'eziologia della patologia che coinvolge molto spesso organi di confine. La sintomatologia può essere di conseguenza varia ed estesa. Alcuni sintomi sono squisitamente odontoiatrici e tipici della disfunzione, come dolore a carico delle articolazioni temporomandibolari (ATM) o della muscolatura masticatoria, difficoltà nei movimenti della bocca, che talvolta arriva al blocco, scrosci articolari, irregolarità nel tragitto di chiusura ed apertura, disturbi da parafunzioni. Altre volte, i disturbi sembrano esulare dal distretto masticatorio propriamente detto: si tratta di cefalee, dolori cervicali, vertigini, otalgia.

A quadri di dolore cronico si aggiunge spesso una componente psicogena come fattore aggravante, perpetuante o addirittura scatenante.

Il primo passo nel trattamento efficace dei TMD è una diagnosi accurata che generalmente comincia con un attento esame clinico che dovrebbe portare ad una distinzione delle diverse patologie. A tal fine negli anni sono stati elaborati diversi protocolli per guidare il clinico nel primo approccio al paziente a seconda degli aspetti che si voleva valorizzare. Furono quindi utilizzate classificazioni che consideravano le dislocazioni discali come principali cause della disfunzione (Farrar et al., 1972), oppure altre che enfatizzavano maggiormente il dolore alle articolazioni temporomandibolari come dolore al distretto testa-capo-collo (McNeill, 1993).

Attualmente in letteratura sono utilizzati i Research Diagnostic Criteria (RDC) (Dworkin et al., 1992) che, attraverso una valutazione standardizzata e codificata delle alterazioni muscolari, articolari e psicologiche, permettono di raccogliere dei dati uniformi. Gli algoritmi diagnostici degli RDC sono stati nel tempo rivisti confermando la loro affidabilità e validità per la diagnosi del dolore miofasciale e del dolore articolare alle ATM (Schiffman et al., 2010).

Dati i limiti di una mera valutazione clinica, l'odontoiatra deve considerare sistemi che analizzino gli aspetti morfologici e funzionali di questo distretto per una corretta diagnosi. I più utilizzati sono la risonanza magnetica nucleare (RMN), la tomografia computerizzata (TC), i sistemi optoelettronici di rilevamento del movimento e l'elettromiografia di superficie dei muscoli masticatori (sEMG).

1.1 Valutazione clinica

RDC

La valutazione clinica ha come obiettivo principale l'identificazione della localizzazione del dolore ed una sua definizione qualitativa e quantitativa. Nel 1992 Dworkin e LeResche hanno formulato un questionario la cui compilazione guida l'operatore ad un esame clinico standardizzato e non operatore dipendente. La sensibilità degli RDC è pari a 0,88 nei pazienti con dolore alle ATM e la specificità è pari a 0,71 nei pazienti senza algia e 0,45 con dolore dentale (Visscher et al., 2009).

L'esame è diviso in due parti: Asse I e Asse II. L'Asse I prevede l'esecuzione della palpazione articolare e muscolare, l'esame e la valutazione dell'ampiezza e delle caratteristiche dei movimenti mandibolari e l'auscultazione articolare. L'Asse II determina l'impatto che la sintomatologia algica ha sulla qualità della vita e sulla psiche del paziente esaminato. La valutazione del paziente viene eseguita per mezzo di questionari per raccogliere la storia anamnestica, scale per la valutazione del dolore e la limitazione funzionale del distretto orofacciale.

L'asse I permette di catalogare i pazienti in pazienti miofasciali (gruppo I), pazienti con dislocazioni discali (gruppo II), pazienti con artralgia, artrite ed artrosi (gruppo III). I pazienti non compresi nelle tre categorie sono persone che hanno quadri clinici che coinvolgono maggiormente la sfera psicologica (rilevati nell'asse II) con presenza o meno di specifici sintomi somatici. Il gruppo I è suddiviso a sua volta in due sottogruppi: Ia dolore miofasciale, Ib dolore miofasciale con limitazione d'apertura. Il gruppo II è suddiviso nei sottogruppi IIa dislocazione con riduzione, IIb dislocazione senza riduzione con limitazione all'apertura, IIc dislocazione senza riduzione senza limitazione all'apertura. Il gruppo III è suddiviso in IIIa artralgia, IIIb osteoartrite, IIIc osteoartrosi. In letteratura è riportato l'impiego degli RDC per effettuare la diagnosi differenziale tra dislocazioni discali con e senza riduzione, e tra dislocazioni discali riducibili e ipermobilità sintomatica (Naeije et al., 2009).

Esistono, d'altra parte, forti limiti in questo tipo di approccio come, ad esempio, evidenziano Robinson de Senna et al. (2009). Essi dimostrano che non esiste una correlazione statisticamente significativa tra relazione disco-condilo-fossa trovata in RMN, ampiezza dei movimenti e severità dei sintomi nei pazienti con TMD evidenziata negli RDC. Gli autori si limitano, infatti, a sottolineare che l'unica associazione statisticamente significativa risulta tra ampiezza dell'apertura e dolore.

Una soddisfacente ripetibilità tra gli operatori è stata riportata per la maggior parte delle misurazioni degli RDC, mentre per le valutazioni non metriche la ripetibilità è risultata scarsa (Schmitter et al., 2005; Schiffman et al., 2010).

1.2 Valutazione morfologica e funzionale

RMN

La risonanza magnetica è la metodica di indagine più recente ed è considerata il Gold standard a livello internazionale per lo studio delle alterazioni dei tessuti molli che interessano l'ATM in pazienti sintomatici. È in grado di evidenziare sia le alterazioni intra- sia quelle extrarticolari.

Limiti di questo esame strumentale sono rappresentati dai costi dell'attrezzatura, dai lunghi tempi di acquisizione delle immagini, dalla posizione supina del paziente durante l'esame che altera i normali rapporti tra le strutture articolari nonché impedisce i movimenti della mandibola.

TC

La tomografia computerizzata permette di visualizzare i dettagli dell'osso in tre dimensioni senza limitazione di proiezione o distorsioni di forma o dimensione. Viene generalmente utilizzato un approccio sagittale che visualizza cambiamenti di forma del condilo, modificazioni ossee come erosioni ossee, cisti subcondrali, sclerosi o rimodellamento.

Anche se la diffusione dell'RMN ne ha limitato l'impiego, la TC trova indicazione per valutare le alterazioni malformative, traumatiche e neoplastiche dei condili, l'iperplasia coronoidea e le sequele post chirurgiche.

EMG

L'elettromiografia di superficie è stata utilizzata dai primi anni 50 per lo studio dei muscoli masseteri superficiali e temporali anteriori durante la masticazione. Le informazioni tradizionali qualitative sono ora affiancate a misurazioni quantitative, costituendo entrambi validi strumenti per la diagnosi (Ferrario et al., 2000 a). Le indagini condotte in campo sperimentale hanno dato risultati favorevoli consentendo l'inserimento dell'EMG in ambito clinico, nell'uso di routine per il primo screening delle patologie craniomandibolari (Naeije et al., 1988) e nella gestione della terapia e del follow-up del paziente (Ferrario et al., 1991; Ferrario et al., 2000 a). Per quanto riguarda l'elettromiografia di superficie, la strumentazione attualmente disponibile permette l'indagine di numerosi muscoli coinvolti nella masticazione e nella postura della testa, tipicamente il massetere, il fascio anteriore del temporale, il ventre anteriore del digastrico, lo sternocleidomastoideo ed il trapezio; i dati dei

potenziali EMG rilevati vengono poi integrati con valutazioni della simmetria e dei differenti pattern di attivazione dei muscoli. Quindi, prescindere dalle caratteristiche EMG quantitative dei singoli muscoli (potenziali EMG, tempi di contrazione) registrate durante lo svolgimento di un'attività standardizzata (serramento), le attività sinergiche dei principali muscoli masticatori possono essere impiegate per distinguere gli individui sani dai patologici (Ferrario et al., 1999).

KINESIOGRAFI/AXIOGRAFI

Sono sistemi in uso negli studi dentistici per la registrazione dei movimenti mandibolari. Ne esistono alcuni ad ultrasuoni che sfruttano il principio basato sulla misurazione distanza/tempo degli impulsi ed alcuni meccanici con stili che scorrono su superfici a livello dei condili. Recentemente è stata introdotta la Condilografia elettronica che è simile all'assiografia meccanica, salvo che il movimento dei condili non è registrato su un'etichetta, ma viene trasmesso direttamente ad un computer. Tale sistema dovrebbe permettere di riconoscere situazioni, quali lussazioni condilo-discali o comunque tragitti condilari asimmetrici o irregolari ed aiutare il clinico a programmare l'articolatore per la realizzazione di manufatti protesici più congrui.

SISTEMI OPTOELETTRONICI

Rilevano in maniera accurata ed efficace il comportamento cinematico dell'ATM tramite la registrazione non invasiva diretta/indiretta di più punti mandibolari in tutti i sei gradi di libertà (Merlini e Palla, 1988; Piehslinger et al., 1993; Salaorni e Palla, 1994; Koolstra e van Eijden, 1995; Yatabe et al., 1995, 1997; Lotters et al., 1996; Zwijnenburg et al., 1996; Gallo et al., 1997; Catic e Naeije, 1999; Lobbezoo et al., 2000; Ferrario et al., 2005; Mapelli et al., 2009). I sistemi optoelettronici permettono di distinguere il contributo relativo di rotazione (compartimento condilo-disco) e di traslazione (compartimento fossa glenoidea - disco) lungo tutti i percorsi del condilo nel movimento di apertura e chiusura della bocca, offrendo una comprensione più profonda del normale movimento articolare (Mapelli et al., 2009). Rispetto ai sistemi di chinesigrafia attualmente in uso, i sistemi optoelettronici permettono di avere una rappresentazione completa della tridimensionalità del movimento. Sono utili sia per la valutazione delle escursione limite che dei cicli masticatori. I vincoli che determinano l'estensione dei movimenti limite possono essere passivi (superfici articolari, legamenti, tensioni passive dei muscoli) e/o attivi, quali i riflessi dei muscoli per proteggere la capsula articolare. Le strutture molli circostanti, come la pelle e le ghiandole, possono limitare le escursioni della mandibola (Koolstra et al., 2001).

I percorsi condilari durante le escursioni laterali sono stati oggetto di un'attenzione particolare perché anomalie in questi movimenti potrebbero essere correlate a disordini temporomandibolari (Hayasaki et al., 2008).

1.3 Scopo dello studio

Durante il mio percorso di dottorato la mia ricerca si è concentrata sulle patologie croniche dell'articolazione temporomandibolare ed in particolare sulla integrazione tra informazioni cliniche (RDC) e morfofunzionali (RMN ed sEMG). Questo per capire meglio la patologia e valutare l'efficacia dei trattamenti terapeutici posti in essere. D'altra parte, solo partendo da uno studio degli strumenti di indagine e dalla codifica di protocolli è possibile definire iter diagnostici efficaci ed evitare lo spreco di risorse economiche. In quest'ottica l'sEMG, che ha dimostrato di essere un potente strumento per le indagini fisiologiche dei muscoli elevatori della mandibola (Ferrario et al., 2007; Castroflorio et al., 2008; Tartaglia et al., 2008 e 2011; De Felicio et al., 2009; Forrester et al., 2010; Sforza et al., 2010 e 2011; Tecco et al., 2011), può rappresentare un fondamentale strumento d'indagine a servizio del clinico. Una parte dei dati qui presentati sono stati raccolti nell'ambito di una collaborazione internazionale tra l'Università degli Studi di Milano e la Facoltà di Medicina ed Odontoiatria dell'Università di S. Paolo del Brasile. Parte dei risultati sono stati oggetto di pubblicazione in extenso (Tartaglia et al., 2011; Lodetti et al., 2012) ed in forma di abstract (Lodetti et al., 2012).

2. MATERIALI E METODI

Vengono presentati gli strumenti ed i metodi di misura ed analisi usati nel corso dei tre studi svolti.

2.1 Elettromiografia

L'elettromiografia di superficie (sEMG) è una tecnica che permette una registrazione oggettiva della funzione muscolare, fotografando i processi che generano forza e producono il movimento articolare. La rilevazione del segnale avviene per mezzo di un elettrodo bipolare posizionato sulla superficie della pelle, sopra il ventre muscolare corrispondente.

Le registrazioni sEMG negli studi qui riportati sono state effettuate ponendo elettrodi di superficie bipolari di argento/cloruro di argento (diametro 10 mm, distanza interelettrodoica 21 ± 1 mm, come suggerito da Farina et al. [2002]), pregelificati, sul ventre muscolare parallelamente

alle fibre muscolari, secondo le raccomandazioni del SENIAM (EMG di superficie per la valutazione non invasiva dei muscoli [Hermens et al., 2000]; fig. 1).



Figura 1: posizionamento elettrodi pregelificati su paziente durante esecuzione sEMG.

Gli elettrodi vengono posizionati sui ventri dei muscoli interessati (massetere, fascio anteriore del temporale e fasci superiori del trapezio di entrambi i lati) nel seguente modo:

- Massetere: l'operatore si posiziona alle spalle del soggetto seduto e palpa il muscolo in massimo serramento individuandone il ventre; gli elettrodi vengono posizionati parallelamente alle fibre muscolari, con il polo superiore dell'elettrodo all'incrocio delle linee trago-commissura labiale e la exocanthion-gonion (fig. 2).

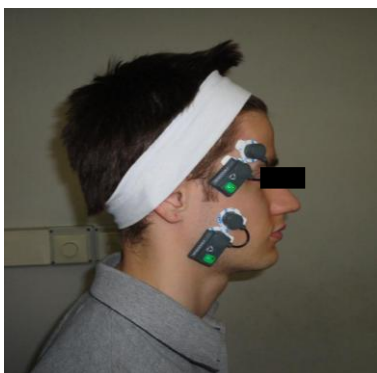


Figura 2: posizionamento elettrodi pregelificati sui muscoli temporale anteriore e massetere.

- Fascio anteriore del Temporale: l'operatore palpa il muscolo in massimo serramento e individua l'asse maggiore del processo zigomatico dell'osso frontale; gli elettrodi vengono posizionati verticalmente lungo il margine anteriore del muscolo, circa alla sutura coronale (fig. 2).
- Fasci superiori del muscolo trapezio: il polo superiore (e mediale) dell'elettrodo viene fissato 2 centimetri lateralmente al processo spinoso della settima vertebra cervicale (C7), e l'elettrodo viene posizionato parallelamente alle fibre muscolari della parte superiore del muscolo (fig. 3).



Figura 3: posizionamento elettrodi pregelificati sui muscoli trapezi

Un elettrodo di riferimento usa e getta è stato applicato alla fronte. Prima del posizionamento degli elettrodi, la pelle è stata pulita con etanolo per ridurre la sua impedenza.

I soggetti sono stati fatti sedere, con la testa non sostenuta dal appoggiatesta, ed è stato chiesto di mantenere una posizione naturale eretta.

L'attività sEMG è stata registrata con uno strumento computerizzato (Freely, De Gotzen srl; Legnano, Milano, Italia). Il segnale sEMG analogico è stato amplificato utilizzando un amplificatore differenziale con un elevato rapporto di reiezione comune (CMRR = 105 dB nel range 0-60 Hz, impedenza di ingresso 10 G Ω), digitalizzato (12 b risoluzione, campionamento

per la conversione A/D 2230 Hz) e con filtro digitale (filtro passo alto impostato a 30 Hz, filtro passo basso impostato a 400 Hz, band-stop per rumori elettrici comuni a 50-60 Hz). Utilizzando il software EMA (De Gotzen srl, Legnano, Milano, Italia), i segnali sono stati mediati ogni 25 ms. I segnali sEMG sono stati registrati per ulteriori analisi.

2.1.1 Contrazione massima volontaria (MVC)

La massima forza di serramento volontario è una variabile importante per valutare lo stato funzionale del sistema masticatorio (van der Bilt, 2011). Purtroppo, la valutazione diretta della forza di serramento è tecnicamente difficile, e con diverse limitazioni biologiche. Ad esempio, molti degli strumenti utilizzati per la sua rilevazione sono molto ingombranti, e modificano sostanzialmente le condizioni orali e mandibolari aumentando la dimensione verticale di occlusione o fornendo informazioni propriocettive innaturali. È stato dimostrato che esiste un rapporto positivo e quasi lineare tra sEMG dei muscoli elevatori della mandibola e un livello costante di forza di serramento durante contrazioni isometriche (Ferrario et al., 2004). Inoltre, il rapporto tra EMG e la forza del serramento ottenuto sperimentalmente facendo stringere i denti al soggetto (condizione statica) può essere utilizzata per stimare le forze da registrazioni elettromiografiche durante il funzionamento (condizione dinamica).

Per poter utilizzare l'EMG clinicamente è necessario prevedere la normalizzazione delle registrazioni (DeLuca, 1997). In effetti, per confrontare le registrazioni EMG tra soggetti diversi è obbligatorio mettere in relazione tutte le misure dell'attività elettrica dei muscoli rilevati con alcune registrazioni di normalizzazione, come una contrazione massima volontaria (Castroflorio et al., 2005).

Nel settore dentale, i potenziali sEMG raccolti nel corso di un MVC su rulli di cotone e in posizione di massima intercuspidação sono stati tarati per avere la migliore ripetibilità inter-e intra-individuale (Ferrario et al., 2006; De Felicio et al., 2009; Suvinen et al., 2009; Forrester et al., 2010; Hellmann et al., 2011). Test diagnostici basati sulla standardizzazione MVC sono stati in uso negli ultimi 10 anni (Ferrario et al., 2004, 2006, 2007; Tartaglia et al., 2008, 2011; De Felicio et al., 2009; Tecco et al., 2011 a, b).

In particolare, nel nostro laboratorio, i potenziali EMG vengono standardizzati usando una MVC su rulli di cotone posti in corrispondenza dei premolari/molari mandibolari (fig. 4 e 5).



