UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

CARLOS EDUARDO FASSICOLLO

**Análise da coordenação e sincronia dos músculos da mastigação e do
pescoço durante a mastigação de pacientes com desordem
temporomandibular crônica**

Ribeirão Preto
2020

CARLOS EDUARDO FASSICOLLO

Análise da coordenação e sincronia dos músculos da mastigação e do pescoço durante a mastigação de pacientes com Desordem Temporomandibular crônica

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Morfofisiologia de Estruturas Faciais.

Apoio Capes.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Maria de Felício

Ribeirão Preto

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Fassicollo, Carlos Eduardo

Análise da coordenação e sincronia dos músculos da mastigação e do pescoço durante a mastigação de pacientes com desordem temporomandibular crônica., Carlos Eduardo Fassicollo / Orientador: Cláudia Maria de Felício, Ribeirão Preto, 2020.

71 p. il., 30 cm

Tese (Doutorado) – Programa de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço. Área de concentração: Morfofisiologia de Estruturas Faciais. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2020

1. Desordem temporomandibular. 2. Disfunção temporomandibular. 3. Eletromiografia. 4. Mastigação. 4. Músculos da mastigação. 5. Dor crônica. 6. Domínio do tempo. 7. Domínio da frequência.

Aluno: FASSICOLLO, Carlos Eduardo.

Título: Análise da coordenação e sincronia dos músculos da mastigação e do pescoço durante a mastigação de pacientes com desordem temporomandibular crônica.

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Doutor em Ciências.
Área de concentração: Morfofisiologia de Estruturas Faciais.

Aprovado em: 05/02/2020

Banca examinadora

Prof. Dr.	Anamaria Siriani de Oliveira
Instituição	Universidade do Estado de São Paulo
Julgamento	_____

Prof. Dr.	Luciana Vitalino Voi Trawitzki
Instituição	Universidade do Estado de São Paulo
Julgamento	_____

Prof. Dr.	Silvana Bommarito Monteiro
Instituição	Universidade Federal de São Paulo
Julgamento	_____

Apoio Financeiro

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento Financeiro de Pessoal de Nível Superior.

Concessão de bolsa de estudo durante os anos de 2016 a 2020.

Dedico este trabalho a minha família: meu pai, minha mãe e minha irmã que apesar de distante sempre foram presentes, apoiando, encorajando e incentivando minha trajetória acadêmica no percurso dos quatro anos do doutorado.

AGRADECIMENTOS

A minha família que sempre acreditaram nos meus objetivos pessoais e apoiaram minhas conquistas.

A Deus por ter me dado fé e perseverança a trilhar essa trajetória.

A professora Cláudia por ter me acolhido em seu laboratório, momentos de orientação e dado a oportunidade de concretizar meu sonho em ser doutor.

Ao Denny, pela amizade e a orientação no doutorado.

Aos meus amigos:

Isabela Patrício, a primeira amizade que fiz em Ribeirão. Agradeço por todo o carinho e dedicação por ter promovido ótimos momentos dentro e fora laboratório, meu muito obrigado!

Mariana Zanin pelas conversas e momentos divertidos no laboratório.

Luiza por estar presente em todos os momentos, bons e ruins, e fazer os anos em Ribeirão Preto os melhores possíveis, muito obrigado pela amizade, força e companheirismo!

Ciça e Puca pelos momentos de confraternização, diversão e o famoso cafezinho!

Bruna, por fazer meus dias mais alegres em Ribeirão.

A Bianca, “Bia” e o Le pela amizade, carinho e os momentos de confraternização e apoio.

A todas amigas verdadeiras que fiz durante o doutorado e fizeram meu caminho mais leve, obrigado!

Aos funcionários da casa 18 e 19 pelos bons momentos compartilhados em conjunto no decorrer do doutorado.

Aos professores que fizeram parte da minha formação como doutor.

RESUMO

FASSICOLLO, Carlos Eduardo. **Análise da coordenação e sincronia dos músculos da mastigação e do pescoço durante a mastigação de pacientes com Desordem Temporomandibular crônica**. 2020.71 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Introdução: O intuito desse estudo foi aprofundar a compreensão do comportamento dos músculos da mastigação e do pescoço de pacientes com Desordem Temporomandibular (DTM) crônica durante a função mastigatória, por meio da análise eletromiográfica (EMG) nos domínios do tempo e da frequência (funções de coerência e transferência). **Objetivos:** investigar aspectos fisiológicos como duração, amplitude, coativação e sincronia dos músculos masseter (M), temporal (T) e esternocleidomastoideo (ECM) de pacientes com DTM crônica. **Métodos:** Trinta e três pacientes com DTM crônica (≥ 6 meses) (grupo DTM, média de idade $30,5 \pm 7,3$ anos, 87,9% mulheres) e 32 indivíduos saudáveis (grupo controle: C, média de idade $28,3 \pm 5,8$ anos, 81,2% mulheres), foram selecionados de um banco de dados do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Morfofisiologia Craniofacial da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (NAP-CF, FMRP-USP). Dados demográficos, exames clínicos, diagnóstico de DTM, registros EMG dos músculos M, T e ECM dos lados de trabalho (t) e balanceio (b) foram extraídos. Os dados para a normalização foram registrados em máxima contração voluntária (MCV) com roletes de algodão interpostos aos dentes posteriores. Os registros EMG da mastigação unilateral (direita e esquerda) foram processados em análises no domínio do tempo (duração do golpe, tempo para atingir o pico, pico de atividade, velocidade e integral) e frequência [coerência e transferência (ganho e fase)], por meio do *Software* Matlab 8.5 (R2015a) (MathWorks, Natick, MA, E.U.A). Análises no domínio da frequência foram realizadas no primeiro pico do espectro de potência. O sinal de referência adotado foi do músculo Mt do lado de preferência mastigatória, ou aleatoriamente selecionado em participantes com mastigação bilateral, a partir do qual procedeu-se a análise dos outros músculos. Estatística paramétrica foi aplicada aos dados contínuos com distribuição normal (T-Student e Anova de dois fatores) e não paramétrica aos dados categóricos, sem distribuição normal (Qui-quadrado, Mann-Whitney e teste de Friedman). O nível de significância foi estabelecido em 5% ($P <$

0,05). **Resultados:** O grupo DTM tinha deslocamento de disco com redução unilateral ou bilateral, sintomatologia moderada-severa de DTM, prejuízo na condição miofuncional orofacial com predomínio de mastigação unilateral (76% dos casos). No grupo C predominou a mastigação bilateral (72%). Comparado ao grupo C, a duração do golpe mastigatório, o tempo para atingir o pico de atividade e o valor da Integral EMG foram maiores no grupo DTM ($P < 0,05$), enquanto a razão (Mt/Mb) foi menor ($P = 0,17$). No domínio da frequência mastigatória, o grupo DTM mostrou menor coerência do músculo Tt com o Mt ($P = 0,008$) e um maior número de músculos com diferença de fase que o grupo C. As defasagens ocorreram entre os seguintes músculos: Tt e ECMt; Mb e Tb, Mb e ECMb; ECMt e Tb, e ECMt e ECMb. Não houve diferença de ganho. **Conclusão:** Pacientes com DTM mostraram prolongamento dos ciclos mastigatórios e do tempo para atingir o pico de atividade, maior dispêndio de energia relativa e participação aumentada do músculo Mb, bem como prejuízo na coerência e sincronia entre os diversos músculos.

Palavras-chaves: Desordem Temporomandibular. Disfunção temporomandibular. Eletromiografia. Mastigação. Músculos da mastigação. Dor crônica.

FASSICOLLO, Carlos Eduardo. **Analysis of coordination and synchrony between masticatory and neck muscles during mastication in patients with chronic Temporomandibular Disorder**. 2020. 71p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

ABSTRATC

Introduction: The aim of this study was to explore the understanding of behavior of the masticatory and neck muscles of patients with temporomandibular disorder (TMD) during masticatory function, through electromyographic analysis (EMG) in the time and frequency domains (coherence and transfer functions). **AIMS:** to investigate the physiological aspects as duration, amplitude, co-activation and synchrony of the muscles masseter (M), temporalis (T), and sternocleidomastoids (ECM) of patients with temporomandibular disorder. **Methods:** Thirty-three patients with chronic temporomandibular disorder (TMD) (> 6 months) (TMD group, mean age 30.5 ± 7.3 years, 87.9% women) and 32 healthy subjects (control group: C, mean age 28.3 ± 5.8 years, 81.2% women) matched for age and sex, were selected from a data bank of the Craniofacial Morphophysiology Research Support Center of the Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo (NAP-CF, FMRP-USP). Demographic data, clinical examination, and TMD diagnosis, as well as EMG analysis of masseter (M), temporal (T), and sternocleidomastoid (ECM) muscles were extracted. Data for normalization were registered at maximal voluntary contraction test (MVC) on cotton rolls positioned on the mandibular posterior teeth. EMG records obtained during unilateral (right and left) chewing were processed for time domain analyzes (chewing stroke duration, time to reach peak and integral) and frequency (coherence and transfer function [gain and phase]) through scripts developed in Matlab 8.5 (R2015a) Software (MathWorks, Natick, MA, USA). The analyzes of frequency domain were performed on the first peak of each individual's power spectrum. The reference signal was masseter muscle on the working side (w) on the preferably chewing side, or randomly selected in participants with bilateral chewing, while the other muscles were analyzed. Parametric statistic was applied to continuous data with normal distribution (T-Student and Two-way Anova) and nonparametric to categorical data or without a normal distribution (Chi-square, Mann-Whitney and Friedman test). The significance level was set at 5% ($p < 0.05$) for all analyzes. **Results:** The TMD group had unilateral

and bilateral disc reduction, moderate-severe TMD symptoms, and impairment in the orofacial myofunctional condition, with a predominance of unilateral chewing (76% of cases). In group C, bilateral chewing predominated (72%). Compared to group C chewing stroke and the time to reach peak activity was longer and the measure of Integral EMG was increased in TMD group ($P < 0,05$). The ratio between working masseter and working temporalis were reduced in TMD group ($P = 0,17$). The analyses of frequency domain showed the TMD group had lower coherence of the working temporalis and working masseter muscle ($P = 0,008$) and a greater number of muscles with difference in phase in TMD group compared to C group. The lags occurred in Working temporalis (Wt) and working SCM (Wscm); balancing masseter (Bm) and balancing temporalis (Bt); BM and balancing SCM (Bscm), Wscm and Bt, Wscm and Bscm. **Conclusion:** TMD patients showed prolongation of chewing strokes, longer time to reach peak activity, relative increased participation of masticatory muscles (integral) and increased activity of Bm muscles, as well as impaired co-activation and synchrony between muscles.

Keywords: Temporomandibular Disorders. Electromyography. Mastication. Masticatory Muscles. Chronic Pain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A. Sistema FreeEMG – BTS para registro de EMG. B. Eletrodos de superfície e sondas sem fio.....	24
Figura 2. Determinação automática dos momentos <i>onset</i> e <i>offset</i> da atividade muscular do masseter de trabalho durante prova de mastigação unilateral com goma de mascar. 28	28
Figura 3. Detalhes a EMG de todos os músculos em um golpe mastigatório.....	29
Figura 4. A. Sinal EMG do músculo masseter de trabalho durante prova de mastigação unilateral com goma de mascar. B. Representação do sinal no domínio da frequência obtida pela transformada rápida de Fourier.....	30
Figura 5. Função de coerência	31
Figura 6. Tempo (ms) para atingir o pico máximo de atividade.....	36
Figura 7. Delta temporal (ms) entre os picos de atividade dos músculos em relação ao masseter de trabalho.....	37
Figura 8. Atividade no pico (%).....	39
Figura 9. Velocidade máxima (%/s) do sinal.....	41
Figura 10. Integral (%*s).....	42
Figura 11. Distribuição dos sujeitos em cada frequência mastigatória obtida pela transformada de Fourier do sinal EMG do masseter de trabalho.	44
Figura 12. Coerência.	45
Figura 13. Ganho (amplitude relativa de atividade muscular).....	47
Figura 14. Fase.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características demográficas e clínicas dos grupos C e DTM.....	33
Tabela 2. Tempo (ms) para atingir o pico máximo de atividade.	35
Tabela 3. Atividade dos músculos da mastigação e do pescoço nas provas de máxima contração voluntária (μV).....	38
Tabela 4. Atividade no pico (%).	39
Tabela 5. Velocidade máxima do sinal EMG (%/s)	40
Tabela 6. Integral (%*s)	42
Tabela 7. Razão da atividade entre os músculos de balanceio e trabalho	43
Tabela 8. Coerência.....	45
Tabela 9. Ganho (amplitude relativa).	46
Tabela 10. Fase.....	48

LISTA DE SIGLAS

AMIOFE	Avaliação miofuncional com escores
ATMs	Articulações temporomandibulares
DC/TMD	Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders Axis
DTM	Desordem temporomandibular ou Disfunção Tempormandibular
Db	Digástrico de balanceio
Dt	Digástrico de trabalho
ECM	Músculo Esternocleidomastoideo
ECMb	Músculo Esternocleidomastoideo de balanceio
ECMe	Músculo Esternocleidomastoideo esquerdo
ECMd	Músculo Esternocleidomastoideo direito
ECMt	Músculo Esternocleidomastoideo de trabalho
EMG	Eletromiografia de superfície
FMRP-USP	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
GPC	Gerador de padrão central
Lb	Lado de balanceio
LISE	Laboratório de Investigação do Sistema Estomatognático
Lt	Lado de trabalho
Mb	Músculo Masseter de balanceio
Mt:	Músculo Masseter de trabalho
MCV	Máxima Contração Voluntária
SNS	Sistema nervoso central
Tb	Músculo Temporal de balanceio
Tt	Músculo Temporal de trabalho
ProDTMmulti	Protocolo para centros multi-profissionais para determinação dos sinais e sintomas de DTM

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
5. RESULTADOS.....	33
6. DISCUSSÃO	49
7. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXO A	66

1. INTRODUÇÃO

O termo Desordem Temporomandibular (DTM) compreende um grupo de condições musculoesqueléticas envolvendo as articulações temporomandibulares (ATMs), os músculos da mastigação e estruturas associadas. Os critérios de diagnóstico de DTM incluem dor que se agrava com a função mandibular, ruídos articulares, movimentos limitados da mandíbula ou travamento articular (OHRBACH et al., 2013; SCHIFFMAN et al., 2014).

