

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

Richard Victoria Buzinelli
Cirurgião-Dentista

**AVALIAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS
TEMPORAL E MASSÉTER DURANTE FADIGA
INDUZIDA POR MASTIGAÇÃO PROLONGADA.**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba da
Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências-Área de Biologia e Patologia
Buco-Dental.

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

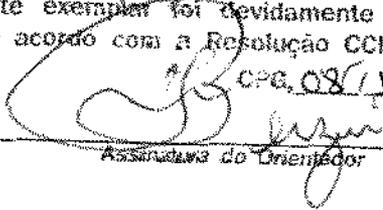
Richard Victoria Buzinelli
Cirurgião-Dentista

**AVALIAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS
TEMPORAL E MASSÊTER DURANTE FADIGA
INDUZIDA POR MASTIGAÇÃO PROLONGADA.**

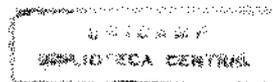
Dissertação apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba da
Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências-Área de Biologia e Patologia
Buco-Dental.

Banca Examinadora:
Prof. Dr. Fausto Bérzin (Orientador)
Prof. Dr. Carlos R. Hope Fortinguerra
Profa. Dra. Débora Bevilaqua Grosso.

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/83

CPG.08/11/1999

Assinatura do Orientador

Piracicaba
-1999-



5287000000

UNIDADE	8C
N.º CHAMADA:	
V.	
TOMBO BC/	40192
PROC.	278/00
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	29/04/00
N.º OPD	

CM-00136004-1

Ficha Catalográfica

B988a Buzinelli, Richard Victoria.
 Avaliação eletromiográfica dos músculos temporal e masséter durante fadiga induzida por mastigação prolongada. / Richard Victoria Buzinelli. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 1999.
 77p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Fausto Bérzin.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Eletromiografia. 2. Fadiga. 3. Mastigação. 4. Músculos. I. Bérzin, Fausto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB / 8 – 6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba / UNICAMP.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

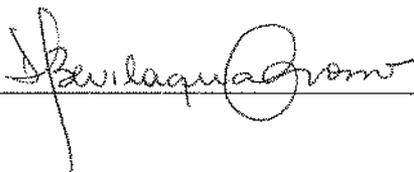


A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de MESTRADO, em sessão pública realizada em 19 de Agosto de 1999, considerou o candidato RICHARD VICTORIA BUZINELLI aprovado.

1. Prof. Dr. FAUSTO BERZIN



2. Profa. Dra. DEBORA BEVILAQUA GROSSO



3. Prof. Dr. CARLOS ROBERTO HOPPE FORTINGUERRA



Dedico esta dissertação

*a Deus,
a meus pais, Francisco e Veranice
e a meus irmãos, Didiane e Rafael.*

Agradecimentos.

Ao Departamento de Morfologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, local onde este trabalho foi idealizado e realizado, sempre contando com amparo e estímulo por parte de seus dedicados professores e de seus desinteressados funcionários.

Ao Prof. Dr. Fausto Bérzin, pela orientação segura, solicitude e paciência indispensáveis à realização desta.

À Sra. Maria da Graça Rodrigues Bérzin, por sugestões oportunas e correções precisas na redação deste trabalho.

Às Mestrandas Beatriz Chaddad e Daniela Biasotto, pelo importante auxílio na seleção dos voluntários.

À Mestranda Ana Maria, nossa modelo fotográfica.

Aos Srs. Marcos e Paulinho pelo trabalho de impressão dos slides.

A todos os voluntários, cuja participação neste trabalho foi marca de boa-vontade e coleguismo.

À CAPES - Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, pela bolsa concedida.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta.

SUMÁRIO

Resumo	1
Introdução	3
Revisão da Literatura	11
Material e Métodos	21
Resultados	31
Discussão	45
Conclusões	69
Referências Bibliográficas	71
Apêndice	77

RESUMO

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nos registros eletromiográficos dos músculos temporal (porção anterior) e masséter após fadiga induzida por mastigação contínua de goma. Para tanto, foram empregados eletrodos de superfície sobre os músculos temporal (porção anterior) e masséter bilateralmente em 31 voluntários com normocclusão. Os registros foram realizados a cada minuto, do início da mastigação até o exato momento em que o voluntário relatou sensação de cansaço nos músculos avaliados. Além do tempo total de mastigação de cada voluntário (limiar de fadiga), foram também quantificadas amplitude média e duração da fase de ativação e duração da fase de relaxamento, a partir dos traçados eletromiográficos de cada músculo. O tempo médio de mastigação ficou em torno de 500s. Não foi observada alteração estatisticamente significativa na amplitude média da fase de ativação, ao passo que tanto fase de ativação quanto fase de relaxamento, em todos os músculos estudados, diminuíram significativamente após fadiga, caracterizando uma diminuição na duração total do ciclo mastigatório.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the electromyographic changes in the anterior temporalis and masseter muscles after fatigue induced by continuous chewing. Surface electrodes were placed bilaterally over the anterior temporalis and masseter muscles of 31 subjects with normal dentition. Recordings were taken every minute from the beginning of chewing to the exact moment the volunteer reported subjective sensation of fatigue in the jaw muscles. The length of endurance period (fatigue threshold) was measured to each subject, as well as the average amplitude and duration of activation phase and duration of relaxation phase through electromyographic recording of each muscle. The average endurance period was about 500s. No significant change occurred on the average amplitude of activation phase meanwhile the duration of both the activation and relaxation phase diminished after fatigue.

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O estudo eletromiográfico dos músculos do sistema estomatognático vem progredindo acentuadamente desde os tempos de R.E. MOYERS, pioneiro nessa linha de pesquisa em Odontologia (DAHLSTRÖM, 1989). Os avanços obtidos na área têm permitido uma maior compreensão da musculatura envolvida na mastigação, fonação e deglutição, em situações normais e patológicas.

Especificamente na análise do fenômeno de fadiga muscular, a eletromiografia atualmente viabiliza parâmetros objetivos de avaliação, sendo de especial interesse para a Odontologia e áreas afins, pois relatos subjetivos de cansaço nos músculos da mastigação são um achado constante em pacientes com disfunção craniomandibular (PALLA & ASH, 1981; BARKER & WASTELL, 1988).

Já em 1979, CHRISTENSEN apresentou resultados provando que, durante a contração isométrica contínua dos músculos elevadores da mandíbula, um limiar de fadiga era observado por volta de 31 segundos e um limiar de dor por volta de 55 segundos, relacionando dessa forma os sintomas de dor e fadiga em pacientes com apertamento dental e bruxismo à hiperatividade muscular decorrente desses hábitos parafuncionais.

Os músculos temporal (porção anterior) e masséter em contrações isométricas também foram objetos de pesquisa realizada por PALLA & ASH (1981) que avaliaram as alterações no espectro eletromiográfico desses músculos em função da fadiga induzida por contração sustentada. O espectro obtido durante a fadiga deslocou-se para frequências menores devido, segundo os autores, à diminuição na velocidade de condução dos potenciais elétricos ao longo da fibra muscular. Tal fenômeno seria causado por acúmulo de subprodutos metabólicos e modificações na concentração iônica extra-celular.

Por outro lado, CLARK & CARTER (1985) estudaram em sujeitos normais o efeito da fadiga produzida em contrações isométricas máxima e sub-máxima do músculo masséter e verificaram que nem o nível de força tampouco o nível de ativação eletromiográfica sofreram modificações durante e após as contrações. Os autores sugeriram que o fator limitante de uma contração isométrica contínua para os músculos mastigatórios seria a intolerância à dor e não propriamente a fadiga a nível periférico.

KROON et al. (1986) desenvolveram um experimento semelhante ao anterior com o objetivo de avaliar o comportamento elétrico do músculo masséter em sujeitos normais quando em contração isométrica sub-máxima. O espectro do sinal eletromiográfico deslocou-se mais rapidamente para

freqüências menores assim como o tempo de resistência à fadiga foi menor quando o músculo se encontrava em níveis maiores de contração.

Confirmando as conclusões a que chegaram CLARK & CARTER (1985), em artigo previamente citado, CLARK & ADLER (1987) demonstraram que os músculos suprahióideos e temporal porção posterior também não apresentam falência dos mecanismos contráteis quando submetidos a contrações isométricas contínuas e que, portanto, o fator limitante nesses testes de esforço seria a sensação de dor e não o comprometimento metabólico.

Nessa mesma linha de pesquisa, BARKER & WASTELL (1988) monitoraram a duração do período de silêncio (parâmetro eletromiográfico da flexibilidade do sistema estomatognático, notadamente aumentado em pacientes com desordens craniomandibulares) em situação de fadiga induzida por contração isométrica em indivíduos saudáveis. Seus resultados mostraram um aumento na duração do período de silêncio nos eletromiogramas do músculo masséter após fadiga.

Já que em estudos anteriores a análise espectral do sinal eletromiográfico mostrou-se sensível à fadiga muscular em indivíduos saudáveis, KROON & NAEIJE (1992) avaliaram da mesma forma pacientes portadores de desordem craniomandibular, submetendo-os a contrações isométricas dos músculos

elevadores da mandíbula a 50% de sua força máxima. A redução de frequência nos espectros dos músculos temporal porção anterior e masséter com dor foi estatisticamente maior que nos músculos assintomáticos do mesmo indivíduo, demonstrando assim que a suscetibilidade de um músculo à fadiga pode ser detectada pela eletromiografia.

SHI et al. (1993) também se valeram da análise espectral do sinal eletromiográfico para avaliar a relação entre a média das frequências e a duração da contração muscular (limiar de resistência à fadiga) em sujeitos isentos de sintomas de desordem craniomandibular. Para isso, realizaram exames eletromiográficos dos músculos temporal porção anterior e masséter em máxima contração voluntária. Os autores notaram uma correlação negativa entre duração da contração e média das frequências do espectro em função da fadiga muscular produzida, resultado este em afinidade com estudos anteriores.

Além de investigar o efeito da fadiga induzida por contração isométrica dos músculos temporal porção anterior e masséter no sinal eletromiográfico, LYONS et al. (1993) também tentaram relacionar o parâmetro eletromiográfico objetivo à percepção individual de cansaço. Os resultados obtidos apontaram para uma forte correlação entre redução nas frequências do espectro eletromiográfico e a percepção de fadiga registrada por meio de escalas visuais analógicas. Dessa forma os autores conseguiram demonstrar a relação entre a

percepção central de fadiga, defendida por CLARK & CARTER (1985) como fator limitante na sustentação de contrações contínuas nos músculos mastigatórios, e as alterações periféricas visíveis nos eletromiogramas.

Utilizando como parâmetro eletromiográfico a contagem de “turns” (correspondente a cada inversão do sinal com amplitude maior ou igual a $50\mu\text{V}$) JUNGE & CLARK (1993) conduziram um experimento de fadiga muscular por contração isométrica dos músculos masseteres em voluntários saudáveis. A frequência de “turns” diminuiu durante a contração, enquanto que a força executada pelo músculo permaneceu praticamente inalterada. Os autores consideram como possível explicação para o ocorrido a composição histológica do músculo masseter: formado na sua maior parte por fibras tipo I (ou tipo B) que são maiores e menos sensíveis à fadiga.

Percebe-se pela literatura que a eletromiografia dispõe de recursos para avaliar o fenômeno da fadiga muscular, sobretudo com a introdução de novas técnicas como a análise espectral, contagem de “turns”, determinação da média RMS. Por outro lado, é bem evidente que para indução experimental de fadiga nos músculos mastigatórios a maioria dos autores tem utilizado basicamente contrações isométricas máxima e sub-máxima. Contudo, a possibilidade do uso de contrações dinâmicas (mastigação, por exemplo) na provocação de fadiga não tem sido explorada sistematicamente.

Tendo em vista a necessidade de maior compreensão do processo de fadiga muscular durante a atividade mastigatória à luz dos atuais recursos da eletromiografia, este trabalho objetiva avaliar o comportamento elétrico dos músculos temporal (porção anterior) e masséter durante a fadiga provocada por mastigação prolongada e contínua.

REVISÃO DA LITERATURA

REVISÃO DA LITERATURA

De BOEVER et al. (1978) investigaram a relação entre força e atividade eletromiográfica dos músculos mastigatórios em 3 (três) voluntários com normoclusão durante a mastigação de diferentes tipos de alimentos. Para tanto utilizaram um transdutor intra-oral (que registrou a força produzida) e eletrodos de superfície (que registraram a atividade elétrica) nos músculos temporal (porção anterior), masséter e digástrico. Seus resultados mostraram que a frequência de mastigação é relativamente constante para um mesmo tipo de alimento, apenas se alterando com grandes variações na consistência dos alimentos. Também foi observado que a força registrada aumenta gradativamente, atingindo um pico máximo nos primeiros ciclos mastigatórios, não sofrendo alterações significativas nos ciclos subseqüentes.

A determinação da ocorrência de sensações subjetivas como fadiga e dor foi estudada por CHRISTENSEN (1979) em 14 (quatorze) voluntários com ausência de disfunções do sistema estomatognático quando em máxima contração voluntária dos músculos elevadores da mandíbula. Os limiares de fadiga, dor e tolerância máxima à dor ocorreram respectivamente a 31 s, 55 s e 118 s. Tais resultados variaram significativamente entre diferentes indivíduos, porém não quando o experimento foi repetido pelo mesmo indivíduo.

O fenômeno da fadiga muscular foi objeto de pesquisa por PALLA & ASH (1981) através da aplicação da técnica de análise espectral do traçado eletromiográfico em 13 (treze) voluntários com ausência de sintomas de desordem craniomandibular. Os músculos temporal e masséter exibiram uma redução na frequência média de seus espectros ao serem induzidos à fadiga por máxima contração voluntária prolongada. De acordo com os autores, esses resultados podem derivar do retardamento na velocidade de condução dos potenciais de ação ao longo da fibra muscular fadigada.

CHRISTENSEN (1981) revisou a literatura sobre fadiga e dor nos músculos mastigatórios induzidas por apertamento dental e obteve alguns parâmetros do comportamento muscular em tais condições. Por exemplo, verificou que após aproximadamente 0,5 min. de apertamento dental deve ocorrer sensação de fadiga, enquanto que dor muscular apenas será sentida após cerca de 1 min. de máxima contração. Também destacou que, tanto em relação à fadiga quanto em relação à dor, participam fatores fisiológicos e psicológicos.

Num trabalho experimental, CHRISTENSEN & MOHAMED (1984) avaliaram, em 6 (seis) voluntários, a fadiga produzida no músculo masseter após apertamento (contração isométrica) e rangimento dental (contrações concêntricas e excêntricas). Após 30s de contração isométrica foi relatada

sensação de fadiga, enquanto que o mesmo período em contrações cêntricas e excêntricas não foi suficiente para produzir efeito semelhante. A atividade elétrica registrada no músculo masséter durante o apertamento foi estatisticamente maior que a registrada durante o rangimento, o que pode refletir diferentes níveis de solicitação de unidades motoras nos dois tipos de contração executados.

TZAKIS et al. (1989) desenvolveram um experimento a fim de comparar o efeito da mastigação diária de goma na eficiência mastigatória e na duração média dos ciclos mastigatórios em 17 (dezesete) voluntários com normoclusão, mantendo como controle 8 (oito) voluntários não submetidos à mastigação de goma. Durante 28 dias, os voluntários do grupo experimental realizaram a mastigação de goma por 1 h diária e, após esse período de treinamento, tanto o grupo controle quanto o grupo experimental tiveram sua eficiência em reduzir o bolo alimentar (eficiência mastigatória) e a duração média dos ciclos mastigatórios avaliados: antes e após 30 minutos de mastigação contínua e intensa. Os resultados obtidos mostraram que, após 30 minutos de mastigação intensa, a eficiência mastigatória diminuiu e a frequência dos ciclos mastigatórios aumentou tanto nos indivíduos treinados quanto nos não treinados. Os autores concluíram que os resultados obtidos podem caracterizar a ocorrência de fadiga nos músculos mastigatórios.

BARKER & WASTELL (1988) estudaram o efeito produzido pela fadiga na duração do período de silêncio eletromiográfico do músculo masséter em 13 (treze) voluntários saudáveis. Foi utilizada eletromiografia de superfície para monitorar a contração voluntária máxima e a pausa reflexa (período de silêncio) após percussão vertical no mento dos voluntários. Houve um aumento significativo na duração do período de silêncio após a fadiga muscular induzida por contração isométrica contínua (apertamento dental). Já que pacientes com desordem craniomandibular freqüentemente relatam fadiga nos músculos mastigatórios e também apresentam períodos de silêncio anormalmente prolongados, com os resultados obtidos, foi possível, segundo os autores, estabelecer experimentalmente uma relação de causa e efeito entre esses dois achados comuns nas desordens craniomandibulares.