Figura 4: Normalizzazione delle registrazioni, MVC su rulli di cotone in regione premolare/molare.



Figura 5: MVC in posizione di massima intercuspiazione.

Tale registrazione esclude l'effetto del contatto oclusale sull'attività muscolare e viene usata per normalizzare tutte le altre registrazioni statiche e dinamiche.

2.1.2 Protocollo di registrazione

Per ogni soggetto, le registrazioni richiedevano approssimativamente 30 minuti, considerando anche il tempo necessario per il posizionamento degli elettrodi. Il protocollo non prevedeva procedure pericolose o dolorose, ed è stato preventivamente approvato dal comitato etico del

Dipartimento di Morfologia Umana, Università degli Studi di Milano e dal Dipartimento di Scienze Chirurgiche, Radiologiche e Medico Forensi dell'Università degli Studi di Brescia.

Dopo una descrizione verbale dei metodi e degli obiettivi dell'indagine è stato ottenuto da ciascun partecipante un consenso scritto informato.

Ogni soggetto è stato fatto sedere sul medesimo sgabello e con la testa non supportata. E' stato chiesto di mantenere una posizione naturale eretta ed è stata eseguita una valutazione elettromiografica durante una contrazione massima volontaria.

In un primo momento, due rulli di cotone da 10 mm sono stati posizionati tra molari e premolari mandibolari ed è stata registrata la massima contrazione volontaria per 5 secondi (COT). Quindi, il soggetto è stato invitato a stringere il più forte possibile con i denti mascellari e mandibolari a contatto in massima posizione di intercuspidação (ICP), e di mantenere lo stesso livello di contrazione per 5 secondi (CLE).

2.1.3 Analisi dei dati - Dominio delle ampiezze (valori RMS)

Al fine di ottenere una standardizzazione intra-soggetto del potenziale EMG, per ciascun muscolo il potenziale medio sviluppato nell'acquisizione di 5s con i rulli di cotone interposti fra i primi molari è stato posto uguale a 100%, e tutti i potenziali registrati successivamente sono stati espressi come percentuale di tale valore (unità: $\mu\text{V}/\mu\text{V} \cdot 100$). I relativi valori EMG percentuali dovrebbero così dipendere solamente dalle superfici occlusali, poiché questo tipo di standardizzazione annulla la variabilità causata dall'impedenza sia della cute sia degli elettrodi, dal posizionamento degli elettrodi e dalla relativa ipo-iper-trofia muscolare. In ciascuna acquisizione della durata totale di 5s, sono stati considerati i 3 secondi con il segnale più costante.

Per ciascuno dei muscoli analizzati è stato calcolato il potenziale medio. Le curve di attivazione delle coppie di muscoli omologhi di ciascun soggetto sono state confrontate calcolando un indice di simmetria muscolare in grado di tenere conto dell'intera morfologia dell'onda EMG in funzione del tempo (percentage overlapping coefficient = POC, unità: %). Il POC nasce dalla sovrapposizione delle due curve di attivazione di destra e di sinistra di ciascuna coppia muscolare (fig. 6) ed è dato dal rapporto tra le aree non sovrapposte e l'area totale sotto le due curve secondo la seguente formula:

$$POC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{120} (\text{muscolo destro}_i - \text{muscolo sinistro}_i)}{\sum_{i=1}^{120} (\text{muscolo destro}_i + \text{muscolo sinistro}_i)} \right] \times 100$$

Dove "i" sono i potenziali standardizzati di ciascun periodo di 25ms.

L'indice varia tra 0% (nessuna simmetria) e 100% (perfetta simmetria).

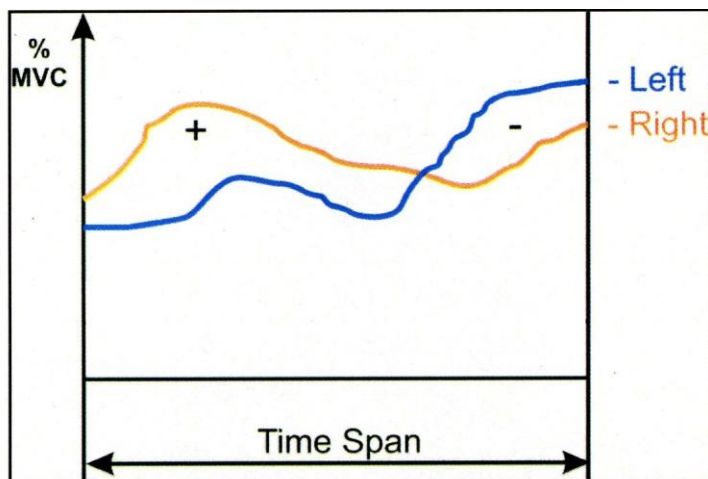


Figura 6: Rappresentazione grafica del calcolo del POC di una coppia di muscoli.

Poiché un'attività contrattile sbilanciata controlaterale dei muscoli massetere e temporale, potrebbe indurre un potenziale spostamento laterale, è stato introdotto il coefficiente di torsione (TORS, Unità:%), volto ad evidenziare questo rischio.

Tale valore si ricava sovrapponendo le ampiezze normalizzate EMG del temporale destro più massetere sinistro con quelle del temporale sinistro e quelle del massetere destro: l'area della sovrapposizione è stata valutata come percentuale del totale ampiezze EMG. Il valore TORS varia tra 0% (completa presenza della forza di spostamento laterale) e 100% (nessuna forza di spostamento laterale).

L'indice di attività (ATTIV, unità: %) individua invece la coppia prevalente dei muscoli masticatori ed è calcolato come rapporto percentuale della differenza tra la media dei potenziali standardizzati del massetere e del temporale, e la somma dei potenziali stessi standardizzati. Questo indice è positivo (fino al 100%) quando i potenziali dei muscoli masseteri standardizzati sono più grandi di quelli dei muscoli temporali, negativo (fino al 100%) nella situazione opposta alla precedente e nullo quando sono uguali. Quando i potenziali muscolari standardizzati non

sono bilanciati tra i due muscoli masticatori analizzati, il centro di gravità occlusale potrebbe essere dislocato in avanti (il muscolo temporale è prevalente) o indietro (il muscolo massetere è prevalente).

Infine, viene calcolato il valore di attività che indica le attività standardizzate muscolari totali dei masseteri e temporali, calcolate come area integrata del potenziale EMG nel tempo (IMPACT std., Unità: $\mu\text{V} / \mu\text{V}\%$) (DeLuca, 1997; Ferrario et al., 2000 a, b).

2.1.4 Analisi dei dati – dominio delle frequenze

Il segnale EMG può anche essere analizzato nel dominio delle frequenze, studiandone la composizione spettrale. Questo tipo di indagine permette di ottenere informazioni sul tipo di fibre muscolari e di stimare il grado di affaticamento. Il parametro più utilizzato è la frequenza mediana dello spettro (MPF) (unità di misura Hz), che viene solitamente ottenuto con la trasformata rapida di Fourier (FFT). (Gay et al., 1994; De Luca, 1997; Kumar et al., 2001, 2003; Farella et al., 2002; Sforza et al., 2007, 2011).

2.1.5 Errore del metodo

La variabilità dei dati di misura in EMG è stata testata con analisi ripetute di sette soggetti scelti a caso. Il coefficiente di correlazione intraclasse è compreso tra 0.629 e 0.977, senza differenze significative tra le sessioni di misura (Ferrario et al., 2006.). Una buona riproducibilità degli stessi indici è stata documentata anche in letteratura (De Felicio et al., 2009).

2.2 Risonanza magnetica nucleare

La risonanza magnetica rileva la densità di protoni all'interno di un dato volume di tessuto. Alla fine degli anni '70 fu introdotto il concetto di risonanza dei tessuti, cioè di effetto di un campo magnetico esterno su piccoli volumi di tessuto. A partire dagli anni '80 è possibile lo studio delle ATM. La RMN non è invasiva, non utilizza radiazioni ionizzanti e può indagare sia le strutture ossee che molli. I tessuti appaiono con diverse tonalità di grigio in base alla densità dei protoni e quindi all'intensità di segnale: partendo dal colore nero della corticale ossea, si passa a sfumature via via più chiare per pseudo-disco, tendini, disco, muscolo e corteccia cerebrale, grasso e acqua (Fig. 7).

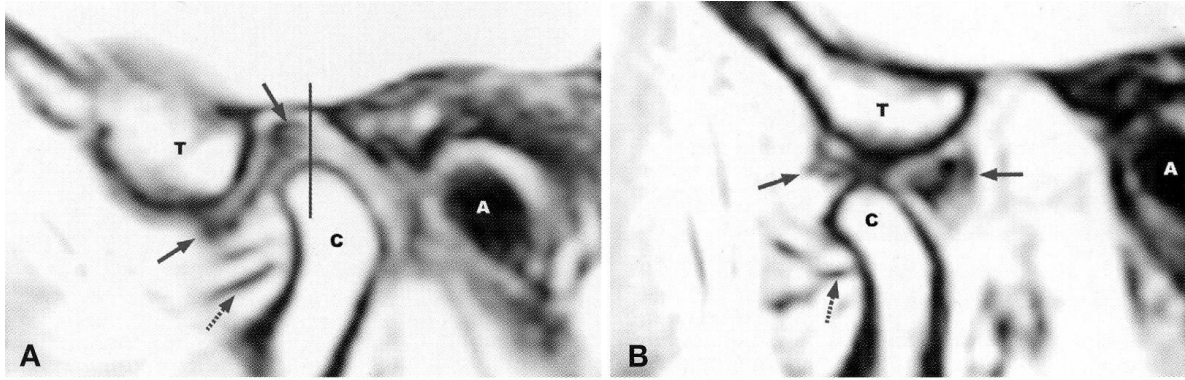


Figura 7: RMN scansione sagittale ATM senza alterazioni. Bocca chiusa (A), bocca aperta (B). Fisiologicamente il bordo posteriore della banda posteriore si trova sullo zenit del condilo. C (condilo), T (tubercolo articolare) ed A (meato acustico) (Prati e Zerman, 2006).

Le modificazioni intrarticolari che è possibile diagnosticare con la RMN sono: dislocazioni (riducibili ed irriducibili), deformazioni morfologiche (assottigliamento, fissurazione, ripiegamento) e mobilità del disco nonché modificazioni strutturali dei capi ossei (osteofiti, osteosclerosi, edema midollare) (Fig. 8 e 9).

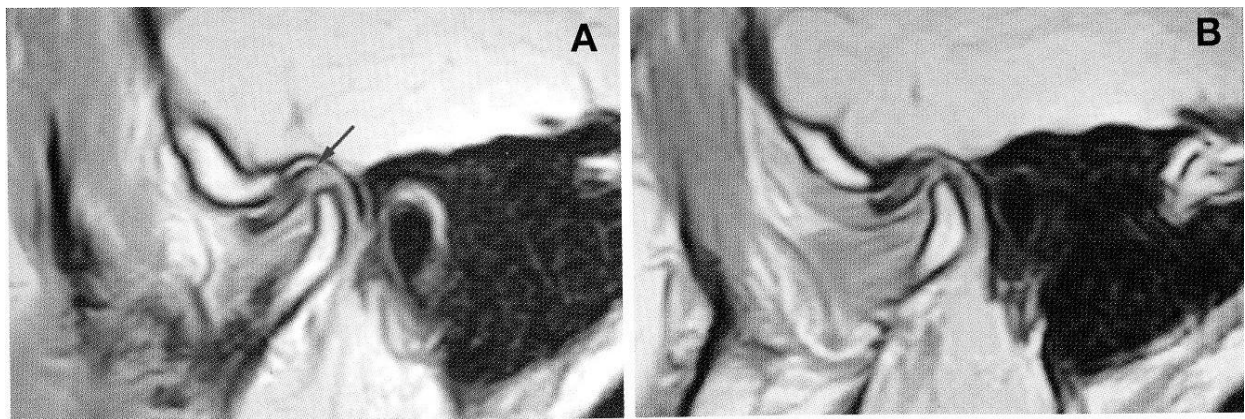


Figura 8: RMN scansione sagittale ATM con dislocazione senza riduzione. Bocca chiusa (A), bocca aperta (B) (Prati e Zerman, 2006).

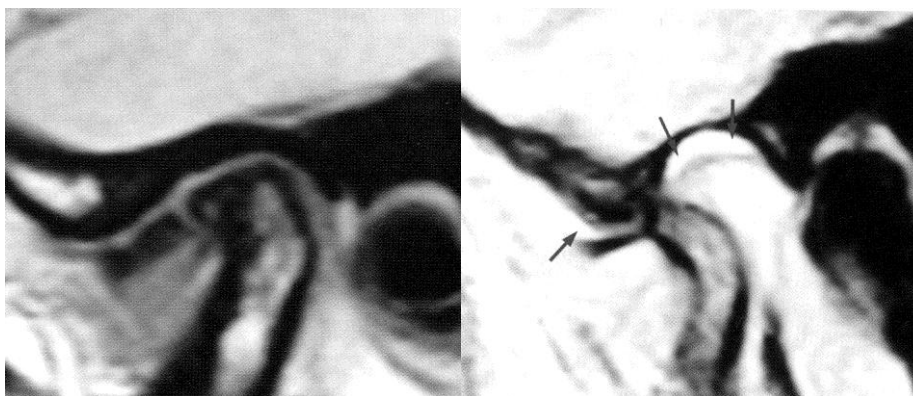


Figura 9: RMN scansione sagittale ATM. A sinistra sono apprezzabili alterazioni ossee di tipo artrosico e il disco totalmente dislocato, a destra si evidenzia in corrispondenza delle frecce un versamento nella camera superiore e nel recesso anteriore (Prati e Zerman, 2006).

2.2.1 Protocolli di acquisizione

Le risonanze magnetiche sono state effettuate con la stessa apparecchiatura di 1.5 Tesla unità (Magnetom SP 4000, Siemens, Erlangen, Germania) con l'acquisizione di immagini con sequenze pesate T1 e T2. Le immagini parasagittali (perpendicolari all'asse lungo dei condili mandibolari) e coronali sono state ottenute con scansioni di 3 mm ottenute a bocca chiusa, parzialmente aperta, e aperta utilizzando appositi supporti orali non metallici ideati in modo che non scivolino.

Per tutti i pazienti, i parametri di scansione sono stati: 2D-Flash Sequenza 35°, tempo di ripetizione= 400 ms, tempo di eco= 12 ms; matrice 256x256, con numero di eccitazioni = 4.

2.3 STUDIO 1: Correlazione tra RDC ed EMG in pazienti TMD cronici

Parte dei dati qui presentati sono stati già pubblicati nel corso del dottorato di ricerca (Tartaglia et al., 2011).

2.3.1 Introduzione

Il gold standard attuale per identificare la presenza o l'assenza di TMD resta ancora basato principalmente sull'esame clinico integrato, laddove ritenuto opportuno, con immagini TC e RMN (Klasser e Okeson, 2006). L'utilizzo di metodi strumentali che permettano una valutazione quantitativa e qualitativa può essere utile per completare la diagnosi di TMD e per monitorare l'efficacia dei trattamenti .

L'sEMG permette una registrazione oggettiva della funzione dei muscoli masticatori (Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995; Suvinen et al., 2003, 2009; Castroflorio et al., 2005, 2008; Ferrario et al., 2007; Tartaglia et al., 2008; De Felício et al., 2009; Grünheid et al., 2009; Santana-Mora et al., 2009; Forrester et al., 2010). Recenti studi hanno inoltre formulato l'ipotesi che i disturbi principali dei pazienti TMD non siano legati a problemi strettamente articolari delle ATM, ma dell'attività motoria (Douglas et al., 2010), con alterazione dell'attività muscolare (Santana-Mora et al., 2009). Di conseguenza, sistemi di registrazione funzionale diventano essenziali per una migliore comprensione della malattia (Santana-Mora et al., 2009).

L'sEMG standardizzata non è invasiva, è a basso costo, e può essere eseguita direttamente in studio, senza la necessità di inviare il paziente a centri diagnostici specializzati (Castroflorio et al., 2005, 2008; Ferrario et al., 2006, 2007; Tartaglia et al., 2008; Santana-Mora et al., 2009; Cecilio et al., 2010; Forrester et al., 2010).

In letteratura, la maggior parte degli studi EMG effettuati sui pazienti sintomatici TMD analizzano le condizioni di dolore acuto. In questi soggetti l'attività dei muscoli masticatori è più asimmetrica, meno efficiente e coordinata, con ridotti potenziali elettrici rispetto a quelle dei soggetti sani (Suvinen et al., 2003; Kogawa et al., 2006; Ferrario et al., 2007; Tartaglia et al., 2008; Santana-Mora et al., 2009). Pochi studi analizzano invece pazienti TMD con dolore cronico (che dura da più di 6 mesi), una condizione in cui una situazione neuromuscolare profondamente alterata potrebbe modificare le funzioni del sistema stomatognatico (Epker et al., 1999; Santana-Mora et al., 2009). L'attività muscolare in questi pazienti, sia dei singoli muscoli che in coppia, può essere diversa da quella che si trova sia in soggetti sani sia in pazienti TMD

con dolore acuto, il tempo potrebbe aver permesso di trovare un adattamento alla condizione patologica.

Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare le caratteristiche EMG normalizzate dei muscoli masticatori di un gruppo di giovani adulti pazienti con TMD di lunga durata durante l'esecuzione di compiti standardizzati statici. L'ipotesi nulla è che la situazione dolorosa non ha indotto modificazioni delle caratteristiche normalizzate EMG dei loro muscoli masticatori rispetto a quelli dei soggetti normali.