Os pacientes que procuram tratamento para a DTM o fazem principalmente devido às dores orofaciais (SCHIFFMAN et al., 2014; CHANTARACHERD et al., 2015), sendo que muitos relatam uma piora do sintoma durante a mastigação (BEVILAQUA-GROSSI et al., 2006; FERREIRA et al., 2014; MACHADO et al., 2016).

A mastigação é uma função sensória motora controlada pelo sistema nervoso central, necessária para processar os alimentos sólidos a fim de prepará-los para a deglutição. A ação coordenada dos músculos elevadores e abaixadores da mandíbula, músculos dos lábios, da língua e das bochechas, em conjunto com a saliva, propiciam a formação de um bolo alimentar com características físicas, tais como plasticidade para ser facilmente deformado, lubrificação para ser movido facilmente e coesão para evitar a dispersão de partículas (TRULSSON et al., 2012; PEYRON et al., 2017; ALMOTAIRY et al., 2018).

Esse processo de preparação oral que é essencial para garantir a deglutição segura, sem risco de aspiração ou engasgo (TRULSSON et al., 2012; PEYRON et al., 2017; ALMOTAIRY et al., 2018), engloba os músculos do pescoço que mantém a posição da cabeça e fornecem suporte aos movimentos e estabilização da mandíbula (MUSTO et al., 2017). Especificamente são os músculos esternocleidomastoideos (ECM) que propiciam a estabilização da cabeça necessária para a mastigação (GUO et al., 2017).

Em conjunto com os métodos clínicos observacionais, é possível por meio da eletromiografia de superfície (EMG) investigar o comportamento dos músculos orofaciais e cervicais durante as funções de mastigação e deglutição (FERREIRA et al., 2009; DE FELICIO et al., 2013; FERREIRA et al., 2014; FASSICOLLO et al., 2019; MACHADO et al., 2016; MAPELLI et al., 2016a; PASINATO et al., 2016; GUO et al., 2017).

De acordo com estudos anteriores, os pacientes com DTM têm comprometimento das funções motoras orofaciais. Especificamente na mastigação, por meio de EMG foram verificadas mudanças no recrutamento dos músculos da mastigação, com menor diferença entre a atividade dos lados de trabalho e balanceio durante a mastigação (DE FELICIO et al, 2013), ou seja, uma participação relativa aumentada dos músculos do lado de balanceio, bem como menor simetria entre a mastigação do lado direito e esquerdo, comparado a indivíduos assintomáticos (FERREIRA et al., 2014; MAPELLI et al., 2016a). Também foi observado que assimetria de atividade entre o par de músculo temporal (T) tende a aumentar com a presença de dor craniomandibular, quando a mastigação é testada de modo bilateral simultâneo (RIES et al., 2014).

Além disso, a DTM tem sido comumente associada a outras condições que afetam a região da cabeça e pescoço, como cefaleia, cervicalgia, disfunção muscular e incapacidades no pescoço. Sintomas cervicais, como dor cervical (BRAGATTO et al., 2016) ou dor referida da coluna cervical para o sistema mastigatório estão presentes em pacientes com DTM (ARMIJO-OLIVO; MAGEE, 2013).

Entre a espinha cervical e a região orofacial há conexões neurofisiológicas, biomecânicas e funcionais (ARMIJO-OLIVO; MAGEE, 2013), em especial, as aferências do nervo trigêmeo (V par craniano) (BARTSCH; GOADSBY, 2002; SCHURKS; DIENER, 2008). A convergência e processamento de informações nociceptivas de tecidos profundos, tais como de músculos da mastigação, ATMs e coluna vertebral cervical, no complexo nuclear trigeminal sensorial do tronco encefálico V, mais especificamente no subnúcleo caudal, na zona de transição caudal / interpolar, bem como nos cornos dorsais C1-C2 contribuem para dores profundas e, além disso, podem explicar a má localização, disseminação e referência de dor típica dos estados de dor craniofacial que envolvem tecidos profundos e alguns casos de dor cervical (CHICHORRO;PORRECA;SESSLE, 2017).

Pesquisadores têm investigado a influência recíproca entre os músculos da mastigação e ECM durante a mastigação, em modelos experimentais de dor aguda por meio da EMG (PASINATO et al., 2016), associado à análise de movimentos integrados entre mandíbula e cervical (WIESINGER et al., 2016) e em contrações mastigatórias isométricas ou isotônicas em indivíduos saudáveis (GUO et al., 2017).

Os achados de Pasinato et al. (2016) mostraram que a dor aguda induzida no músculo masseter (M) modifica a atividade do próprio músculo (RMS% e Índice de Simetria), mas não a funcionalidade do músculo esternocleidomastoideo (ECM) na mastigação. Embora os autores tenham observado aumento significativo no coeficiente de coativação entre os músculos ECM e M no lado de balanceio da mastigação, a relevância clínica foi baixa ($d=0.26$).

Investigações também têm sido conduzidas com pacientes com DTM (PALLEGAMA et al., 2004; RIES; ALVES; BÉRZIN, 2008; STRINI et al., 2013; RIES et al., 2014; RIES et al., 2016). Pallegama et al. (2004) relataram que pacientes com DTM miogênica e DTM intra-articular apresentam maior atividade dos músculos ECM durante o repouso, comparado a um grupo controle. RIES, ALVES e BÉRZIN (2008) observaram que, comparado a sujeitos saudáveis, os pacientes com DTM tinham menor simetria na ativação dos músculos M e ECM durante o repouso, além de menor simetria no ECM durante a MCV e a mastigação não habitual.

De um modo geral, os referidos estudos e outros apontam uma relação funcional entre as estruturas mandibular e cervical (ERIKSSON et al., 2000; SHIMAZAKI et al., 2006; RIES; ALVES; BÉRZIN, 2008; HAGGMAN-HENRIKSON et al., 2013; ISHII; NARITA; ENDO, 2016; PASINATO et al., 2016; WIESINGER et al., 2016). As alterações na atividade contrátil dos músculos da mastigação e/ou do pescoço, representam uma função prejudicada (RIES; ALVES; BÉRZIN, 2008), ou mau comportamento funcional, que pode agravar os problemas musculoesqueléticos (HODGES e SMEETS, 2015) no sistema crânio-cervical (RIES; ALVES; BÉRZIN, 2008), caso essas mudanças tornem-se uma fonte precursora de dor (HODGES; SMEETS, 2015).

Recentemente Ishii, Narita e Endo (2016) propuseram o uso de análises EMG-EMG no domínio da frequência para a investigação dos músculos da mastigação e cervicais durante movimentos ritmicos e coordenados de mastigação, por meio da função de coerência e função de transferência. A função de coerência investiga a correlação entre dois sinais EMG numa dada faixa de frequência, e a de função de transferência a amplitude relativa e a defasagem temporal de um sinal EMG contra o outro. Os autores analisaram sujeitos saudáveis e sugeriram que o método poderia ser útil em estudos de pacientes com DTM.

De acordo com o nosso conhecimento, a referida análise ainda não foi aplicada para investigar a coordenação e coativação de músculos da mastigação e do pescoço em pacientes com DTM crônica que procuram por tratamento e apresentam prejuízos nas funções motoras orofaciais.

A presente pesquisa foi desenvolvida com o intuito de aprofundar a compreensão do comportamento dos músculos da mastigação e do pescoço de pacientes com DTM crônica durante a mastigação, por meio da análise EMG, incluindo a investigação das funções de coerência e transferência, a fim de contribuir para o diagnóstico das disfunções musculares em pacientes com DTM crônica e definir possíveis caminhos para a reabilitação.

As hipóteses do presente estudo foram:

- 1) Pacientes com DTM crônica despendem mais tempo e energia para realizar a mastigação, com envolvimento dos músculos da mastigação (T e M) e pescoço (ECM);
- 2) Pacientes com DTM crônica têm prejuízo no recrutamento diferencial dos músculos do lado de trabalho e balanceio;
- 3) Pacientes com DTM crônica têm prejuízos na coativação e sincronia (domínio da frequência) dos músculos da mastigação (T e M) e pescoço (ECM) durante a mastigação.

2. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram investigar em pacientes com DTM crônica aspectos fisiológicos e biomecânicos da mastigação, por meio de análises EMG no domínio o tempo, como duração, amplitude, pico de atividade, tempo para o pico e razão entre as atividades de trabalho e balanceio, e no domínio do frequência - funções de coerência e transferência - dos músculos da mastigação (temporal e masseter) e do pescoço (esternocleidomastoideos).

3. REVISÃO DE LITERATURA

Funções de coerência e transferência e para análise do sinal EMG

Segundo a proposição de Ishii, Narita e Endo (2016), as funções de coerência e transferência são usados para analisar de maneira quantitativa o comportamento fisiológico dos músculos da mastigação e do pescoço durante movimentos rítmicos e coordenados, registrados por meio da EMG de superfície.

A análise de coerência é um método potente para investigar a possível existência da relação entre dois sinais eletrofisiológico (FARMER et al., 1993; HALLIDAY et al., 1995; HARWOOD et al., 2014). Essa forma de análise é usada como uma ferramenta para investigar o disparo do comando do sistema nervoso central para a sincronização das unidades musculares durante a tarefa motora no domínio da frequência (BROWN, 2000; GROSSE; CASSIDY; BROWN, 2002).

Em seres humanos é difícil medir a atividade no cérebro, portanto foi proposto a análise de coerência dos músculos da mastigação e do pescoço, adotando como referência o músculo masseter do lado de trabalho que tem grande influência a partir da geração do padrão central de atividade (ISHII; NARITA; ENDO, 2016). Segundo Steeve e Price (2010) a função de coerência representa uma medida sensível para identificar diferenças quanto a organização neural relacionadas a comportamentos orofaciais (exemplo: fala x mastigação) dentro de uma estreita faixa de frequência.

Dois músculos, cuja origem dos impulsos para os motoneurônios é a mesma, geralmente apresentam uma forte coerência (correlação) (SMITH; DENNY, 1990; STEEVE; PRICE, 2010; DOLDERSUM et al., 2019). Contudo, a coerência ou sincronia pode simplesmente indicar a ocorrência de uma coordenação motora específica (STEPHEN, 2013).

A coerência é matematicamente medida entre zero (0) e um (1): zero indica a ausência da relação, enquanto o valor mais próximo de um demonstra que os dois sinais estão perfeitamente relacionados em uma determinada frequência (FARMER et al., 1993; GROSSE; CASSIDY; BROWN, 2002). No entanto, em condições reais o valor da coerência geralmente será inferior à unidade, considerando que a probabilidade de dois sinais distintos serem idênticos em uma determinada frequência no tempo é muito baixa (STEPHEN, 2013).

Quando os registros dos dados compreenderem sinais captados exclusivamente com a eletromiografia de superfície, o método da análise de coerência será usado para estudar os aspectos relacionados entre a coordenação das atividades musculares, observar a frequência do sinal EMG e identificar pontos comuns da relação entre os sinais em frequências consideradas relevantes (STEPHEN, 2013).

Ao realizar a busca nas bases de dados eletrônicas sobre os métodos de análise no domínio da frequência o pesquisador encontrará sobre a função de transferência e a de transferência direta. É importante destacar que esses dois métodos são para propósitos diferentes. A análise de transferência permite analisar a amplitude relativa e a relação temporal de um sinal EMG contra o outro a cada frequência (ZHANG et al., 1998; ISHII; NARITA; ENDO, 2016), enquanto o método de análise de transferência direta (FTD) investiga a direção do fluxo de atividade entre duas regiões avaliadas (CASSIDY; BROWN, 2003; SHAROTT et al., 2005; SHAROTT et al., 2008).

Os métodos de processamento do sinal eletromiográfico com análises espectrais de sincronização proporcionam o benefício de investigar a oscilação da atividade muscular em diferentes frequências (CASSIDY; BROWN, 2003). Outra vantagem da aplicação dos métodos de análises no domínio da frequência é investigar as faixas de atividade que contribuem especificamente para a geração do sinal EMG durante o estudo fisiologia muscular (TIJSEN et al., 2002; FONCKE et al., 2007; SHAROTT et al., 2008; VAN DER MEER et al., 2010; GWIN; FERRIS, 2012; NIJMEIJER et al., 2014; ISHII; NARITA; ENDO, 2016).

Aplicação das análises de coerências e transferência de atividade muscular dos músculos da face e do pescoço em indivíduos saudáveis

A mastigação é uma função alimentar que envolve o recrutamento dos músculos da face, elevadores, supra-hióideos resultando em movimentos mastigatórios coordenados para quebra e preparação do bolo para a alimentação do indivíduo (TRULSSON et al., 2012; ALMOTAIRY et al., 2018). Dentre os diversos instrumentos existentes para examinar a mastigação, a eletromiografia de superfície é uma ferramenta de baixo custo e fácil aplicação (MANFREDINI et al., 2013) que possibilita avaliar o comportamento dos músculos da mastigação e do pescoço

durante as fases agonistas e antagonistas da mandíbula (BRIESEMEISTER; SCHMIDT; RIES, 2013; RIES et al., 2014; ISHII; NARITA; ENDO, 2016) ou todo o ciclo mastigatório em tempo real (FERRARIO et al., 2004; SFORZA et al., 2010; DE FELICIO; FERREIRA, et al., 2012; DE FELICIO et al., 2013; FERREIRA et al., 2014; MACHADO et al., 2016; MAPELLI et al., 2016a; POLITTI et al., 2016).