Empregando um sistema de análise eletromiográfica computadorizado, KAWADA (1990) quantificou alguns parâmetros do funcionamento mandibular em condições de fadiga dos músculos temporal e masséter durante a mastigação de goma. Após a indução de fadiga, através de contração isométrica contínua (apertamento dental), foi observada redução na duração da fase de ativação do ciclo mastigatório. Também foi verificado, após fadiga, redução nas freqüências do espectro eletromiográfico das fases de ativação.

Com o intuito de verificar as alterações produzidas nos registros eletromiográficos em situação de fadiga, MATON et al. (1992) avaliaram os músculos masséter e temporal porção anterior em 10 (dez) voluntários com ausência de sinais ou sintomas de disfunção no sistema estomatognático. Os traçados eletromiográficos de ambos os grupos musculares apresentaram uma redução consistente no espectro de frequência, enquanto que seus valores de RMS (intensidade do sinal) não seguiram um padrão constante de variação.

Um estudo comparativo da resposta fisiológica à fadiga dos músculos mastigatórios, em voluntários com ausência de sintomas e pacientes com desordem craniomandibular, foi realizado por KROON & NAEIJE (1992) que para tanto analisaram com eletromiografia de superfície os músculos masséter e porção anterior do temporal submetidos a 50% da contração voluntária máxima. O sinal eletromiográfico nos sujeitos controle foi mais intenso que nos pacientes enquanto que a redução nas frequências do espectro eletromiográfico, após fadiga, foi maior nos pacientes que nos sujeitos controle.

Foi observado por TZAKIS et al. (1992) uma redução significativa na duração do ciclo mastigatório após fadiga induzida por 30 minutos de mastigação intensa de goma. Nesse estudo, os autores registraram a movimentação mandibular em 17 (dezessete) voluntários saudáveis, empregando um dispositivo emissor de luz e um sensor acoplado a uma câmera

de vídeo. Também foi constatado, através de técnica desenvolvida pelo autor, redução na capacidade de triturar os alimentos (eficácia mastigatória), após fadiga experimental.

Interessados em tentar estabelecer uma correlação mais precisa entre percepção subjetiva de fadiga e parâmetros eletromiográficos, LYONS et al. (1993) investigaram o comportamento dos músculos temporal porção anterior e masséter durante contrações isométricas sustentadas em 8 (oito) voluntários saudáveis. Verificou-se que a percepção subjetiva de fadiga, medida através de escala visual analógica, apresentou uma relação linear com a redução nas frequências do espectro eletromiográfico.

O traçado eletromiográfico possui diferentes métodos para análise e quantificação. A contagem de "turns", ou cada inversão do sinal com amplitude maior ou igual a 50 μ V, é um desses métodos, sendo utilizada por JUNGE & CLARK (1993) no estudo do efeito da fadiga no músculo masséter em 8 (oito) voluntários com ausência de sintomatologia. Os registros eletromiográficos, obtidos com eletrodos de superfície, foram tomados ao início, durante e após 120 s de contrações isométricas máxima e submáxima, simultaneamente ao registro da força produzida, através de um "strain-gauge" intra-oral. Não foi observada variação estatística na média retificada do sinal EMG ao longo da contração sustentada. Contudo, o número de "turns" reduziu-se

significativamente já após 60 s de contração. Considerando os resultados obtidos, os autores retomam a hipótese de que o processo de fadiga neuromuscular não parece ser o fator limitante na sustentação de contrações isométricas no músculo masseter.

KILLIARIDIS et al. (1995) avaliaram os efeitos dos exercícios mastigatórios na força voluntária máxima e na resistência à fadiga dos músculos mastigatórios. Seu protocolo experimental consistiu em um grupo de 17 (dezesete) voluntários mastigando uma goma de resina, 1 hora por dia, ao longo de 28 dias. Após essa fase de treinamento, os voluntários foram novamente submetidos ao teste realizado no início do experimento para quantificar a máxima contração e a resistência à fadiga. Os resultados obtidos mostraram que, após as 4 semanas de treinamento mastigatório com goma, houve aumento na força máxima de mordida, porém não foram observadas diferenças significativas na resistência à fadiga em contrações isométricas.

A sensação de fadiga e dor nos músculos mastigatórios produzida pela mastigação de goma foi estudada por CHRISTENSEN et al. (1996). Empregou-se eletromiografia de superfície para monitorar o músculo masséter bilateralmente, em situação de repouso, máxima contração voluntária e mastigação unilateral direita prolongada de goma em 8 (oito) voluntários com normoclusão. Durante 10 minutos de mastigação de goma, 75% dos voluntários

experimentaram leve sensação de fadiga, enquanto que a atividade eletromiográfica acumulada nos músculos masséteres do lado direito e esquerdo foi respectivamente de 38% e 19% daquela requisitada para produzir dor, por meio de contração voluntária máxima.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, CHRISTENSEN & TRAN (1996) avaliaram a dor produzida nos músculos elevadores da mandíbula quando em máxima contração voluntária (apertamento dental), em 8 (oito) voluntários com normoclusão, relacionando a atividade eletromiográfica registrada no músculo masséter com o local da sensação de dor indicada pelo voluntário. Embora a maioria dos voluntários tenha relatado o início da sensação de dor no músculo masséter do lado com maior atividade elétrica, os autores ressaltam que a amostragem reduzida do estudo limita o uso desse achado como regra geral na análise clínica de traçados eletromiográficos em pacientes com história de dor miofascial.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL E MÉTODOS

-Seleção da amostra

Foram selecionados 31 (trinta e um) voluntários entre alunos e funcionários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP. Todos os voluntários foram esclarecidos a respeito do experimento de que participariam e, após isso, consentiram plenamente em seguir as instruções de comando e colaborar na execução da pesquisa.

Os voluntários selecionados (21 do sexo feminino e 10 do sexo masculino) tinham idade média de 22 anos variando de 17 a 39 anos.

Obrigatoriamente os voluntários deveriam estar classificados clinicamente em normoclusão ou classe I segundo critérios estabelecidos por Angle. Também foi verificada, através de anamnese e exame clínico, a ausência de sinais e sintomas de desordem craniomandibular: desvio ou deflexão da mandíbula em abertura bucal, sons ou ruídos condilares, dor na região da articulação têmporo-mandibular, dor ou fadiga nos músculos da mastigação e hábitos parafuncionais como bruxismo ou apertamento dental.

-Equipamento de registro

Os registros eletromiográficos foram realizados no Laboratório de Eletromiografia do Departamento de Morfologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), através de um eletromiógrafo Nicolet - Viking II (Nicolet Biomedical, Madison, WI, USA).

Os músculos temporal (porção anterior) e masséter foram avaliados bilateralmente empregando-se mini-eletrodos bipolares de superfície tipo BECKMAN (SensorMedics Corporation, Anaheim, CA, USA). Anteriormente à fixação, os eletrodos receberam uma fina camada de gel eletrocondutor (Nicolet Biomedical, Madison, WI, USA) sobre sua superfície a fim de facilitar a condução dos potenciais elétricos.

Os locais da pele, onde fixaram-se os eletrodos, foram previamente limpos com algodão embebido em solução álcool-éter cuja finalidade era remover a camada de gordura cutânea com o objetivo de reduzir a impedância da pele e, conseqüentemente, tornar mais nítida e eficiente a captação do sinal eletromiográfico (FRIDLUND & CACCIOPPO, 1986).

Os eletrodos foram fixados, por meio de adesivos, no local de maior volume da massa muscular, seguindo o direcionamento das fibras musculares,

detectado pelo operador através de palpação enquanto o voluntário realizava elevação da mandíbula em máxima intercuspidação habitual (oclusão cêntrica forçada). A distância inter-eletrodo foi padronizada em 1 cm.

Um eletrodo-terra monopolar foi untado com gel eletrocondutor, fixado ao antebraço esquerdo do voluntário e conectado à entrada do pré-amplificador número 7. Empregou-se o eletrodo-terra a fim de reduzir a interferência de ruídos elétricos indesejáveis ao sinal eletromiográfico.

-Protocolo experimental

Os voluntários foram instruídos a sentarem-se em uma cadeira confortável, com a coluna erecta e a costa apoiada, cabeça situada verticalmente com o plano de Frankfurt paralelo ao solo, olhos abertos e direcionados para a frente, palmas das mãos abertas e sobrepostas às pernas e as plantas dos pés situados no chão.

Para a indução experimental de fadiga nos músculos avaliados optou-se pela goma de mascar, visto ser um produto capaz de manter uma consistência praticamente constante durante a mastigação e, além disso, por ser de uso amplamente difundido entre a população (VAN DER BILT et al., 1991; BARABOLAK et al., 1991).

Cada goma (marca PING-PONG^{MR}, Kraft Suchard Brasil SA, SP, BRASIL) foi dividida em duas metades com dimensões de 18mm de comprimento, 17 mm de largura, 04 mm de espessura e peso médio de 245 mg. Os voluntários foram orientados a colocar uma metade da goma na região interoclusal dos dentes posteriores do lado direito e outra metade na região interoclusal dos dentes posteriores do lado esquerdo.

Foi solicitado ao voluntário mastigar bilateral e simultaneamente as gomas por um período de 40 segundos, cronometrados pelo operador, para reduzir a consistência inicial das mesmas e formar duas massas homogêneas. Após isso, o voluntário foi instruído a permanecer com as gomas na mesma posição interoclusal, porém sem as morder ou mastigar, de forma a manter a musculatura mastigatória relaxada para se recuperar do exercício anteriormente executado. Esse período de repouso foi cronometrado em 80 segundos, durante os quais o voluntário recebeu as instruções dos procedimentos que realizaria na próxima fase.

Reforçou-se a informação de que o voluntário deveria mastigar as gomas até sentir seus músculos mastigatórios cansados. Ao proferir a expressão “músculos mastigatórios”, o operador indicou por ligeira palpação as regiões dos músculos temporais e masséteres no voluntário para atentá-lo da localização dos mesmos. Ao utilizar o adjetivo “cansados”, o operador

comparou esse termo como sendo uma sensação semelhante àquela verificada nos músculos da perna após uma longa caminhada ou corrida, porém diferente da sensação de dor.

Ao comando do operador, o voluntário iniciou então a mastigação bilateral e simultânea das gomas e a manteve até o momento em que percebesse sensação de cansaço muscular. O voluntário comunicou a sensação de fadiga através de um discreto aceno com sua mão direita e aguardou a permissão do operador para cessar a mastigação.

Os músculos temporal direito, temporal esquerdo, masséter direito e masséter esquerdo foram monitorados simultaneamente. Os registros eletromiográficos foram tomados ao início da mastigação, a cada minuto de mastigação e imediatamente após o voluntário haver sinalizado a sensação de fadiga. Cada registro eletromiográfico teve duração de 4 segundos. O operador também cronometrou a duração total da mastigação.

Na captação do sinal, os pré-amplificadores utilizados obedeceram à seguinte disposição:

- pré-amplificador 1: músculo temporal esquerdo;
- pré-amplificador 3: músculo temporal direito;
- pré-amplificador 5: músculo masséter esquerdo;
- pré-amplificador 7: músculo masséter direito.

-Leitura dos traçados

O programa empregado na apresentação do sinal eletromiográfico captado foi o MMP (Multi Mode Program), disponível no sistema do eletromiógrafo. A filtragem do sinal, através desse programa, incluiu um filtro “notch” (para 60 Hz), um filtro passa-alta (com frequência de corte de 10 Hz) e um filtro passa-baixa (com frequência de corte de 10 KHz), com atenuação de frequências em 12 dB/oitava. A sensibilidade do amplificador foi padronizada em 200 μ V/divisão e a velocidade do feixe foi calibrada em 200 ms/divisão. A impedância inter-eletrodo foi mantida sempre abaixo de 5 K Ω (FRIDLUND & CACCIOPPO, 1986). A frequência de aquisição utilizada pelo programa foi de 250 Hz.

Imediatamente após serem captados, os registros eletromiográficos foram armazenados no disco rígido do eletromiógrafo e, ao término de cada experimento, transferidos para discos flexíveis de 3 1/2”.

Para processar a quantificação do sinal, empregou-se o programa Sisdin (Lynx Informática, SP, BRASIL). Inicialmente o sinal foi convertido para linguagem compatível com o programa, permitindo assim, através da aplicação de cursores de traçado, destacar as fases de ativação (contração concêntrica) e

de relaxamento muscular (ou intervalo entre ativações). Uma vez identificadas, as fases de ativação foram quantificadas em relação à:

- amplitude: através do valor RMS (root mean square) por ser, segundo BASMAJIAN & De LUCA (1985), o parâmetro que melhor reflete o grau de ativação muscular;
- duração: através do valor fornecido em milissegundos (ms) correspondente à fração de tempo durante a qual o músculo esteve ativo.

Das fases de relaxamento, a quantificação foi obtida em relação à:

- duração: também através do valor fornecido em milissegundos (ms), correspondente à fração de tempo durante a qual o músculo esteve inativo.

No traçado de cada um dos músculos estudados, a cada minuto de mastigação, foram quantificadas no mínimo duas e no máximo quatro fases de ativação e de relaxamento, escolhidas aleatoriamente.

-Tratamento estatístico

Após tabelados, os dados dessa forma coletados produziram um valor médio (média aritmética simples) para as fases de ativação (amplitude e

duração) e de relaxamento (duração) para cada músculo, em cada um dos voluntários, durante cada minuto de registro.

Os valores médios de cada voluntário foram submetidos ao teste-T pareado (programa Microcal Origin, Microcal Software, Inc., MA, USA), comparando-se as seguintes médias:

- inicial: referente aos valores de amplitude e duração do traçado eletromiográfico durante os 4 segundos iniciais de mastigação;
- após 1 minuto: referente aos valores de amplitude e duração do traçado eletromiográfico durante 4 segundos, após 1 minuto de mastigação ininterrupta;
- fadiga: referente aos valores de amplitude e duração do traçado eletromiográfico durante 4 segundos de mastigação imediatamente após o voluntário haver sinalizado a sensação de fadiga muscular.

O tempo total de duração do experimento, cronometrado do início da mastigação até o momento em que o voluntário acenou com a sensação de fadiga, forneceu um limiar individual de fadiga e permitiu estabelecer um limiar médio de resistência à fadiga durante mastigação prolongada.

RESULTADOS

RESULTADOS

Os resultados obtidos da análise estatística dos traçados eletromiográficos, para cada um dos músculos estudados, em relação a cada uma das variáveis avaliadas, são abordados separadamente.

No músculo temporal esquerdo, como mostra a tabela 1, a duração média da fase de ativação muscular diminuiu durante o experimento. A redução média entre os valores obtidos ao início e após 1 minuto de mastigação foi de 16,48 ms (significante ao nível de 5%). Comparando-se os valores registrados após 1 minuto de mastigação e após o relato de fadiga, houve redução de 20 ms (significante ao nível de 5%). Quando confrontados os valores de duração média das fases de ativação no músculo temporal esquerdo, do início da mastigação até a sensação de fadiga, percebe-se que houve uma redução de 36,48 ms (estatisticamente significativa ao nível de 5%).

tabela 1 - Duração média das fases de ativação do músculo temporal esquerdo ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
REGISTRO			
Inicial	299,48	67,20	22,43
Após 1 minuto	283,00*	64,91	22,93
Após fadiga	263,00*	56,65	21,53

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *: significante a 5%, **: significante a 10%, ns: não significante a 10%, em relação ao valor inicial.

Os dados referentes à amplitude média do sinal eletromiográfico nas fases de ativação do músculo temporal esquerdo encontram-se na tabela 2. Percebe-se que ocorreram discretas variações nos valores de amplitude ao longo do experimento: do registro inicial até após 1 minuto de mastigação houve redução de 3,98 μV (não significativa ao nível de 10%). Do registro obtido imediatamente após 1 minuto de mastigação até o registro após a sensação de fadiga ser relatada, houve aumento de 8,92 μV na amplitude média da fase de ativação (não significativa a 10%). A variação total (do registro inicial até a sensação de fadiga) foi de 4,94 μV , não significativa a 10%.

tabela 2 - Amplitude média das fases de ativação do músculo temporal esquerdo ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (μV)	D.P.(\pm)	C.V.(%)
Inicial	184,29	71,68	38,89
Após 1 minuto	180,31 ^{ns}	71,92	39,88
Após fadiga	189,23 ^{ns}	78,48	41,47

μV : microvolts, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *: significativa a 5%, **: significativa a 10%, ns: não significativa a 10%, em relação ao valor inicial.

Os valores médios de duração da fase de relaxamento no músculo temporal esquerdo encontram-se dispostos na tabela 3. Após 1 minuto de mastigação contínua a duração média da fase de relaxamento diminuiu 31,78 ms (não significativa ao nível de 10%). A duração média da fase de relaxamento após a sensação de fadiga foi 14,90 ms menor quando comparada aos valores obtidos após 1 minuto de mastigação (não significativa ao nível de 10%). A duração média da fase de relaxamento no músculo temporal esquerdo sofreu uma redução de 46,67 ms (significante a 10%) do início da mastigação até o momento em que o voluntário sinalizou a sensação de fadiga muscular.

tabela 3 - Duração média das fases de relaxamento do músculo temporal esquerdo ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
Inicial	540,74	145,75	26,95
Após 1 minuto	508,96 ^{ns}	132,41	26,01
Após fadiga	494,06**	164,75	31,34

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *: significativa a 5%, **:significante a 10%, ns: não significativa a 10%, em relação ao valor inicial.