2.3.2 Soggetti e metodi

Soggetti

Sono stati esaminati 30 pazienti con TMD, età compresa tra i 17-30 anni (media 23.2 anni, SD 3.5), e 20 soggetti sani che non presentano segni o sintomi di TMD (gruppo di controllo, di età compresa tra 19-31 anni, media 22.6 anni, SD 2.8), equamente suddivisi in uomini e donne. I pazienti sono stati reclutati in una clinica dentale privata di San Paolo (Brasile) specializzata per il trattamento del dolore cranio-facciale. Tutti i soggetti riportavano sintomi soggettivi di dolore nella regione orofacciale da più di 6 mesi. I soggetti di controllo sono stati reclutati tra gli studenti delle scuole mediche ed odontoiatriche di Ribeirão Preto, Università di São Paulo (Brasile). Tutti i soggetti (pazienti e soggetti di controllo) sono stati visitati da un dentista, e le loro storie cliniche sono state raccolte in base agli RDC/TMD (Dworkin e Leresche, 1992; Epker et al., 1999). Il criterio di inclusione per il gruppo TMD era quello di soddisfare i criteri diagnostici per la ricerca TMD (RDC / TMD), Asse I, gruppi II e III. Tutti i pazienti TMD avevano una dentizione permanente con almeno un contatto mascellare - mandibolare per emiarcata dentale, con almeno un contatto su un molare, senza mal di denti o problemi parodontali. I criteri di inclusione per il gruppo di controllo era di presentare piena dentizione naturale permanente (almeno 28 denti), assenza di problemi parodontali, ed anamnesi negativa secondo gli RDC/TMD.

I criteri di esclusione per entrambi i gruppi sono stati: deficit neurologici o cognitivi, tumori o traumi pregressi o in atto della testa e del collo, trattamento ortodontico in corso, uso cronico di

analgescici, anti-infiammatori e farmaci psichiatrici. Tutte le donne hanno dichiarato di non essere in stato di gravidanza.

Tutti i soggetti hanno dato il loro consenso informato a tutte le procedure cliniche ed EMG che erano una parte del trattamento attualmente offerto. Il consenso è stato ottenuto anche da parte dei genitori / tutori legali dei pazienti di età inferiore ai 18 anni. Il protocollo di studio è stato approvato dal comitato etico locale. Tutte le procedure non erano invasive, pericolose, e non provocavano dolore o disagio ai soggetti, che erano liberi di interrompere l'esame in qualsiasi momento.

Protocollo

Tutti i soggetti (pazienti TMD e controlli) sono stati sottoposti ad esame EMG di superficie dei muscoli massetere e temporale anteriore come dettagliato nel capitolo dei Materiali e Metodi (pagina13). Sono stati registrati la massima contrazione volontaria su rulli di cotone e quella in massima intercuspidação. Dai potenziali EMG standardizzati sono stati calcolati il POC dei muscoli massetere e temporale, l'indice TORS, quello di attivazione e l'attività muscolare standardizzata. Nel dominio delle frequenze sono stati calcolate le frequenze mediane dello spettro, separatamente per ogni muscolo, e per la MVC su cotone e sulle superfici dentarie.

Analisi statistica

Per tutte le variabili, i valori medi calcolati all'interno di sesso e di gruppo (pazienti e controlli) sono stati confrontati con analisi fattoriali della varianza (indici EMG ottenuti nel dominio dell'ampiezza (fattori gruppo e sesso) e con un modello misto di analisi della varianza (frequenza mediana tra soggetti: gruppo e sesso; all'interno dei soggetti: muscoli masseteri e temporali anteriori; lato, destra e sinistra; prova, MVC su rotoli di cotone e MVC sulle superfici occlusali). Il livello di significatività è stato fissato a $p < 0.05$ per tutte le analisi statistiche.

2.3.3 Risultati

Non sono state trovate differenze significative tra sessi o gruppi per l'età (Tabella 1). Differenze significative tra gruppi sono state trovate per il muscolo POC temporale e l'indice di attività (p

<0.05, analisi della varianza). Nel complesso, i pazienti con TMD avevano maggiore asimmetria nei muscoli temporali (valore inferiore del POC), e maggiori indici di attività, rispetto ai soggetti di controllo.

	Unità	Controllo		TMD		ANOVA			
		F	M	F	M	Sesso	Gruppo	Sesso x Gruppo	x
Età	N	10	10	15	15				
	Y	media	21.5	23.7	23.1	23.3	NS	NS	NS
		SD	1.9	3.2	3.6	3.4			
POC Temporale	%	media	88.60	87.61	84.00	87.00	NS	0.03	NS
		SD	1.04	1.67	5.76	4.09			
POC Massetere	%	media	87.01	87.32	85.85	86.64	NS	NS	NS
		SD	1.64	1.63	4.87	2.59			
Tors	%	media	91.60	90.83	89.97	91.23	NS	NS	NS
		SD	1.17	1.15	2.98	2.40			
Attivazione	%	media	-0.60	-0.06	-10.68	-4.49	NS	0.03	NS
		SD	11.14	8.49	12.34	10.90			
Attività standardizzata	$\mu\text{V}/\mu\text{V}\cdot\text{s}\%$	media	106.90	113.90	99.13	103.87	NS	NS	NS
		SD	23.60	24.51	23.86	31.56			

Tabella 1. Indici sEMG in 30 pazienti con TMD e 20 controlli normali. NS: non significativo $p>0.05$.

		Controlli				TMD			
		F	M		F	M			
MPF		Cotone	ICP	Cotone ICP	Cotone ICP	Cotone ICP	Cotone ICP	Cotone ICP	Cotone ICP
TA Dx	media	174.70	177.65	173.90	175.20	149.73	154.90	141.83	142.63
	SD	29.42	33.24	34.49	33.62	18.63	21.09	27.27	26.77
TA Sx	media	177.40	180.50	175.70	179.40	148.97	153.27	147.07	149.30
	SD	34.22	36.19	35.46	36.83	19.15	17.16	30.15	31.96
MM Dx	media	163.10	165.55	170.15	171.50	136.70	143.97	129.17	129.97
	SD	35.42	35.14	19.64	11.21	21.69	22.35	15.03	15.84
MM Sx	media	162.25	165.45	175.30	171.05	138.77	140.17	133.10	129.20
	SD	31.52	29.28	20.78	14.89	25.96	29.42	24.38	22.16

Tabella 2. Mediana dello spettro di frequenza (MPF) calcolata dalla Trasformata di Fourier veloce (FFT) nei muscoli masticatori di 30 pazienti TMD e 20 soggetti sani di controllo (unità Hz).

MPF, Mediana dello spettro di frequenza; TA, muscolo temporale anteriore; MM, muscolo massetere; Dx, destra; Sx, sinistra; Cotone: serramento massimo volontario su rulli di cotone; ICP: serramento massimo volontario in posizione di massima intercuspiazione.

		F	P
Tra soggetti	Sesso	0.144	NS
	Gruppo	23.271	<0.001
Infra-soggetti	Muscoli	18.069	<0.001
	Lato	0.800	NS
	Test	1.613	NS

Tabella 3. Confronto tra MPF calcolata nei muscoli masticatori di 30 pazienti TMD e 20 soggetti controllo sani. Risultati dell'analisi della varianza (1.46 gradi di libertà per tutti i fattori ed interazioni). NS: non significativo ($p>0.05$).

Per quanto riguarda le frequenze mediane dello spettro, i confronti sono eseguiti con modello misto di analisi della varianza. In media, la MPF dei muscoli masticatori dei pazienti TMD era significativamente inferiore a quella registrata nel gruppo di controllo, senza differenze correlate al sesso ed al lato del test (Tabella 2 e Tabella 3). Inoltre, le MPF registrate dai muscoli temporali erano più grandi di quelli registrati dai muscoli masseteri. Non sono state trovate interazioni significative di fattori infra e intra soggetto ($p>0.05$).

2.3.4 Discussione

Anche se i disordini temporomandibolari sono più frequenti nelle donne che negli uomini (Cairns, 2010), nel presente studio è stato analizzato un uguale numero di maschi e femmine, consentendo così di estendere i risultati su un ampio gruppo di pazienti. Come negli studi precedenti, non sono state riscontrate differenze significative legate al sesso in entrambi i gruppi (controlli sani e pazienti) (Ferrario et al., 2006; Ferrario et al., 2007; Tartaglia et al., 2008; De Felício et al., 2009). Per limitare la variabilità inter-individuale (Cecilio et al., 2010), sono stati selezionati solo pazienti giovani adulti, secondo quanto indicato da Santana-Mora et al. (2009).

Sono state effettuate due tipi di valutazioni: l'analisi delle ampiezze normalizzate dei potenziali EMG, e l'analisi della frequenza media della potenza. Durante il serramento dei denti, i pazienti con TMD avevano una MPF significativamente ridotta e una contrazione standardizzata dei loro muscoli temporali anteriori più asimmetrica rispetto ai controlli sani (indice POC temporale).

Inoltre, l'attività standardizzata dei loro muscoli temporali era più grande di quella registrata dai loro muscoli masseteri (indice di attività negative), in contrasto con l'attività quasi equivalente registrata in soggetti normali (indice di attività prossimo a zero). In entrambi i gruppi, la MPF dei muscoli temporali era più grande di quella dei muscoli masseteri.

Una MPF ridotta in pazienti con TMD è già stata segnalata in studi sulla fatica (Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995), anche se in questo studio non sono state condotte valutazioni della fatica. Infatti, Grünheid et al. (2009) hanno riportato che il dolore muscolare cronico può essere caratterizzato da una ridotta frequenza e intensità dell'attività muscolare volontaria mascellare, con conseguente modifica della composizione di mioglobina e dell'area delle fibre muscolari, con un aumento della percentuale di fibre di tipo veloce e una diminuzione nella sezione trasversale delle fibre di tipo lento.

Entrambi i risultati ottenuti dalle ampiezze standardizzate dei potenziali EMG (asimmetria del muscolo temporale e maggiore attività relativa) sono in accordo con i dati della letteratura raccolti sui pazienti TMD. In un precedente studio fatto su pazienti con TMD acuti, il POC dei temporali insieme con l'attività muscolare standardizzata totale (potenziali EMG nel tempo) differivano significativamente da quelli registrati nei controlli sani (Tartaglia et al., 2008). Mentre i risultati di questo studio sono sovrapponibili ai dati precedenti per quanto riguarda il muscolo temporale, la mancanza di differenze significative dell'attività muscolare totale può essere imputata alla diversa composizione del gruppo di pazienti. Nello studio di Tartaglia et al. (2008), i pazienti avevano un dolore acuto, ed erano più anziani (di età compresa tra 15-74 anni, media 42) di quelli attuali. Inoltre, in quello studio erano inclusi i pazienti sia dell'asse I (gruppi I, II e III) che dell'asse II degli RDC / TMD. Infatti, ad un esame più attento, i valori per l'attività standardizzata muscolare totale sono molto simili a quelli precedentemente riportati per i pazienti che avevano una diagnosi secondo gli RDC / TMD Asse I, gruppi II e III (Tartaglia et al., 2008).

Una maggiore asimmetria muscolare, insieme ad una minore attività muscolare totale e una maggiore coppia muscolare, ha caratterizzato anche i pazienti con TMD analizzati da Ferrario et al. (2007). Questo gruppo di pazienti era di età superiore (fascia di età 21-66 anni, media 35) rispetto al gruppo attuale, e aveva un disturbo acuto in base alla RDC / TMD Asse I, i gruppi II e III.

Pertanto, secondo i risultati sperimentali attuali e precedenti, l'asimmetria del muscolo temporale sembra essere più influente rispetto all'asimmetria del muscolo massetere nella differenziazione tra pazienti TMD e persone sane (Tartaglia et al., 2008). Una possibile spiegazione può essere l'azione posturale svolta eseguita dal muscolo temporale anteriore, ed il rapporto tra i contatti tra i denti anteriori e l'aumentata attività del muscolo temporale (Ferrario e Sforza, 1994).

Inoltre, nei due gruppi analizzati, come in quelli descritti in letteratura, durante una MVC (su rulli di cotone e sulle superfici occlusali), il muscolo temporale anteriore ha una MPF più alta del muscolo massetere (Koyano et al., 1995; Farella et al., 2003). Secondo gli studi precedenti, le differenze tra il muscolo massetere ed il temporale anteriore possono essere spiegate con la composizione eterogenea delle fibre dei muscoli masticatori umani (Mao e Stein, 1992; Farella et al., 2002; Sciote et al., 2003; Rowleson et al., 2005). I due capi muscolari sono stati anche segnalati avere un comportamento diverso durante le prove di fatica: nel massetere è più veloce la riduzione della MPF nel tempo rispetto al temporale anteriore (Koyano et al., 1995). Santana-Mora et al. (2009) trovarono che un gruppo di giovani donne adulte affette da tempo di TMD avevano una asimmetria muscolare in MVC significativamente più grande rispetto ai controlli sani, in accordo con i risultati attuali. Inoltre, in questo gruppo l'attività dei muscoli temporali risultava più grande di quella del muscolo massetere. Gli autori hanno anche trovato una riduzione dell'attività muscolare totale, ma non sono stati riportati valori standardizzati, rendendo difficile il confronto con i risultati attuali.

Modifiche significative degli indici di attività sono stati riportati da Ferrario et al. (2002) che ha analizzato l'effetto immediato di una placca di stabilizzazione in un gruppo di pazienti TMD. Nel complesso, riassumendo tutte queste informazioni, sembra che nei pazienti TMD ci sia un rapporto alterato tra il temporale ed il massetere, con un'attività relativamente aumentata del temporale (o relativamente ridotta del massetere), inoltre, durante la contrazione dei temporali i muscoli di destra e sinistra non sono bilanciati (Ferrario et al., 2002; Ferrario et al., 2007; Tartaglia et al., 2008; Santana-Mora et al., 2009;). Secondo Santana-Mora et al. (2009), l'aumento dell'attività del temporale potrebbe essere l'effetto di un aggiustamento di protezione volto a ridurre i carichi articolari, in accordo con le ipotesi del "Modello di adattamento al dolore" (Murray e Peck, 2007; Cairns, 2010).

L'ipotesi di Santana-Mora et al. (2009) contrasta con altri modelli biomeccanici: secondo Ferrario e Sforza (1994), un aumento relativo dell'attività del temporale causa un carico maggiore a livello dell'articolazione. In condizioni normali, quando si stringe sui denti anteriori, i riflessi inibitori riducono l'attività muscolare e la forza di serramento, in modo da prevenire danni articolari (Ferrario et al., 2004; Forrester et al., 2010). Nei pazienti TMD, splint occlusali

realizzati con contatti posteriori sono in grado di ridurre l'attività relativa dei muscoli temporali insieme ai sintomi TMD (Ferrario et al., 2002).

In conclusione, pazienti adulti giovani con cronico TMD hanno una maggiore attività standardizzata e più asimmetria dei loro muscoli temporali anteriore rispetto ai controlli sani, e una ridotta MPF. L'EMG di superficie dei muscoli masticatori ha permesso una valutazione rapida e semplice delle caratteristiche funzionali e disfunzionali dei pazienti analizzati. Questa valutazione può aiutare le valutazioni cliniche convenzionali, contribuendo alla misura oggettiva dei parametri fisici del sistema masticatorio del paziente (Cooper, 2006). Ulteriori indagini devono anche valutare attività dinamiche (la masticazione e la deglutizione), in modo da considerare le prestazioni effettive delle attività motorie fisiologiche.

2.4 STUDIO 2: Correlazione tra RMN ed EMG in pazienti TMD

Parte dei dati qui presentati sono stati già pubblicati nel corso del dottorato di ricerca (Lodetti et al., 2012 b).

2.4.1 Introduzione

La prevalenza dei disordini temporomandibolari (TMD) in tutte le condizioni croniche di dolore oro-facciale è stata riportata in letteratura da Dworkin et al. (1990; 1992) e Suvinen et al. (2009). Questi autori stimano che il 7% della popolazione generale ha bisogno di trattamento. Nella loro revisione sistematica, Dahlström e Carlsson (2010) sottolineano l'impatto di questa patologia non solo sulla salute orale ma anche sulla qualità di vita. I dodici studi che soddisfacevano i criteri di inclusione nella loro revisione dimostrano un impatto negativo sulla qualità della vita in pazienti con diagnosi di TMD. Una anamnesi accurata e un esame clinico integrato con immagini sono considerati il gold standard per la diagnosi di una patologia non ancora completamente compresa (Epker et al., 1999; Cairns et al., 2010; Douglas et al., 2010).

Per poter utilizzare criteri di valutazione uniformi, nel 1992, Dworkin e Leresche hanno introdotto i criteri diagnostici di ricerca dei disordini temporomandibolari (RDC / TMD). Alcuni autori hanno discusso la relazione tra RDC / TMD e le diagnosi fornite dalle immagini con la RMN. Robinson de Senna et al. (2009) affermano che il tipo di disfunzione e la gravità delle alterazioni sugli esami di imaging non sono correlati alla gravità del dolore valutata con gli RDC / TMD. In una revisione del 2009, Koh et al. affermano che non vi è evidenza tra i risultati clinici e le immagini di risonanza magnetica. Park et al. (2012) hanno suggerito l'uso della risonanza magnetica nei casi in cui dagli esami clinici non sia possibile prevedere la vera posizione del disco. Altri ricercatori (Ren et al., 1995; Kurita et al., 2000) affermano che la presenza di cambiamenti scheletrici è un segno di progresso della malattia, perché questi si verificano nelle articolazioni con avanzata dislocazione interna e sono associati alla durata dei sintomi.

La RMN fornisce informazioni riguardanti la morfologia e l'infiammazione dei tessuti molli che non possono essere individuate tramite esame clinico (Park et al., 2012).