Um dos primeiros estudos a empregar análises de coerência EMG-EMG dos músculos orofaciais foi desenvolvido por (SMITH;DENNY, 1990). Os autores avaliaram os músculos masseteres de indivíduos saudáveis durante a mastigação com a bala da marca Tootsie Roll® e verificaram valores de coerência muscular variando entre 0.10-0.55 com significância entre as faixas de frequência 20-140 Hz. Segundo os autores a frequência do disparo da atividade do SNC para os músculos oscila principalmente em duas variações com maior magnitude de coordenação na atividade entre os músculos nas bandas de 20-60Hz comparados entre 90-130Hz.

Ishii, Narita e Endo (2016) verificaram em estudo com adultos jovens saudáveis, que durante a mastigação unilateral de goma de mascar a coerência entre os músculos elevadores da mandíbula masseter de balanceio Mb e temporal de trabalho Tt é significante maior em relação ao digástrico de trabalho (Dt) e digastrico de balanceio (Db), enquanto a coerência dos três músculos elevadores da mandíbula Mb, Tt e Tb é significativamente maior em relação ao ECMt e ECMb. O ganho, que representa a relação entre as amplitudes dos músculos da mastigação e do pescoço foi significativamente maior entre os músculos elevadores Mb, Tt e Tb em comparação aos músculos Dt, Db e ECM-t e ECMb. Com relação a fase foi observado que, os músculos elevadores da mandíbula Mb, Tt e Tb e o ECMt estavam sincronizadas durante a mastigação.

Os autores Steeve e Price (2010) relatam que a utilização da análise de coerência é uma forma eficaz para investigar as estratégias que o SNC utiliza para coordenar os músculos durante diferentes tarefas motoras, como a mastigação e a fala.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP) (Anexo A), processo CAAE 57941616.6.0000.5440. O presente estudo caracteriza-se como analítico retrospectivo e comparativo.

Seleção da Amostra

A amostra da presente pesquisa foi coletada de um banco de dados do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Morfofisiologia Craniofacial da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (NAP-CF, FMRP-USP). Trinta e três pacientes com DTM crônica (grupo DTM) ($30,54 \pm 7,8$) e 32 sujeitos saudáveis ($28,34 \pm 5,7$ anos), sem DTM (Grupo Controle: C) foram incluídos no estudo.

A pesquisa no banco de dados e análises foi realizada no Laboratório de Investigação do Sistema Estomatognático sala II (LISE), casa 18 Rua das Paineiras, do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP-USP.

Os dados incluídos foram de diagnóstico quanto à presença/ ausência de Desordem Temporomandibular (DTM), sinais e sintomas e registros EMG, coletados por examinadores treinados e habilitados. Todos os participantes assinaram previamente o termo de consentimento livre. Os procedimentos realizados não foram invasivos, tampouco provocaram dor ou desconforto aos sujeitos, que estavam livres para interrompê-los a qualquer momento da pesquisa.

A seleção respeitou os critérios de inclusão e exclusão empregados nas pesquisas anteriores:

Critérios de Inclusão

Grupo DTM: os sujeitos deveriam ter no mínimo 28 dentes permanentes, apresentar DTM crônica (duração > 6 meses), segundo o *Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders* (DC/TMD) (SCHIFFMAN et al., 2014) e não estar sob tratamento para o problema.

Grupo C: os sujeitos deveriam ser livres de DTM, segundo o DC/DTM, de patologias ou más formações do pescoço e do sistema estomatognático, ter no mínimo 28 dentes permanentes, não estar em tratamento ortodôntico, fisioterápico ou fonoaudiológico e não ter realizado quaisquer desses tratamentos há menos de 2 anos.

Crítérios de Exclusão

Não foram selecionados para o estudo sujeitos que apresentem mordida cruzada posterior ou anterior, problema periodontal, que fizessem uso crônico de analgésicos, anti-inflamatórios ou psicotrópicos, ou com história de distúrbios neurológicos centrais ou periféricos, cirurgias e/ou de tumores ou traumas na região de cabeça e pescoço. Gestantes também não foram incluídas no estudo anterior.

Exames Clínicos

Os participantes foram entrevistados e responderam ao “Protocolo para centros multi-profissionais para determinação dos sinais e sintomas de DTM – ProDTMmulti-parte II” (DE FELICIO;MELCHIOR; DA SILVA et al., 2009). Todos foram examinados clinicamente quanto aos limites de movimentos mandibulares (abertura, lateralidade direita e esquerda e protrusão da mandíbula), palpação das ATMs, bem como musculatura mastigatória e cervical. O diagnóstico foi baseado nos critérios diagnósticos para disfunções temporomandibulares (DC/TMD). Durante a palpação, uma escala numérica foi utilizada para a auto avaliação da intensidade da dor, com 0 indicando nenhuma dor e 10 a pior dor. Adicionalmente, foi realizada a avaliação miofuncional orofacial. Posteriormente foram realizadas as análises EMG dos músculos da mastigação e do pescoço.

O ProDTMmulti-parte II (DE FELICIO;MELCHIOR; DA SILVA, 2009) é um questionário a partir do qual o indivíduo indica se apresenta algum sinal ou sintoma relacionado à DTM, e em caso positivo, indica a gravidade/severidade de cada um por meio de uma escala, na qual zero indica ausência de severidade e 10 compreende a mais alta severidade possível. O ProDTMmulti-partell foi previamente validado e

permite quantificar os sinais e sintomas de DTM de acordo com a percepção do indivíduo. A severidade do escore foi a soma das pontuações (variação de 0-400) atribuídas a cada sinal e sintoma nas quatro situações avaliadas (acordar, mastigar, falar e ao repouso).

A avaliação miofuncional orofacial foi realizada usando o Protocolo de Avaliação Miofuncional com Escores (AMIOFE), por meio do qual é possível verificar a aparência/postura e a mobilidade de lábios, língua, mandíbula, bochechas e as funções de respiração, deglutição e mastigação. O escore total do AMIOFE é dado pela somatória de todos os itens avaliados e varia de 32 a 104 pontos. Por meio desse protocolo foi determinado o tipo mastigatório de cada sujeito, como: bilateral alternado, bilateral simultâneo, preferência unilateral ou unilateral crônico (DE FELICIO et al., 2012).

Os voluntários foram avaliados em uma sala com iluminação adequada sentados em uma cadeira odontológica.

Análise eletromiográfica de superfície (EMG)

A gravação dos registros eletromiográficos foi realizada usando um sistema de EMG (FreeEMG, BTS S.p.A., Garbagnate Milanese, Italy) (Figura 1A), com sondas leves (5 g) e com conexão sem fio (Figura 1B). O sinal EMG foi amplificado e digitalizado (16 bits de resolução, sensibilidade de 1 μ V e taxa de amostragem de 1KHz) usando um amplificador diferencial com alta relação de rejeição de modo comum (CMRR >110 dB, variação de 50–60 Hz, impedância de entrada >10 G Ω).

Figura 1. A. Sistema FreeEMG – BTS para registro de EMG. B. Eletrodos de superfície e sondas sem fio.

Previamente à colocação dos eletrodos, foi solicitado aos indivíduos do sexo masculino e feminino realizar a raspagem dos pelos faciais quando necessário e posteriormente foi realizada a limpeza da pele com álcool 70% para reduzir a impedância. Para cada indivíduo os eletrodos foram posicionados no início da sessão experimental. Todas as coletas foram realizadas sem modificação da posição dos eletrodos.

Eletrodos descartáveis bipolares Ag/AgCl pre-geleificados (área do sensor, 3.14 cm²; distância inter-eletrodo, 2 cm; Kendall, Covidien, Mansfield, Canada) foram fixados à superfície da pele diretamente na direção das fibras musculares seguindo as recomendações da SENIAM (*Surface EMG for non-invasive Assessment of Muscles*) (HERMENS et al., 2000):

- A localização dos quatro músculos da mastigação, masseteres e temporais foi determinada pela palpação muscular, após solicitar aos participantes uma contração voluntária em máxima intercuspidação dos dentes.
- Para detectar os músculos esternocleidomastoídeos (ECM), os participantes realizaram uma rotação da cabeça para o lado esquerdo e direito.

Registros EMG para normalização da atividade muscular

Máxima Contração Voluntária (MCV) dos músculos da mastigação em rolos de algodão

Para a normalização dos potenciais eletromiográficos dos quatro músculos da mastigação, os indivíduos realizaram a (MCV) em rolos de algodão (Roeka Luna 10 mm espessura) posicionados bilateralmente entre o segundo pré-molar e o primeiro molar mandibular e solicitado aos indivíduos apertar os dentes o mais forte que conseguissem e manter o mesmo nível de contração por 5s (FERRARIO et al., 2006). Um período de 3 segundos do sinal mais estável foi automaticamente detectado e a média correspondente do valor do RMS (janelamento de 25ms) de cada músculo foi determinado como 100% da amplitude (MAPELLI et al., 2016a).

Rotação da cabeça para o registro de atividade dos músculos esternocleidomastoídeos (ECM)

Os indivíduos foram instruídos a realizar uma rotação máxima da cabeça para o lado direito e para o lado esquerdo sem movimentar os ombros (FERRARIO et al., 2006). Por meio de protocolo de análise elaborado no *Software BTS SMART-Analyzer* foi obtido o máximo valor do RMS (janelamento de 25 ms) da atividade muscular durante a rotação e atribuído como 100% da amplitude. Para evitar qualquer efeito de fadiga foi permitido um período de descanso de 3 minutos entre a normalização e registros dos dados funcionais.

Prova de mastigação e procedimentos para análise dos dados EMG

A prova da mastigação foi avaliada a partir do registro bilateral dos músculos masseter, temporal anterior e esternocleidomastoídeos durante a mastigação unilateral com goma de mascar sem açúcar (1,5g; Trident, Kraft Foods, São Paulo, Brasil) pré-amolecida, por 15 segundos, lados direito e esquerdo (MAPELLI et al., 2016a). Em seguida, foram selecionadas as provas correspondentes ao lado de preferência mastigatória de cada indivíduo. Nos casos com padrão mastigatório bilateral, o lado foi atribuído de forma aleatória.

Os dados EMG foram analisados sob duas abordagens distintas: análise no domínio do tempo e no domínio da frequência. As duas análises foram elaboradas por meio de *scripts* desenvolvidos no *Software Matlab 8.5 (R2015a)* (MathWorks, Natick, MA, E.U.A.).

Análise no domínio do tempo

Todos os registros foram filtrados digitalmente por meio de filtro passa-banda *Butterworth* de 2ª ordem, frequências de corte de 20 e 400 Hz. Em seguida, o sinal EMG foi retificado e envelopado por meio de filtro passa-baixa *Butterworth* com frequência de corte de 5 Hz.

Ao longo dos 15 segundos da prova, o *script* buscou detectar automaticamente os momentos de início (*onset*, linha vermelha) e final (*offset*, linha verde) da atividade muscular do masseter de trabalho, utilizando como critério um valor de corte correspondente a 5% da atividade máxima da prova (Figura 2). Todos os golpes

detectados foram graficamente revisados pelo observador, sendo excluídos os movimentos considerados anômalos. Além disso, o primeiro e último golpes foram excluídos de todas as provas.

Figura 2. Determinação automática dos momentos *onset* (linha vermelha) e *offset* (linha verde) da atividade muscular do masseter de trabalho durante prova de mastigação unilateral com goma de mascar. Os números indicam os golpes mastigatórios detectados.

Uma vez determinados os momentos *onset* e *offset* de cada golpe mastigatório com referência ao masseter de trabalho, foi calculada a duração (ms) da contração muscular durante o golpe como sendo o intervalo entre o *onset* e o *offset* (Figura 3). Adicionalmente, dentro de cada intervalo foram calculadas para todos os músculos as seguintes variáveis:

- Frequência mastigatória: número de ciclos por segundo.
- Pico (%): valor de atividade de cada golpe mastigatório normalizado pela MCV correspondente.
- Velocidade máxima (%/s): velocidade máxima do sinal EMG até atingir o pico de atividade muscular dentro do intervalo definido pelo momento inicial e final, normalizada pela MVC correspondente.
- Integral (%s): corresponde à área sob a curva do sinal EMG envelopado, normalizada pela MVC correspondente.
- Tempo para o pico (ms): corresponde ao tempo para atingir o pico máximo de atividade.

Figura 4. A. Sinal EMG do músculo masseter de trabalho durante prova de mastigação unilateral com goma de mascar. **B.** Representação do sinal no domínio da frequência obtida pela transformada rápida de Fourier. Frequência mastigatória determinada pelo pico no gráfico (linha vermelha).

A função de coerência (Coh^2) é uma medida de correlação cruzada no domínio da frequência. Sua magnitude varia entre 0 e 1 e indica o grau sincronia entre dois sinais EMG (GROSSE;CASSIDY; BROWN et al., 2002; SAKAGAMI et al., 2011). O valor de zero indica que os sinais não apresentam sincronia enquanto o valor mais próximo de 1 indica que os dois sinais estão perfeitamente relacionados em uma dada frequência.