Ao longo da mastigação da goma, observou-se também no músculo temporal direito uma redução na duração média da fase de ativação (tabela 4).

Comparando-se os valores registrados no período inicial de mastigação com aqueles obtidos após 1 minuto de atividade mastigatória, chegou-se a uma diminuição média de 11,65 ms (não significativa em 5%, porém significativa em 10%). Como pode ser observado ainda na tabela 4, houve também redução nos valores médios de duração da fase de ativação muscular quando comparados os registros de 1 minuto de mastigação e os obtidos após fadiga (diminuição média de 13,54 ms que não foi, contudo, significativa aos níveis de 5% e 10 %). Do registro inicial de mastigação até o momento em que ocorreu a sensação de fadiga, a duração média das fases de ativação do músculo temporal direito reduziu-se em 25,19 ms (significante ao nível de 5%).

tabela 4 - Duração média das fases de ativação do músculo temporal direito ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
Inicial	285,19	68,10	23,87
Após 1 minuto	273,54**	71,23	26,04
Após fadiga	260,00*	66,31	25,50

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *:significante a 5%, ** significante a 10%, ns: não significante a 10%, em relação ao valor inicial.

Os valores de amplitude da fase de ativação no músculo temporal direito são apresentados na tabela 5. Houve pequeno aumento no valor RMS médio na fase de contração, porém não significativa ao nível de 10%.

tabela 5 - Amplitude média das fases de ativação do músculo temporal direito ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (μV)	D.P.(\pm)	C.V.(%)
Inicial	148,20	62,37	42,08
Após 1 minuto	148,59 ^{ns}	64,30	43,27
Após fadiga	151,32 ^{ns}	66,24	43,77

μV : microvolts, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *:significante a 5%, **: significante a 10%, ns: não significativa a 10%, em relação ao valor inicial.

Na tabela 6 são apresentados os valores médios de duração da fase de relaxamento do músculo temporal direito. Após 1 minuto de mastigação, observou-se uma redução média de 39,87 ms na duração da fase de relaxamento (significativa ao nível de 5%). A tabela 6 também mostra que a diferença entre os valores de duração média da fase de relaxamento obtidos após 1 minuto de mastigação e após fadiga muscular foi de 19,35 ms, ou seja, novamente houve redução (não significativa ao nível de 10%). A redução total na duração média da fase de relaxamento, do início da mastigação até o

momento da fadiga muscular, foi de 59,22 ms para o músculo temporal direito (significante ao nível de 5%).

tabela 6 - Duração média das fases de relaxamento do músculo temporal direito ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
Inicial	547,38	142,50	26,03
Após 1 minuto	507,51*	127,62	25,14
Após fadiga	488,16*	154,64	31,67

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *: significante a 5%, **significante a 10%, ns: não significante a 10%, em relação ao valor inicial.

A tabela 7 dispõe os valores de duração média da fase de ativação do músculo masséter esquerdo durante o experimento. Após 1 minuto de mastigação contínua, a duração média da fase de ativação diminuiu 4,58 ms (não significante em 10%). Após a sinalização de fadiga, a duração média reduziu-se em mais 28,22 ms (significante a 5%). Ocorreu, portanto, uma diminuição de 32,80 ms na duração média da fase de ativação no músculo masséter esquerdo, do início da mastigação até o momento em que o voluntário relatou a sensação de fadiga (significante ao nível de 10%).

tabela 7 - Duração média das fases de ativação do músculo masséter esquerdo ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
REGISTRO			
Inicial	295,25	65,77	22,27
Após 1 minuto	290,67 ^{ns}	76,46	26,30
Após fadiga	262,45 ^{**}	65,37	24,90

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *:significante a 5%, ** significante a 10%, ns: não significante a 10%, em relação ao valor inicial.

A amplitude média da fase de ativação do músculo masséter esquerdo tem seus valores expressos na tabela 8. Observou-se uma redução de 6,63 μ V na amplitude do sinal após 1 minuto de mastigação (não significante a 10%). Comparando-se os valores registrados após 1 minuto de mastigação e os registrados após a sensação de fadiga, chega-se a um aumento na amplitude média de 14,48 μ V (significante ao nível de 10%). Do início da mastigação, até o momento em que a sensação de fadiga foi relatada, ocorreu um aumento de 7,85 μ V nos valores de amplitude média da fase de ativação do músculo masséter esquerdo (não significante a 10%).

tabela 8 - Amplitude média das fases de ativação do músculo masséter esquerdo ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (μV)	D.P.(\pm)	C.V.(%)
Inicial	202,73	102,16	50,39
Após 1 minuto	196,10 ^{ns}	99,74	50,86
Após fadiga	210,58 ^{ns}	99,79	47,38

μV : microvolts, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *:significante a 5%, **: significante a 10%, ns: não significante a 10%, em relação ao valor inicial.

A duração da fase de relaxamento do músculo masséter esquerdo estreitou-se ao longo do tempo, como pode ser observado na tabela 9. A queda após 1 minuto de mastigação foi de 34 ms (significante a 10%). Até a sensação de fadiga, a duração da fase de relaxamento diminuiu mais 20,19 ms (não significante a 10%). Houve, assim, uma redução total de 54,19 ms na duração média da fase de relaxamento do músculo masséter esquerdo, do início da mastigação até a ocorrência da fadiga (significante a 5%).

tabela 9 - Duração média das fases de relaxamento do músculo masséter esquerdo ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
Inicial	533,74	145,72	27,30
Após 1 minuto	499,74**	136,15	27,24
Após fadiga	479,54*	164,17	34,23

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *:significante a 5%, **significante a 10%, ns: não significante a 10%, em relação ao valor inicial.

Na tabela 10 estão descritos os valores referentes à duração média da fase de ativação do músculo masséter direito durante o experimento. A duração média das fases de ativação decresceu 16,55 ms após 1 minuto de mastigação contínua (não significante ao nível de 10%) e, até a sensação de fadiga, diminuiu mais 15,87 ms (significante a 10%). A redução total foi, portanto, de 32,42 ms na duração média da fase de ativação no músculo masséter direito, do início da mastigação até a sensação de fadiga (redução significante ao nível de 5%).

tabela 10 - Duração média das fases de ativação do músculo masséter direito ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
Inicial	305,25	72,72	23,28
Após 1 minuto	288,70 ^{ns}	82,61	28,61
Após fadiga	272,83*	72,89	26,71

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *:significante a 5%, ** significante a 10%, ns: não significante a 10%. em relação ao valor inicial.

As fases de ativação do músculo masséter direito têm seus valores médios de amplitude dispostos na tabela 11. O registro feito após 1 minuto de mastigação contínua mostra que houve um acréscimo de 16,91 μV nos valores de amplitude média (significante ao nível de 10%). Após a sensação de fadiga, a amplitude média havia se reduzido em 3,63 μV (não significante ao nível de 10%). A variação total na amplitude média das fases de ativação do músculo masséter direito foi de 13,28 μV (não significante ao nível de 10%).

tabela 11 - Amplitude média das fases de ativação do músculo masséter direito ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (μV)	D.P.(\pm)	C.V.(%)
Inicial	197,12	88,53	44,91
Após 1 minuto	214,03**	101,27	47,31
Após fadiga	210,40 ^{ns}	92,97	44,18

μV : microvolts, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *: significativa a 5%, ** significativa a 10%, ns: não significativa a 10%, em relação ao valor inicial.

A duração média das fases de relaxamento no músculo masséter direito teve um comportamento semelhante às dos demais músculos já descritos. A tabela 12 mostra que após 1 minuto de mastigação ininterrupta a duração média da fase de relaxamento reduziu-se em 38,46 ms (significante ao nível de 5%). Comparando o registro feito após 1 minuto de mastigação ao registro feito imediatamente após o voluntário relatar a sensação de fadiga, houve decréscimo adicional de 20,13 ms (não significativa a 10%). A redução total observada na duração média da fase de relaxamento no músculo masseter direito foi de 58,58 ms (significante ao nível de 5%), do início da mastigação até o relato de fadiga.

tabela 12 - Duração média das fases de relaxamento do músculo masséter direito ao início da mastigação, após 1 minuto de mastigação e após relato de fadiga.

REGISTRO	Média (ms)	D.P.(±)	C.V.(%)
Inicial	529,00	144,97	27,40
Após 1 minuto	490,54*	120,85	24,63
Após fadiga	470,41*	153,84	32,70

ms: milissegundos, D.P.: desvio padrão, C.V.: coeficiente de variação. *:significante a 5%, **significante a 10%, ns: não significante a 10%, em relação ao valor inicial.

A aplicação do teste t não-pareado, para se comparar os músculos temporal e masseter do lado esquerdo aos do lado direito, mostrou que somente ocorreram diferenças estatisticamente significativas nos valores de amplitude média das fases de ativação nos músculos temporal esquerdo (tabela 2) e temporal direito (tabela 5), nos registros inicial e após fadiga (relevante ao nível de 5%).

O limiar de resistência à fadiga quantificado pelo tempo médio de mastigação entre os 31 voluntários foi de 500,16 s (desvio-padrão de 445,72 s), variando de 86 s a 2136 s.

DISCUSSÃO

DISCUSSÃO

O estudo da fadiga muscular tem ocupado os cientistas há algumas décadas, porém muitas questões pertinentes ao tema continuam sem resposta (ENOKA, 1995).

Classicamente define-se fadiga muscular como o momento em que um determinado músculo ou grupo de músculos torna-se incapaz de manter um nível de força constante (MATON et al., 1992). Dependendo do enfoque dado, o fenômeno pode ainda apresentar diferentes significados: desempenho motor prejudicado, amplitude eletromiográfica aumentada para um mesmo nível de carga, ou ainda queda nas frequências do espectro eletromiográfico (ÖBERG, 1995). De acordo com JUNGE & CLARK (1993) os mecanismos envolvidos no desencadeamento da fadiga podem envolver:

- resposta muscular frente a comandos oriundos do sistema nervoso central (fadiga centro-neural);
- transmissão neuro-muscular suprimida (fadiga neuro-muscular central) ou
- falência dos elementos contráteis ao nível específico da fibra muscular (fadiga neuromuscular periférica).

Segundo CHRISTENSEN (1981) a fadiga muscular periférica ou fisiológica pode ser definida como a incapacidade de um músculo esquelético produzir, seja através de estímulo natural ou artificial, um nível pré-existente de

tensão subsequente a uma solicitação contrátil dinâmica ou estática. O desencadeamento da fadiga periférica não ocorre de forma abrupta, mas sim progressivamente, concomitante a uma redução na velocidade de propagação dos potenciais de ação ao longo das fibras musculares, como resultado de mudanças no metabolismo energético do músculo fadigado.

CHRISTENSEN (1981) também conceitua a fadiga psicológica ou central como sendo uma sensação de fraqueza e ligeiro desconforto em um músculo esquelético, decorrentes de atividade dinâmica ou estática nesse músculo. O mecanismo de fadiga psicológica, ainda no conceito de CHRISTENSEN, excede o de fadiga fisiológica, já que um músculo, ao ser artificialmente estimulado, irá contrair não obstante a sensação subjetiva de exaustão (fadiga psicológica) que porventura esteja apresentando naquele momento. Dessa forma, o propósito da sensação subjetiva de fadiga pode ser o de sinalizar ao indivíduo a fim de que o músculo esquelético não acabe sobrecarregado. Por sua vez, o desencadeamento progressivo da fadiga fisiológica serviria para proteger o músculo contra injúria tecidual, como a necrose, decorrente de um aumento no débito de oxigênio durante atividades intensas e/ou prolongadas.

O estudo da fadiga não tem contemplado sistematicamente os músculos do sistema estomatognático e, conforme afirma LYONS et al. (1993), muito

embora tais músculos sejam considerados mais resistentes que outros à fadiga, problemas clínicos relacionados com dor e cansaço na musculatura mastigatória são relativamente comuns (sobretudo em pacientes portadores de desordens craniomandibulares).

Quando enfocam especificamente os músculos mastigatórios, a maioria dos estudos sobre fadiga restringem-se em abordar os elevadores da mandíbula (temporais e masseteres) em condições de contração isométrica (apertamento dental). A preferência nesse tipo de pesquisa tem sido de empregar eletromiografia de superfície, geralmente acompanhada do monitoramento da força produzida em contração através de transdutores posicionados entre os dentes.

Na investigação dirigida por CHRISTENSEN (1979) foi possível quantificar o tempo necessário para produzir fadiga e dor durante o apertamento dental ou, em outros termos, máxima contração voluntária dos músculos elevadores da mandíbula. A amostra nesse trabalho consistiu de 14 (quatorze) voluntários com normoclusão e ausência de sinais ou sintomas de desordem craniomandibular. O autor cronometrou o tempo decorrido do início da máxima contração dos elevadores até o momento em que o voluntário relatasse sensação de fadiga, assim definida como um evento subjetivo de desconforto, diferente da sensação de dor e que não o impedisse de continuar a

contração muscular caso quisesse. Dessa maneira, foi obtido um limiar de fadiga situado em 31s, com desvio padrão de 11s. Segundo o autor, a isquemia local nos músculos masséteres e temporais provocada pela contração contínua tem participação no processo de fadiga sendo que o masséter mostrou-se mais suscetível à sensação de cansaço exatamente pelo fato de ter em sua composição histológica predomínio (aproximadamente 58%) de fibras tipo A (ou tipo II), as quais apresentam menor capacidade oxidativa. O autor lembra que, durante a mastigação em circunstâncias normais, os músculos mastigatórios não são influenciados pela isquemia, visto que a duração de um ciclo mastigatório é de apenas 1s, sendo apenas 0,2s desse total gastos em níveis elevados de atividade muscular. Para que comece a ocorrer isquemia nos músculos mastigatórios é necessário, conforme expõe, que a atividade elétrica chegue a pelo menos 25% da máxima produzida em contração voluntária. *Os resultados a que chegamos no presente estudo, com um limiar de fadiga em torno de 500s durante mastigação prolongada, notadamente superior ao encontrado por CHRISTENSEN em condições de contração isométrica, estariam portanto de acordo com o citado autor quando o mesmo afirma que em condições normais de mastigação os músculos mastigatórios são menos sensíveis à fadiga que em condições de contração isométrica (apertamento dental).*

Como já relatado, no estudo do processo de fadiga muscular a ênfase tem sido direcionada para situações de isometria, através do emprego de diferentes métodos de quantificação da atividade eletromiográfica. Por exemplo, PALLA & ASH (1981) utilizaram a análise espectral do traçado eletromiográfico para avaliar em 13 (treze) voluntários o comportamento dos músculos temporal porção anterior e masséter ao longo da máxima contração voluntária sustentada. Com esse intuito os voluntários foram instruídos a produzir apertamento dental com força máxima em posição de intercuspidação, até o momento em que experimentassem fadiga muscular (ímpeto inicial de cessar a contração muscular devido à sensação de ligeiro desconforto, porém não tão intenso e desagradável quanto a sensação de dor). O tempo médio de apertamento dental obtido nesses termos foi de 39s, próximo ao encontrado por CHRISTENSEN (1979) e, novamente, *muito abaixo do limiar de fadiga encontrado no presente estudo, pelas mesmas razões já discutidas*. Por sua vez, as freqüências do espectro eletromiográfico ao início da contração foram significativamente maiores que as registradas no momento da ocorrência de fadiga. A causa principal desse achado, de acordo com os autores, seria a diminuição na velocidade de condução dos potenciais de ação nas fibras musculares. Outrossim foi observado que a redução na freqüência média dos

espectros eletromiográficos foi gradual ao longo do tempo de contração. *Ressalvadas as diferenças de metodologia, tais resultados permitem estabelecer um paralelo com os obtidos no presente estudo, no qual verificamos que a redução nas durações do ciclo mastigatório também ocorreu gradualmente ao longo do tempo de mastigação. Fica reforçada a idéia de que a fadiga sentida subjetivamente pelo indivíduo nos músculos mastigatórios, seja após contração isométrica sustentada, seja após mastigação prolongada, é precedida por modificações periféricas, passíveis de serem detectadas por alterações nos parâmetros eletromiográficos desses músculos.* Em relação à amplitude do sinal eletromiográfico, os resultados de PALLA & ASH (1981) apontaram para uma redução significativa no valor RMS (raiz quadrada da média), sugerindo redução na força muscular durante a contração isométrica contínua. *Essa última observação está discordante portanto dos resultados obtidos no presente, em que o valor RMS das fases de contração dos músculos temporal anterior e masséter manteve-se sem modificações estatisticamente significantes ao longo da mastigação prolongada, mesmo após o relato de fadiga pelo voluntário.*