Sono stati sviluppati diversi protocolli per registrare oggettivamente la disfunzione e completare la diagnosi di TMD, come l'utilizzo dell'sEMG. L'sEMG analizza l'attività masticatoria muscoli

attraverso una registrazione obiettiva e quantitativa (Ferrario et al., 2007; Castroflorio et al., 2008; De Felicio, 2009; Santana-Mora et al., 2009; Suvinen et al., 2009; Forrester et al., 2010). Tartaglia et al. (2008) hanno utilizzato le caratteristiche quantitative sEMG dei muscoli masticatori dei pazienti TMD per una differenziazione tra le diverse categorie diagnostiche definite in base alla RDC / TMD. In particolare, è stato possibile distinguere tra soggetti sani e pazienti con alterazioni articolari (Asse I) e alterazioni riferite all'Asse II, dove è stata trovata una riduzione significativa dell'attività muscolare standardizzata.

La letteratura non riporta studi che abbiano analizzato le caratteristiche oggettive dei muscoli masticatori, confrontate tra i sottogruppi di pazienti classificati secondo l'interpretazione della RMN. Nel presente studio, un gruppo di pazienti con TMD è stato categorizzato secondo sia gli RDC/TMD sia la risonanza magnetica in pazienti con spostamento del disco e pazienti con osteoartrosi. Sono state analizzate le caratteristiche quantitative sEMG dei loro muscoli masticatori.

E' stato valutato se i pazienti nei diversi gruppi abbiano differenze oggettive nelle caratteristiche sEMG dei muscoli masticatori durante MVC standardizzato. I dati dei pazienti sono stati confrontati con quelli raccolti in un gruppo di controllo senza alterazioni all'ATM.

2.4.2 Soggetti e metodi

Soggetti

Nel 2010, 100 pazienti con dolore nella zona pre-auricolare, limitazione al movimento e rumori articolari durante le escursioni funzionali della mandibola si sono presentati alla Clinica Odontoiatrica dell'Università degli Studi di Brescia. Tutti i soggetti sono stati visitati da un dentista, ed è stata raccolta la loro storia clinica secondo i criteri diagnostici per la ricerca TMD (RDC/TMD) (Dworkin et al., 1992; Epker et al., 1999). E' stato selezionato un gruppo di pazienti, definito come "arthrogenous TMD" secondo gli RDC / TMD, asse I, gruppi II e III. Tale gruppo è stato sottoposto ad una RMN bilaterale delle ATM, e ad un'analisi di superficie EMG dei muscoli masticatori. Tutti i pazienti riferivano dolore alle ATM da lungo tempo (durata dei sintomi di più di 6 mesi) (Tartaglia et al., 2011).

Ulteriori criteri di inclusione sono stati: dolore ad una o entrambe le articolazioni (scala VAS > 4) durante la masticazione, limitazione in apertura (massima apertura forzata non >30 mm) o durante le escursioni senza contatti dentali sinistra e destra, protrusione mandibolare (<7 mm), almeno un contatto molare mascellare-mandibolare per emiarcata dentale.

I criteri di esclusione sono stati: presenza di anomalie cranio-facciali congenite e/o di malattie sistemiche, dolore dentale, problemi parodontali, pregressi traumi cranio-facciali e cervicali e pregressi interventi chirurgici nei medesimi settori, edentulia posteriore mono o bilaterale.

Secondo i criteri di inclusione e di esclusione, sono stati selezionati 24 pazienti (17 donne e 7 uomini, di età 14-60 anni, media 31 anni, SD 11). Secondo il protocollo di esame RMN (vedi sotto), i pazienti sono stati suddivisi in due gruppi: un gruppo A (15 pazienti: 11 donne e 4 uomini, di età 26-60 anni, media 37, SD 10), che comprende i pazienti con osteoartrosi e un gruppo B (9 pazienti: 6 donne, 3 uomini, di età 14-29 anni, media 22, SD 5) che comprende i pazienti con un danno limitato ai tessuti molli (dislocazione del disco mono o bilaterale).

Il gruppo A era significativamente più vecchio rispetto al gruppo B, così abbiamo reclutato due gruppi di controllo: un gruppo "giovane" di controllo (CB, 19 soggetti, 9 uomini e 10 donne, età compresa fra 20-35 anni, media 23 anni, SD 2) e un gruppo di controllo composto da soggetti di età media maggiore (CA, 19 soggetti, 5 uomini e 14 donne, di età 26-71 anni, media 37 anni, SD 12).

Tutti i soggetti di controllo sono stati sottoposti a valutazione clinica secondo gli RDC/TMD e all'esame sEMG. Tutti i soggetti erano sani, senza storia di problemi muscolo-scheletrici, selezionati per lo studio in base ai seguenti criteri di inclusione: assenza di protesi coinvolgenti più elementi dentari, fino ad un massimo di tre denti singoli con protesi su denti naturali, un minimo di 14 coppie di denti in occlusione; occlusione di I Classe di Angle bilaterale molare e canina; assenza di problemi parodontali, assenza di pregressi traumi cranio-facciali, cervicali e di interventi chirurgici nei medesimi settori, disturbi alle ATM e nessun trattamento ortodontico in corso.

Tutti i soggetti hanno dato il loro consenso informato a tutte le procedure cliniche, alla RMN e alla sEMG, che erano una parte del trattamento normalmente offerto. Il consenso è stato ottenuto anche da parte dei genitori tutori legali dei pazienti con età inferiore ai 18 anni. Il protocollo di studio è stato approvato dal comitato etico locale. Tutte le procedure non sono state invasive o pericolose, e non hanno provocato dolore o disagio ai soggetti, che erano liberi di interrompere gli esami in qualsiasi momento.

Protocollo sperimentale

Per tutti i pazienti la RMN e l'analisi sEMG sono state eseguite nello stesso giorno (figura 10).

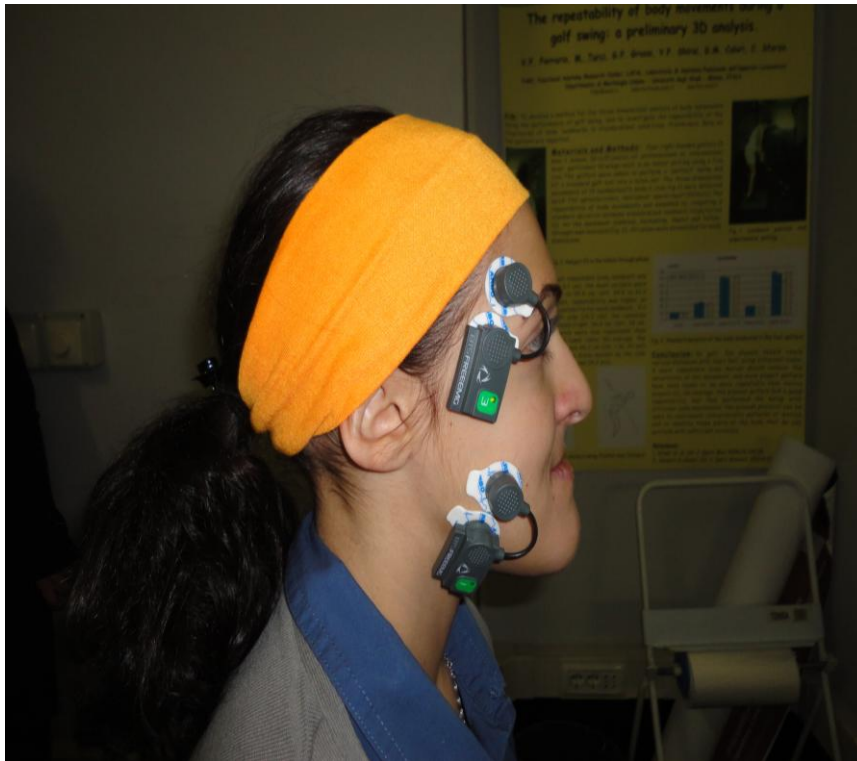


Figura 10: posizionamento elettrodi su paziente durante esecuzione sEMG.

Le immagini di risonanza magnetica sono stati valutate in modo indipendente da due radiologi, che hanno rilevato la morfologia del condilo e della fossa, lo spostamento del disco e la presenza di versamento articolare. In caso di discrepanze nella valutazione, le immagini venivano ricontrollate dai due radiologi in stretta collaborazione, e venivano registrati solo i risultati in cui i due pareri fossero concordi di alterazioni ossee condilari rilevate sono state classificate come formazioni di osteofiti ed edema osseo midollare. La morfologia dei tessuti molli ha permesso la classificazione delle articolazioni come: posizione normale del disco, dislocazione anteriore del disco con riduzione, dislocazione del disco anteriore senza riduzione, assottigliamento, fessure o deformazioni del disco (Ferrario et al., 2000 a; Kurita et al., 2000).

Per ogni paziente e per entrambe le articolazioni sono stati calcolati i punteggi di risonanza magnetica. Un punto è stato assegnato alla dislocazione del disco anteriore con riduzione, un altro punto in presenza di versamento articolare, due punti sono stati attribuiti alla dislocazione del disco anteriore senza riduzione, tre punti per la formazione di osteofiti, e cinque punti per l'assottigliamento, la perforazione o la deformazione del disco. I valori sono stati raddoppiati in presenza di edema della midollare ossea (Westesson et al., 1985; Ren et al., 1995).

Nessun dato dall'interpretazione RMN era accessibile al dentista che ha eseguito la valutazione EMG.

Registrazione sEMG

In tutti i pazienti e in tutti i soggetti dei gruppi di controllo, è stata eseguita, durante il massimo serramento volontario denti (MVC), un'sEMG dei muscoli masseteri e temporali anteriori di destra e sinistra, (Ferrario et al., 2010; Forrester et al., 2010). Due serie di prove sono state effettuate in tutti i soggetti: una registrazione di normalizzazione (su rulli di cotone) e una prova di registrazione (denti in posizione di intercuspidação) (Sforza et al., 2009). sEMG è stata effettuata da un unico operatore secondo il protocollo di Ferrario et al. (2007). L'operatore era cieco in merito alla diagnosi effettiva ATM; a tal fine sono stati utilizzati codici numerici.

Analisi statistica

E' stata calcolata la statistica descrittiva (media e SD) su tutte le variabili (indici EMG) e gruppi (A, pazienti con osteoartrosi, B, i pazienti con un danno limitato ai tessuti molli, CA e CB, soggetti di controllo). La distribuzione tra i sessi nei gruppi analizzati è stata valutata mediante un test Chi-quadro.

Gli Indici EMG sono stati utilizzati per formulare un punteggio complessivo dei potenziali sviluppati dai muscoli masticatori in esame svolte dalla articolazione in esame, che potrebbero indicare il grado di gravità della degenerazione articolare delle ATM.

Ogni variabile EMG è stata standardizzata rispetto ai valori ottenuti nei soggetti sani di controllo mediante il calcolo degli z-scores (valore paziente meno valore medio di riferimento diviso per la SD del gruppo di riferimento) (Sforza et al., 2009). Con le variabili EMG è stato creato un punteggio statistico indicizzato (Sforza et al., 2009). Alle variabili EMG sono stati assegnati pesi standardizzati secondo la loro importanza biologica e influenza clinica: POC temporale e massetere hanno dato un peso del 30% ciascuno: entrambi i muscoli sono attivi durante MVC, il muscolo temporale con una azione di stabilizzazione, il muscolo massetere che svolge l'attività principale di serramento. Il coefficiente di TORS e la media totale di attività standardizzata hanno un peso del 10% ciascuno, l'indice di attività un peso del 20%. Il coefficiente TORS può

indicare un potenziale spostamento laterale prodotto da sbilanciate attività contrattili controlaterali dei muscoli massetere e temporale (Ferrario et al., 1994). Un'attività alterata relativa dei muscoli masseteri e temporale aumenta il carico ATM (Ferrario et al., 1994), e modificazioni di questo indice sono stati trovati in pazienti TMD (Ferrario et al., 2007).

L'indice complessivo (punteggio complessivo) era quindi uno z-scores globale z: maggiore è la deviazione dal valore atteso pari a 0 (per definizione, in una popolazione il punteggio z ha media= 0 e SD=1), più il paziente ha dati ponderati EMG che globalmente differiscono da quelli del gruppo di riferimento. Valori superiori a 2 differiscono più di 2 SD dai valori raccolti nella popolazione di riferimento. La significatività del punteggio complessivo è stata valutata mediante test di t-Student per dati appaiati (ipotesi nulla: valore atteso pari a 0; ipotesi alternativa: valore medio diverso da zero).

Nei due gruppi di pazienti sono state calcolate le statistiche descrittive dei punteggi delle prestazioni complessive (EMG e RMN) e con il test Chi quadro; i dati sono stati confrontati con il test Mann - Whitney per campioni indipendenti. Per valutare le possibili correlazioni tra valutazioni funzionali (sEMG) e morfologiche (RMN), è stata eseguita una analisi di correlazione lineare tra il punteggio complessivo delle prestazioni EMG e il punteggio di risonanza magnetica.

Per tutti i test statistici, il livello di significatività è stato fissato al 5% ($P < 0.05$).

2.4.3 Risultati

La tabella 4 mostra la distribuzione dei dati anagrafici, degli indici sEMG e del punteggio RMN dei pazienti analizzati e dei soggetti di controllo. La distribuzione dei sessi tra i quattro gruppi (due gruppi di pazienti e due gruppi di controllo) non è risultata significativamente differente ($\chi^2 = 2.378$; 3 gradi di libertà, $p=0.498$). Non si sono trovate differenze significative di età tra il gruppo A e il gruppo CA, e tra il gruppo B e il gruppo CB (Mann-Whitney test, gruppo A, $p = 0.069$; gruppo B, $p = 0.085$).

unità		Gruppo A (Osteoartrosi)		Gruppo B (dislocazione)		Gruppo CA (controllo A)		Gruppo CB (controllo B)	
		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Soggetti Totali	N	15		9		19		19	
Uomini	N	4		3		5		9	
Donne	N	11		6		14		10	
Età	Y	37	10	22	5	37	12	22	5
POC massetere	%	79.5	11.9	85.8	4.2	86.71	1.92	84.3	3.8
POC temporale	%	73.5	14.9	86.4	5.9	86.75	2.18	85	2.8
Tors	%	87.4	5.4	90.5	3.3	90.65	1.25	89.2	1.9
Attivazione	%	1.2	23.4	-3.5	8.5	-3.17	4.75	-6.3	12.6
Attività standardizzata	$\mu\text{V}/\mu\text{V}\cdot\text{s} \%$	112.9	58.2	103.2	11.8	104.11	29.56	109.5	36
Punteggio z score-EMG	N	17.37	11.14	4.38	0.87	---		---	
Punteggio z score-RMN	N	8.53	4.20	2.22	0.97	---		---	

Tabella 4: Statistica descrittiva dei pazienti e dei controlli.

La figura 11 riporta i punteggi z-score EMG globali calcolati nei pazienti analizzati; per ogni paziente è stato inoltre calcolato un punteggio di RMN: maggiore è il punteggio, più grande è la differenza dei valori EMG rispetto ai valori di controllo (fig. 12).

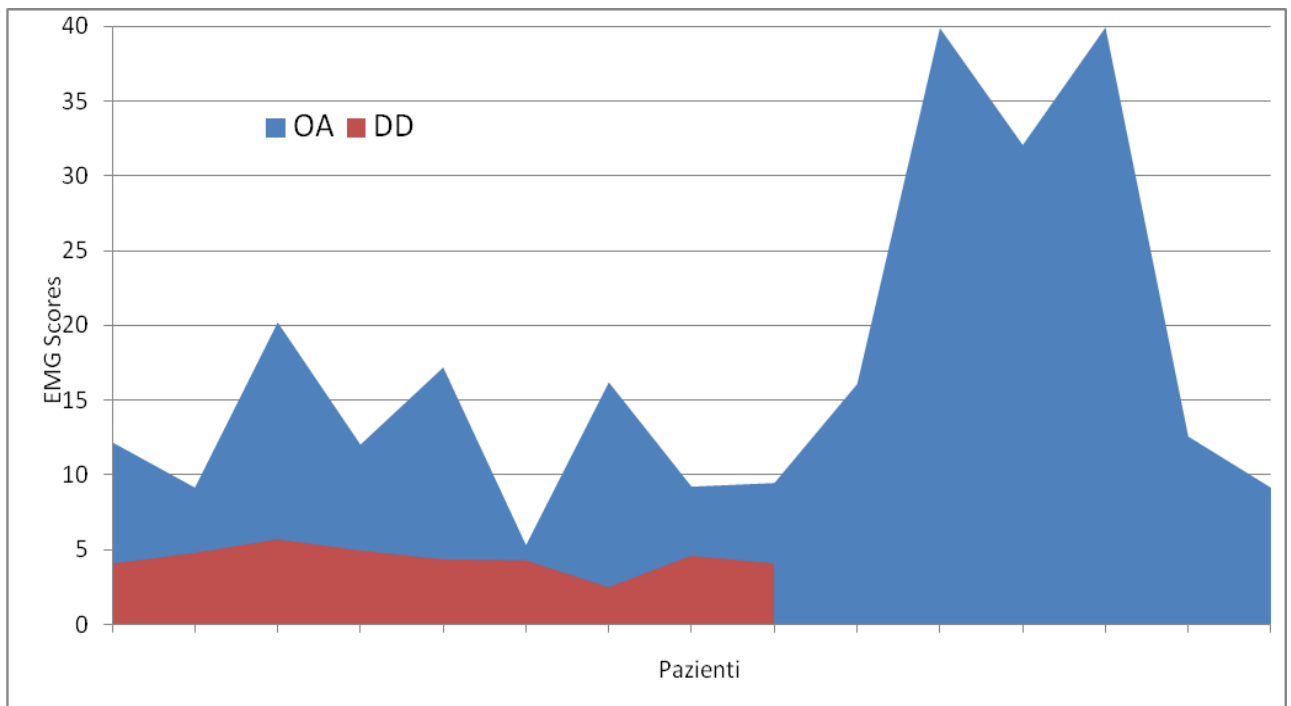


Figura 11: Punteggio EMG z score per i pazienti con osteoartrosi (OA) e quelli con dislocazione discale (DD)