A coerência entre dois sinais foi obtida por meio da equação 1, onde $S_{xy}(f)$ representa a densidade espectral de potência cruzada e $S_{xx}(f)$ e $S_{yy}(f)$ representam a densidade espectral de potência de cada um dos sinais.

$$Coh^2(f) = \frac{|S_{xy}(f)|^2}{[S_{xx}(f)S_{yy}(f)]}, \quad (1)$$

As análises da prova de mastigação foram realizadas por comparações em pares de músculos, sendo a atividade de referência avaliada o músculo masseter de trabalho (Mt) contra os demais músculos: masseter de balanceio (Mb), temporal de trabalho (Tt), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoideo de trabalho (ECMt)

e esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb). A Figura 5 mostra um exemplo da coerência calculada para um voluntário. Os valores considerados neste estudo referem-se apenas à frequência mastigatória (linha vertical vermelha).

Figura 5. Função de coerência entre os músculos masseter de balanceio (Mb), temporal de trabalho (Tt), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt) e esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb) com referência ao músculo masseter de trabalho. A linha vertical vermelha indica a frequência mastigatória do voluntário.

A função de transferência, equação 2, foi usada para investigar a amplitude relativa e a relação temporal de um sinal eletromiográfico contra o outro na FM (SAKAGAMI et al ., 2011).

$$H(f) = \frac{S_{xy}(f)}{S_{xx}(f)} \quad (2)$$

Pela função de transferência foram obtidos os valores do ganho (G), equação 3, e fase (θ), equação 4. O ganho refere-se à amplitude relativa de atividade muscular e a fase ao atraso de um sinal eletromiográfico em relação ao outro.

$$G(f) = \frac{H_R(f)^2 + H_I(f)^2}{S_{xx}(f)} \quad (3)$$

$$\phi(f) = \tan^{-1} \left[\frac{H_I(f)^2}{H_R(f)^2} \right] \quad (4)$$

Sendo H_R e H_I , as partes real e imaginária de $H(f)$, respectivamente.

Toda análise foi realizada empregando as funções *built-in* do *Software* Matlab 8.5 (R2015a) (MathWorks, Natick, MA, E.U.A): *mscoere()*, *pwelch()* e *cpsd()*.

Análise Estatística

A análise estatística descritiva foi computada para as variáveis analisadas.

Testes estatísticos paramétricos foram aplicados aos dados contínuos com distribuição normal (T-Student, ANOVA de dois fatores: grupos e músculos e pós-teste de TukeyHSD, quando houve diferença estatística entre os fatores). Para dados categóricos ou sem distribuição normal, a análise não paramétrica foi usada (Qui-quadrado, Mann-Whitney, com valor de p ajustado em caso de múltiplas comparações e teste de Friedman com pós-teste de Nemenyi). O nível de significância foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$). Adicionalmente, o tamanho do efeito foi calculado para os testes paramétricos. O d de Cohen foi usado para o teste T-Student e interpretado como pequeno (0,2), moderado (0,5) e grande (0,8). Para a variáveis analisadas por ANOVA, foi usado η^2 generalizado e interpretado como pequeno (0,0099), moderado (0,0588) e grande (0,1379) (COHEN, 1988).

5. RESULTADOS

As características demográficas e clínicas dos grupos DTM e C são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características demográficas e clínicas dos grupos C e DTM.

Características	C (n=32)	DTM (n=33)	<i>P-valor</i>
Idade – anos; média (DP)	28,3 (5,8)	30,5 (7,3)	0,18 ^a
Sexo: N (%)			
Feminino	26 (81,2)	29 (87,9)	0,46 ^c
Masculino	6 (18,7)	4 (12,1)	
Duração da DTM – meses; média (DP)	-	63,0 (54,7)	<0,014 ^a
ProDTMmulti – escore; mediana (IIQ)	0,0 (0,0 – 1,0)	113,0 (80-177)	< 0,0001 ^b
AMIOFE – escore; mediana (IIQ)	92,0 (89,5-95,8)	83,0 (80-86)	< 0,0001 ^b
Padrão Mastigatório N (%)			
Bilateral alternada	21 (65,6)	6 (18,2)	0,0001 ^c
Bilateral simultânea	2 (6,3)	2 (6,1)	
Preferência unilateral	9 (28,1)	14 (42,4)	
Unilateral crônica	0 (0,0)	11 (33,3)	

“continuação”

Classificação da DTM			C	DTM	
Intra-articular	Mialgia	Artralgia	n	n (%)	
DDR bilateral	B	B	0	07 (21,2)	_____
% dos casos: 45	B	U	0	03 (9,1)	_____
	B	-	0	03 (9,1)	_____
	U	B	0	01 (3,0)	_____
	U	U	0	01 (3,0)	_____
DDR unilateral	B	B	0	14 (42,4)	_____
% dos casos: 55	B	U	0	2 (6,1)	_____
	B	-	0	01 (3,0)	_____
	U	U	0	01 (3,0)	_____

Valor do *P* nos testes *T-Student*^a; *Mann-Whitney*^b; Qui-quadrado^c; C: grupo controle, DTM: grupo com desordem temporomandibular, DDR: deslocamento de disco com redução, B: bilateral, U: unilateral.

“conclusão”.

Análise no domínio do tempo

Frequência

Para a comparação da mastigação dos grupos DTM e C foram analisados 2073 golpes mastigatórios (C = 1062, DTM = 1011). A frequência mastigatória (golpes/s) do grupo DTM foi de $1,22 \pm 0,22$ e não houve diferença comparado ao grupo C, $1,24 \pm 0,20$, ($P = 0,64$).

Duração

A duração do golpe mastigatório (em milissegundos) foi significativamente maior no grupo DTM ($392,6 \pm 143,4$ ms) comparado ao C ($320,6 \pm 76,7$ ms) ($P = 0,01$). O tamanho do efeito foi moderado ($d = 0.626$).

Tempo para atingir o pico de atividade

O grupo DTM demorou em média significativamente mais tempo para atingir o pico máximo de atividade muscular comparado ao grupo C (Tabela 2). Entre os músculos, os menores tempos foram observados no ECMt e ECMb. Houve interação grupo x músculo ($P < 0,03$), porque a diferença entre as médias dos grupos foi menor nos músculos ECMt e ECMb do que nos mastigatórios (Figura 6).

Tabela 2. Tempo (ms) para atingir o pico de atividade.

Fator	F	P valor	Tamanho do Efeito
Grupo	5,31	0,024*	0,066
Músculo	23,75	<,0001*	0,057
Grupo*Musculo	2,50	0,031*	0,006

Músculo	C		DTM	
	Média	DP	Média	DP
Mt ^a	192,0	68,8	259,4	123,8
Tt ^{a,b}	190,0	67,3	254,1	128,2
ECMt ^c	149,4	72,8	182,3	95,7
Mb ^{b,d}	178,6	68,7	225,9	121,1
Tb ^a	197,3	69,2	263,9	130,2
ECMb ^{c,d}	168,1	69,1	199,3	116,9

Anova de dois fatores. Desvio padrão (DP), masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb). As letras sobrescritas indicam as diferenças entre os músculos calculadas pelo pós-teste de TukeyHSD. Tamanho de efeito (η^2 generalizado).

Figura 6. Tempo (ms) para atingir o pico máximo de atividade.

As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb).

A Figura 7 apresenta o delta (Δ) temporal, em milissegundos, entre os picos de atividade dos músculos em relação ao Mt. Os músculos Mb, ECMb e ECMt foram significativamente diferentes do Mt para ambos os grupos ($p < 0,05$). O músculo Tb foi diferente apenas para o grupo C ($p = 0,042$) e o músculo Tt não apresentou diferença em nenhum dos dois grupos ($p > 0,5$).

Figura 7. Delta temporal (ms) entre os picos de atividade dos músculos em relação ao masseter de trabalho (músculo referência, linha pontilhada). As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb).

Máxima Contração Voluntária (uV) (MCV)

Os valores de MCV dos músculos são apresentados e os grupos comparados, desde que eles foram empregados para a normalização das variáveis atividade no pico, velocidade máxima e integral das relativas à mastigação, apresentadas na sequência.

Os músculos do grupo DTM tiveram em média atividade na MCV significante menor comparada ao grupo C (Tabela 3).

Tabela 3. Atividade dos músculos da mastigação e do pescoço nas provas de máxima contração voluntária (μV).

Músculo	C			DTM			P valor
	Mediana	Média	DP	Mediana	Média	DP	
Md	245,1	291,3	156,9	146,4	169,9	96,9	<,0001
Me	246,4	275,3	160,1	141,6	183,7	117,1	0,003
Td	224,6	253,9	117,0	152,0	158,9	85,3	<,0001
Te	211,0	238,6	118,4	131,7	168,6	108,7	0,004
ECMd	273,9	294,9	148,8	195,7	221,8	146,7	0,012
ECMe	291,0	327,7	143,9	218,0	239,9	117,9	0,004

Máxima contração voluntária dos músculos da mastigação e do pescoço, respectivamente durante o máximo apertamento dos dentes com rolos de algodão interpostos bilateralmente e rotação máxima da cabeça para os lados direito e esquerdo. Teste t de Student. Desvio padrão (DP), masseter direito (Md), masseter esquerdo (Me), temporal direito (Td), temporal esquerdo (Te), esternocleidomastoídeo direito (ECMd), esternocleidomastoídeo esquerdo (ECMe).

Análise da Mastigação (continuação)

Atividade muscular no Pico (%)

Os grupos não apresentaram diferença no pico de atividade normalizada (Tabela 4). Houve diferença entre os músculos, com as atividades dos músculos Mt e Tt significativamente maiores que os demais músculos analisados (Figura 8).

Tabela 4. Atividade muscular no pico (%).

Fator	F	P valor	Tamanho Efeito
Grupo	0,32	0,57	0,001
Músculo	152,09	<,0001*	0,585
Grupo*Musculo	0,35	0,88	0,005

Músculo	C		DTM	
	Média	DP	Média	DP
Mt ^a	65,7	31,0	63,4	38,4
Tt ^a	73,1	34,7	74,9	40,5
ECMt ^b	3,7	3,1	5,2	3,8
Mb ^c	20,6	16,5	25,7	15,2
Tb ^d	40,4	19,8	46,2	25,2
ECMb ^b	2,3	2,8	2,9	1,8

Anova de dois fatores. Desvio padrão (DP), masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb). As letras sobrescritas indicam as diferenças entre os músculos calculadas pelo pós-teste de Tukey HSD. Tamanho de efeito (η^2 generalizado).

Figura 8. Gráfico de interação da variável Atividade no pico (%).

As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb).

Velocidade Máxima

A média da velocidade máxima do sinal EMG para atingir o pico de atividade não foi diferente entre os grupos (Tabela 5). Os músculos Mt e Tt apresentaram velocidades significativamente maiores que seus pares do lado balanceio e ambos os ECM (Figura 9). A interação grupo x músculos resultou da velocidade ligeiramente menor nos músculos da mastigação do lado trabalho do grupo DTM comparado ao grupo C.

Tabela 5. Velocidade máxima do sinal EMG (%/s)

Fator	F	P valor	Tamanho Efeito
Grupo	0,26	0,61	0,001
Músculo	577,66	<,0001*	0,837
Grupo*Musculo	2,95	0,013*	0,029

Músculo	C		DTM	
	Média	DP	Média	DP
Mt ^a	722,3	391,7	612,1	442,9
Tt ^a	786,0	381,3	719,8	446,1
ECMt ^b	25,4	30,1	29,8	22,9
Mb ^c	178,3	170,7	209,5	138,3
Tb ^d	411,2	243,0	404,7	233,3
ECMb ^e	14,7	26,0	16,3	12,0

Anova de dois fatores. Desvio padrão (DP), masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb). As letras sobrescritas indicam as diferenças entre os músculos calculadas pelo pós-teste de TukeyHSD. Tamanho de efeito (η^2 generalizado)

Figura 9. Gráfico de interação da variável Velocidade máxima (%/s) do sinal.

As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb).

Integral (%*s)

A energia relativa despendida para executar a mastigação pelo grupo DTM foi significativamente maior que a do grupo controle (Tabela 6). A integral dos músculos Mt e Tt foi maior que os demais músculos (Figura 10). A diferença entre os grupos foi maior nos músculos da mastigação do que nos músculos ECMt e ECMb, resultando em efeito de interação grupo x músculos.

Tabela 6. Integral (%*s).

Fator	F	P valor	Tamanho Efeito
Grupo	7,77	0,007	0,057
Músculo	446,78	<,0001*	0,776
Grupo*Musculo	2,78	0,018*	0,025

	C		DTM	
Músculo	Média	DP/	Média	DP
Mt ^a	10,1	4,8	11,3	5,7
Tt ^a	11,0	5,7	13,0	7,2
ECMt ^b	0,7	0,6	0,1	0,1
Mb ^c	3,8	2,8	5,4	3,1
Tb ^d	6,3	3,2	8,6	5,2
ECMb ^e	0,5	0,4	0,1	0,1

Anova de dois fatores. Desvio padrão (DP), masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb). As letras sobreescritas indicam as diferenças entre os músculos calculadas pelo pós-teste de TukeyHSD. Tamanho de efeito (η^2 generalizado).

Figura 10. Gráfico de interação da variável Integral (%*s).

As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de trabalho (Mt), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb).

Razão de atividade entre os músculos dos lados trabalho e balanceio

A razão entre os músculos Mt e Mb foi menor no grupo DTM, indicando uma menor diferenciação entre a atividade do músculo do lado de trabalho e balanceio comparado ao grupo C (Tabela 7). Não foram observadas outras diferenças.

Tabela 7. Razão da atividade entre os músculos de trabalho e balanceio.