Contudo, quando os músculos mastigatórios são avaliados a um nível constante de força, o comportamento da amplitude do sinal eletromiográfico tem sido peculiar, fato que permite diferenciá-los dos músculos dos membros,

conforme afirmam MATON et al. (1992). Os autores coletaram em 10 (dez) voluntários com normoclusão, registros eletromiográficos dos músculos temporal porção anterior e masséter bilateralmente, em contração voluntária máxima e submáxima, monitoradas através de transdutores posicionados na região interoclusal dos premolares. Os registros assim obtidos permitiram aos autores estabelecer algumas conclusões. Primeira, o aumento do nível de força levou a uma redução no tempo de contração necessário para que o voluntário relatasse sensação de dor, ou seja, quanto maior o nível de força solicitado, menor o período de contração que o voluntário conseguia manter. De acordo com os autores, essa relação inversa entre força contrátil e resistência à fadiga/dor somente é percebida acima de um nível mínimo de força a qual denominam de força crítica. Esclarecem ainda que abaixo desse limiar de força (que estaria em torno de 10 a 20% da máxima contração voluntária) o tempo de contração (resistência à fadiga) fica dependente de outros fatores, principalmente psicológicos. O limite do tempo de contração, continuam os autores, depende do nível de força em razão da isquemia local gerada. *Assim, como já discutido, considerando que durante a mastigação são produzidos níveis menos intensos de força, é de se prever períodos prolongados de resistência à fadiga, como os encontrados no presente estudo.* Outra conclusão proposta pelos autores foi a de que a fadiga muscular acarretou

redução das frequências do espectro eletromiográfico, em afinidade com os resultados de PALLA & ASH (1981). Quanto à amplitude do sinal eletromiográfico, contrariamente ao observado nos músculos dos membros, a ocorrência de fadiga não ocasionou um aumento no valor RMS. *Nesse aspecto os resultados aproximam-se da nossa constatação de que durante mastigação prolongada o RMS das fases de ativação dos músculos temporal e masséter não sofreu variações significativas, muito embora caiba frisar que no experimento de MATON et al. (1992) os músculos citados foram monitorados em situação estática de contração isométrica, com nível constante de força.*

JUNGE & CLARK (1993), estudaram a fadiga dos músculos mastigatórios em condições controladas de força, com o mesmo objetivo do trabalho anteriormente discutido, qual seja o de verificar alterações nos padrões eletromiográficos desses músculos e compará-los aos de outros músculos. Para tanto, registraram nos músculos massetères, bilateralmente, de 8 (oito) voluntários saudáveis a amplitude média do traçado eletromiográfico, o espectro de frequências desse traçado e a contagem de “turns” (cada inversão do sinal com amplitude igual ou superior a $50\mu\text{V}$) em máxima contração voluntária e em três níveis submáximos. Cada registro eletromiográfico durou 120s ou menos, caso o limiar de dor fosse atingido antes desse período. Aparentemente os autores não se preocuparam em diferenciar sensação de dor

da sensação de fadiga na coleta dos dados. Apesar disso, seus resultados confirmaram estudos anteriores ao mostrar que não ocorreram mudanças significativas na amplitude média do sinal eletromiográfico do início da contração até seu término. Por outro lado, a contagem de “turns” diminuiu acentuadamente durante a contração sustentada. Uma vez que o nível de força foi mantido constante durante o experimento, a relação amplitude média/força manteve-se constante ao passo que a relação número de “turns”/força diminuiu com a fadiga. Os autores discutem que a redução na frequência de “turns” reflete uma diminuição na frequência de disparos dos α -motoneurônios ou um maior recrutamento de fibras tipo I (ou tipo B), resistentes à fadiga e que possuem potenciais de ação mais longos. No masséter, ao contrário do que é observado nos músculos dos membros, as fibras tipo I são maiores e mais numerosas que as tipo II (menos resistentes à fadiga). Também ao contrário do que ocorre nos músculos dos membros, a relação amplitude média/força manteve-se constante durante a contração sustentada. Este último resultado mostra, segundo os autores, que no músculo masseter o processo de fadiga não é do tipo neuromuscular pois não envolve redução na capacidade do músculo em produzir máxima contração voluntária. Nos músculos onde a fadiga muscular está presente, a amplitude média do sinal eletromiográfico aumenta para manter um nível constante de força. *De certa forma, o fato da amplitude*

eletromiográfica não ter se alterado após fadiga em condições isométricas, conforme relatam JUNGE & CLARK (1993), está em afinidade com os resultados do presente estudo em que o valor da amplitude média das fases de ativação não sofreu modificações estatisticamente significantes durante fadiga induzida por mastigação prolongada.

Por outro lado, LYONS et al. (1993) obtiveram, em estudo semelhante ao de JUNGE & CLARK (1993), um aumento na amplitude do sinal eletromiográfico com o processo de fadiga. Seu experimento foi realizado a partir do registro dos músculos temporal porção anterior e masséter de 8 (oito) voluntários saudáveis em máxima contração voluntária associado ao emprego de escalas visuais analógicas através das quais foi quantificada a sensação de fadiga nesses músculos. Para o controle do nível de força durante a contração, utilizou-se um transdutor posicionado na região interoclusal dos segundos pré-molares do lado preferido para mastigação. Foi possível estabelecer uma forte correlação entre escala visual analógica e queda na frequência do espectro eletromiográfico, enquanto que a correlação entre escala visual analógica e amplitude do sinal eletromiográfico não foi nítida. Os autores concluíram argumentando que a variação no espectro de frequências foi mais sensível à percepção individual de fadiga que a variação na amplitude média do sinal eletromiográfico. *Analizados com a devida cautela, tais resultados são*

acordes com os obtidos no presente estudo, em que a variação da amplitude do sinal eletromiográfico nas fases de ativação dos músculos temporal e masséter ao longo de mastigação prolongada não proporcionou um parâmetro estatisticamente consistente na determinação da ocorrência de fadiga nesses músculos.

De LUCA (1997) estabeleceu para contrações isométricas um parâmetro de avaliação da fadiga muscular baseado em dados originados de registros eletromiográficos: o índice de fadiga muscular. Esse índice consiste na análise espectral dos traçados eletromiográficos ao longo da contração sustentada, conjuntamente com a quantificação da variação da frequência mediana durante o processo de fadiga. Desse modo, como já discutido nos trabalhos anteriores, é de se esperar uma redução na frequência mediana do espectro eletromiográfico paralelamente ao desenvolvimento da fadiga. O autor descarta a hipótese da sincronização dos disparos das unidades motoras como explicação possível da redução das frequências do espectro. Explica que a sincronização ocorre em pequena escala (menos de 8% dos disparos) e que, portanto, não poderia ser responsável pela redução acentuada que se observa nas frequências dos espectros de músculos em contração sustentada. Reafirma, por sua vez, a importância da forma dos potenciais de ação de unidade motora na redução das frequências espectrais, destacando que o aumento na duração

dos potenciais de ação leva a um deslocamento do espectro para frequências menores. Também enumera os fatores que condicionam as alterações na forma/duração dos potenciais de ação, os quais, em última análise, provocam em consequência modificações no espectro eletromiográfico. São eles: 1) o tipo de fibra muscular, que irá determinar a taxa de produção de íons H^+ durante a contração sustentada e 2) o fluxo sanguíneo local, que será responsável pelo acúmulo ou remoção dos íons H^+ . O pH intramuscular modificado pelos subprodutos metabólicos acumulados durante uma contração sustentada seria a causa mais evidente (ou pelo menos a mais estudada até o momento) pela redução na velocidade de condução dos potenciais elétricos ao longo da fibra muscular, originando a redução nas frequências do espectro eletromiográfico durante a fadiga. O índice de fadiga muscular, assim defendido por De LUCA (1997), choca-se com o conceito puramente fisiologista que define fadiga muscular como sendo a incapacidade de um determinado músculo manter um nível constante de força em contração. Segundo esse conceito fisiologista, a detecção de fadiga só é possível portanto após a ocorrência da mesma, o que, de acordo com o mesmo autor, é uma marcante desvantagem em termos científicos, uma vez que o objetivo dos estudos na área consiste exatamente em poder registrar alterações prévias ao surgimento da fadiga, fornecendo com isso importantes subsídios à clínica e à ergonomia. Embora De LUCA alerte que a

aplicação do índice de fadiga em contrações dinâmicas requer cuidados especiais, não parece errôneo, ao menos hipoteticamente, esperar que a fadiga muscular em condições não estáticas também se produza gradualmente, caracterizada por modificações paulatinas ao longo do tempo de contração. *Se assim for, os resultados do presente estudo, ao mostrarem aumento gradual na frequência mastigatória durante o período de mastigação contínua que culminou em fadiga, apesar de obtidos em condições dinâmicas, viriam ao encontro do conceito defendido por De LUCA (1997) inicialmente para contrações estáticas.*

Entretanto, nossos resultados permitem comparações mais próximas e seguras somente com os de estudos que avaliaram os músculos mastigatórios em contrações dinâmicas. Nesse sentido, cite-se CHRISTENSEN & MOHAMED (1984) que analisaram o músculo masséter durante apertamento dental (contração isométrica) e rangimento dental (contrações concêntricas e excêntricas). Para tanto, monitoraram em 6 (seis) voluntários saudáveis a atividade eletromiográfica média e acumulada do músculo masséter em máxima contração voluntária por um período suficiente ao aparecimento de sensação de fadiga nesse músculo. Igualmente, foram quantificados os mesmos dados eletromiográficos durante rangimento dental por um período idêntico ao da contração voluntária máxima. O limiar médio de fadiga para contração

voluntária máxima ficou situado em 31s (desvio-padrão de 11s), ao passo que o mesmo período de rangimento dental não foi suficiente para causar sensação subjetiva de fadiga nos voluntários. Imediatamente após ao relato de fadiga a atividade eletromiográfica acumulada durante apertamento dental apresentou um aumento de 140% quando comparada aos 10 segundos iniciais de contração. Por outro lado, a atividade eletromiográfica acumulada durante rangimento dental foi 77% inferior à registrada no apertamento. De acordo com os autores fica comprovado, pelos resultados discutidos, que as contrações isométricas produzidas pelo apertamento recrutam um número maior de unidades motoras que o rangimento dental. Além disso, também atentam para o fato de que a diminuição no fluxo sanguíneo local ocorre somente durante a contração isométrica. Também foi observado que a amplitude média do sinal eletromiográfico diminuiu após fadiga, podendo indicar, na opinião dos autores, a presença de fadiga periférica provocada pela contração isométrica contínua. Contudo, igual período de rangimento dental não provocou alterações eletromiográficas que evidenciassem fadiga periférica, tampouco sensação individual de cansaço que caracterizasse fadiga central. Pelo contrário, dois voluntários acharam que o período de rangimento dental serviu para relaxar a musculatura após a execução do apertamento, conforme relatado no artigo. Desse modo, fica claro que em condições dinâmicas (contrações isotônicas) os

músculos mastigatórios possuem desenvolvida a capacidade de resistência à fadiga, muito mais efetiva que em condições estáticas (contrações isométricas), corroborando constatações de estudos anteriores *e vindo ao encontro dos resultados obtidos no presente, em que o limiar de fadiga em mastigação ficou situado em 500s, sendo que nenhum de nossos voluntários relatou sensação de fadiga em período inferior a 86s.*

É pertinente observar que períodos prolongados de mastigação contínua foram até mesmo utilizados como parte do protocolo experimental de pesquisas sobre o tema, confirmando a já relatada capacidade de resistência à fadiga dos músculos mastigatórios em condições dinâmicas. Como exemplo, pode-se citar TZAKIS et al. (1989) que analisaram em 17 (dezessete) voluntários saudáveis o efeito do treinamento com mastigação de goma na eficiência mastigatória. O grupo experimental foi instruído a mastigar goma, durante 1 hora diária, por um período de 1 mês. A eficiência mastigatória foi quantificada através de método desenvolvido pelo autor que consistiu basicamente em um sistema de tamises para graduar o nível de fragmentação de alimentos pelo voluntário após um determinado período de mastigação. O período total de 10 ciclos mastigatórios foi também quantificado, a partir do registro eletromiográfico tomado do músculo masséter. Os autores compararam eficiência mastigatória e duração total dos ciclos, antes e após 30 minutos de mastigação intensa de goma. Após

1 mês de treinamento mastigatório nos termos já descritos foram realizados novos exames. Seus resultados apontaram para uma redução na eficiência mastigatória associada a uma redução na duração total dos ciclos mastigatórios após 30 minutos de mastigação intensa de goma. Não foi obtida alteração significativa desses resultados após o período de treinamento. Os autores consideram que a fadiga muscular foi responsável pelos resultados obtidos. Expõem que a mastigação intensa possivelmente acarretou fadiga nas fibras musculares de disparo rápido e, decorrente disso, houve redução na força mastigatória que, por sua vez, contribuiu para diminuir a eficiência mastigatória. Para a redução na duração do ciclo mastigatório, os autores insinuam como explicação possível o déficit no recrutamento de unidades motoras de limiar alto, em função da fadiga. *No presente estudo, também foi detectada uma redução significativa nas fases de ativação e de relaxamento dos músculos temporal e masséter, verificada pela medição dos respectivos traçados eletromiográficos, durante mastigação prolongada, caracterizando dessa forma ciclos mastigatórios mais curtos após a fadiga. Ressalte-se contudo que, ao contrário do realizado por TZAKIS et al. (1989), no presente estudo o tempo de mastigação manteve-se como uma variável dependente, objetivando com isso determinar um limiar de fadiga para mastigação*

prolongada, à semelhança do que já existe para contrações isométricas dos músculos mastigatórios.

CHRISTENSEN et al. (1996) também avaliaram os efeitos da mastigação prolongada de goma em relação à fadiga e à dor dos músculos mastigatórios. Para tanto, submeteram 8 (oito) voluntários saudáveis à máxima contração voluntária até atingir a sensação de dor, bem como a 10 minutos de mastigação unilateral controlada de goma de mascar, registrando, em ambos exames, a atividade eletromiográfica acumulada do músculo masseter e, somente no segundo, a frequência mastigatória. Verificou-se que durante os 10 minutos de mastigação unilateral de goma a atividade eletromiográfica acumulada nos músculos masséter ipsilateral e contralateral foi de, respectivamente, apenas 38% e 19% da produzida em máxima contração voluntária. Apesar disso, os autores observaram que 6 voluntários (75% da amostra) relataram sensação subjetiva de fadiga muscular durante os 10 minutos de mastigação de goma. *De certa forma tais resultados estão próximos aos encontrados no presente estudo onde verificamos que 21 voluntários (67,74% da amostra) tiveram limiar de fadiga abaixo de 10 minutos de mastigação.* Os autores também observaram que a frequência mastigatória média manteve-se praticamente constante em 1,2 Hz durante os 10 minutos de mastigação de goma. *Os resultados do presente estudo, pelos quais*

foi verificada redução tanto na fase de ativação quanto na de relaxamento dos músculos temporal e masséter, indicando um aumento na frequência mastigatória durante mastigação prolongada, discordam portanto do apresentado por CHRISTENSEN et al. (1996). É importante salientar porém que o método de quantificação da frequência mastigatória utilizado por CHRISTENSEN et al. (1996) baseou-se na contagem visual dos movimentos mandibulares, produzindo um único valor médio que não contemplou eventuais alterações ao longo dos 10 minutos de registro.