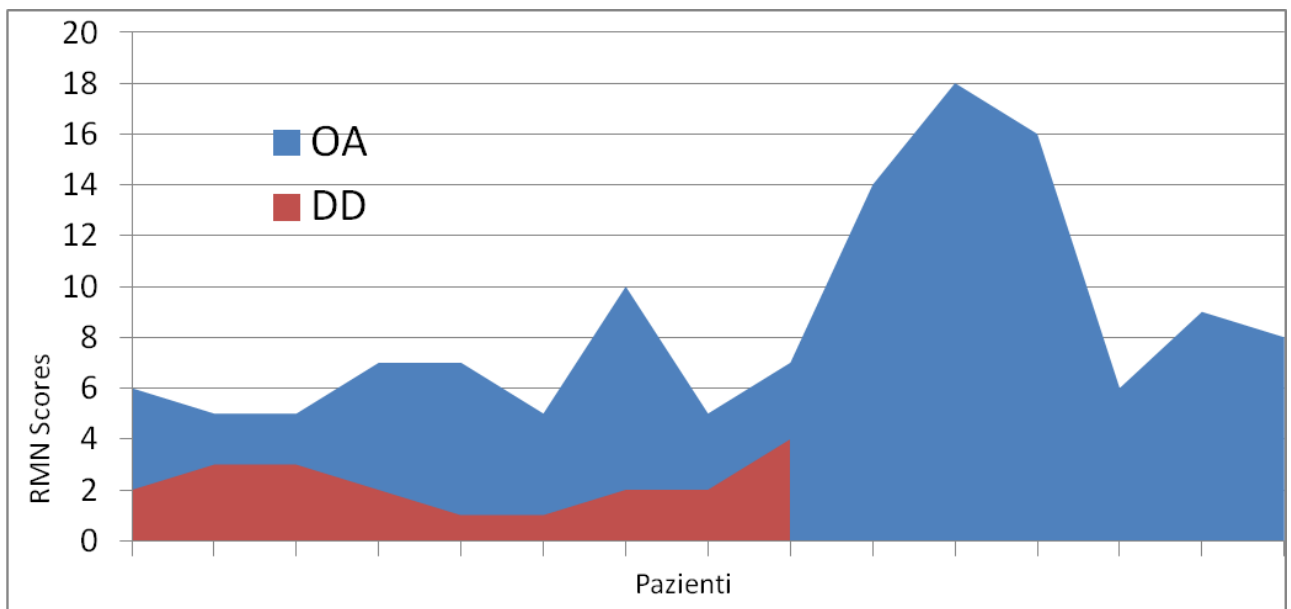


Figura 12: Punteggio RMN z score per i pazienti con osteoartrosi (OA) e quelli con dislocazione discale (DD)

Il confronto dei punteggi EMG e dei punteggi RMN tra i 2 gruppi di pazienti con il test Mann-Whitney per campioni indipendenti è risultato statisticamente significativo (per i punteggi di risonanza magnetica, $p < 0.0001$, per i punteggi EMG, $p < 0.0001$): i pazienti con OA hanno valori più alti rispetto ai pazienti con soltanto danni ai tessuti molli.

La correlazione lineare tra il punteggio RMN e il punteggio globale EMG nel gruppo totale di pazienti è risultata significativa (fig. 13) (Correlazione= 0.739, $R^2 = 0.547$).

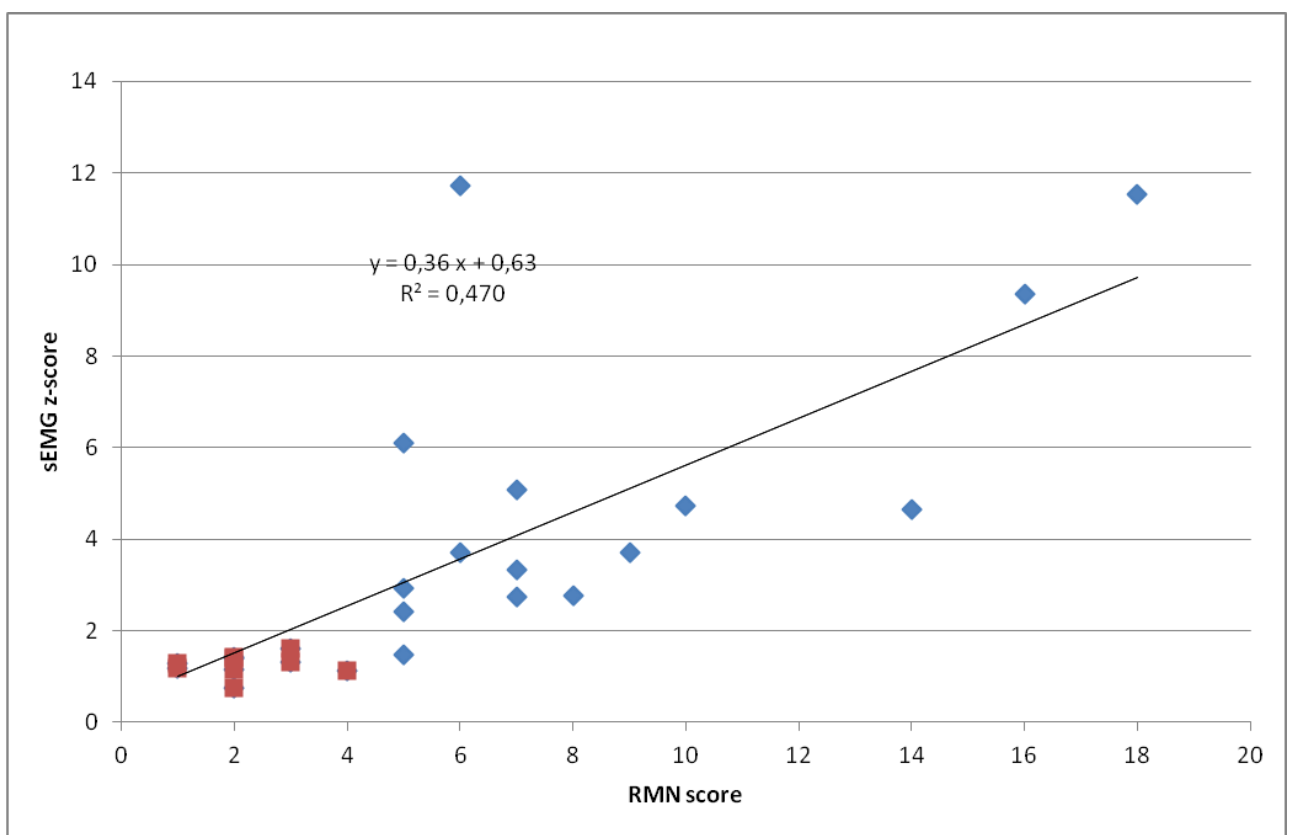


Figura 13: correlazione EMG/RMN.

2.4.4 Discussione

Nel presente studio, i soggetti sani ed i pazienti TMD, suddivisi in pazienti con osteoartrosi e pazienti con un danno limitato ai tessuti molli, distinti attraverso la risonanza magnetica, sono stati sottoposti a sEMG, e sono state analizzate le caratteristiche quantitative dei loro muscoli masticatori. Le immagini di risonanza magnetica hanno permesso una chiara differenziazione dei pazienti in due gruppi, che risultano avere differenze significative anche nei segnali sEMG rispetto ai soggetti di controllo sani, appaiati per età e sesso. Inoltre, è stata trovata una correlazione significativa tra i punteggi sEMG e quelli RMN. Per questa ragione, la registrazione obiettiva della funzione muscolare masticatoria e della disfunzione attraverso l'sEMG può essere un primo approccio diagnostico ai pazienti con patologie dell'articolazione temporo-mandibolare.

L'EMG standardizzata è un esame più semplice ed economico della RMN, che può essere condotto direttamente dal medico odontoiatra, senza sottoporre il paziente ad indagini pericolose (Castroflorio et al., 2005; Ferrario et al., 2006; Ferrario et al., 2007; Tartaglia et al., 2008; Santan-Mora et al., 2009; Forrester et al., 2010).

Il rapporto maschi: femmine di questo studio è stato di circa 1 maschio ogni 2-3 femmine. In effetti, le patologie dell'articolazione temporomandibolare colpiscono più frequentemente le donne che gli uomini (Ferrario et al., 2002). La distribuzione dei sessi non ha presentato differenze significative tra i due gruppi di pazienti. Studi precedenti non hanno trovato effetti significativi del sesso su indici EMG normalizzati (Ferrario et al., 2007) in gruppi con età sovrapponibili.

L'età è risultata significativamente differente tra i due gruppi A e B (i pazienti con osteoartrosi erano significativamente più anziani rispetto ai pazienti con un danno limitato ai tessuti molli), e quindi l'effetto è stato statisticamente controllato con z-score calcolati a partire da gruppi di controllo di età comparabile con i pazienti.

Le differenze di età tra i pazienti con osteoartrosi e pazienti con un danno limitato ai tessuti molli possono essere spiegate con l'evoluzione clinica della patologia TMD. Alterazioni ossee condilari e dell'eminanza potrebbero riflettere i dettagli della progressione di osteoartrosi dell'ATM, che si verifica soprattutto nelle articolazioni con avanzato squilibrio interno (Ren et al., 1995).

Il presente studio soffre di alcune limitazioni. Prima di tutto, il piccolo campione di pazienti con TMD legato alla difficoltà di trovare soggetti con degenerazione cronica ATM che rispettassero i criteri di inclusione/esclusione. Inoltre, la RMN non è stata eseguita nei soggetti appartenenti ai

gruppi di controllo: abbiamo reclutato i soggetti sani in base a protocolli clinici standardizzati. Tasaki et al. (1996) hanno riportato una serie di alterazioni interne asintomatiche fino al 33% delle articolazioni analizzate, ma questi numeri sono probabilmente collegati con una non corretta interpretazione della RMN (Provenzano et al., 2012). Dall'altro lato, non crediamo eticamente accettabile che vengano impiegate risorse in esami strumentali costosi se non è strettamente necessario (Riberio-rotta et al., 2011).

In conclusione, i risultati dello studio portano a sostenere l'importanza di eseguire esami clinici e strumentali dell'apparato stomatognatico; tutti forniscono informazioni utili per la diagnosi. L'uso di sEMG può essere proposto come un primo screening sui pazienti con TMD, limitando la prescrizione della RMN solo ai casi in cui si riscontrano scostamenti maggiori rispetto ai valori di riferimento. Inoltre, la comprensione di come i metodi di valutazione sono collegati è un passo importante verso una migliore diagnosi e un piano di trattamento più efficace.

2.5 STUDIO 3: Correlazione tra EMG dei muscoli masticatori e dei fasci superiori del trapezio in pazienti TMD

Parte dei dati qui presentati sono stati già pubblicati nel corso del dottorato di ricerca (Lodetti et al., 2012 a).

2.5.1 Introduzione

L'esistenza di una correlazione tra le diverse componenti del sistema cranio-cervico-mandibolare e, nello specifico, tra le attività coordinate dei muscoli della mandibola, del collo e del tronco è una tematica molto controversa sia in ambito accademico che prettamente clinico (Zuniga et al., 1995; Visscher et al., 2001; Torisu et al., 2002; Ferrario et al., 2003, 2006, 2007; Pallegama et al., 2004; Ciuffolo et al., 2005; Ceneviz et al., 2006; Armijo-Olivo e Magee, 2007; Learreta et al., 2007; Tecco et al., 2007, 2008, 2011 b). Una valutazione quantitativa dell'attività dei muscoli del distretto cranio-cervico-mandibolare durante l'esecuzione di movimenti fisiologici della mandibola e del collo può offrire una valida conoscenza della loro azione integrata e del loro controllo nervoso (Zuniga et al., 1995; Visscher et al., 2001; Torisu et al., 2002; Ferrario et al., 2003, 2007; Ciuffolo et al., 2005; Ceneviz et al., 2006; Armijo-Olivo e Magee, 2007; Learreta et al., 2007; Forrester et al., 2010). Dall'analisi della letteratura attuale risultano diversi studi (Ferrario et al., 2003) che hanno dimostrato come, in soggetti sani, variazioni della dimensione verticale dell'occlusione possano avere un effetto rilevante sull'attività del muscolo sternocleidomastoideo e del trapezio, mentre Svensson et al. (2004) evidenziano come il dolore indotto sperimentalmente nel muscolo massetere possa modificare in modo significativo l'attività muscolare del collo.

Nelle clinica, la valutazione concomitante dei muscoli della mandibola e del collo può aiutare a definire l'inquadramento clinico del paziente e, di conseguenza, può permettere un monitoraggio quantitativo degli effetti del trattamento (Pallegama et al., 2004; Svensson et al., 2004; Tecco et al., 2007, 2008). I pazienti con disturbi miogeni all'articolazione temporo-mandibolare (TMD) sembrano infatti avere una maggiore attività a riposo dei muscoli sternocleidomastoideo e trapezio (Pallegama et al., 2004), e l'utilizzo di una placca oclusale può ridurre significativamente l'attività muscolare a livello del collo (Tecco et al., 2008).

L'sEMG è uno degli esami attualmente in uso per effettuare una registrazione oggettiva della funzione muscolare: in letteratura si ritrovano moltissimi articoli che descrivono e confermano l'applicabilità di questo sistema di analisi (Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Koyano et al.,

1995; Kumar et al., 2001, 2003; Farella et al., 2002; Farina et al., 2002; McLean et al., 2003; Suvinen et al., 2003, 2009; Pallegama et al., 2004; Svensson et al., 2004; Castroflorio et al., 2005, 2008; Ferrario et al., 2007; Tartaglia et al., 2008, 2011; Tecco et al., 2008, 2011 b; De Felicio et al., 2009; Grünheid et al., 2009; Santana-Mora et al., 2009; Forrester et al., 2010; Sforza et al., 2010, 2011), che presenta molti aspetti positivi sia dal punto di vista di applicabilità pratica che di valenza clinica (Gay et al., 1994; Pallegama et al., 2004; Castroflorio et al., 2005, 2008; Ferrario et al., 2006, 2007; Learreta et al., 2007; Tartaglia et al., 2008, 2011; Santana-Mora et al., 2009; Cecilio et al., 2010; Forrester et al., 2010; Sforza et al., 2010, 2011;).

L'sEMG viene generalmente utilizzata per conoscere l'ampiezza del potenziale elettrico sviluppato dal muscolo; da queste misure vengono tratti i valori relativi ai singoli muscoli e gli indici ottenuti nel confronto tra muscoli accoppiati (simmetria) o gruppi di muscoli con diverse componenti di moto (attività, torque). L'sEMG è in grado, inoltre, di fornire informazioni sul dominio della frequenza, permettendo di indagare meglio il comportamento relativo del singolo muscolo, e formulare ipotesi sul suo contenuto di fibre muscolari (Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995; Bazzotti, 1999; Kumar et al., 2001, 2003; Farella et al., 2002; Sforza et al., 2007; Tartaglia et al., 2011).

Dalla valutazione degli aspetti applicativi attuali della EMG nella attività odontoiatrica, risulta utile approfondire l'analisi delle caratteristiche spettrali dei muscoli masticatori e del collo, al fine di ottenere ulteriori e approfondite informazioni preziose per la diagnosi e il trattamento dei pazienti TMD. Questo può permettere all'odontoiatra esperto di affrontare con maggiore competenza i casi complessi, certo di avere a disposizione strumenti indispensabili per la soluzione del caso clinico. Studi precedenti hanno infatti evidenziato come i pazienti TMD differiscano in modo significativo nei tempi di reclutamento delle unità motorie, se sottoposti a test di affaticamento, rispetto ad un gruppo di controllo (Chong-Shan e Hui-Yun, 1989; Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995). Nel primo studio di questa tesi ho evidenziato, ad esempio, come durante il massimo serramento volontario i pazienti TMD abbiano una ridotta frequenza mediana di contrazione dei muscoli massetere e temporale rispetto ai soggetti di controllo.

La revisione della letteratura ha evidenziato la mancanza di studi che analizzano le caratteristiche spettrali dei muscoli del collo in soggetti normali e pazienti con TMD durante l'esecuzione di specifiche attività di diagnostica dentale. Infatti, considerando le interazioni funzionali tra le diverse componenti del sistema cranio-cervico-mandibolare, una dettagliata analisi delle caratteristiche spettrali dei muscoli cervicali (tra gli altri, sternocleidomastoideo e trapezio), può permettere di comprendere meglio i meccanismi della loro azione integrata.

Queste valutazioni dovrebbero essere effettuate durante le prove funzionali o diagnostiche scelte tra quelle attualmente utilizzate per l'analisi quantitativa dei pazienti TMD (Tartaglia et al., 2011). Infatti, le caratteristiche spettrali dei muscoli del collo variano in funzione del grado di contrazione e del tipo di attività svolta (Kumar et al., 2001, 2003). Tra le attività muscolari valutate, una delle più utilizzate è il massimo serramento volontario su denti (MVC), sia in posizione di intercuspidação, sia su rulli di cotone (Forrester et al., 2010; Tartaglia et al., 2011; Tecco et al., 2011 b), che, come riportato da numerosi autori, induce co-contrazione nel muscolo trapezio (Zuniga et al., 1995; Ceneviz et al., 2006; Learreta et al., 2007; Tecco et al., 2007, 2011 a, b; Forrester et al., 2010; Sforza et al., 2011). Nel nostro laboratorio, è stato recentemente sviluppato un protocollo standardizzato per la valutazione sEMG del muscolo trapezio. Tale protocollo è risultato essere ripetibile sia all'interno della stessa sessione che tra sessioni differenti (Sforza et al., 2011).

Scopo dello studio è valutare le caratteristiche spettrali di sEMG dei muscoli masticatori (massetere, temporale) e del collo (trapezio superiore) di un gruppo di giovani adulti sani durante l'esecuzione di compiti standardizzati in MVC. La raccolta di dati di soggetti sani fornisce, in particolare, un primo riferimento per la valutazione dei pazienti con alterazioni del sistema cranio-cervico-mandibolare.