Razão (%)	C	DTM	P-valor *
	Mediana (IIQ)	Mediana (IIQ)	
Mt/Mb	4,1 (2,1 – 6,6)	2,7 (1,8 – 3,82)	0,017
Tt/Tb	1,9 (1,3 – 2,5)	1,7 (1,2 – 2,3)	0,44
ECMt/ECMb	1,4 (0,9 – 2,5)	1,6 (1,2 – 2,4)	0,47

* Teste de Mann-Whitney. Masseter de trabalho (Mt), masseter de balanceio (Mb), temporal de trabalho (Tt), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastóideo de trabalho (ECMt) e esternocleidomastóideo de balanceio (ECMb)

Análise no domínio da frequência

Análise da Função de Coerência/

Para a análise da coerência foi calculada a frequência mastigatória por meio da transformada de Fourier do sinal EMG do masseter de trabalho. A Figura 11 mostra a distribuição dos sujeitos em cada frequência mastigatória calculada, separados por grupo.

Figura 11. Distribuição dos sujeitos em cada frequência mastigatória obtida pela transformada de Fourier do sinal EMG do masseter de trabalho.

A coerência da atividade do músculo Tt com o Mt (sinal de referência), avaliada na frequência mastigatória, foi significativamente menor no grupo DTM comparado ao grupo C ($p = 0,008$) (Tabela 8). Não foram observadas outras diferenças significantes entre os grupos. Como pode ser observado na Figura 12, a coerência dos músculos ECMt e ECMb foi amplamente distribuída entre baixos e altos valores de coerência. Considerando os valores relativos ao Mt, a coerência entre os músculos elevadores da mandíbula (Tt, Tb e Mb) foi significativamente maior que entre os músculos elevadores e os do pescoço (ECMt e ECMb).

Tabela 8. Coerência da atividade dos músculos Tt, ECMt, Mb, Tb e ECMb com o músculo Mt na frequência mastigatória.

Comparações	Controle		DTM		P valor *
	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	
Tt	0,99	0,99 – 0,98	0,98	0,99 – 0,96	0,008
ECMt	0,73	0,91 – 0,53	0,66	0,85 – 0,38	0,46
Mb	0,96	0,99 – 0,90	0,97	0,98 – 0,94	0,94
Tb	0,98	0,99 – 0,96	0,97	0,99 – 0,95	0,61
ECMb	0,43	0,63 – 0,25	0,43	0,64 – 0,22	0,95

Comparações entre músculos (C: $p < ,0001$; DTM: $p < ,0001$)

	Tt		ECMt		Mb		Tb	
	C	DTM	C	DTM	C	DTM	C	DTM
ECMt	<,0001	<,0001	-	-	-	-	-	-
Mb	0,0136	0,16	0,0019	0,0003	-	-	-	-
Tb	0,41	0,91	<,0001	<,0001	0,61	0,63	-	-
ECMb	<,0001	<,0001	0,56	0,96	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

* Comparação entre grupos: teste de Mann-Whitney com valor de p ajustado para múltiplas comparações. Comparações entre músculos: teste de Friedman com pós-teste de Nemenyi. Intervalo interquartil (IIQ), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt).

Figura 12. Coerência.

As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de balanceio (Mb), temporal de trabalho (Tt), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt) e esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb).

Ganho

Não houve diferença entre os grupos quanto ao ganho, ou seja, na relação de potência entre o músculo Mt e cada um dos outros músculos (Tabela 9). Na Figura 13 é possível observar que músculo Tt foi o que apresentou maior ganho em ambos os grupos. Também na comparação de ganho entre músculos os grupos foram similares. O ganho do Tt foi maior que do Mb e o ganho dos elevadores (Tt/Tb e Mb) maior que do pescoço (ECMt/ECMb).

Tabela 9. Ganho (amplitude relativa).

Comparações	Controle		DTM		P valor
	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	
Tt	1,19	1,50 – 0,78	1,22	1,59 – 0,88	0,52
ECMt	0,03	0,05 – 0,01	0,03	0,07 – 0,02	0,33
Mb	0,30	0,45 – 0,19	0,36	0,58 – 0,25	0,26
Tb	0,55	0,77 – 0,37	0,63	0,89 – 0,44	0,31
ECMb	0,01	0,02 – 0,00	0,01	0,03 – 0,01	0,08

Comparações entre músculos (C: $p < ,0001$; DTM: $p < ,0001$)

	Tt		ECMt		Mb		Tb	
	C	DTM	C	DTM	C	DTM	C	DTM
ECMt	<,0001	<,0001	-	-	-	-	-	-
Mb	<,0001	0,0005	0,017	0,0042	-	-	-	-
Tb	0,18	0,13	<,0001	<,0001	0,18	0,43	-	-
ECMb	<,0001	<,0001	0,24	0,34	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

* Comparação entre grupos: teste de Mann-Whitney com valor de p ajustado para múltiplas comparações. Comparações entre músculos: teste de Friedman com pós-teste de Nemenyi. Intervalo interquartil (IIQ), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt).

Figura 13. Ganho (amplitude relativa de atividade muscular).

As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de balanceio (Mb), temporal de trabalho (Tt), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt) e esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb).

Fase

A fase de cada músculo relativa ao Mt, analisada na frequência mastigatória, não foi diferente entre os grupos (Tabela 10). A análise entre os músculos mostrou que ambos os grupos apresentaram defasagem entre Tt e Mb. Além disso, o grupo DTM apresentou defasagem entre Tt e o ECMt; o Mb e os músculos Tb e ECMb; e o ECMt e os músculos Tb e ECMb.

Tabela 10. Fase

Comparações	Controle		DTM		P valor
	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	
Tt	-0.92	2,31 – -3,23	1.82	10,77 – -4,06	0.71
ECMt	27.57	59,14 – -9,26	33.04	53,98 – -15,30	0.93
Mb	11.16	23,17 – 1,90	14.82	24,0 – 3,54	0.93
Tb	0.41	7,58 – -5,46	1.21	10,06 – -9,71	0.93
ECMb	-1.14	33,30 – -48,31	-1.79	25,5 – -37,14	0.93

Comparações entre músculos (C: $p = 004$; DTM: $p < ,0001$)

	Tt		ECMt		Mb		Tb	
	C	DTM	C	DTM	C	DTM	C	DTM
ECMt	0,07	0,026	-	-	-	-	-	-
Mb	0,028	0,009	0,99	0,99	-	-	-	-
Tb	0,998	0,99	0,15	0,005	0,07	0,002	-	-
ECMb	0,99	1,00	0,21	0,032	0,10	0,012	1,00	0,98

* Comparação entre grupos: teste de Mann-Whitney com valor de p ajustado para múltiplas comparações. Comparações entre músculos: teste de Friedman com pós-teste de Nemenyi. Intervalo interquartil (IIQ), masseter de balanceio (Mb), temporal de balanceio (Tb), temporal de trabalho (Tt), esternocleidomastoídeo de balanceio (ECMb), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt).

Figura 14. Fase.

As barras de erro correspondem ao intervalo de confiança de 95% da média. Masseter de balanceio (Mb), temporal de trabalho (Tt), temporal de balanceio (Tb), esternocleidomastoídeo de trabalho (ECMt) e esternocleidomastoídeo de balanceio (Eb).

6. DISCUSSÃO

Na presente pesquisa buscou-se aprofundar a compreensão do comportamento dos músculos da mastigação e do pescoço de pacientes com DTM crônica durante a função mastigatória.

Todos os participantes conseguiram realizar a tarefa de mastigação. Contudo, os pacientes com DTM crônica despenderam maior tempo nos golpes mastigatórios e para atingir o pico de atividade, maior energia relativa à capacidade máxima e menor diferenciação entre a atividade dos lados trabalho e balanceio do músculo masseter, bem como menor coerência e sincronia entre músculos.

A mastigação é regulada por impulsos sensoriais periféricos provenientes de receptores periodontais, proprioceptivos, em especial os fusos musculares que informam a posição e mudanças de comprimento nos músculos da mandíbula, bem outros orofaciais localizados nas ATM, língua, palato, pele e região cervical. As informações sensoriais aferentes são conduzidas direta ou indiretamente, via interneurônios, aos neurônios motores do tronco encefálico (gerador de padrão central) que regulam a mordida voluntária e a trituração do alimento (STEELE; MILLER, 2010; AVIVI-ARBER; SESSLE, 2018). A atividade dos moto neurônios também pode ser modulada por impulsos de outras regiões do tronco encefálico e de níveis mais altos do SNC. Um complexo controle bilateral dos músculos envolvidos é essencial para garantir a realização de padrões motores integrados e adequados (AVIVI-ARBER; SESSLE, 2018).

Mastigação - análise no domínio do tempo

O ritmo da mastigação é um dos aspectos controlados pelo gerador de padrão central no tronco encefálico (LUND, 1991), que resulta na frequência mastigatória. As características dos alimentos, tais como tamanho e textura são os principais fatores que influenciam a frequência mastigatória. Durante a sequência mastigatória, o programa motor se adapta de acordo com as mudanças nas propriedades físicas do alimento provocadas pela mastigação, até que o alimento esteja pronto para ser deglutido (LUND; KOLTA, 2006; WODA; MISHELLANY; PEYRON, 2006; PEYRON et al., 2017; VAN DER BILT; ABBINK, 2017).

Em vários estudos sobre a mastigação, uma goma de mascar, que se mantém constante durante os testes e não deve ser deglutida, tem sido utilizada com o propósito de minimizar a variabilidade em parâmetros como frequência, atividade muscular, amplitude e direção de movimento da mandíbula durante as provas (FERRARIO et al., 2004; WINTERGERST; THROCKMORTON; BUSCHANG, 2008; VAN DER BILT; ABBINK, 2017).

No estudo atual, a DTM não afetou de modo significativo a frequência mastigatória, concordando com os achados prévios (DE FELICIO et al., 2013; FERREIRA et al., 2014; SHIMADA; BAAD-HANSEN; SVENSSON et al., 2015; MAPELLI et al., 2016a). As médias dos grupos controle (1.24 ± 0.20) e DTM (1.22 ± 0.22) foram similares às verificadas na mastigação de goma por indivíduos saudáveis com dentição natural (TARTAGLIA et al., 2008; VAN DER BILT; ABBINK, 2017).

Por sua vez, a duração do golpe mastigatório e o tempo para atingir o pico de atividade foram aumentados no grupo DTM e o tamanho do efeito foi moderado para ambas as variáveis. Sato et al. (1998) também verificaram um aumento da duração da contração muscular (duração do golpe mastigatório) em pacientes com deslocamento de disco com redução (DDR) unilateral, tanto do lado da ATM afetada como contralateral. No entanto, Ardizzone et al. (2010) observaram apenas uma tendência de aumento da duração em casos cujo índice de disfunção clínica de Helkimo era severo. A diferença desse resultado em relação ao estudo atual e ao de Sato et al. (1998) parece ser decorrente das características dos pacientes envolvidos. Em pacientes com DTM-DDR crônica, uma reduzida velocidade (IP e CRP) e assincronia entre os côndilos no fechamento mandibular (MAPELLI et al., 2016b) pode ter contribuído para a maior duração do golpe mastigatório.

Além disso, é preciso considerar que, um sistema motor normal propicia que a mastigação seja realizada com baixo nível de consciência (STOHLER, 1986). Porém, a presença de sintomas e a disfunção neuromuscular dos pacientes com DTM parecem torná-los mais atentos às funções orofaciais, a fim de regular os movimentos e a força, para atingir a meta funcional com o mínimo de incômodo possível (FELICIO et al., 2002).

Como tem sido demonstrado, a duração da contração pode ser modificada quando a mastigação é voluntariamente controlada (TEWKSBURY et al., 2018;

ASHIGA et al., 2019). O maior tempo gasto pelo grupo DTM para que os músculos atingissem o pico de atividade indica um efeito da maior duração, contudo ambos os resultados sugerem um atraso na preparação da atividade muscular (KIM et al., 2015). O mesmo padrão foi observado na deglutição de pacientes com DTM crônica (FASSICOLLO et al., 2019). Estudos prévios também sugerem que fatores psicológicos como depressão, estresse e tendência a catastrofizar podem influenciar a atividade motora (BRANDINI et al., 2011, INAMOTO; MURRAY; WHITTLE, 2016).

No grupo DTM, em relação ao grupo C, os atrasos foram mais evidentes nos músculos da mastigação, que apresentam uma maior especificidade para a função, como a trituração do alimento, do que nos ECM. É conhecido que os músculos ECMs têm a função fundamental de estabilizar a cabeça durante a mastigação (HAGGMAN-HENRIKSON; NORDH; ERIKSSON; 2013; GUO et al., 2017), são ativados significativamente antes aos masseteres na mastigação (SHIMAZAKI et al., 2006) e, como verificado também no atual estudo, apresentam um menor tempo para atingir o pico e relação aos outros músculos (GUO et al., 2017).

Complementando as análises, a análise da variação temporal (delta em ms) mostrou que, de modo geral, os músculos do lado de balanceio atingiram o pico em tempos significativamente diferentes do Mt, com exceção do músculo Tb do grupo DTM. Assim, além de atrasos, a coordenação temporal entre os músculos apresenta mudanças no grupo DTM.

A maior energia relativa despendida pelo grupo DTM para executar a mastigação (integral) comparado ao grupo C, teve relevância clínica moderada e concorda com achados prévios (FERREIRA et al., 2014). Este resultado foi decorrente da menor capacidade de produzir atividade (MVC) e da maior duração do golpe mastigatório. Um efeito de interação foi observado, porque a diferença entre os grupos ocorreu predominantemente nos músculos da mastigação, sendo praticamente ausente nos ECMs, porém nesse caso a relevância clínica foi pequena.