Através de um sistema computadorizado de filmagem, TZAKIS et al. (1992) analisaram, com maior acuidade, o comportamento da frequência mastigatória durante mastigação intensa e prolongada. Dezesete voluntários com normoclusão participaram desse estudo que avaliou, além de frequência e velocidade mastigatória, eficiência mastigatória, máxima força oclusal e tempo de fadiga em máxima contração voluntária, antes e após 30 minutos de mastigação intensa de goma. Seus resultados permitiram concluir que a mastigação prolongada levou a alguns efeitos de curta duração, a saber: redução na eficiência mastigatória, redução na força oclusal máxima e redução na resistência à máxima contração voluntária, todos decorrentes, segundo os autores, à ocorrência de fadiga muscular. Verificou-se outrossim aumento significativo na frequência mastigatória, devido a uma redução nas fases oclusal

e de elevação da mandíbula, enquanto que a fase de abaixamento da mandíbula permaneceu estável. *Em parte, os achados do presente estudo são corroborados pelos de TZAKIS et al. (1992), referente à redução total do ciclo mastigatório. Em nosso estudo a redução tanto na fase de ativação quanto na de relaxamento apontam para uma redução proporcional do ciclo mastigatório e conseqüente aumento da freqüência mastigatória. Contudo, deve-se notar que TZAKIS et al. (1992) não detectaram redução na fase de abaixamento da mandíbula, ao passo que o parâmetro correspondente em nosso estudo -fase de relaxamento dos músculos elevadores- apresentou redução significativa em sua duração. Essa discrepância pode decorrer da diferença de métodos empregados na quantificação do ciclo mastigatório: enquanto TZAKIS et al. (1992) utilizaram medidas biomecânicas de movimentação mandibular, em nosso estudo foi utilizado registro eletromiográfico dos músculos elevadores.*

Finalizando, os resultados apresentados no presente estudo permitem formular algumas observações:

- 1.) Mastigação ininterrupta de goma levou à ocorrência de sensação de fadiga em voluntários com normoclusão e ausência de sintomas de desordem craniomandibular. Situado em aproximadamente 500s, esse limiar médio de fadiga para mastigação ficou muito acima do limiar médio de 30s, encontrado

na literatura, para contração isométrica máxima (CHRISTENSEN, 1979; PALLA & ASH, 1981; CHRISTENSEN & MOHAMED, 1984; MATON et al., 1992). Os músculos mastigatórios mostraram-se mais resistentes à fadiga durante mastigação que durante apertamento dental possivelmente devido a dois fatores: níveis baixos de ativação muscular associados ao não comprometimento do fluxo sanguíneo local durante contrações dinâmicas (CHRISTENSEN, 1979; CHRISTENSEN & MOHAMED, 1984; CHRISTENSEN et al. 1996). A variabilidade interindividual elevada no limiar de fadiga em nossos resultados (média de 500,16s, desvio-padrão de 455s) pode ser explicada em função do grau de motivação do voluntário, dependente de fatores psicológicos quanto à sensação subjetiva de cansaço (LYONS et al., 1993; ENOKA, 1995; KILLIARIDIS et al., 1995), além de outros fatores não abordados no processo de seleção dos voluntários, como hábitos alimentares;

2.) Embora a sensação subjetiva de fadiga tenha ocorrido, não foi acompanhada de modificações significativas na amplitude eletromiográfica das fases de ativação dos músculos estudados. Na literatura revisada não se encontrou um consenso sobre o tema. Alguns estudos observaram diminuição na atividade eletromiográfica dos músculos temporal e masséter após fadiga produzida em condições estáticas, durante apertamento dental (CHRISTENSEN & MOHAMED, 1984; PALLA & ASH, 1981). Outros

trabalhos não verificaram alterações consistentes na amplitude média, nas mesmas condições de pesquisa (MATON et al., 1992; JUNGE & CLARK, 1993; LYONS et al., 1993). Assim, parece que a amplitude do sinal eletromiográfico não se mostrou um parâmetro suficientemente preciso no estudo da fadiga muscular. Aventa-se promissor, porém, conduzir experimentos sobre fadiga nos músculos do sistema estomatognático em mastigação prolongada, analisando os espectros de frequência dos traçados eletromiográficos, tendo em vista os resultados homogêneos em pesquisas já desenvolvidas sob condições isométricas, apontando para a fidedignidade da variação do espectro de frequências na determinação da ocorrência de fadiga (PALA & ASH, 1981; MATON et al., 1992; LYONS et al., 1993; SHI et al. 1993; De LUCA, 1997).

3.) A duração média tanto das fases de ativação quanto das de relaxamento dos músculos temporal e masséter foi estatisticamente menor no momento da fadiga que ao início da mastigação. Tal resultado indica uma redução na duração do ciclo mastigatório e conseqüente aumento da frequência do movimento de mastigação. Resultado similar, portanto, ao demonstrado por TZAKIS et al. (1989) e por TZAKIS et al. (1992), porém em desacordo com o demonstrado por CHRISTENSEN et al. (1996). Conforme relatado por PLESH et al. (1996), a mastigação é regulada por controladores de ritmo localizados na

formação reticular (que comandam a frequência dos movimentos mastigatórios) e controladores de disparo próximos ao núcleo motor do nervo trigêmeo (que comandam a intensidade com que os músculos do sistema estomatognático são recrutados durante a mastigação). A presença dessas redes neurais distintas para controlar ritmo e intensidade muscular durante mastigação pode sinalizar para respostas independentes à fadiga, explicando porque observamos redução no ciclo mastigatório, sem contudo nos depararmos com alterações significativas em relação à amplitude do sinal eletromiográfico. Reduzir a duração do ciclo parece ter sido a resposta fisiologicamente mais econômica encontrada pelo sistema nervoso central para suportar a mastigação contínua (ENOKA, 1995).

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

1) O tempo médio de mastigação encontrado no presente estudo (situado em torno de 500s) indica um limiar elevado de resistência à fadiga do sistema estomatognático quando submetido a contrações dinâmicas, contrariamente ao verificado na literatura para contrações estáticas. Porém, a variabilidade interindividual expressiva do resultado em tela sugere outros fatores atuantes no processo de fadiga muscular, a serem pesquisados (por exemplo, hábitos alimentares, motivação individual, entre outros).

2) A amplitude média do sinal eletromiográfico das fases de ativação dos músculos temporal (porção anterior) e masséter não sofreu alterações estatisticamente significantes que permitissem caracterizá-las como indicativas do processo de fadiga. Talvez estudos com o emprego de análise espectral venham a revelar possíveis alterações no registro eletromiográfico dos músculos supra-citados, não evidenciadas pelo parâmetro amplitude média.

3) A mastigação contínua de goma foi acompanhada de reduções estatisticamente significantes nas fases de ativação e de relaxamento dos músculos temporal (porção anterior) e masséter, do início da mastigação até o relato de fadiga pelo voluntário. Ciclos mastigatórios mais curtos podem indicar resposta do sistema estomatognático à mastigação prolongada provocadora de fadiga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARABOLAK, R.; HOERMAN, K.; KROLL, B.; RECORD, D. Gum chewing profiles in the US population. Community Dent. Oral Epidemiol., v.19, p.125-6, 1991.
2. BARKER, G.R.; WASTELL, D.G. The effect of fatigue on the silent period of the masseter electromyogram. J. Dent., v.16, n.2, p.71-5, 1988.
3. BASMAJIAN, J.V.; DeLUCA, C.J. Muscles alive. 5th. Ed., Baltimore, Willians & Wilkins, 1985.
4. CHRISTENSEN, L.V. Some subjective parameters in experimental tooth clenching in man. J. Oral Rehabil., Oxford, v.6, p.119-36, 1979.
5. _____ Jaw muscle fatigue and pains induced by experimental tooth clenching: a review. J. Oral Rehabil., Oxford, v.8, p.27-36, 1981.
6. _____; MOHAMED, S.E. Contractile activity of the masseter muscle in experimental clenching and grinding of the teeth in man. J. Oral Rehabil., Oxford, v.11, p.191-9, 1984.
7. _____; TRAN, K.T. Predictability of jaw muscle pains from surface electromyograms. J. Oral Rehabil., Oxford, v.23, p.283-8, 1996.
8. _____; TRAN, K.T.; MOHAMED, S.E. Gum chewing and jaw muscle fatigue and pains. J. Oral Rehabil., Oxford, v.23, p.424-37, 1996.
9. CLARK, G.T.; ADLER, R.C. Retrusive endurance, fatigue and recovery of human jaw muscles at various isometric force levels. Archs. Oral Biol., Oxford, v.32, n.1, p. 61-5, 1987.

10. _____; CARTER, M.C. Electromyographic study of the human jaw-closing muscle endurance, fatigue and recovery at various isometric force levels. Archs. Oral Biol., Oxford, v.30, n.7, p.563-9, 1985.
11. DAHLSTRÖM, L. Electromyographic studies of craniomandibular disorders: a review of the literature. J. Oral Rehabil., Oxford, v.16, p.1-20, 1989.
12. DeBOEVER, J.A.; McCALL, W.D.J.; HOLDEN, S.; ASH, M.M.J. Functional occlusal forces: an investigation by telemetry. J. Prosthet. Dent., Saint Louis, v.40, n.3, p.326-33, Sept., 1978.
13. DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. J. Appl. Biomec., v.13, p.135-63, 1997.
14. ENOKA, R.M. Mechanisms of muscle fatigue: central factors and task dependency. J. Electromyogr. Kinesiol., v.5, n.3, p.141-9, Sept, 1995.
15. FRIDLUND, A.J.; CACCIOPPO, J.T. Guidelines for human electromyographic research. Psychophysiology, v.23, n.5, p.567-89, 1986.
16. JUNGE, D.; CLARK, G.T. Electromyographic turns analysis of sustained contraction in human masseter muscles at various isometric force levels. Archs. Oral Biol., Oxford, v.38, n.7, p.583-8, 1993.
17. KAWADA, T. EMG analysis of masticatory muscle fatigue and recovery rate during gum chewing. Nippon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi, v.34, n.1, p.77-84, Feb., 1990. /English Abstract/.
18. KILLIARIDIS, S.; TZAKIS, M.; CARLSSON, G.E. Effects of fatigue and chewing training on maximal bite force and endurance. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., Saint Louis, v.107, p.372-8, 1995.

- 19.KROON, G.T.; NAEIJE, M.; HANSSON, T.L. Electromyographic power spectrum changes during repeated fatiguing contractions of the human masseter muscle. Archs. Oral Biol., Oxford, v.31, n.9, p. 603-8, 1986.
- 20._____ ; NAEIJE, M. Electromyographic evidence of local muscle fatigue in a subgroup of patients with myogenous craniomandibular disorders. Archs. Oral Biol., Oxford, v.37, n.3, p.215-8, 1992.
- 21.LYONS, M.F.; ROUSE, M.E.; BAXENDALE, R.H. Fatigue and EMG changes in the masseter and temporalis muscles during sustained contractions. J. Oral Biol., v.20, p.321-21, 1993.
- 22.MATON, B.; RENDEL, J.; GENTIL, M.; GAY, T. Masticatory muscle fatigue: endurance times and spectral changes in the electromyogram during the production of sustained bite forces. Archs. Oral Biol., Oxford, v.37, n.7, p.521-529, 1992.
- 23.ÖBERG, T. Muscle fatigue and calibration of EMG measurements. J. Electromyogr. Kinesiol., v.5, n.4, p.239-43, Dec., 1995.
- 24.PALLA, S.; ASH, M.M.J. Power spectral analysis of the surface electromyogram of human jaw muscles during fatigue. Archs. Oral Biol., Oxford, v.26, p.547-53, 1981.
- 25.PLESH, O.; BISHOP, B.; McCALL, W.D. Patterns of jaw muscle activity during voluntary chewing. J. Oral Rehabil., Oxford, v.23, n.4, p.262-9, Apr., 1996.
- 26.SHI, C.S; QUYANG, G.; GUO, T.W. Relationship between mean power frequency and potential of muscles at rest position and clenching. J. Oral Rehabil., Oxford, v.20, p.301-10, 1993.
- 27.TZAKIS, M.G.; KARLSSON, S.; CARLSSON, G.E. Effects of intense chewing on some parameters of masticatory function. J. Prosthet. Dent., Saint Louis, v.67, n.3, p.405-9, Mar., 1992.

28. _____; KILIARIDIS, S.; CARLSSON, G.E. Effect of chewing training on masticatory efficiency. Acta Odontol. Scand., Oslo, v.47, n.6, p.355-60, 1989.
29. VAN DER BILT, A.; VAN DER GLAS, H.W.; OLTHOFF, L.W.; BOSMAN, F. The effect of particle size reduction on the jaw gape in human mastication. J. Dent. Res., v.70, n.5, p.931-7, May, 1991.

APÊNDICE



Figura 1: Eletromiógrafo Nicolet-Viking II.

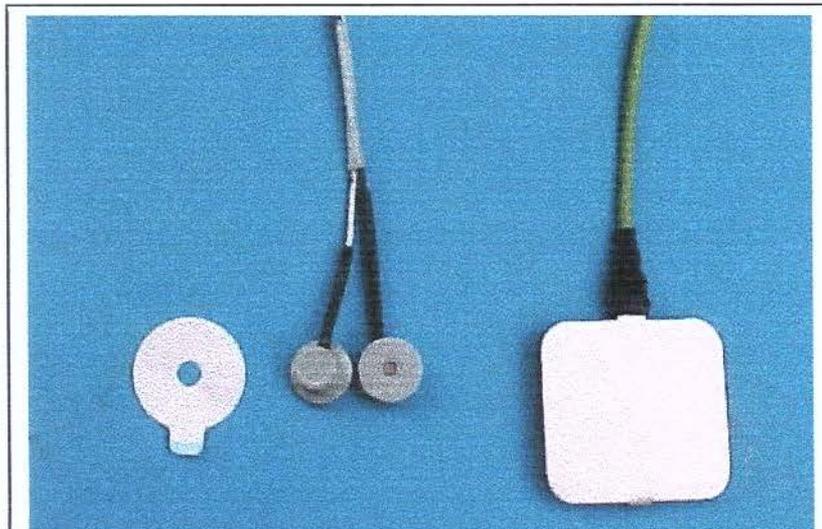


Figura 2: Mini-eletrodos tipo Beckman ao centro. À direita, eletrodo terra. À esquerda, adesivo para fixação dos mini-eletrodos.



Figura 3: Posicionamento dos mini-eletrodos sobre os músculos temporal e masséter.



Figura 4: Goma de mascar dividida para mastigação bilateral simultânea.

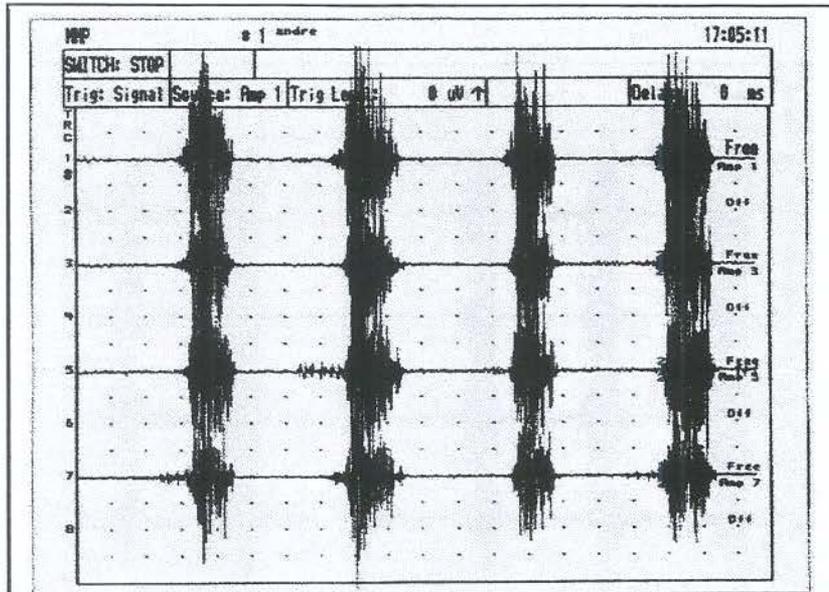


Figura 5: Traçado eletromiográfico dos músculos: (1) temporal esquerdo, (3) temporal direito, (5) masséter esquerdo e (7) masséter direito, ao início da mastigação, voluntário A.F.

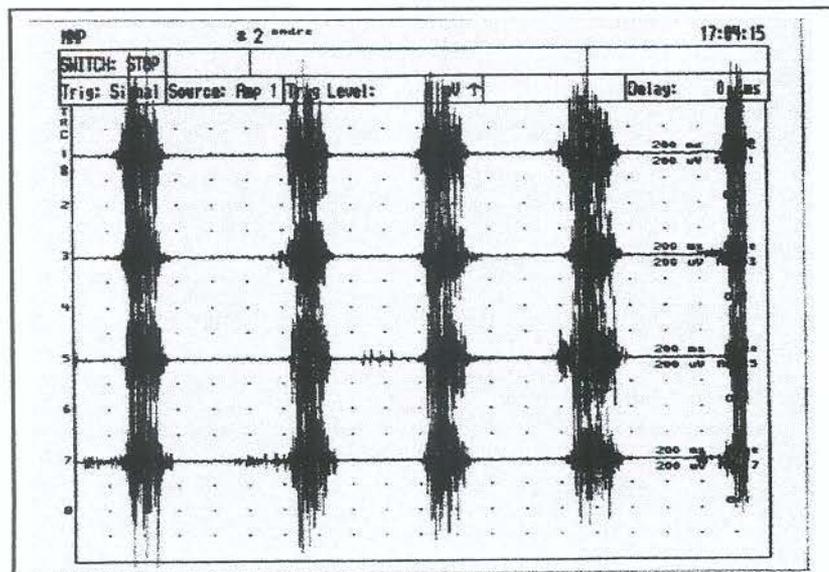


Figura 6: Traçado eletromiográfico dos músculos: (1) temporal esquerdo, (3) temporal direito, (5) masséter esquerdo e (7) masséter direito, após 1 minuto de mastigação, voluntário A.F.