2.5.2 Soggetti e metodi

Soggetti

Sono stati esaminati 29 adulti sani (14 uomini e 15 donne), tra i 20 e 35 anni (media 22.1 anni, SD 2.3). I soggetti sono stati arruolati tra gli studenti ed il personale dell'Università di Milano, offertisi volontari per lo studio, dopo una spiegazione dettagliata del protocollo sperimentale e dei possibili rischi. Tutte le procedure applicate sono non invasive, non pericolose, e non provocano dolore o fastidio ai soggetti, che sono comunque liberi di interrompere l'esame in qualsiasi momento. Il protocollo dello studio è stato sottoposto e approvato dal comitato etico locale. Tutti i soggetti erano sani, senza storia di problemi muscolo-scheletrici o lesioni al collo, selezionati per lo studio secondo i seguenti criteri di inclusione: un minimo di 28 denti permanenti, occlusione di Classe I di Angle molare e canina bilaterale, assenza di problemi parodontali, anamnesi negativa per chirurgia cranio-facciale e traumi cervicali, assenza di TMD e disordini cranio-cervicali, e nessun trattamento ortodontico in corso. I pazienti sono stati

visitati da due diversi dentisti in base al protocollo attualmente in uso nel nostro laboratorio (Sforza et al., 2011; Tartaglia et al., 2011).

I soggetti sono stati esclusi dallo studio se presentavano problemi neurologici tali da poter interferire con la procedura sperimentale, o se stavano assumendo farmaci che potrebbero influire sul sistema muscolo-scheletrico, come i farmaci anti-infiammatori.

Protocollo sperimentale

E' stato utilizzato lo stesso protocollo sperimentale dettagliato da Sforza et al. (2010, 2011). In breve, sono stati registrati i valori di sEMG relativi ai muscoli masseteri, al temporale anteriore e al muscolo trapezio superiore di destra e sinistra, durante l'esecuzione di due test di massima contrazione volontaria dei denti (MVC) test. Un primo test MVC è stato eseguito con rulli di cotone da 10 mm di spessore, posizionati sul secondo premolare mandibolare / primo molare di ciascun soggetto. Un secondo test MVC è stato fatto con i soggetti che stringono in posizione di massima intercuspide (ICP), sulle loro superfici occlusali.

Durante l'esecuzione dei test, i soggetti sono stati verbalmente incoraggiati a svolgere il test nel migliore dei modi. Per evitare qualsiasi effetto di fatica, un periodo di riposo di almeno 3 minuti è stato permesso tra ogni prova.

Per entrambe le registrazioni, i soggetti sono stati invitati a stringere il più forte possibile, e mantenere lo stesso livello di contrazione per 5 secondi. Tutti i soggetti hanno ripetuto il test MVC tre volte. I test sono stati spiegati e mostrati ai soggetti, che hanno provato ad effettuarli prima di iniziare l'effettiva acquisizione dei dati, al fine di avere la sicurezza della effettiva comprensione e capacità di applicazione da parte del paziente stesso. Tutte le registrazioni sperimentali sono state effettuate da coppie di ricercatori.

Analisi dei dati

Per ciascun test e muscolo è stato calcolato lo spettro di frequenze tramite FFT, ed è stata determinata la frequenza mediana relativa al 1° e al 5° secondo di registrazione. Le statistiche descrittive sono state calcolate all'interno di sesso, test (cotone/ ICP MVC), muscolo (massetere, temporale, trapezio superiore), e tempo (primo/quinto secondo). I valori medi sono stati confrontati con un modello misto di analisi della varianza (tra singoli fattori- soggetti: sesso; all'interno di singoli fattori-soggetti: muscolo, lato, test, tempo). Sono state calcolate le interazioni tra i fattori. I confronti post hoc sono stati effettuati per mezzo del test t di Student; è

stata applicata la correzione di Bonferroni per i gradi di libertà. Il livello di significatività è stato fissato a $p < 0,05$ per tutte le analisi statistiche.

2.5.3 Risultati

Le statistiche descrittive della mediana dello spettro di frequenze calcolata con FFT nei muscoli analizzati sono riportate in tabella 5.

Muscolo		Cotone MVC				ICP MVC				
		Dx		Sx		Dx		Sx		
		1	2	1	2	1	2	1	2	
Donne	TA	Media	153.21	147.29	162.29	158.50	152.36	147.71	165.79	158.57
		SD	28.61	36.08	32.06	37.64	30.58	31.41	32.27	33.10
	MM	Media	150.86	143.93	150.36	144.29	159.00	152.93	152.36	149.93
		SD	24.07	24.77	22.49	26.34	20.77	20.88	23.78	25.88
	TR	Media	77.00	74.86	71.43	71.43	79.07	80.14	75.21	72.93
		SD	31.20	30.54	32.39	31.90	39.40	39.45	36.81	37.10
Uomini	TA	Media	163.93	158.13	148.27	151.67	169.20	163.87	157.93	154.27
		SD	27.34	31.69	32.70	35.64	27.58	28.49	29.36	34.85
	MM	Media	121.27	123.47	130.53	127.33	132.07	125.33	144.13	132.87
		SD	21.65	25.83	25.04	28.86	20.60	22.81	21.17	23.48
	TR	Media	61.33	61.27	57.87	58.00	62.33	63.33	58.93	59.80
		SD	23.64	22.57	12.00	12.42	23.68	24.05	14.14	13.73

Tabella 5. MPF calcolata nel muscolo temporale anteriore, massetere e nel muscolo trapezio superiore di 29 giovani adulti sani. TA: muscolo temporale; MM: muscolo massetere; TR: muscolo trapezio superiore; Dx: destra, Sx: sinistra. 1: primo intervallo di tempo (0-999 ms); 2: secondo intervallo di tempo (4000-4999 ms). Cotone MVC: serramento massimo volontario dei denti sui rulli di cotone; ICP MVC: serramento massimo volontario in posizione di massima intercuspidação. Tutti i valori sono in Hz.

In media, il MPFs non differiva tra i sessi o lati (Tabella 6, analisi della varianza, $p>0.05$), ma sono stati trovati risultati significativi tra muscoli, test e intervallo di tempo, insieme ad alcune interazioni significative.

		F	Gradi di libertà	P
Fra soggetti	Sesso	3.493	1,27	NS
Intra soggetti	Muscolo	139.252	2,54	<0.001
	Lato	0.863	1,27	NS
	Test	6.531	1,27	0.017
	Tempo	10.611	1,27	0.003
	Muscolo * lato * sesso	3.915	2,54	0.026
	Muscolo * tempo	4.719	2,54	0.013
	Muscolo * lato * tempo * sesso	4.505	2,54	0.016

Tabella 6. Confronto della MPF calcolata dei muscoli masticatori di 29 soggetti adulti sani. NS: non significativo ($p>0.05$).

I muscoli temporali avevano la più alta MPFs (media globale, 158 Hz), i muscoli masseteri valori intermedi (140 Hz) ed i muscoli trapezi i più bassi (68 Hz); confronti post hoc hanno dimostrato che tutti i valori medi differivano in modo significativo uno dagli altri.

Quando si analizzano le interazioni tra fattori, le donne hanno mostrato maggiori frequenze mediane rispetto agli uomini, tranne che nel muscolo temporale di destra (interazione significativa tra muscolo*sesso*lato; fig. 14).

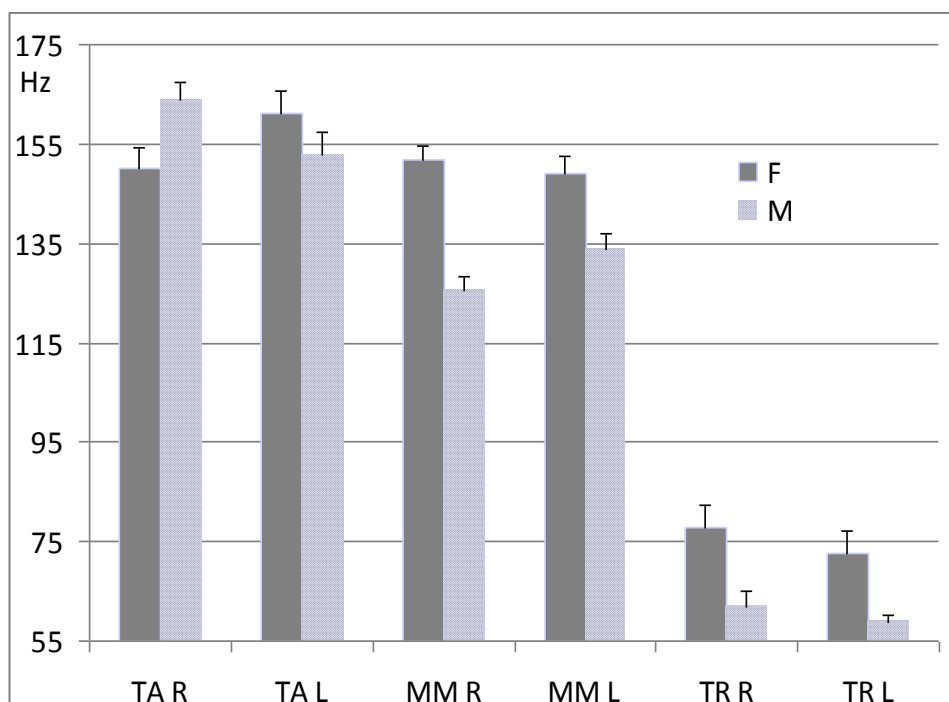


Figura 14: Media (\pm SE) MPF in 15 uomini (M) e 14 donne (F). I valori sono stati accoppiati per tipo di test e tempo. TA: muscolo temporale; MM: muscolo massetere; TR: muscolo trapezio superiore; R: destra, L: sinistra.

All'interno del muscolo, il test eseguito con serramento diretto sulle superfici occlusali (ICP clench) ha prodotto MPFs più ampi e rispetto a quello con serramento sui rulli di cotone (fattore "test"). All'interno del test, il secondo intervallo di tempo (quinto secondo di MVC) aveva MPFs significativamente più basse rispetto al primo (il primo secondo di MCV, fattore "tempo"). L'effetto è stato più evidente per i muscoli temporale e massetere che per il muscolo trapezio (*interazione significativa tra muscolo e tempo; fig. 15).

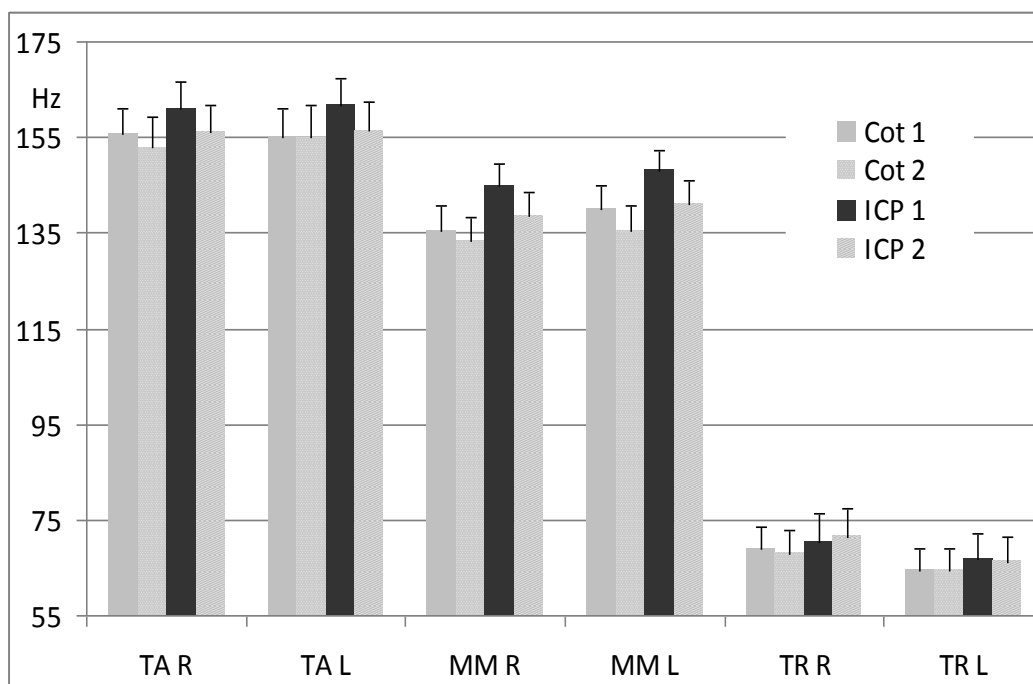


Figura 15: Media (\pm SE) MPF in 29 soggetti sani. Valori accoppiati secondo il sesso.

TA: muscolo temporale; MM: muscolo massetere; TR: muscolo trapezio superiore; R: destra, L: sinistra. Cot: serramento massimo volontario su rulli di cotone; ICP: serramento massimo volontario su denti in posizione di massima intercuspidação; 1. Primo intervallo di tempo (0-999 ms); 2. secondo intervallo di tempo (4000-4999 ms).

Nelle donne, il lato destro del muscolo temporale anteriore aveva una MPFs inferiore rispetto ai muscoli del lato sinistro, ma per gli uomini è risultato il contrario; in entrambi i sessi, il lato sinistro del trapezio superiore aveva un MPFs inferiore rispetto ai muscoli del lato destro. Una situazione più complessa è stata trovata per il muscolo massetere, con MPFs sempre maggiore sul lato sinistro negli uomini, e modelli che si alternano, variabili, nelle donne (interazione significativa tra muscolo *lato *tempo *sesso).

2.5.4 Discussione

La valutazione del comportamento dei muscoli masticatori e del collo può dare informazioni preziose per la diagnosi e il trattamento di pazienti TMD (Chong-Shan e Hui-Yun, 1989; Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995; Bazzotti, 1999; Suvinen et al., 2003; Pallegama et al., 2004; Svensson et al., 2004; Ferrario et al., 2007; Tartaglia et al., 2008, 2011; Tecco et al., 2008; Santana-Mora et al., 2009). L'sEMG, procedura a basso costo, non invasiva e non dolorosa, è stata a più riprese sia proposta sia rifiutata per l'analisi quantitativa dei muscoli superficiali della testa e del collo (Klasser e Okeson, 2006; Suvinen e Kempainen, 2007; Castroflorio et al., 2008). In questo contesto, il dominio di frequenza dei muscoli analizzati è stato indicato essere in grado di produrre dati più coerenti rispetto al dominio di ampiezza (DeLuca, 1997), proponendo l'uso delle caratteristiche spettrali dei muscoli della testa e del collo, sia per meglio descrivere le caratteristiche del muscolo, come il contenuto di fibre, sia per meglio distinguere tra pazienti e controlli sani (Chong-Shan e Hui-Yun, 1989; Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995; Bazzotti, 1999; Kumar et al., 2001, 2003; Farella et al., 2002; Sforza et al., 2007; Tartaglia et al., 2011).

Nel campo dentale, i recenti studi su questo tema sono stati limitati solo ai muscoli masticatori, e hanno permesso di confrontare i dati, ottenuti da analisi per lo più invasive e distruttive, morfologiche e istochimiche, con quelli raccolti dal sistema non invasivo e funzionale EMG. Tra gli altri, Eriksson e Thornell (1983) hanno rilevato che i muscoli masticatori umani possiedono una rete intricata di unità funzionali con proporzioni variabili di fibre muscolari lente, veloci e intermedie. Nel muscolo massetere, questi autori hanno trovato una prevalenza di fibre di tipo I (lente), mentre nella parte superficiale del muscolo temporale il 50% delle fibre è di tipo IIB (veloce). Nel complesso, i risultati morfologici e istochimici di altre ricerche (Eriksson e Thornell, 1983; Mao et al., 2002; Sciote et al., 2003; Rowlerson et al., 2005) sono in accordo con i risultati ottenuti in questo studio: in entrambe le attività di MVC (su rulli di cotone e in ICP) analizzate e in entrambi gli intervalli di tempo, il muscolo temporale anteriore aveva una mediana dello spettro più alta rispetto al muscolo massetere, come riportato in precedenza sia per le contrazioni massimali (Bazzotti, 1999; Tartaglia et al., 2001) che submassimali (Koyano et al., 1995; Farella et al., 2002;).

Il dolore cronico dei muscoli masticatori risulta essere caratterizzato da ridotta frequenza e intensità di attività muscolare volontaria dei muscoli stessi, con conseguente modifica della composizione di mioglobina e della sezione trasversale delle fibre muscolari, con un aumento

della percentuale di fibre che esprimono tipi di mioglobina veloce e una diminuzione della sezione trasversale delle fibre di tipo lento (Grünheid et al., 2009). Questo può offrire e confermare una diretta applicazione clinica della sEMG: l'analisi delle componenti spettrali dei muscoli masticatori può rappresentare l'analogo non-invasivo delle valutazioni istologiche dirette.

Le diverse MPFs riscontrate nei muscoli massetere e temporale tra i due test analizzati (MVC su rulli di cotone e MVC in posizione di intercuspidação) possono essere spiegati con alcune variazioni nella direzione della forza. In soggetti sani giovani, Farella et al. (2002) hanno riportato un significativo effetto della direzione della forza di serramento, e lo stringere su due rulli di cotone può in qualche modo modificare la risultante delle forze.

Un'altra differenza tra le due condizioni di prova può essere l'effettiva forza di serramento. Infatti, Farella et al. (2002) ha trovato un effetto significativo della forza di serramento sulla MPF del massetere. In realtà, in soggetti sani con una occlusione normale, la prova di stringere sui rulli di cotone è di solito condotta con la stessa attivazione muscolare che si ottiene durante il serramento in massima intercuspidação (Ferrario et al., 2006; Sforza et al., 2011; Tartaglia et al., 2011).