Sato et al. (1998) verificaram que os pacientes com DTM-DDR apresentaram menores valores de integral no músculo masseter do lado da mastigação e temporal contralateral que o grupo controle. Esse resultado, que parece contrastante é explicado, porque no estudo atual os dados foram normalizados.

Previamente, uma tendência à aumentada atividade (RMS%) no músculo ECM foi observada em pacientes com DTM em tarefa de flexão cervical (ARMIJO-OLIVO;

MAGEE, 2013). Portanto, parece que as diferenças entre indivíduos saudáveis e DTM se manifestam em músculos que estejam desempenhando as funções para as quais têm especificidade. Em outras palavras, na mastigação as diferenças relevantes acontecem nos músculos masseter e temporal, enquanto no ECM em prova de flexão cervical.

Os grupos DTM e C não mostraram diferença no pico de atividade normalizada, ou seja, ambos os grupos usaram uma porcentagem similar de atividade em relação à MCV. Tampouco foi diferente a velocidade máxima para atingir o pico. Como esperado, os músculos da mastigação do lado de trabalho apresentaram maiores valores de pico e a diferença entre os lados de trabalho e balanceio foi mais pronunciada nos músculos masseteres do que nos temporais (MORNEBURG et al., 2014). O mesmo ocorreu com a velocidade máxima. Apenas foi observado que o grupo DTM teve uma menor velocidade nos músculos da mastigação do lado trabalho e um ligeiro aumento da velocidade do Mb (interação grupos x músculos), mas o tamanho do efeito foi pequeno.

No presente estudo, também foi analisada a razão entre os músculos do lado de trabalho e balanceio (T/B). Comparado ao grupo C, a razão T/B do músculo masseter foi significativamente menor no grupo DTM, em decorrência, principalmente, da participação aumentada do músculo do lado de balanceio.

Em condições normais, durante a mastigação unilateral, os músculos masseteres do lado de trabalho e do lado de balanceio tornam-se mais assimétricos na medida em que a mandíbula se aproxima do maxilar (oclusão), enquanto os temporais tornam-se mais simétricos (TOMONARI et al., 2019). Provavelmente, esses padrões reflitam características funcionais dos músculos, ou seja, o músculo masseter do lado da mastigação é o gerador de força e os músculos temporais têm uma ação de posicionamento, estabilização da mandíbula (MAPELLI et al., 2016a; TOMONARI et al., 2019).

Além disso, o mecanismo sensorio envolvido na mastigação unilateral relaciona-se à percepção da distância interoclusal (ou *jaw gape*), cuja redução leva ao decréscimo da atividade do lado de balanceio (PROSCHEL; MORNEBURG, 2010). Os fusos musculares e talvez estímulos sensorios como tensão da pele e contato dos dentes na mucosa, de uma maneira combinada, podem estar envolvidos (MORNEBURG et al., 2014). A redução da atividade do masseter do lado de

balanceio, com consequente aumento da razão T/B, tem sido interpretada como uma estratégia para prevenir sobrecarga dos dentes do lado de balanceio e da ATM (PROSCHEL;MORNEBURG, 2010; MORNEBURG et al ., 2014).

Portanto, o resultado do grupo DTM pode sugerir um mecanismo de proteção menos eficiente. Mas, também um aumento do recrutamento dos músculos do lado de balanceio como uma estratégia para cumprir a tarefa (FERREIRA et al., 2014; MAPELLI et al., 2016a), embora com desequilíbrio funcional.

Resultados semelhantes foram encontrados previamente em pacientes com DTM com severidade dos sintomas variando de leve à severo, independente se a DTM era crônica ou não (DE FELICIO et al., 2013; FERREIRA et al., 2014). Contudo, em pacientes com DTM crônica, quanto maior a severidade dos sintomas, maior a participação dos músculos do lado de balanceio (MAPELLI et al., 2016a).

A primeira hipótese foi parcialmente confirmada, pacientes com DTM crônica despendem mais tempo para atingir o pico de atividade com envolvimento tanto dos músculos da mastigação como do pescoço. No entanto, os músculos da mastigação despendem maior energia relativa durante a mastigação, mas não os do pescoço.

Também a segunda hipótese foi parcialmente confirmada, pois apenas o músculo masseter mostrou prejuízo no recrutamento diferencial entre os lados de trabalho e balanceio.

Esses resultados não permitem a definição de causa e efeito, mas indicam possíveis caminhos para a reabilitação da mastigação de pacientes com DTM. As áreas corticais sensório motoras têm grande capacidade neuroplástica, que permitem adaptações motoras orais, inclusive comportamentos motores mal adaptados para que as estruturas musculoesqueléticas permaneçam executando suas funções (AVIVI-ARBER et al ., 2011). Contudo, é necessário identificar esses comportamentos e interrompê-los, porque podem contribuir para perpetuar a disfunção musculoesquelética (HODGES; SMEETS, 2015) e o aparecimento de outros comportamentos orofaciais negativos (FERREIRA et al., 2014).

Mastigação - análise no domínio da frequência

Coerência

A análise de coerência foi medida pelo do grau de correlação entre dois sinais EMG na frequência mastigatória. Como mencionado, os valores de coerência podem variar de 0 a 1.0, com valores próximos a 1, indicando que os dois sinais compartilham a mesma frequência (STEEVE;PRICE, 2010; ISHII; NARITA; ENDO, 2016).

Todos os músculos da mastigação em ambos os grupos apresentaram forte coerência (correlação) com o Mt (sinal de referência) superando 0.95 (Moore, 1993; Wojnicz et al ., 2019), como é esperado entre músculos que compartilham da mesma origem de impulsos para o motoneurônios (SMITH; DENNY, 1990; DOLDERSUM et al ., 2019), tal como o GPC (STEEVE; PRICE, 2010). Diferentemente, a coerência dos músculos ECMt e ECMb relativa ao Mt foi amplamente distribuída entre baixos e altos valores de coerência, e em comparação aos músculos da mastigação (Tt, Tb e Mb), foi significativamente menor, como observado previamente (ISHII; NARITA; ENDO, 2016).

No entanto, entre o Tt e o Mt na função mastigatória, o grupo DTM apresentou coerência significativamente menor comparado ao grupo C. Além disso, em contraste ao grupo C, a coerência dos músculos Tt e Mb não mostrou diferença no grupo DTM. Esses resultados indicam uma mudança da estratégia coordenativa do grupo DTM, desde que durante a mastigação é esperado que pares de músculos homólogos e sinergistas sejam coativados com maior grau de coerência que os sinergistas contralaterais (MOORE, 1993).

O ganho (amplitude relativa) foi similar nos grupos C e DTM; o maior ganho ocorreu no Tt com diferença significativa do Mb e todos os músculos elevadores apresentaram maiores ganhos que os do pescoço, como observado previamente em adultos jovens saudáveis (ISHII; NARITA; ENDO, 2016). Portanto, em pacientes com DTM crônica, as relações entre as amplitudes relativas dos músculos são mantidas.

Era esperado que o ganho fosse menor que 1,0, desde que o Mt é considerado o músculo predominante durante a mastigação (ISHII; NARITA; ENDO, 2016). No entanto, o ganho do Tt foi superior à unidade nos grupos C (1,19) e DTM (1,22), porque em ambos a atividade normalizada na frequência mastigatória foi maior no músculo temporal do que masseter. Como pode ser observado no resultado da MCV, o qual foi empregado para normalização, os masseteres mostraram maior média de atividade que os temporais em ambos os grupos.

No que diz respeito à fase relativa ao Mt, a comparação dos grupos em cada um dos músculos não mostrou diferença estatística. Ao comparar as fases dos músculos relativas ao Mt, separadamente para cada grupo, foi possível observar que o grupo C apresentou sincronia entre músculos elevadores e do pescoço de ambos os lados, embora a distribuição da fase nos músculos do pescoço tenha sido ampla, indicando variabilidade entre os participantes, que pode estar associada às características da oclusão, bem como dos movimentos da mandíbula e cabeça (ISHII; NARITA; ENDO, 2016). Também, foram sincronizadas as fases dos músculos do pescoço de trabalho e balanceio, bem como os elevadores, exceto Tt e Mb.

Por sua vez, o grupo DTM apresentou sincronia na fase de apenas 4 dos 10 pares de músculos analisados. As defasagens foram observadas entre os músculos elevadores da mandíbula (Tt e Tb x Mb), entre os elevadores e do pescoço (Tt e Tb x ECMt, Mb x ECMb) e entre os do pescoço (ECMt x ECMb).

A defasagem temporal entre os músculos da mastigação e do pescoço no grupo DTM parece ser uma consequência de mudanças nos músculos da mastigação. Como observado, em diversas variáveis do estudo os músculos da mastigação mostraram diferenças em relação ao grupo C e não nos do pescoço. Contudo, essa é uma questão que merece mais investigações.

Em resposta à terceira hipótese, o grupo DTM mostrou prejuízos de coativação apenas nos músculos da mastigação, mas a alteração de sincronia tanto entre os músculos da mastigação, como entre os do pescoço e entre os da mastigação e do pescoço.

De acordo com os achados, as análises de funções de coerência EMG-EMG e transferência EMG-EMG se mostraram úteis para revelar mudanças na coordenação de músculos da mastigação e do pescoço em pacientes com DTM durante a mastigação. Em conjunto, os achados indicam uma deterioração no controle motor orofacial, que pode ser decorrente de impulsos sensoriais relacionados condições oclusais, musculares e à dor enviados para o tronco encefálico e daí para outras regiões do sistema nervoso central.

Muitas condições de dor crônica, incluindo distúrbios temporomandibulares, estão associados a alterações funcionais ou estruturais em várias regiões do cérebro, envolvidas no processamento de funções sensorio motoras, incluindo o córtex motor primário orofacial e o córtex somatossensorio primário orofacial (AVIVI-ARBER;

SESSLE, 2018). Além disso, como a condição de DTM dos pacientes era crônica, também podem estar envolvidos mecanismos de sensibilização central dos neurônios nociceptivos, isto é, mudanças neuroplásticas refletidas em um aumento na excitabilidade neuronal (CHICHORRO; PORRECA; SESSLE, 2017).

Os achados desse estudo podem ser úteis para a elaboração de protocolos terapêuticos para pacientes com DTM crônica e prejuízo na mastigação. Com base nos resultados, os objetivos da terapia deveriam ser: reduzir o tempo de duração do ciclo mastigatório e o tempo para atingir o pico de atividade, promover maior diferenciação entre as atividades de trabalho e balanceio, bem como evitar comportamentos compensatórios que acarretam o maior gasto de energia relativa, os quais podem e sobrecarregar os tecidos musculares e favorecer a perpetuação dos sinais e sintomas de DTM.

Além disso, no plano de tratamento deve ser considerado que, a redução da dor em terapia (ARMIJO-OLIVO et al., 2016) e aprendizagem de novos comportamentos motores são estratégias para favorecer a recuperação musculoesquelética (AVIVI-ARBER; SESSLE, 2018), bem como, promover mudanças no comportamento dos músculos da mastigação e facilitar a readaptação de novos comportamentos orais (AVIVI-ARBER et al., 2011), para reestabelecer o equilíbrio, coordenação e sincronia da musculatura durante as funções orofaciais, entre elas a mastigação.

Especificamente em relação aos músculos ECMs, as estratégias terapêuticas deveriam favorecer a sincronização, desde que estes mostraram defasagem entre si e em relação aos músculos da mastigação, para garantir estabilidade à mastigação.

7. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que, durante a mastigação, os pacientes com DTM crônica têm prolongamento dos ciclos mastigatórios comparado ao grupo C, despendem maior energia relativa nos músculos da mastigação, com participação aumentada do músculo Mt do lado de balanceio. Além disso, apresentam menor coerência entre os músculos Mt e Tt, e reduzida sincronia (defasagem) entre músculos da mastigação, entre ambos os músculos do pescoço, e ainda entre os músculos da mastigação e do pescoço.

Portanto, a mastigação nos pacientes com DTM crônica é realizada com adaptações temporais e redução da coordenação e sincronia na atividade muscular e esses comportamentos podem contribuir para manutenção das disfunções, se não tratados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMOTAIRY, N. et al. Development of the jaw sensorimotor control and chewing - a systematic review. **Physiol Behav**, Long Island, v. 194, p. 456-465, 2018.

ARDIZONE, I. et al. Electromyographic study of activity of the masseter and anterior temporalis muscles in patients with temporomandibular joint (TMJ) dysfunction: comparison with the clinical dysfunction index. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, Valencia, v. 15, n. 1, p. e14-9, 2010.

ARMIJO-OLIVO, S.; MAGEE, D. Cervical musculoskeletal impairments and temporomandibular disorders. **J Oral Maxillofac Res**, Kaunas, v. 3, n. 4, p. e4, 2013.

ARMIJO-OLIVO, S. et al. Effectiveness of Manual Therapy and Therapeutic Exercise for Temporomandibular Disorders: Systematic Review and Meta-Analysis. **Phys Ther**, Alexandria, v. 96, n. 1, p. 9-25, 2016.

ASHIGA, H. et al. Effect of attention on chewing and swallowing behaviors in healthy humans. **Sci Rep**, London, v. 9, n. 1, p. 6013, 2019.

AVIVI-ARBER, L. et al. Face sensorimotor cortex and its neuroplasticity related to orofacial sensorimotor functions. **Arch Oral Biol**, New York, v. 56, n. 12, p. 1440-65, 2011.

AVIVI-ARBER, L.; SESSLE, B. J. Jaw sensorimotor control in healthy adults and effects of ageing. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 45, n. 1, p. 50-80, 2018.

BARTSCH, T.; GOADSBY, P. J. Stimulation of the greater occipital nerve induces increased central excitability of dural afferent input. **Brain**, Oxford, v. 125, n. Pt 7, p. 1496-509, 2002.