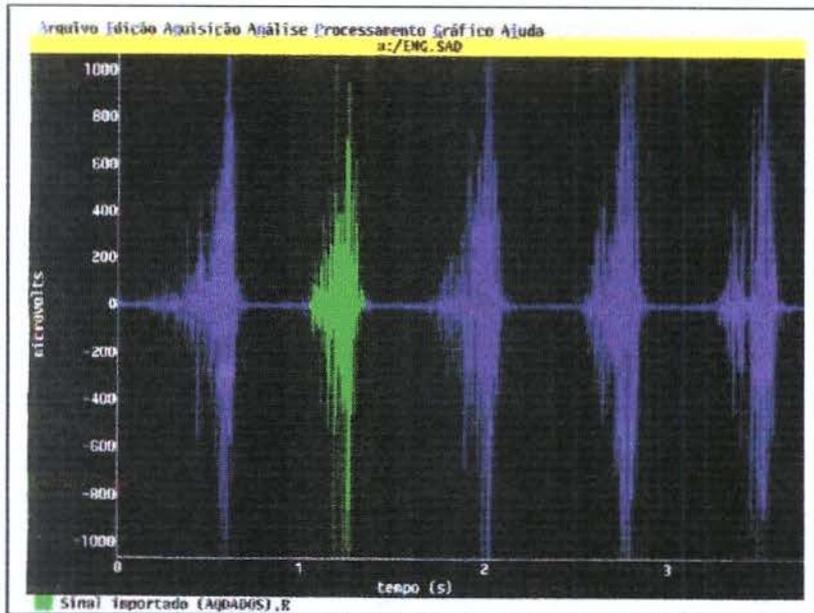


Figura 8: Traçado eletromiográfico de um músculo isolado para quantificação das fases de ativação (em destaque).

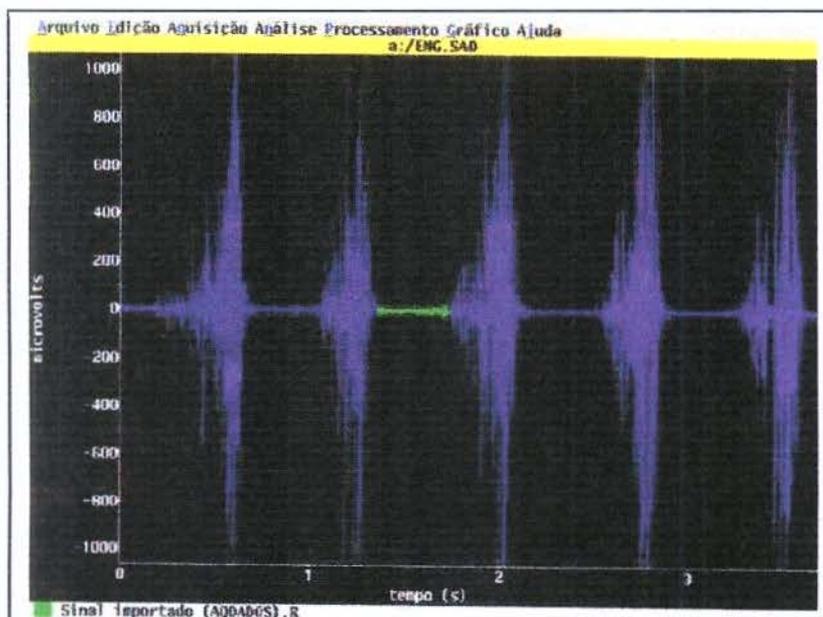


Figura 9: Traçado eletromiográfico de um músculo isolado para quantificação das fases de relaxamento (em destaque).

Gráfico 1: Duração média em milissegundos (ms) das fases de ativação do músculo temporal esquerdo aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

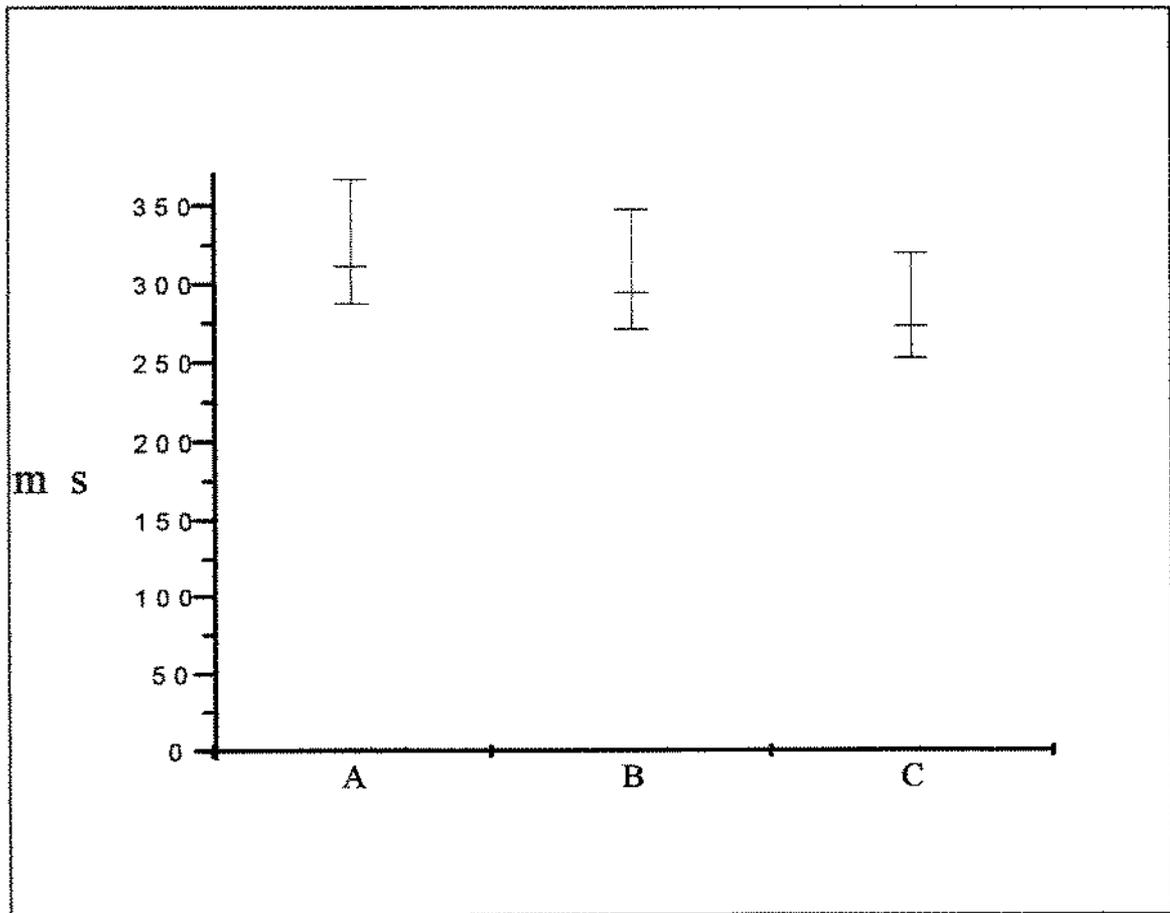


Gráfico 2: Amplitude média em microvolts (μV) das fases de ativação do músculo temporal esquerdo aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após sensação de fadiga (C).

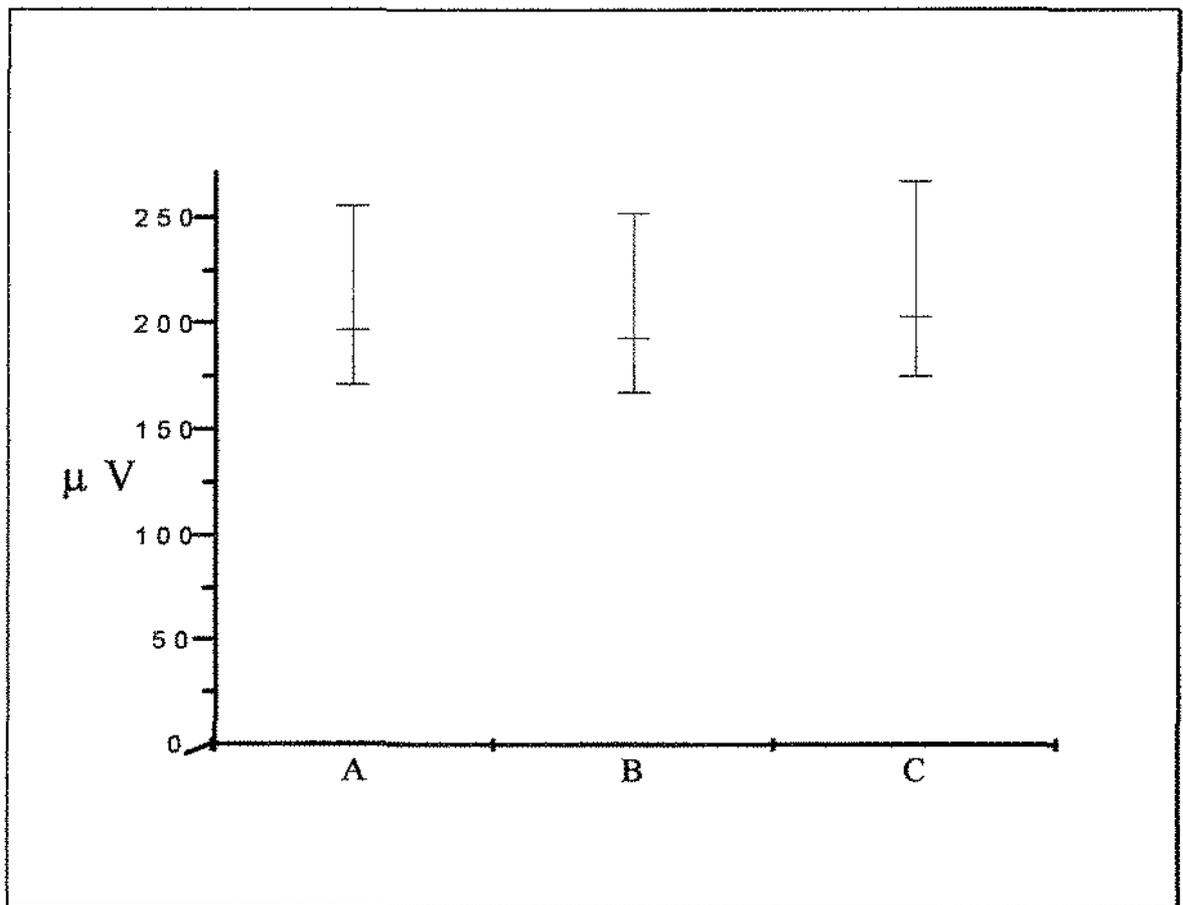


Gráfico 3: Duração média em milissegundos (ms) das fases de relaxamento do músculo temporal esquerdo aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

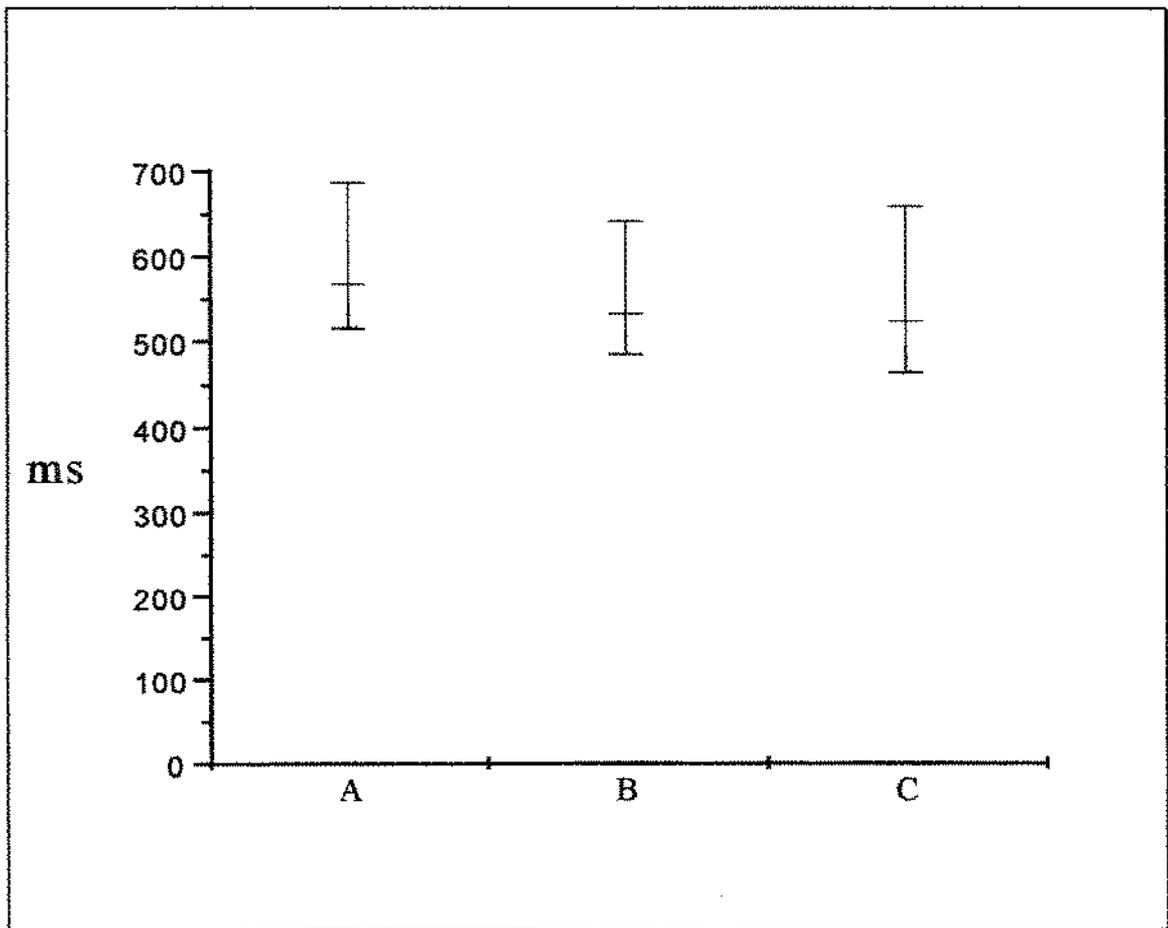


Gráfico 4: Duração média em milissegundos (ms) das fases de ativação do músculo temporal direito aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

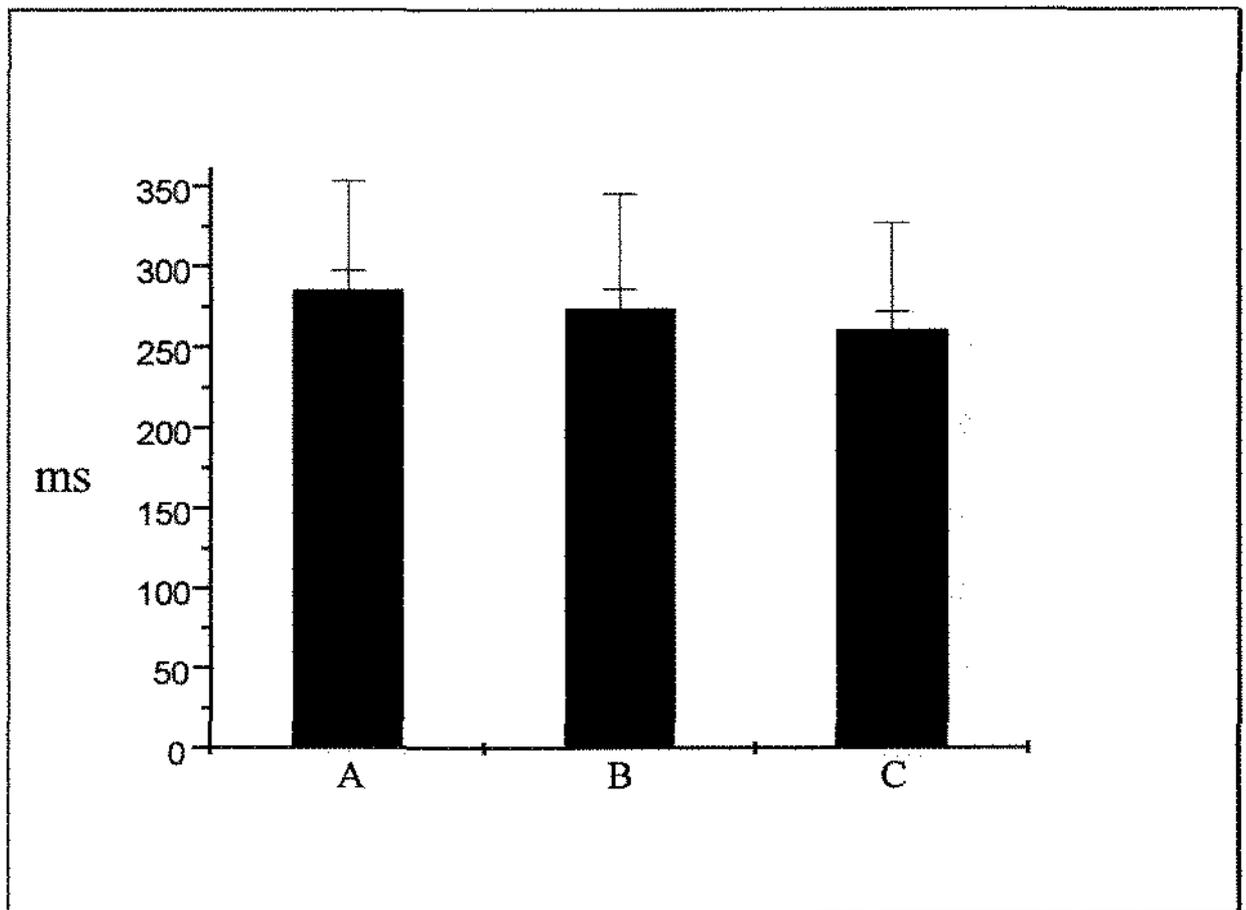


Gráfico 5: Amplitude média em microvolts (μV) das fases de ativação do músculo temporal direito aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após sensação de fadiga (C).