Utilizzando l'attività muscolare raccolta con l'sEMG come stima della forza muscolare, si può sostenere l'ipotesi che le due condizioni di test differivano per la direzione di forza, ma non per la quantità totale di forza. Nel primo studio di questa tesi non si sono trovate differenze significative nel MPFs dei muscoli massetere e temporale durante le due stesse attività di serramento, anche se è stata trovata una tendenza simile a quella attuale (MPFs maggiore durante il serramento in ICP che durante il serramento su cotone).

Ulteriori indagini possono essere necessarie per comprendere meglio le reali differenze tra le due condizioni di prova.

D'altro canto, una analisi dettagliata delle caratteristiche spettrali dei muscoli cervicali (sternocleidomastoideo, trapezio, splenio della testa) è stata fatta da Kumar et al. (2001, 2003); in particolare, questi autori hanno scoperto che la mediana dello spettro di frequenze diminuiva progressivamente all'aumentare dei livelli di forza durante movimenti isometrici di flessione ed estensione cervicale (Kumar et al., 2001). Non è stata trovata nessuna differenza significativa tra gli schemi motori di soggetti di sesso maschile e femminile. Gli autori hanno suggerito che le caratteristiche spettrali dei muscoli del collo possono essere utilizzate per descrivere soggetti normali e pazienti, per esempio dopo un colpo di frusta.

Considerando che queste caratteristiche variano in funzione del grado di contrazione, e sono attività-specifiche (Kumar et al., 2001, 2003), la valutazione dei muscoli cervicali dovrebbe

essere condotta in concomitanza con l'analisi dei muscoli masticatori durante l'esecuzione di specifici test diagnostici dentali. Per esempio, stringere i denti induce alcune co-contrazioni nel muscolo trapezio (Zuniga et al., 1995; Sforza et al., 2001; Ceneviz et al., 2006; Learreta et al., 2007; Tecco et al., 2007; Forrester et al., 2010;), e, durante la massima contrazione volontaria, i soggetti sani contraggono i fasci superiori del muscolo trapezio a circa il 7-12% della loro massima contrazione volontaria (Forrester et al., 2010; Sforza et al., 2011). A questo livello di contrazione, la frequenza di potenza media del trapezio durante le estensioni volontarie controllate della testa è stata riportata essere circa di 100-120 Hz, ma, durante la flessione della testa, sono stati trovati valori più ampi (150-160 Hz) (Kumar et al., 2001).

Entrambi i valori sono molto più grandi di quelli ritrovati nell'indagine condotta durante questa ricerca, dove non è stato effettuato alcun controllo sul tipo di contrazione del trapezio: i soggetti non hanno ricevuto alcuna istruzione particolare sulla posizione della testa, e hanno usato la propria muscolatura cervicale per stabilizzare la posizione della testa durante il serramento dei denti. Purtroppo, in letteratura non esiste una descrizione delle caratteristiche spettrali del fascio superiore del trapezio durante il serramento dei denti, e ulteriori indagini sono necessarie per comprendere meglio il ruolo di questo muscolo. Dai risultati dell'esperimento in corso, sembra che il trapezio sia meno sensibile al tipo di serramento dei denti (cotone o ICP) rispetto ai muscoli masticatori (media generale \pm SD rapporto cotone/ICP della MPFs: 1.001 \pm 0,119 trapezio, 0,982 \pm 0,104 temporale, massetere 0,955 \pm 0,131).

Un ulteriore effetto principale che è risultato significativo in questo lavoro è stato il fattore tempo, cioè durante il primo e l'ultimo secondo dell'intervallo di 5-s i muscoli analizzati avevano MPFs diverse.

Nel complesso, la media più bassa di MPFs trovata nel secondo intervallo di tempo (il quinto secondo di MVC) è in accordo con un possibile effetto di fatica (Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995; Sforza et al., 2007). L'effetto è stato maggiore per i muscoli massetere e temporale che per il muscolo trapezio (interazione significativa tra muscolo*tempo), fatto che può essere spiegato dai livelli più elevati di contrazione dei muscoli masticatori rispetto al muscolo del collo durante l'attività di serramento. Inoltre, il massetere aveva alcune modificazioni più ampie che il temporale, come già riportato durante le prove di fatica (Koyano et al., 1995). Infatti, le attività di serramento attuali non sono state sostenute da contrazioni volte ad indurre la fatica, ma osservando i risultati attuali che, in giovani adulti sani, anche 5 secondi di massimo sforzo possono provocare significative modifiche negli schemi di contrazione (reclutamento di fibre muscolari diverse) o nella velocità di conduzione (modificazioni biochimiche all'interno e all'esterno della cellula muscolare), cambiando così la MPFs (DeLuca,

1997). L'effetto potrebbe essere addirittura maggiore nei pazienti TMD (Chong-Shan e Hui-Yun, 1989; Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Koyano et al., 1995;). Ulteriori studi, compresa l'analisi dell'intero intervallo di tempo, sono necessari per rilevare le finestre temporali che meglio permettono di apprezzare il significato clinico di questi test di serramento.

La mancanza di differenze significative di lato destra-sinistra è in accordo con i dati della letteratura (Koyano et al., 1995; Kumar et al., 2001, 2003; Farella et al., 2002; Tartaglia et al., 2011), anche se alcune indagini non hanno riportato analisi della simmetria muscolare (Gay et al., 1994). Purtroppo, la rilevazione di modelli simmetrici in soggetti sani (Kumar et al., 2001, 2003) permette di avanzare solo ipotesi su pazienti TMD con dolore e alterazioni unilaterali. Secondo Pallegama et al. (2004), i muscoli dolenti dovrebbero mostrare grandi differenze nelle loro caratteristiche sEMG rispetto ai non dolenti, assumendo così un possibile effetto significativo di lato nei pazienti con TMD unilaterale.

Tra i principali effetti inter-soggetti, il sesso non è risultato significativo. In effetti, questo aspetto è stato poco analizzato negli studi precedenti. In alcune occasioni, è stata valutato un solo sesso (Kroon e Naeje, 1992; Gay et al., 1994; Farella et al., 2002), mentre in altri studi non è stata fornita alcuna informazione sul sesso (Bazzotti, 1999), o non è stato condotto alcun confronto (Koyano et al., 1995). In generale, quando sono stati analizzati separatamente i dati di maschi e femmine, non sono state riportate differenze tra i due sessi (Kumar et al., 2001, 2003; Tartaglia et al., 2011).

Tuttavia, nell'ambito dello studio condotto, sono state trovate due interazioni significative tra muscolo*lato*sesso e muscolo*lato*tempo*sesso, e ulteriori esperimenti potrebbero essere necessari per comprendere meglio queste complesse significatività statistiche. Possibili variabili confondenti possono essere un lato preferenziale di masticazione, e essere destri o mancini.

Lo studio attuale era limitato a soggetti sani con una occlusione normale di classe I di Angle.

Studi precedenti hanno trovato una influenza significativa delle differenti condizioni occlusali sulla attività del muscolo trapezio, ma solo stati riportati solo i dati relativi al dominio di ampiezza (Zuniga et al., 1995; Ceneviz et al., 2006;). Pertanto, dovrebbe essere analizzato in dettaglio l'effetto delle diverse condizioni occlusali (per esempio, diverse classi di Angle, o contatti dentali asimmetrici) (Ferrario et al., 2006).

Un altro limite è la mancanza di standardizzazione della morfologia cranio-facciale: in questo studio non è stata fatta alcuna selezione sulle caratteristiche facciali (tessuti duri o molli). In particolare, la letteratura ha riportato che i soggetti con una classe scheletrica III hanno maggiori potenziali sEMG nei loro muscoli del collo rispetto a soggetti con differenti modelli facciali (Tecco et al., 2007, 2001). Questo forse può derivare dalla necessità di una forza maggiore per

una migliore stabilizzazione della testa quando vi è una protrusione mandibolare, ma il suo effetto sulle caratteristiche spettrali dei muscoli del collo non è stato ancora indagato.

In conclusione, questo studio ha fornito una prima serie di dati per definire le caratteristiche spettrali di sEMG dei muscoli masticatori e del collo in soggetti adulti giovani durante compiti di standardizzati di serramento, in uso in ambito dentale. I dati attuali rappresentano un ulteriore passo per una descrizione più completa dei modelli muscolari durante l'attività dell'apparato stomatognatico, comprendendo sia i muscoli elevatori della mandibola che i muscoli posteriori del collo coinvolti nel posizionamento della testa. Tali dati forniscono un primo riferimento per la valutazione dei pazienti con alterazioni del sistema cranio-cervico-mandibolare. Un successivo passo può includere la valutazione simultanea del muscolo sternocleidomastoideo.

3. DISCUSSIONE FINALE

La diagnosi di TMD è di solito eseguita a partire da indagini cliniche in combinazione con tecniche di imaging. La RMN dell'ATM è stata indicata come esame diagnostico di riferimento nella diagnosi TMD perché offre informazioni precise sulla morfologia articolare e sulle sue alterazioni. L'utilizzo di tecniche di imaging (RMN e TC) è ancora controverso a causa degli elevati costi di gestione e per questa ragione le valutazioni cliniche ed anamnestiche mantengono un ruolo chiave (Park et al., 2012). Alcuni autori (Marguelles-Bonnet et al., 1995; Naeije et al., 2009) riportano, d'altra parte, che le anomalie delle ATM non possono essere sempre valutate attendibilmente mediante l'esame clinico. Gli attuali orientamenti scientifici suggeriscono che l'utilizzo di indagini diagnostiche per immagini debba essere limitato ai casi in cui vi è una ragionevole aspettativa che queste informazioni influenzino la scelta del tipo di approccio terapeutico (Riberio-Rotta et al., 2011; Park et al., 2012).

Al fine di affiancare i risultati clinici con alcuni dati quantitativi funzionali, sono stati sviluppati diversi protocolli per registrare oggettivamente la disfunzione. In particolare, l'analisi sEMG dei muscoli masticatori viene attualmente indicata come strumento per la valutazione del paziente in odontoiatria (Ferrario et al., 2006).

Obiettivo di questo dottorato è stato dare un contributo scientifico per approfondire la conoscenza di questo mezzo di analisi strumentale. L'sEMG non è un metodo diffuso per la diagnosi e il monitoraggio dei pazienti con TMD (Klasser e Okeson, 2006; Suvinen e Kemppainen, 2007; Castroflorio et al., 2008). L'applicazione clinica tecnica ha ancora diversi problemi che ne limitano l'uso quotidiano. Uno dei principali problemi è la normalizzazione/standardizzazione della registrazione EMG dei muscoli masticatori, procedura già utilizzata per la valutazione dei muscoli del corpo (DeLuca, 1997; Hagg et al., 2004). In effetti, per confrontare le registrazioni EMG tra soggetti diversi è necessario mettere in relazione tutte le misure dell'attività elettrica dei muscoli. Tale attività è rilevata con alcune registrazioni di normalizzazione, come la massima contrazione volontaria (MVC) (Castroflorio et al., 2005; Castroflorio et al., 2008; Santana-Mora et al., 2009; Cecilio et al., 2010; Forrester et al., 2010). I potenziali EMG raccolti in MVC sono stati segnalati avere la migliore ripetibilità (Suvinen et al., 2009; Forrester et al., 2010). Tra i vari protocolli, la MVC su rulli di cotone è stata trovata avere la più bassa variabilità inter-individuale (Ferrario et al., 2000; 2006; De Felício et al., 2009; Forrester et al., 2010; Tecco et al., 2011). Secondo questo protocollo, i dati EMG normalizzati daranno indicazioni sull'influenza dell'occlusione (contatto dei denti) sull'attività neuromuscolare, evitando la variabilità individuale (variazioni anatomiche, dello stato fisiologico

e psicologico, ecc.) e le variazioni tecniche (cross-talk del muscolo, posizione degli elettrodi, ecc.). E' stato quindi dimostrato che, sia nei pazienti con dolore acuto (durata inferiore a 6 mesi) (Tartaglia et al., 2008), che, in questa tesi, nei pazienti con dolore cronico (durata superiore a 6 mesi), questo protocollo ha permesso una valutazione rapida e semplice delle caratteristiche funzionali e disfunzionali dei pazienti analizzati.

Inoltre, dallo studio delle caratteristiche spettrali di sEMG durante le attività coordinate dei muscoli della mandibola, del collo e del tronco emerge come i dati emersi nello studio 3 rappresentino un ulteriore passo per una descrizione più completa dei modelli muscolari durante l'attività dell'apparato stomatognatico. Tali dati possono essere considerati per una valutazione qualitativa e quantitativa dei pazienti con alterazioni del sistema cranio-cervico-mandibolare che dovrà proseguire, ad esempio, con lo studio dell'attività di altri muscoli del distretto cranio-cervicale come lo sterno-cleido-mastoideo.

Un ulteriore proseguimento della ricerca in quest'ambito dovrà inoltre indagare attività dinamiche, come la masticazione e la deglutizione, in modo da considerare le prestazioni effettive delle attività motorie fisiologiche.

La sintesi di tutti questi risultati avvalorata ulteriormente la tesi che la registrazione obiettiva della funzione muscolare masticatoria e della disfunzione delle ATM attraverso l'sEMG può essere un primo approccio diagnostico ai pazienti con patologie dell'articolazione temporo-mandibolare. Accanto a questi risultati si affiancano inoltre le valutazioni classiche sui vantaggi dell'utilizzo clinico dell'sEMG quale strumento non invasivo, a basso costo, che permette l'esecuzione di indagini direttamente in studio, senza la necessità di inviare il paziente a centri specializzati diagnostici.

4. BIBLIOGRAFIA

Armijo–Olivo S, Magee DJ. Electromyographic activity of the masticatory and cervical muscles during resisted jaw opening movement. *J Oral Rehabil.* 2007;34:184-194.

Bazzotti L. Electromyography tension and frequency spectrum analysis of some masticatory muscles at rest, isotonic and isometric contractions. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1999;39, 421-434.

Cairns BE. Pathophysiology of TMD pain--basic mechanisms and their implications for pharmacotherapy. *J Oral Rehabil.* 2010;37:391-410.

Castroflorio T, Bracco P, Farina D. Surface electromyography in the assessment of jaw elevator muscles. *J Oral Rehabil.* 2008;35:638-45.

Castroflorio T, Farina D, Bottin A, Piancino MG, Bracco P, Merletti R. Surface EMG of jaw elevator muscles: effect of electrode location and inter-electrode distance. *J Oral Rehabil.* 2005;32:411-7.

Catić A, Naeije M. Location of the hinge axis and the kinematic centre in asymptomatic and clicking temporomandibular joints. *J Oral Rehabil.* 1999;26:661-5.

Cecílio FA, Regalo SC, Palinkas M, Issa JP, Siéssere S, Hallak JE, Machado-de-Sousa JP, Semprini M. Ageing and surface EMG activity patterns of masticatory muscles. *J Oral Rehabil.* 2010;37:248-55.

Ceneviz C, Mehta NR, Forgione A, Sands MJ, Abdallah EF, Lobo Lobo S, Mavroudi S. The immediate effect of changing mandibular position on the EMG activity of the masseter, temporalis, sternocleidomastoid, and trapezius muscles. *Cranio.* 2006;24:237-244.

Chong-Shan S, Hui-Yun W. Value of EMG analysis of mandibular elevators in open-close-clench cycle to diagnosing TMJ disturbance syndrome. *J Oral Rehabil* 1989; 16:101–107.

Ciuffolo F, Manzoli L, Ferritto AL, Tecco S, D'Attilio M, Festa F. Surface electromyographic response of the neck muscles to maximal voluntary clenching of the teeth. *J Oral Rehabil.* 2005;32:79-84.

Cooper BC. More about TMD and SEMG. *J Am Dent Assoc.* 2006;137:1366.

Dahlström L, Carlsson GE. Temporomandibular disorders and oral health-related quality of life. A systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2010;68:80-5.

De Felício CM, de Oliveira MM, da Silva MA. Effects of orofacial myofunctional therapy on temporomandibular disorders. *Cranio.* 2010;28:249-59.

De Felício CM, Sidequersky FV, Tartaglia GM, Sforza C. Electromyographic standardized indices in healthy Brazilian young adults and data reproducibility. *J Oral Rehabil.* 2009;36:577-83.

DeLuca CJ, Foley PJ, Erim Z. Motor unit control properties in constant-force isometric contractions. *J Neurophysiol.* 1996;76:1503-16.

DeLuca C. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13:135-63.

Douglas CR, Avoglio JL, de Oliveira H. Stomatognathic adaptive motor syndrome is the correct diagnosis for temporomandibular disorders. *Med Hypotheses.* 2010;74:710-8.

Dworkin SF, Huggins KH, LeResche L, Von Korff M, Howard J, Truelove E, Sommers E. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. *J Am Dent Assoc.* 1990;120:273-81.

Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examination and specifications, critique. *J Craniomandib Disord Facial Oral Pain.* 1992;6:302–355.

Epker J, Gatchel RJ, Ellis E 3rd. A model for predicting chronic TMD: practical application in clinical settings. *J Am Dent Assoc.* 1999;130:1470-5.

Eriksson P-O, Thornell L-E. Histochemical and morphological muscle-fibre characteristics of the human masseter, the medial pterygoid and the temporal muscles. *Archs Oral Biol.* 1983;28:781-795.

Farella M, Bakke M, Michelotti A, Rapuano A, Martina R. Masseter thickness, endurance and exercise-induced pain in subjects with different vertical craniofacial morphology. *Eur J Oral Sci.* 2003;11:183-8.

Farella M, Van Eijden T, Baccini M, Michelotti A. Task-related electromyographic spectral changes in the human masseter and temporalis muscles. *Eur J Oral Sci* 2002;110:8-12.

Farina D, Merletti R, Indino B, Nazzaro M, Pozzo M. Surface EMG crosstalk between knee extensor muscles: experimental and model results. *Muscle Nerve.* 2002;26:681-95.

Farrar WB. Differentiation of temporomandibular joint dysfunction to simplify treatment *J Prosthet Dent.* 1972;28:555–629.

Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Ciusa V. An electromyographic investigation of masticatory muscles symmetry in normo-occlusion subjects. *J Oral Rehabil.* 2000(a);27:33-40.