BEVILAQUA-GROSSI, D. et al. Anamnestic index severity and signs and symptoms of TMD. **Cranio**, London, v. 24, n. 2, p. 112-8, 2006.

BRANDINI DA. et al. Chewing in temporomandibular disorder patients: an exploratory study of an association with some psychological variables. **J Orofac Pain**, Carol Stream, v.25, n1, p. 56-67, 2011.

BRAGATTO, M. M. et al. Associations among temporomandibular disorders, chronic neck pain and neck pain disability in computer office workers: a pilot study. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 43, n. 5, p. 321-32, 2016.

BRIESEMEISTER, M.; SCHMIDT, K. C.; RIES, L. G. Changes in masticatory muscle activity in children with cerebral palsy. **J Electromyogr Kinesiol**, New York, v. 23, n. 1, p. 260-6, 2013.

BROWN, P. Cortical drives to human muscle: the Piper and related rhythms. **Prog Neurobiol**, New York, v. 60, n. 1, p. 97-108, 2000.

CASSIDY, M.; BROWN, P. Spectral phase estimates in the setting of multidirectional coupling. **J Neurosci Methods**, Amsterdam, v. 127, n. 1, p. 95-103, 2003.

CHANTARACHERD, P. et al. Temporomandibular joint disorders' impact on pain, function, and disability. **J Dent Res**, Chicago, v. 94, n. 3 Suppl, p. 79S-86S, 2015.

CHICHORRO, J. G.; PORRECA, F.; SESSLE, B. Mechanisms of craniofacial pain. **Cephalalgia**, New York, v. 37, n. 7, p. 613-626, 2017.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New York, v. 2, p. 567, 1988.

DE FELICIO, C. M. et al. Electromyographic indices, orofacial myofunctional status and temporomandibular disorders severity: A correlation study. **J Electromyogr Kinesiol**, New York, v. 22, n. 2, p. 266-72, 2012.

DE FELICIO, C. M. et al. Mandibular kinematics and masticatory muscles EMG in patients with short lasting TMD of mild-moderate severity. **J Electromyogr Kinesiol**, New York, v. 23, n. 3, p. 627-33, 2013.

DE FELICIO, C. M.; MEDEIROS, A. P.; DE OLIVEIRA MELCHIOR, M. Validity of the 'protocol of oro-facial myofunctional evaluation with scores' for young and adult subjects. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 39, n. 10, p. 744-53, 2012.

DE FELICIO, C. M.; MELCHIOR MDE, O.; DA SILVA, M. A. Clinical validity of the protocol for multi-professional centers for the determination of signs and symptoms of temporomandibular disorders. Part II. **Cranio**, Chattanooga, v. 27, n. 1, p. 62-7, 2009.

DOLDERSUM, E. et al. Intermuscular coherence as biomarker for pallidal deep brain stimulation efficacy in dystonia. **Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 130, n. 8, p. 1351-1357, 2019.

ERIKSSON, P. O. et al. Co-ordinated mandibular and head-neck movements during rhythmic jaw activities in man. **J Dent Res**, Chicago, v. 79, n. 6, p. 1378-84, 2000.

FARMER, S. F. et al. The frequency content of common synaptic inputs to motoneurons studied during voluntary isometric contraction in man. **J Physiol**, London, v. 470, p. 127-55, 1993.

FASSICOLLO, C. E. et al. Swallowing changes related to chronic temporomandibular disorders. **Clin Oral Investig**, Berlin, v. 23, n. 8, p. 3287-3296, 2019.

FELICIO, C. M.; MAZZETTO, M. O.; PERRI ANGOTE DOS SANTOS, C. Masticatory behavior in individuals with temporomandibular disorders. **Minerva Stomatol**, Torino, v. 51, n. 4, p. 111-20, 2002.

FERRARIO, V. F. et al. The influence of occlusion on jaw and neck muscle activity: a surface EMG study in healthy young adults. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 33, n. 5, p. 341-8, 2006.

FERRARIO, V. F. et al. Neuromuscular coordination of masticatory muscles in subjects with two types of implant-supported prostheses. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v. 15, n. 2, p. 219-25, 2004.

FERREIRA, C. L.; DA SILVA, M. A.; DE FELICIO, C. M. Orofacial myofunctional disorder in subjects with temporomandibular disorder. **Cranio**, Chattanooga, v. 27, n. 4, p. 268-74, 2009.

FERREIRA, C. L. et al. Impaired orofacial motor functions on chronic temporomandibular disorders. **J Electromyogr Kinesiol**, New York, v. 24, n. 4, p. 565-71, 2014.

FONCKE, E. M. et al. Abnormal low frequency drive in myoclonus-dystonia patients correlates with presence of dystonia. **Mov Disord**, New York, v. 22, n. 9, p. 1299-307, 2007.

GROSSE, P.; CASSIDY, M. J.; BROWN, P. EEG-EMG, MEG-EMG and EMG-EMG frequency analysis: physiological principles and clinical applications. **Clin Neurophysiol**, Amsterdam, v. 113, n. 10, p. 1523-31, 2002.

GUO, S. X. et al. An electromyographic study on the sequential recruitment of bilateral sternocleidomastoid and masseter muscle activity during gum chewing. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 44, n. 8, p. 594-601, 2017.

GWIN, J. T.; FERRIS, D. P. Beta- and gamma-range human lower limb corticomuscular coherence. **Front Hum Neurosci**, Lausanne, v. 6, p. 258, 2012.

HAGGMAN-HENRIKSON, B.; NORDH, E.; ERIKSSON, P. O. Increased sternocleidomastoid, but not trapezius, muscle activity in response to increased chewing load. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 121, n. 5, p. 443-9, 2013.

HALLIDAY, D. M. et al. A framework for the analysis of mixed time series/point process data--theory and application to the study of physiological tremor, single motor unit discharges and electromyograms. **Prog Biophys Mol Biol**, New York, v. 64, n. 2-3, p. 237-78, 1995.

HARWOOD, B. et al. The effect of tendon vibration on motor unit activity, intermuscular coherence and force steadiness in the elbow flexors of males and females. **Acta Physiol (Oxf)**, Oxford, v. 211, n. 4, p. 597-608, 2014.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, New York, v. 10, n. 5, p. 361-74, 2000.

HODGES, P. W.; SMEETS, R. J. Interaction between pain, movement, and physical activity: short-term benefits, long-term consequences, and targets for treatment. **Clin J Pain**, New York, v. 31, n. 2, p. 97-107, 2015.

INAMOTO K, MURRAY GM, WHITTLE T. Effect of a brief episode of experimental muscle pain on jaw movement and jaw-muscle activity during chewing. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 125, 34-43, 2017.

ISHII, T.; NARITA, N.; ENDO, H. Evaluation of jaw and neck muscle activities while chewing using EMG-EMG transfer function and EMG-EMG coherence function analyses in healthy subjects. **Physiol Behav**, Oxford, v. 160, p. 35-42, 2016.

KIM, H.-R. et al. Submental Muscle Activity is Delayed and Shortened During Swallowing Following Stroke. **PM R** 7, New York, v. 7, n. 9, p. 938-945., 2015.

LUND, J. P. Mastication and its control by the brainstem. **Crit Rev Oral Biol Med**, Toronto, v. 2, n. 1, p. 33-64, 1991.

LUND, J. P.; KOLTA, A. Generation of the central masticatory pattern and its modification by sensory feedback. **Dysphagia**, New York, v. 21, n. 3, p. 167-74, 2006.

MACHADO, B. C. et al. Effects of oral motor exercises and laser therapy on chronic temporomandibular disorders: a randomized study with follow-up. **Lasers Med Sci**, London, v. 31, n. 5, p. 945-54, 2016.

MANFREDINI, D. et al. Surface electromyography findings in unilateral myofascial pain patients: comparison of painful vs. non painful sides. **Pain Med**, Malden, v. 14, n. 12, p. 1848-53, 2013.

MAPELLI, A. et al. Reorganization of muscle activity in patients with chronic temporomandibular disorders. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 72, p. 164-171, 2016a.

MAPELLI, A, et al. Three-dimensional analysis of jaw kinematic alterations in patients with chronic TMD - disc displacement with reduction. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 43(11):824-832.2016b.

MOORE, C. A. Symmetry of mandibular muscle activity as an index of coordinative strategy. **J Speech Hear Res**, Washington, v. 36, n. 6, p. 1145-57,1993.

MORNEBURG, T. R. et al. Afferent sensory mechanisms involved in jaw gape-related muscle activation in unilateral biting. **Clin Oral Investig**, Berlin, v. 18, n. 3, p. 883-90, 2014.

MUSTO, F. et al. Standardised surface electromyography allows effective submental muscles assessment. **J Electromyogr Kinesiol**, England, v. 34, p. 1-5, Jun 2017.

NIJMEIJER, S. W. et al. EMG coherence and spectral analysis in cervical dystonia: discriminative tools to identify dystonic muscles? **J Neurol Sci**, Amsterdam, v. 347, n. 1-2, p. 167-73, 2014.

OHRBACH, R. et al. Clinical orofacial characteristics associated with risk of first-onset TMD: the OPPERA prospective cohort study. **J Pain**, Philadelphia, v. 14, n. 12 Suppl, p. T33-50, 2013.

PALLEGAMA, R. W. et al. Influence of masticatory muscle pain on electromyographic activities of cervical muscles in patients with myogenous temporomandibular disorders. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 31, n. 5, p. 423-9, 2004.

PASINATO, F. et al. Experimentally induced masseter-pain changes masseter but not sternocleidomastoid muscle-related activity during mastication. **J Electromyogr Kinesiol**, New York, v. 31, p. 88-95, 2016.

PEYRON, M. A. et al. Age-related changes in mastication. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 44, n. 4, p. 299-312, 2017.

POLITTI, F. et al. Characteristics of EMG frequency bands in temporomandibular disorders patients. **J Electromyogr Kinesiol**, New York, v. 31, p. 119-125, 2016.

PROSCHEL, P. A.; MORNEBURG, T. R. Indications for jaw gape-related control of relative muscle activation in sequent chewing strokes. **J Oral Rehabil**, England, v. 37, n. 3, p. 178-84, 2010.

RIES, L. G.; ALVES, M. C.; BERZIN, F. Asymmetric activation of temporalis, masseter, and sternocleidomastoid muscles in temporomandibular disorder patients. **Cranio**, Chattanooga, v. 26, n. 1, p. 59-64, 2008.

RIES, L. G. et al. Influence of craniomandibular and cervical pain on the activity of masticatory muscles in individuals with Temporomandibular Disorder. **Codas**, São Paulo, v. 26, n. 5, p. 389-94, 2014.

RIES, L. G. et al. Effect of time of contraction and rest on the masseter and anterior temporal muscles activity in subjects with temporomandibular disorder. **Codas**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 155-62, 2016.

SAKAGAMI, J. et al. Transfer function analysis of cerebral autoregulation dynamics during jaw movements. **J Dent Res**, Chicago, v. 90, n. 1, p. 71-6, 2011.

SATO, S. et al. Electromyography during chewing movement in patients with anterior disc displacement of the temporomandibular joint. **Int J Oral Maxillofac Surg**, Copenhagen, v. 27, n. 4, p. 274-7, 1998.

SCHIFFMAN, E. et al. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network* and Orofacial Pain Special Interest Groupdagger. **J Oral Facial Pain Headache**, Illinois, v. 28, n. 1, p. 6-27, 2014.

SCHURKS, M.; DIENER, H. C. Migraine, allodynia, and implications for treatment. **Eur J Neurol**, Oxford, v. 15, n. 12, p. 1279-85, 2008.

SFORZA, C. et al. Immediate effect of an elastomeric oral appliance on the neuromuscular coordination of masticatory muscles: a pilot study in healthy subjects. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 37, n. 11, p. 840-7, 2010.

SHAROTT, A. et al. Is the synchronization between pallidal and muscle activity in primary dystonia due to peripheral afference or a motor drive? **Brain**, London, v. 131, n. Pt 2, p. 473-84, Feb 2008.

SHAROTT, A. et al. Directional analysis of coherent oscillatory field potentials in the cerebral cortex and basal ganglia of the rat. **J Physiol**, London, v. 562, n. Pt 3, p. 951-63, 2005.

SHIMADA, A.; BAAD-HANSEN, L.; SVENSSON, P. Effect of experimental jaw muscle pain on dynamic bite force during mastication. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 60, n. 2, p. 256-66, 2015.

SHIMAZAKI, K. et al. Functional relationships between the masseter and sternocleidomastoid muscle activities during gum chewing. **Angle Orthod**, Appleton, v. 76, n. 3, p. 452-8, 2006.

SMITH, A.; DENNY, M. High-frequency oscillations as indicators of neural control mechanisms in human respiration, mastication, and speech. **J Neurophysiol**, Washington, v. 63, n. 4, p. 745-58, 1990.

STEELE, C. M.; MILLER, A. J. Sensory input pathways and mechanisms in swallowing: a review. **Dysphagia**, New York, v. 25, n. 4, p. 323-33, 2010.

STEEVE, R. W.; PRICE, C. M. Investigating the use of coherence analysis on mandibular electromyograms to investigate neural control of early oromandibular behaviours: A pilot study. **Clin Linguist Phon**, London, v. 24, n. 6, p. 485-501, 2010.

STEPHEN, M. **Coherence Analysis of Elbow and Shoulder Muscles**. Washington, 2013. Disponível em: < openscholarship.wustl.edu/etd/1211 >. Acesso em: 08 set.2018.

STOHLER, C. S. A comparative electromyographic and kinesigraphic study of deliberate and habitual mastication in man. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 31, n. 10, p. 669-78, 1986.