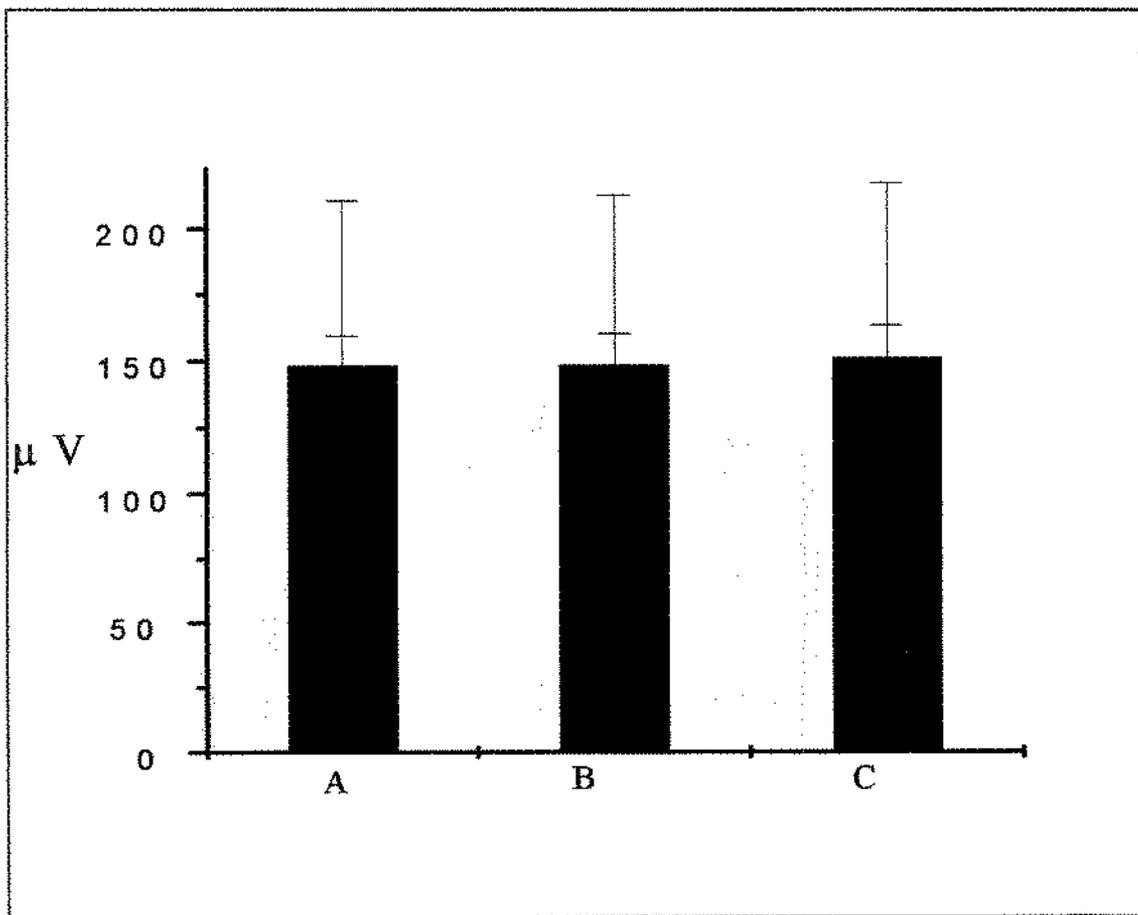


Gráfico 6: Duração média em milissegundos (ms) das fases de relaxamento do músculo temporal direito aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

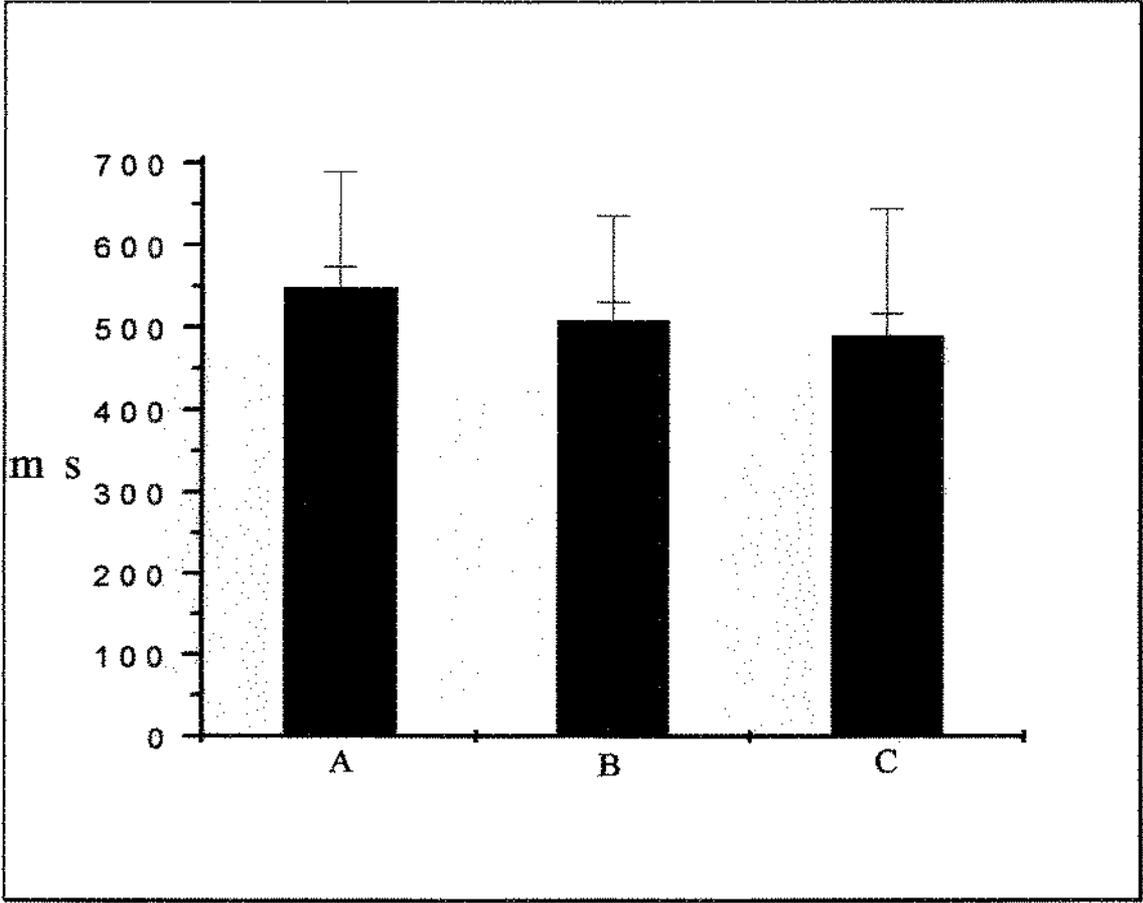


Gráfico 7: Duração média em milissegundos (ms) das fases de ativação do músculo masséter esquerdo aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

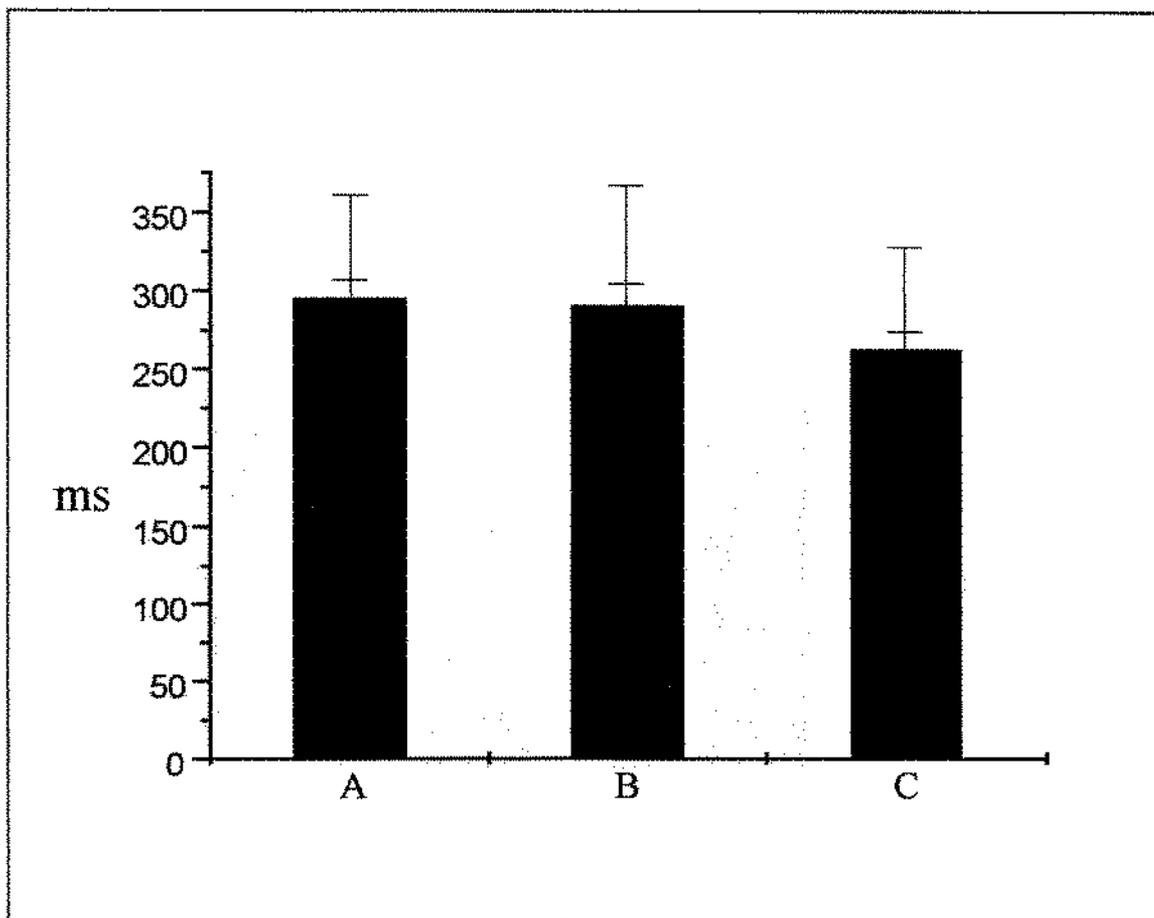


Gráfico 8: Amplitude média em microvolts (μV) das fases de ativação do músculo masséter esquerdo aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após sensação de fadiga (C).

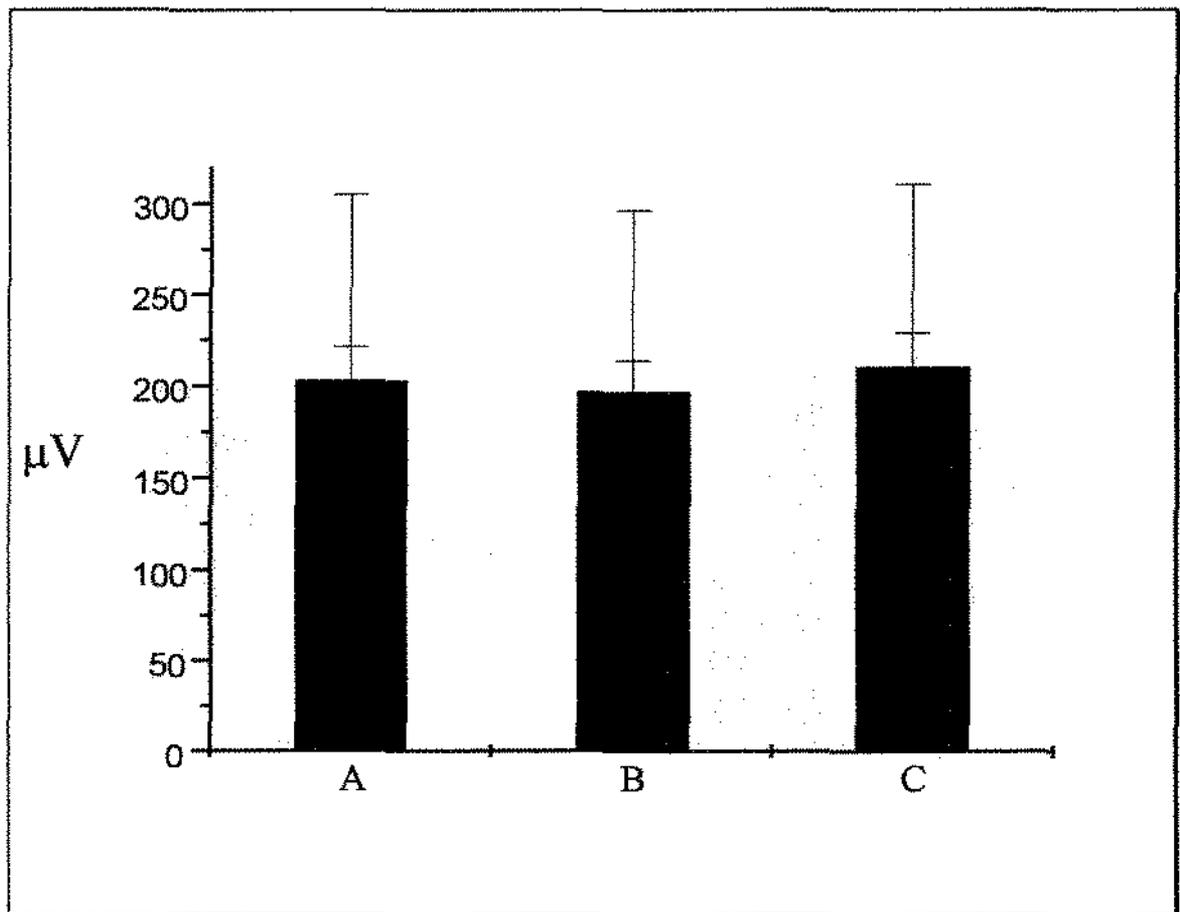


Gráfico 9: Duração média em milissegundos (ms) das fases de relaxamento do músculo masséter esquerdo aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

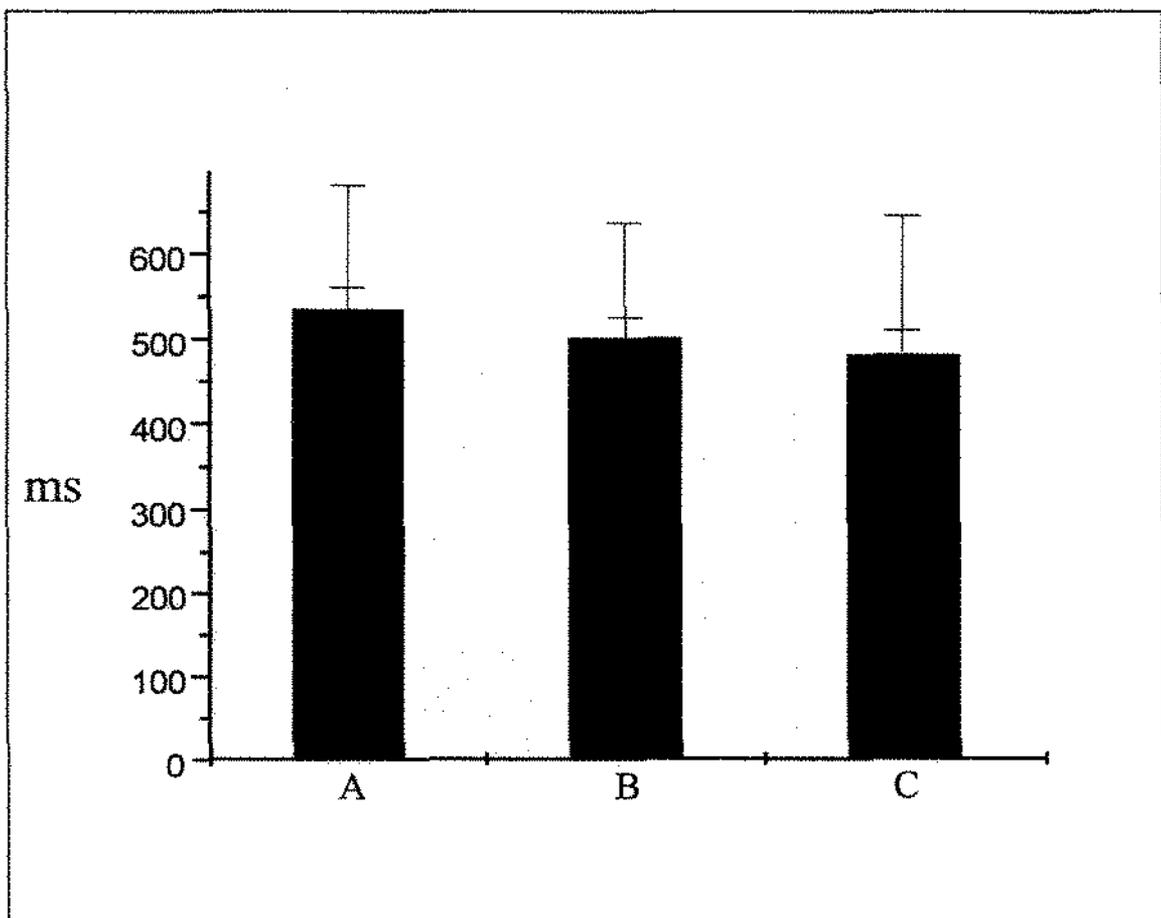


Gráfico 10: Duração média em milissegundos (ms) das fases de ativação do músculo masséter direito aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