Ferrario VF, Sforza C, D'Addona A, Miani A Jr. Reproducibility of electromyographic measures: a statistical analysis. *J Oral Rehabil.* 1991;18:513-21.

Ferrario VF, Sforza C, Dellavia C, Tartaglia GM. Evidence of an influence of asymmetrical occlusal interferences on the activity of the sternocleidomastoid muscle. *J Oral Rehabil.* 2003;30:34-40.

Ferrario VF, Sforza C, Lovecchio N, Mian F. Quantification of translational and gliding components in human temporomandibular joint during mouth opening. *Arch Oral Biol.* 2005;50:507-15.

Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Ciusa V V. A direct in vivo measurement of the three-dimensional orientation of the occlusal plane and of the sagittal discrepancy of the jaws. *Clin Orthod Res.* 2000(b);3:15-22.

Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Colombo A, Schmitz JH. The effects of a single intercuspal interference on electromyographic characteristics of human masticatory muscles during maximal voluntary teeth clenching. *Cranio.* 1999;17:184-8.

Ferrario VF, Sforza C, Tartaglia GM, Dellavia C. Immediate effect of a stabilization splint on masticatory muscle activity in temporomandibular disorder patients. *J Oral Rehabil.* 2002;29:810-5.

Ferrario VF, Sforza C, Zanotti G, Tartaglia GM. Maximal bite forces in healthy young adults as predicted by surface electromyography. *J Dent.* 2004;32:451-7.

Ferrario VF, Sforza C. Biomechanical model of the human mandible in unilateral clench: distribution of temporomandibular joint reaction forces between working and balancing sides. *J Prosthet Dent.* 1994;72:169-76.

Ferrario VF, Tartaglia GM, Galletta A, Grassi GP, Sforza C. The influence of occlusion on jaw and neck muscle activity: a surface EMG study in healthy young adults. *J Oral Rehabil.* 2006;33:341-8.

Ferrario VF, Tartaglia GM, Luraghi FE, Sforza C. The use of surface electromyography as a tool in differentiating temporomandibular disorders from neck disorders. *Man Ther.* 2007;12:372-9.

Forrester SE, Allen SJ, Presswood RG, Toy AC, Pain MT. Neuromuscular function in healthy occlusion *J Oral Rehabil.* 2010;37:663-639.

Gallo LM, Airoidi GB, Airoidi RL, Palla S. Description of mandibular finite helical axis pathways in asymptomatic subjects. *J Dent Res.* 1997;76:704-13.

Gallo LM, Brasi M, Ernst B, Palla S. Relevance of mandibular helical axis analysis in functional and dysfunctional TMJs. *J Biomech.* 2006;39:1716-25.

Gay T, Maton B, Rendell J, Majourau A. Characteristics of muscle fatigue in patients with myofascial pain-dysfunction syndrome. *Arch Oral Biol* 1994;39:847-52.

Greenspan JD, Slade GD, Bair E, Dubner R, Fillingim RB, Ohrbach R, Knott C, Mulkey F, Rothwell R, Maixner W. Pain sensitivity risk factors for chronic TMD: descriptive data and empirically identified domains from the OPPERA case control study. *J Pain.* 2011;12:T61-74.

Grünheid T, Langenbach GE, Korfage JA, Zentner A, van Eijden TM. The adaptive response of jaw muscles to varying functional demands. *Eur J Orthod* 2009;31:596-612.

Hayasaki H, Saitoh I, Iwase Y, Inada E, Hasegawa H, Tokutomi J, Matsumoto Y, Yamasaki Y. Movement of the instantaneous center of rotation and the position of the lateral excursion center during lateral excursion. *Cranio.* 2008;26:253-62.

Hellmann D, Giannakopoulos NN, Blaser R, Eberhard L, Rues S, Schindler HJ. Long-term training effects on masticatory muscles. *J Oral Rehabil.* 2011;38:912-20.

- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for EMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10:361-74.
- Klasser GD, Okeson JP. The clinical usefulness of surface electromyography in the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc.* 2006;137:763-71.
- Kogawa EM, Calderon PS, Lauris JR, Araujo CR, Conti PC. Evaluation of maximal bite force in temporomandibular disorders patients. *J Oral Rehabil.* 2006;33:559-65.
- Koh KJ, List T, Petersson A, Rohlin M. Relationship between clinical and magnetic resonance imaging diagnoses and findings in degenerative and inflammatory temporomandibular joint diseases: a systematic literature review. *J Orofac Pain.* 2009;23:123-39.
- Koolstra JH, Naeije M, van Eijden TM. The three-dimensional active envelope of jaw border movement and its determinants. *J Dent Res.* 2001;80:1908-12.
- Koolstra JH, van Eijden TM. Biomechanical analysis of jaw-closing movements. *J Dent Res.* 1995;74:1564-70.
- Koyano K, Kim YJ, Clark GT. Electromyographic signal changes during exercise in human chronic jaw-muscle pain. *Arch Oral Biol* 1995;40:221-7.
- Kroon GW, Naeije M. Electromyographic evidence of local muscle fatigue in a subgroup of patients with myogenous craniomandibular disorders. *Arch Oral Biol* 1992;37:215-218.
- Kumar S, Narayan Y, Amell T. Power spectra of sternocleidomastoids, splenius capitis, and upper trapezius in oblique exertions. *Spine J.* 2003;3:339-50.
- Kumar S, Narayan Y, Amell T. Spectral profile of superficial cervical muscles. *J Electromyogr Kinesiol* 2001;11:269-280.
- Kurita H, Ohtsuka A, Kobayashi H, Kurashina K. Is the morphology of the articular eminence of the temporomandibular joint a predisposing factor for disc displacement? *Dentomaxillofac Radiol.* 2000;29:159-62.
- Learreta JA, Beas J, Bono AE, Durst A. Muscular activity disorders in relation to intentional occlusal interferences. *Cranio.* 2007;25:193-199.
- LeResche L. Epidemiology of temporomandibular disorders: implications for the investigation of etiologic factors. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1997;8:291-305.
- Lobbezoo F, Zwijnenburg AJ, Naeije M. Functional subdivision of the human masseter and temporalis muscles as shown by the condylar movement response to electrical muscle stimulation. *J Oral Rehabil.* 2000;27:887-92.
- Lodetti G, Mapelli A, Musto F, Rosati R, Sforza C. EMG spectral characteristics of masticatory muscles and upper trapezius during maximum voluntary teeth clenching. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012(a);22:103-9.

- Lodetti G., Tartaglia GM., De Felicio CM., Huanca Ghislazoni LT., Sforza C. MRI of the TMJ and sEMG of masticatory muscles in patients with arthrogenous temporomandibular disorders: a correlation analysis. *Ital. J. Anat. Embryol.*, **117** (S2): 100, 2012(b).
- Lötters FJ, Zwijnenburg AJ, Megens CC, Naeije M. Relationship between condylar and incisor point displacement during habitual maximum open-close movements. *J Oral Rehabil.* 1996;23:548-54.
- Mao J, Stein RB, Osborn JW: The size and distribution of fiber types in jaw muscles: a review. *J Craniomandib Disord Facial Oral Pain* 1992;6:192-201.
- Mapelli A, Galante D, Lovecchio N, Sforza C, Ferrario VF. Translation and rotation movements of the mandible during mouth opening and closing. *Clin Anat.* 2009;22:311-8.
- Marguelles-Bonnet RE, Carpentier P, Yung JP, Defrennes D, Pharaboz C. Clinical diagnosis compared with findings of magnetic resonance imaging in 242 patients with internal derangement of the TMJ. *J Orofac Pain.* 1995;9:244-53.
- McLean L, Chislett M, Keith M, Murphy M, Walton P. The effect of head position, electrode site, movement and smoothing window in the determination of a reliable maximum voluntary activation of the upper trapezius muscle. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13:169-180.
- McNeill C. Temporomandibular disorders. Guidelines for classification, assessment and management. Chicago: Quintessence, 1993.
- Merlini L, Palla S. The relationship between condylar rotation and anterior translation in healthy and clicking temporomandibular joints. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 1988;98(11):1191-9.
- Miralles R, Dodds C, Manns A, Palazzi C, Jaramillo C, Quezada V, Cavada G. Vertical dimension. Part 2: The changes in electrical activity of the cervical muscles upon varying the vertical dimension. *Cranio.* 2002;20:39-47.
- Mobilio N, Casetta I, Cesnik E, Catapano S. Prevalence of self-reported symptoms related to temporomandibular disorders in an Italian population. *J Oral Rehabil.* 2011;38:884-90.
- Murray GM, Peck CC. Orofacial pain and jaw muscle activity: a new model. *J Orofac Pain.* 2007;21:263-78.
- Naeije M. Muscle physiology relevant in craniomandibular disorders. *J Craniomandib Disord.* 1988;2:153-7.
- Naeije M, Kalaykova S, Visscher CM, Lobbezoo F. Focus article: evaluation of the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders for the recognition of an anterior disc displacement with reduction. *J Orofac Pain.* 2009;23:303-11.
- Pallegama RW, Ranasinghe AW, Weerasinghe VS, Sitheequa MA. Influence of masticatory muscle pain on electromyographic activities of cervical muscles in patients with myogenous temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil.* 2004;31:423-9

Park JW, Song HH, Roh HS, Kim YK, Lee JY. Correlation between clinical diagnosis based on RDC/TMD and MRI findings of TMJ internal derangement. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;41:103-8.

Piehslinger E, Celar A, Futter K, Slavicek R. Orthopedic jaw movement observations. Part I: Determination and analysis of the length of protrusion. *Cranio.* 1993;11:113-7.

Prati S., Zerman N. *Gantologia clinica e disordini craniomandibolari. Diagnosi e terapia.* I edizione, Bologna: Edizioni Martina, 2006.

Provenzano Mde M, Chilvarquer I, Fenyó-Pereira M. How should the articular disk position be analyzed? *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70:1534-9.

Ren YF, Isberg A, Westesson PL. Steepness of the articular eminence in the temporomandibular joint. Tomographic comparison between asymptomatic volunteers with normal disk position and patients with disk displacement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;80:258-66.

Ribeiro-Rotta RF, Marques KD, Pacheco MJ, Leles CR. Do computed tomography and magnetic resonance imaging add to temporomandibular joint disorder treatment? A systematic review of diagnostic efficacy. *J Oral Rehabil.* 2011;38:120-35.

Robinson de Senna B, Marques LS, França JP, Ramos-Jorge ML, Pereira LJ. Condyle-disk-fossa position and relationship to clinical signs and symptoms of temporomandibular disorders in women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:117-24.

Rowlerson A, Raoul G, Daniel Y, Close J, Maurage CA, Ferri J, Sciote JJ. Fiber-type differences in masseter muscle associated with different facial morphologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127:37-46.

Salaorni C, Palla S. Condylar rotation and anterior translation in healthy human temporomandibular joints. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 1994;104:415-22.

Santana-Mora U, Cudeiro J, Mora-Bermúdez MJ, Rilo-Pousa B, Ferreira-Pinho JC, Otero-Cepeda JL, Santana-Peñín U. Changes in EMG activity during clenching in chronic pain patients with unilateral temporomandibular disorders. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19:543-9.

Schiffman EL, Truelove EL, Ohrbach R, Anderson GC, John MT, List T, Look JO. The Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders. I: overview and methodology for assessment of validity. *J Orofac Pain.* 2010;24:7-24.

Sciote JJ, Horton MJ, Rowlerson AM, Link J: Specialized cranial muscles: how different are they from limb and addominal muscles? *Cells Tissues Organs* 2003;174:73-86.

Schmitter M, Ohlmann B, John MT, Hirsch C, Rammelsberg P. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: a calibration and reliability study. *Cranio.* 2005;23:212-8.

Sforza C, Montagna S, Rosati R, De Menezes M. Immediate effect of an elastomeric oral appliance on the neuromuscular coordination of masticatory muscles: a pilot study in healthy subjects. *J Oral Rehabil.* 2010;37:840-847.

Sforza C, Rosati R, DE Menezes M, Musto F, Toma M. EMG analysis of trapezius and masticatory muscles: experimental protocol and data reproducibility. *J Oral Rehabil.* 2011;38:648-54.

Sforza C, Tartaglia GM, Lovecchio N, Ugolini A, Monteverdi R, Gianni AB, Ferrario VF. Mandibular movements at maximum mouth opening and EMG activity of masticatory and neck muscles in patients rehabilitated after a mandibular condyle fracture. *J Craniomaxillofac Surg.* 2009;37:327-33.

Sforza C, Ugolini A, Rocchetta D, Galante D, Mapelli A, Gianni AB. Mandibular kinematics after orthognathic surgical treatment a pilot study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2010;48:110-4.

Sforza C, Zanotti G, Mantovani E, Ferrario VF. Fatigue in the masseter and temporalis muscles at constant load. *Cranio* 2007;25:30-6.

So K, Komiyama O, Arai M, Kawara M, Kobayashi K. Influence of occlusal contact on cervical muscle activity during submaximal clenching. *J Oral Rehabil.* 2004;31:417-422.

Suvinen TI, Kempainen P. Review of clinical EMG studies related to muscle and occlusal factors in healthy and TMD subjects. *J Oral Rehabil* 2007;34:631-44.

Suvinen TI, Malmberg J, Forster C, Kempainen P. Postural and dynamic masseter and anterior temporalis muscle EMG repeatability in serial assessments. *J Oral Rehabil.* 2009;36:814-20.

Suvinen TI, Reade PC, Kononen M, Kempainen P. Vertical jaw separation and masseter muscle electromyographic activity: a comparative study between asymptomatic controls & patients with temporomandibular pain & dysfunction. *J Oral Rehabil* 2003;30:765-72.

Svensson P, Wang K, Sessle BJ, Arendt-Nielsen L. Associations between pain and neuromuscular activity in the human jaw and neck muscles. *Pain.* 2004;109:225-232.

Tartaglia GM, Lodetti G, Paiva G, De Felicio CM, Sforza C. Surface electromyographic assessment of patients with long lasting temporomandibular joint disorder pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011;21:659-64.

Tartaglia GM, Moreira Rodrigues da Silva MA, Bottini S, Sforza C, Ferrario VF. Masticatory muscle activity during maximum voluntary clench in different research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD) groups. *Man Ther.* 2008;13:434-40.

Tasaki MM, Westesson PL, Isberg AM, Ren YF, Tallents RH. Classification and prevalence of temporomandibular joint disk displacement in patients and symptom-free volunteers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109:249-62.

Tecco S, Caputi S, Festa F. Electromyographic activity of masticatory, neck and trunk muscles of subjects with different skeletal facial morphology—a cross-sectional evaluation. *J Oral Rehabil.* 2007;34:478-486.

Tecco S, Crincoli V, Di Bisceglie B, Caputi S, Festa F. Relation between facial morphology on lateral skull radiographs and sEMG activity of head, neck, and trunk muscles in Caucasian adult females. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011(a);21:298-310.

Tecco S, Mummolo S, Marchetti E, Tetè S, Campanella V, Gatto R, Gallusi G, Tagliabue A, Marzo G. sEMG activity of masticatory, neck, and trunk muscles during the treatment of scoliosis with functional braces. A longitudinal controlled study. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011(b);21:885-92.

Tecco S, Tetè S, D'Attilio M, Perillo L, Festa F. Surface electromyographic patterns of masticatory, neck, and trunk muscles in temporomandibular joint dysfunction patients undergoing anterior repositioning splint therapy. *Eur J Orthod.* 2008;30:592-7.

Toritsu T, Suenaga H, Yoshimatsu T, Kanaoka R, Yamabe Y, Fujii H. Anticipatory and reflexive neck muscle activities during voluntary rapid jaw opening and passive jaw depression in humans. *J Oral Rehabil.* 2002;29:961-968.

Van der Bilt A. Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *J Oral Rehabil.* 2011;38:754-80.

Visscher CM, Lobbezoo F, de Boer W, van der Zaag J, Naeije M. Prevalence of cervical spinal pain in craniomandibular pain patients. *Eur J Oral Sci.* 2001;109:76-80.

Visscher CM, Naeije M, De Laat A, Michelotti A, Nilner M, Craane B, Ekberg E, Farella M, Lobbezoo F. Diagnostic accuracy of temporomandibular disorder pain tests: a multicenter study. *J Orofac Pain.* 2009;23:108-14.

Westesson PL. Structural hard-tissue changes in temporomandibular joints with internal derangement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1985;59:220-4.

Yatabe M, Zwijnenburg A, Megens CC, Naeije M. Movements of the mandibular condyle kinematic center during jaw opening and closing. *J Dent Res.* 1997;76:714-9.

Yatabe M, Zwijnenburg A, Megens CC, Naeije M. The kinematic center: a reference for condylar movements. *J Dent Res.* 1995;74:1644-8.

Zuniga C, Miralles R, Mena B, Mont R, Moran D, Santander H, Moya H. Influence of variation in jaw posture on sternocleidomastoid and trapezius electromyographic activity. *Cranio.* 1995;13:157-162.

Zwijnenburg A, Megens CC, Naeije M. Influence of choice of reference point on the condylar movement paths during mandibular movements. *J Oral Rehabil.* 1996;23:832-7.

5. LISTA DELLE ABBREVIAZIONI

RMS Root mean square

RDC Criteri diagnostici di ricerca

FFT Trasformata di Fourier veloce

TMD Disordini temporo mandibolari

RMN Risonanza magnetica nucleare

MPF Frequenza mediana dello spettro

sEMG elettromiografia di superficie

TC tomografia computerizzata

ATM articolazione temporomandibolare

Dx destra

Sx sinistra

MVC Serramento massimo volontario

POC coefficiente percentuale di sovrapposizione

TORS coefficiente di torsione

ATTIV indice di attivazione

S.D. Deviazione standard

OA osteoartrosi

DD dislocazione discale

VAS scala di visualizzazione analogica