STRINI, P. J. et al. Assessment of thickness and function of masticatory and cervical muscles in adults with and without temporomandibular disorders. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 58, n. 9, p. 1100-8, 2013.

TARTAGLIA, G. M. et al. Electromyographic analysis of masticatory and neck muscles in subjects with natural dentition, teeth-supported and implant-supported prostheses. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v. 19, n. 10, p. 1081-8, 2008.

TEWKSBURY, C. D. et al. Individuality of masticatory performance and of masticatory muscle temporal parameters. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 90, p. 113-124, 2018.

TIJSSEN, M. A. et al. Descending control of muscles in patients with cervical dystonia. **Mov Disord**, New York, v. 17, n. 3, p. 493-500, 2002.

TOMONARI, H. et al. Electromyographic activity of superficial masseter and anterior temporal muscles during unilateral mastication of artificial test foods with different textures in healthy subjects. **Clin Oral Investig**, Berlin, v. 23, n. 9, p. 3445-3455, 2019.

TRULSSON, M. et al. From brain to bridge: masticatory function and dental implants. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 39, n. 11, p. 858-77, 2012.

VAN DER BILT, A.; ABBINK, J. H. The influence of food consistency on chewing rate and muscular work. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 83, p. 105-110, 2017.

VAN DER MEER, J. N. et al. The intermuscular 3-7 Hz drive is not affected by distal proprioceptive input in myoclonus-dystonia. **Exp Brain Res**, Berlin, v. 202, n. 3, p. 681-91, 2010.

WIESINGER, B. et al. Does induced masseter muscle pain affect integrated jaw-neck movements similarly in men and women? **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 124, n. 6, p. 546-553, 2016.

WINTERGERST, A. M.; THROCKMORTON, G. S.; BUSCHANG, P. H. Effects of bolus size and hardness on within-subject variability of chewing cycle kinematics. **Arch Oral Biol**, Oxford, v. 53, n. 4, p. 369-75, 2008.

WODA, A. et al. Adaptation of healthy mastication to factors pertaining to the individual or to the food. **Physiol Behav**, Oxford, v. 89, n. 1, p. 28-35, 2006.

WOJNICZ, W. et al. AIP Conference Proceedings 2078. Jaw biomechanics: Estimation of activity of muscles acting at the temporomandibular joint. 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1063/1.5092108> >. Acesso em: 1 set. 2019.

ZHANG, R. et al. Transfer function analysis of dynamic cerebral autoregulation in humans. **Am J Physiol**, Washington, v. 274, n. 1 Pt 2, p. H233-41, 1998.

ANEXO A – Ofício de Aprovação do Projeto de Pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do HCFMRP-USP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Coordenação e sincronia dos músculos mastigatórios e cervicais durante a máxima contração voluntária, mastigação e deglutição em indivíduos com DTM crônica

Pesquisador: Carlos Eduardo Fassicollo

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 57941616.6.0000.5440

Instituição Proponente: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP -

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.680.129

Apresentação do Projeto:

Resumo:

Os objetivos do presente estudo serão analisar a coerência (sincronia) e a coordenação dos músculos elevadores da mandíbula (temporal e masseter), abaixadores da mandíbula (suprahióideos) e cervical (esternocleidomastoideo) durante as tarefas de MCV, mastigação e deglutição de indivíduos com DTM crônica. Estudo analítico retrospectivo. Para a presente pesquisa serão empregados dados previamente coletados para o projeto intitulado "Relações morfofuncionais nas desordens temporomandibulares e nas deformidades dentofaciais", sob responsabilidade das pesquisadoras Profa. Dra. Cláudia Maria de Felício e Profa. Dra. Luciana Vitaliano Voi Trawitzki, Processo CEP: 14332/2011 aprovado em 04 de janeiro de 2012. Serão selecionados dados de 30 pacientes com DTM crônica e 30 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos, com idades variando de 18 a 50 anos, os grupos serão pareados por idade e sexo. Serão extraídos dos registros, os dados demográficos (idade, sexo), de diagnóstico quanto à presença/ ausência de Desordem Temporomandibular (DTM), sinais e sintomas e eletromiográficos. A atividade elétrica dos músculos mastigatórios (masseter e temporal) e cervicais (esternocleidomastoideo e supra-ióideos) bilateralmente durante a mastigação, MCV e deglutição será analisada por meio do cálculo da amplitude do root means square (RMS%) em microvolts (V) e

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3802-2228

Fax: (16)3633-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br

Continuação do Parecer: 1.680.129

pela função de coerência. Espera-se que com esta pesquisa se possa esclarecer como ocorre a coordenação e (in) coordenação entre músculos mastigatórios e cervicais durante atividades motoras orais em pacientes com DTM crônica.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Os objetivos do presente estudo serão analisar a coerência (sincronia) e a coordenação dos músculos elevadores da mandíbula (temporal e masseter), abaixadores da mandíbula (suprahióideos) e cervical (esternocleidomastoideo) durante as tarefas de MCV, mastigação e deglutição de indivíduos com DTM crônica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Trata-se de um estudo retrospectivo. Um risco potencial diz respeito à quebra de sigilo de informações pertinentes aos pacientes, embora os registros já tenham sido previamente codificados. Mas, os envolvidos se comprometem a tomar todas as providências cabíveis para evitar a quebra de sigilo dos dados, bem como em não revelar a identidade ou qualquer informação que possa expor as pessoas que tiveram seus dados registrados e arquivados.

Benefícios:

Os potenciais benefícios serão a melhor compreensão de como funcionam, em conjunto, os músculos mastigatórios e cervicais de pacientes com DTM crônica, em comparação a indivíduos saudáveis, o que pode favorecer a definição de planos de tratamento apropriados à reabilitação de DTM por equipes compostas de médico, dentista, fonoaudiólogo e fisioterapeuta.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Metodologia Proposta:

Para a presente pesquisa serão empregados dados previamente coletados para o projeto intitulado "Relações morfofuncionais nas desordens temporomandibulares e nas deformidades dentofaciais", sob responsabilidade das pesquisadoras Profa. Dra. Cláudia Maria de Felício e Profa. Dra. Luciana Vitaliano Voi Trawitzki, Processo CEP: 14332/2011 aprovado em 04 de janeiro de 2012. Esclarecemos que, durante as análises EMG do referido projeto foram coletados dados de atividade dos músculos temporal, masseter, suprahióideos e esternocleidomastoideo. Em estudos prévios foram realizadas análises de coordenação e diferenças dos músculos dos músculos temporal e masseter, mas não foram ainda exploradas as relações entre os músculos mastigatórios (temporal

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO
 Bairro: MONTE ALEGRE CEP: 14.048-900
 UF: SP Município: RIBEIRÃO PRETO
 Telefone: (16)3602-2228 Fax: (16)3633-1144 E-mail: cep@hcrp.usp.br

Continuação do Parecer: 1.680.129

e masseter) e cervicais (suprahióideos e esternocleidomastoideo). Portanto, elas serão analisadas no presente estudo. Ao todo serão selecionados dados de 30 pacientes com DTM crônica e 30 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos, com idades variando de 18 a 50 anos, os grupos serão pareados por idade e sexo. Os procedimentos realizados não foram invasivos, tampouco

provocaram dor ou desconforto aos sujeitos, que estavam livres para interrompê-los a qualquer momento da pesquisa. O banco de dados pertence ao Núcleo de Apoio à Pesquisa em Morfofisiologia Craniofacial da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (NAP-CF, FMRP-USP), aprovado no Programa de Apoio à Pesquisa da Pró-Reitoria de Pesquisa USP, processo nº 11.1.21626.01.7, e está armazenado no Laboratório de Investigação do Sistema Estomatognático (LISE-FMRP-USP), vinculado ao NAP-CF. Os registros foram previamente codificados para preservar a identidade dos sujeitos em futuras pesquisas. A pesquisa no banco de dados e análises serão realizadas no Laboratório de Investigação do Sistema Estomatognático sala II (LISE), casa 18 Rua das Paineiras, do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – FMRP-USP. Serão extraídos dos registros, os dados demográficos (idade, sexo), de diagnóstico quanto à presença/ ausência de Desordem Temporomandibular (DTM), sinais e sintomas e eletromiográficos. Todos os procedimentos foram realizados por examinadores treinados

e habilitados previamente. Os voluntários foram entrevistados e responderam ao "Protocolo para centros multi-profissionais para determinação dos sinais e sintomas de DTM - roDTMmulti" validado previamente (De Felfício; Melchior; Da Silva, 2009) e passaram por exame clínico para o diagnóstico de DTM, de acordo com o (RDC/TMD) (<http://www.rdc-tmdinternational.org/>) (Dworkin; LeResche, 1992) e posteriormente pela análise EMG dos músculos mastigatórios e cervicais. Os músculos masseter e temporal anterior, esternocleidomastoideo e suprahióideos foram examinados usando um sistema de EMG sem fio (FreeEMG, BTS S.p.A., Garbagnate Milanese, Italy), com sondas leves (5 g) fixadas aos eletrodos. Eletrodos descartáveis bipolares Ag/AgCl pre-geleificados (area do sensor, 3.14 cm²; distância inter-eletrodo, 2 cm; Kendall, Covidien, Mansfield, Canada) foram fixados à superfície da pele diretamente sobre os músculos, detectados por palpação. As seguintes provas de função muscular foram realizadas: Máxima Contração Voluntária (MCV) Foi solicitado aos indivíduos apertar os dentes na posição intercuspídal o mais forte que conseguissem e manter o nível de contração por 5s. Mastigação: mastigação unilateral com goma de mascar pré-amolecida por 15s, lado direito e esquerdo (1,5g; Trident, Kraft Foods, São Paulo, Brasil). Deglutição: A atividade elétrica bilateral simultânea dos músculos supra-ióideos foi avaliada

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO
Bairro: MONTE ALEGRE CEP: 14.048-900
UF: SP Município: RIBEIRÃO PRETO
Telefone: (16)3802-2228 Fax: (16)3833-1144 E-mail: cep@hcrp.usp.br

Continuação do Parecer: 1.680.129

durante:deglutição espontânea de saliva; deglutição voluntária de 10 e 15 ml de água;deglutição ininterrupta de 100ml de água e deglutição espontânea de um biscoito padronizado (3g, 36mm de diâmetro e 6mm de espessura) (Torrada Bauducco com baixo teor de sal, Alimentos Pandura AS, Guarulhos, São Paulo, Brasil) depois de completar a mastigação.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos anexados: Aprovacao_UPC.jpg, PROJETO_Completo_Carlos_Comite_etica.docx, Declaracao_Respon.pdf, Orcamento.docx, Termo_para_autorizacao_dados.pdf, Dispensa_TCLE.pdf, cronograma_execucao.docx e Folhaderosto.pdf.

Propõe dispensa do TCLE com a justificativa de se tratar de uma pesquisa que utilizará dados previamente coletados para o projeto intitulado "Relações morfofuncionais nas desordens temporomandibulares e nas deformidades dentofaciais", sob responsabilidade das pesquisadoras Profa. Dra. Cláudia Maria de Felício e Profa. Dra. Luciana Vitaliano Voi

Trawitzki, Processo CEP: 14332/2011 aprovado em 04 de janeiro de 2012.À época, todos os voluntários foram esclarecidos quanto aos objetivos, os métodos, os riscos e benefícios da pesquisa. Eles puderam questionar a respeito de qualquer procedimento realizado e optaram em participar por livre e espontânea vontade, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos realizados não foram invasivos, tampouco provocaram dor ou desconforto aos sujeitos, que estavam livres para interrompê-los a qualquer momento da pesquisa. O banco de dados pertence ao Núcleo de Apoio à Pesquisa em Morfofisiologia Craniofacial da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (NAP-CF,FMRP-USP), aprovado no Programa de Apoio à Pesquisa da Pró-Reitoria de Pesquisa USP, processo nº 11.1.21626.01.7, e está armazenado noLaboratório de Investigação do Sistema Estomatognático (LISE-FMRP-USP), vinculado ao NAP-CF. Os registros foram previamente codificados para preservar a identidade dos sujeitos em futuras pesquisas.

Recomendações:

Não há inadequações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto e à luz da Resolução CNS 466/2012, o projeto de pesquisa, assim como a dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido podem ser enquadrados na categoria APROVADO.

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO
Bairro: MONTE ALEGRE CEP: 14.048-900
UF: SP Município: RIBEIRAO PRETO
Telefone: (16)3802-2228 Fax: (16)3833-1144 E-mail: cep@hcrp.usp.br

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA
FACULDADE DE MEDICINA DE
RIBEIRÃO PRETO DA USP -

Continuação do Parecer: 1.680.129

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto Aprovado: Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP, relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP em nova versão, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_746622.pdf	19/07/2016 10:42:26		Aceito
Outros	Aprovacao_UPC.jpg	19/07/2016 09:34:30	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_Completo_Carlos_Comite_etica.docx	18/07/2016 16:09:21	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito
Outros	Declaracao_Respon.pdf	18/07/2016 16:06:32	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito
Orçamento	Orcamento.docx	18/07/2016 16:02:40	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito
Outros	Termo_para_autorizacao_dados.pdf	18/07/2016 16:00:31	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Dispensa_TCLE.pdf	18/07/2016 15:56:58	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito
Cronograma	cronograma_execucao.docx	18/07/2016 15:56:18	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	18/07/2016 15:54:07	Carlos Eduardo Fassicollo	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3602-2228

Fax: (16)3633-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br

Continuação do Parecer: 1.680.129

RIBEIRÃO PRETO, 16 de Agosto de 2016

Assinado por:
Luís Vicente Garcia
(Coordenador)