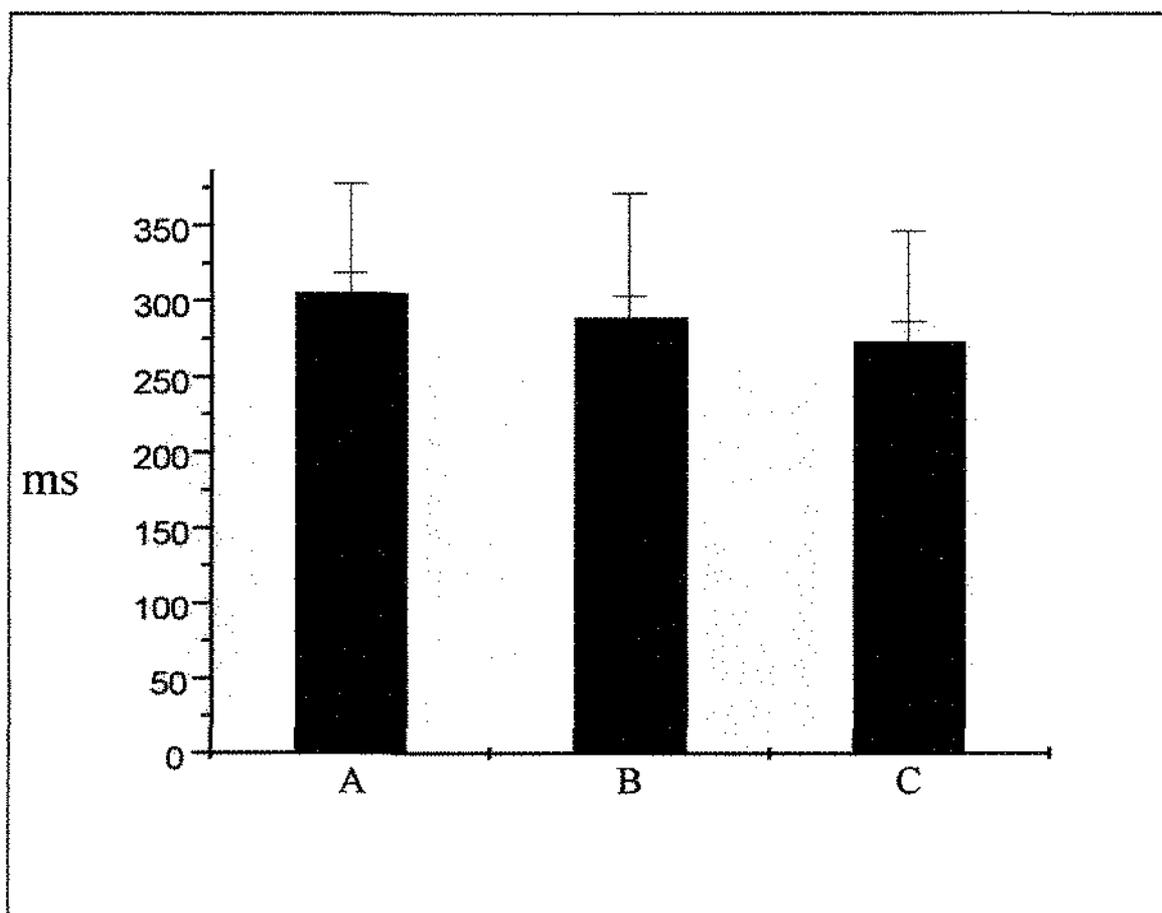


Gráfico 11: Amplitude média em microvolts (μV) das fases de ativação do músculo masséter direito aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após sensação de fadiga (C).

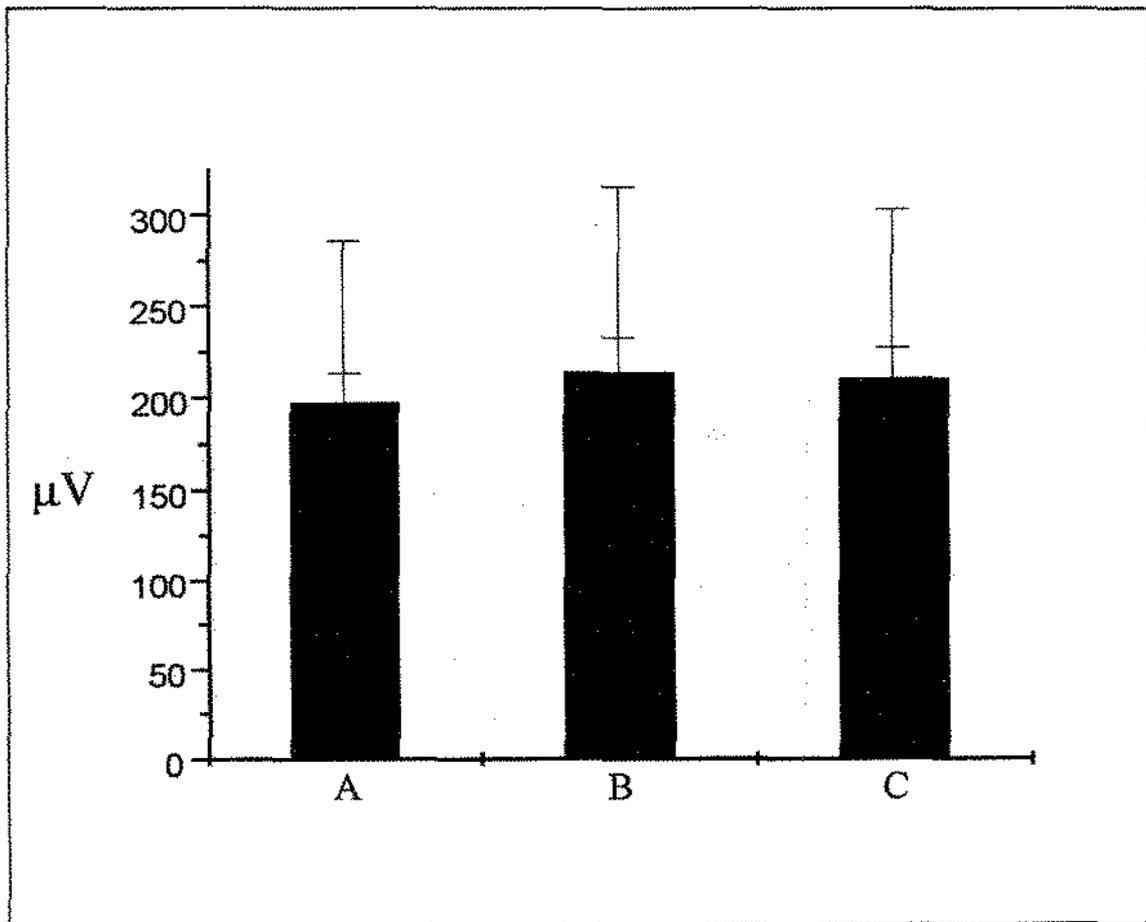


Gráfico 12: Duração média em milissegundos (ms) das fases de relaxamento do músculo masséter direito aos 4 segundos iniciais de mastigação (A), após 1 minuto de mastigação (B) e imediatamente após a sensação de fadiga (C).

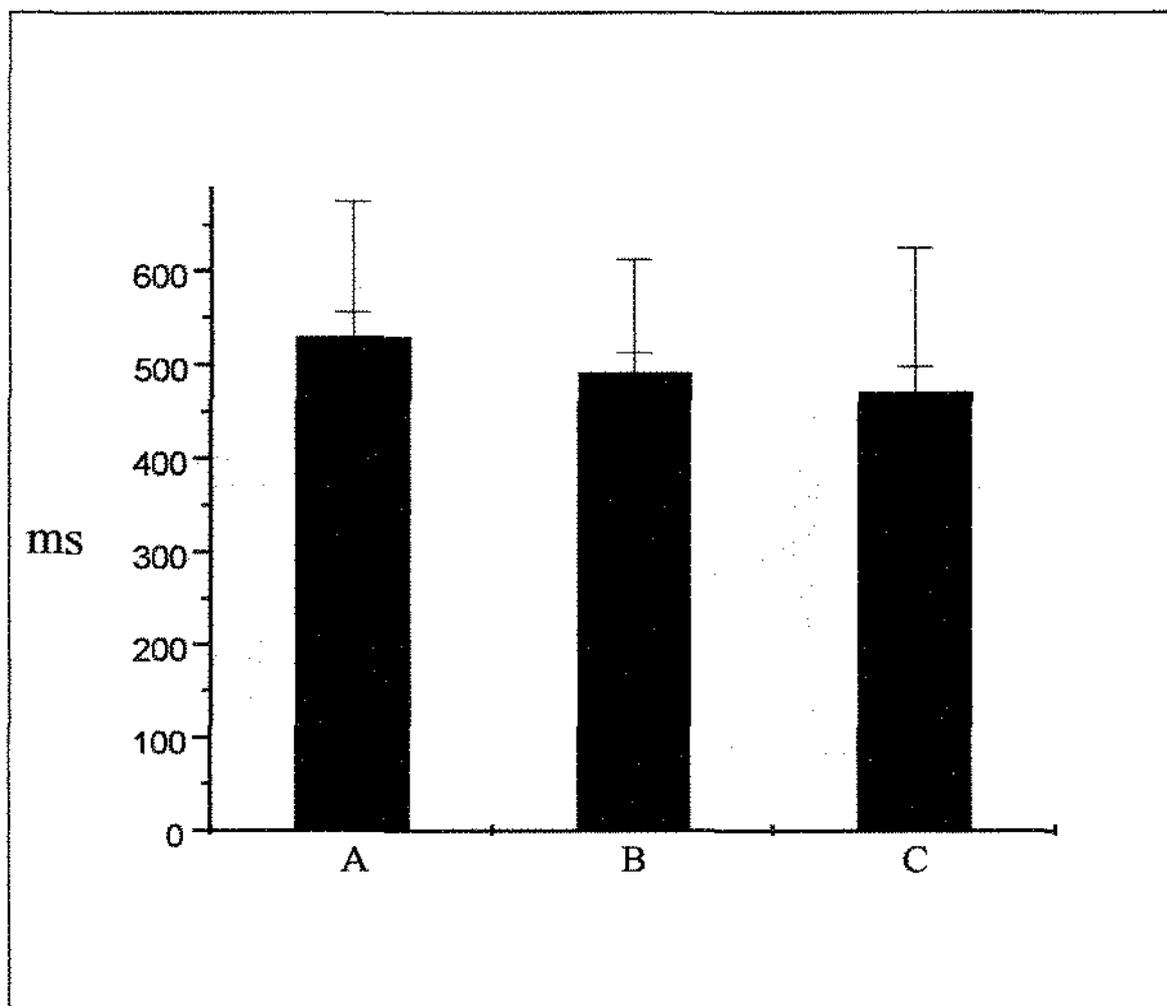
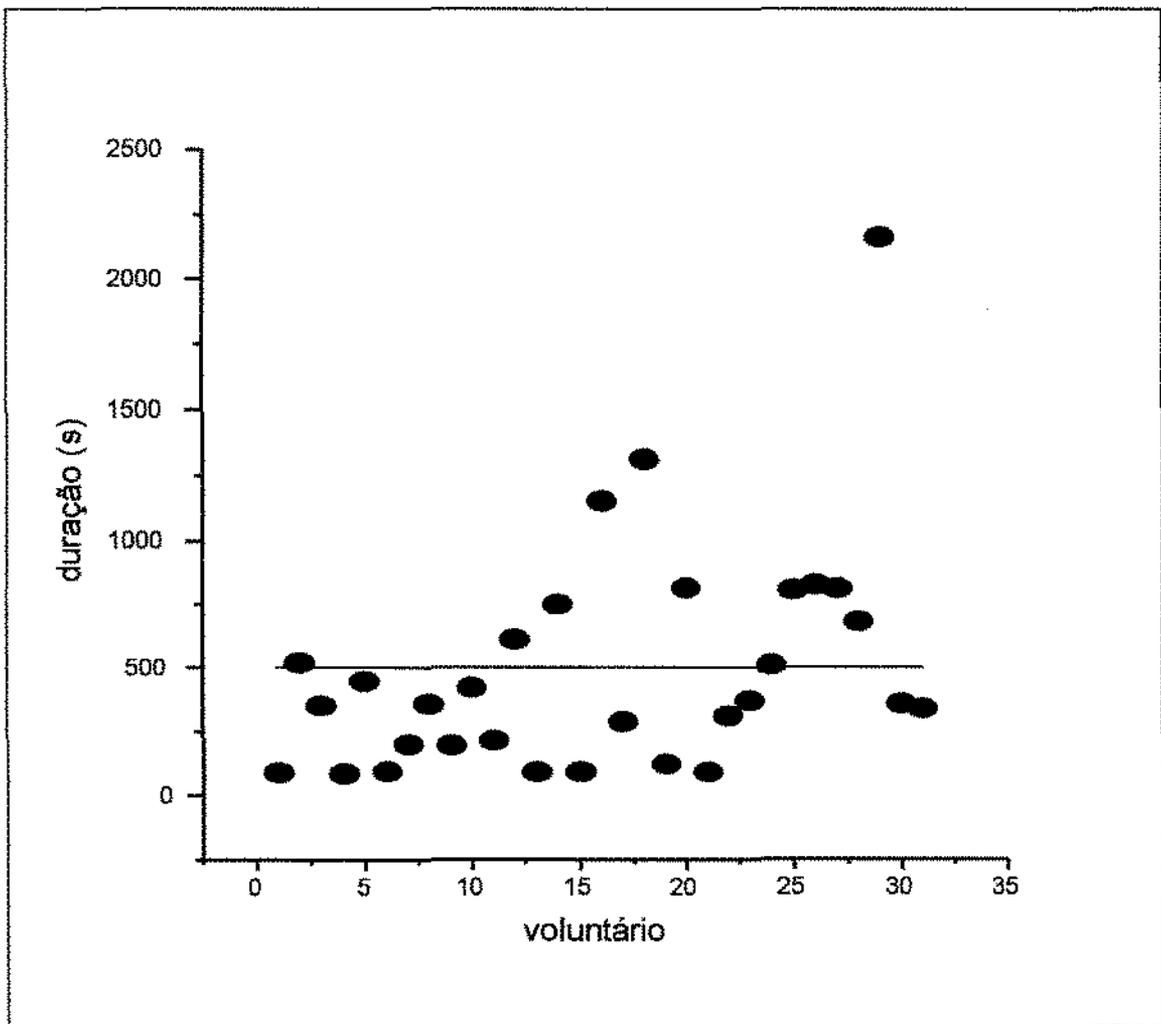


Gráfico 13: Distribuição em segundos (s) das durações totais de mastigação até a ocorrência da sensação de fadiga nos 31 voluntários. A reta azul indica a média das durações.



LISTA DE ABREVIATURAS

ms: milissegundos

s: segundo

min: minuto

h: hora

mm: milímetro

cm: centímetro

mg: miligrama

μ V: microvolt

RMS: raiz quadrada da média (root mean square)

Hz: hertz

kHz: quilohertz

dB: decibel

k Ω : quilo-ohms

pH: potencial hidrogeniônico

LISTA DE ABREVIATURAS

ms: milissegundos

s: segundo

min: minuto

h: hora

mm: milímetro

cm: centímetro

mg: miligrama

μ V: microvolt

RMS: raiz quadrada da média (root mean square)

Hz: hertz

kHz: quilohertz

dB: decibel

k Ω : quilo-ohms

pH: potencial hidrogeniônico