

capítulo 25

Introdução

Sem dúvida, a mastigação é a função mais importante do sistema estomatognático, sendo a fase inicial do processo digestivo, que se inicia na boca. Entende-se por mastigação o conjunto de fenômenos estomatognáticos que visa à degradação mecânica dos alimentos, isto é, à trituração e moagem dos alimentos, degradando-os em partículas pequenas que, logo após, ligam-se entre si pela ação misturadora da saliva, obtendo-se o bolo alimentar, apto para ser deglutido.

Durante a mastigação, contraem-se coordenadamente vários grupos musculares, sendo obviamente os mandibulares os mais destacados, embora também sejam fundamentais os músculos da língua e os faciais, especialmente o bucinador e o orbicular dos lábios. As contrações musculares levam à aposição rítmica dos dentes, através de sua superfície oclusal funcional, gerando-se uma pressão intercuspideana que se aplica sobre os alimentos, quebrando-os em pedaços menores.

FASES MECÂNICAS DO CICLO DA MASTIGAÇÃO

Descrevem-se classicamente no ciclo mastigatório três etapas que serão descritas a seguir, porém vale a pena comentar que o ciclo mastigatório se refere à seqüência de fenômenos mecânicos que culminam na desintegração do alimento. As fases são as que aparecem no Boxe 25-I.

Incisão

Quando a elevação da mandíbula em protrusão apreende o alimento entre as bordas incisais, ficando

Fisiologia da Mastigação

C. R. Douglas

Boxe 25-I Ciclo mastigatório

Incisão; incisivo
Trituração; pré-molar
Pulverização; molar

em posição *vis-à-vis*, logo após, a mandíbula repropulsa-se, deslizando-se as bordas incisais dos incisivos inferiores contra a face palatina dos incisivos superiores. Exagera-se a intensidade da contração muscular elevadora da mandíbula, determinando-se movimentos rítmicos, até que o alimento é finalmente cortado, caindo, logo após, a mandíbula. A língua, coordenadamente com as bochechas, vai localizando o alimento entre as superfícies oclusais dos dentes, agora preferentemente os posteriores (pré-molares e molares), que, pelas suas características anatômicas oclusais, realizam as etapas seguintes. Esta fase dura aproximadamente 5-10% do tempo total do ciclo mastigatório.

Trituração

É a transformação mecânica de partes grandes do alimento em menores. Ocorre principalmente nos pré-molares, uma vez que sua pressão intercuspideana é maior que a dos molares, podendo assim moer mais facilmente partículas maiores, que oferecem maior resistência. Dura ao redor de 65-70% do tempo total.

Pulverização

É a moenda das partículas pequenas, transformando-as em elementos muito reduzidos, que não

oferecem resistência nenhuma ao nível das superfícies oclusais, ou da mucosa bucal. Dura por volta de 25-30% do tempo total do ciclo mastigatório.

Estas duas últimas etapas não podem ser separadas abruptamente, já que, muito freqüentemente, o alimento que está sendo triturado nos pré-molares passa aos molares, onde ocorre a pulverização; mas, logo após, pode retornar aos pré-molares, reiniciando-se a moenda a esse nível.

Durante as três etapas do ciclo mastigatório, em especial na incisão e trituração, ocorre, reflexamente, secreção salivar que ajuda eficientemente na mastigação e, ulteriormente, na formação do bolo alimentar. Também nestas fases, a atividade muscular é intensa, especialmente a dos movimentos verticais da mandíbula: abertura e fechamento da boca. Na pulverização molar, além dos movimentos verticais, são importantes os movimentos horizontais, laterais e de protrusão ou retrusão.

ATO MASTIGATÓRIO

O ato mastigatório representa estágios seqüentes integrantes do ciclo da mastigação. É constituído por três fases fundamentais, como pode visualizar-se no Boxe 25-II.

Fase de abertura da boca

A mandíbula cai por relaxamento reflexo simultâneo dos músculos levantadores, e contração isotônica simultânea dos músculos abaixadores mandibulares.

Fase de fechamento da boca

Agora a mandíbula eleva-se pela contração isotônica dos músculos levantadores e relaxamento reflexo dos músculos abaixadores mandibulares.

Fase oclusal

Há contato e intercuspidação dos dentes, fisiologicamente em oclusão cêntrica, gerando forças interoclusais, devido à **contração isométrica** dos músculos levantadores da mandíbula. Obviamente,

esta constitui a fase crucial da mastigação, já que gera a **pressão interoclusal**, quebrando o alimento interposto entre os dentes. A fase oclusal pode ser reconhecida também como **golpe mastigatório**.

Para maior compreensão, consultar a Fig. 25-1, onde são comparadas as fases de contração isotônica do fechamento, contração isométrica da pressão

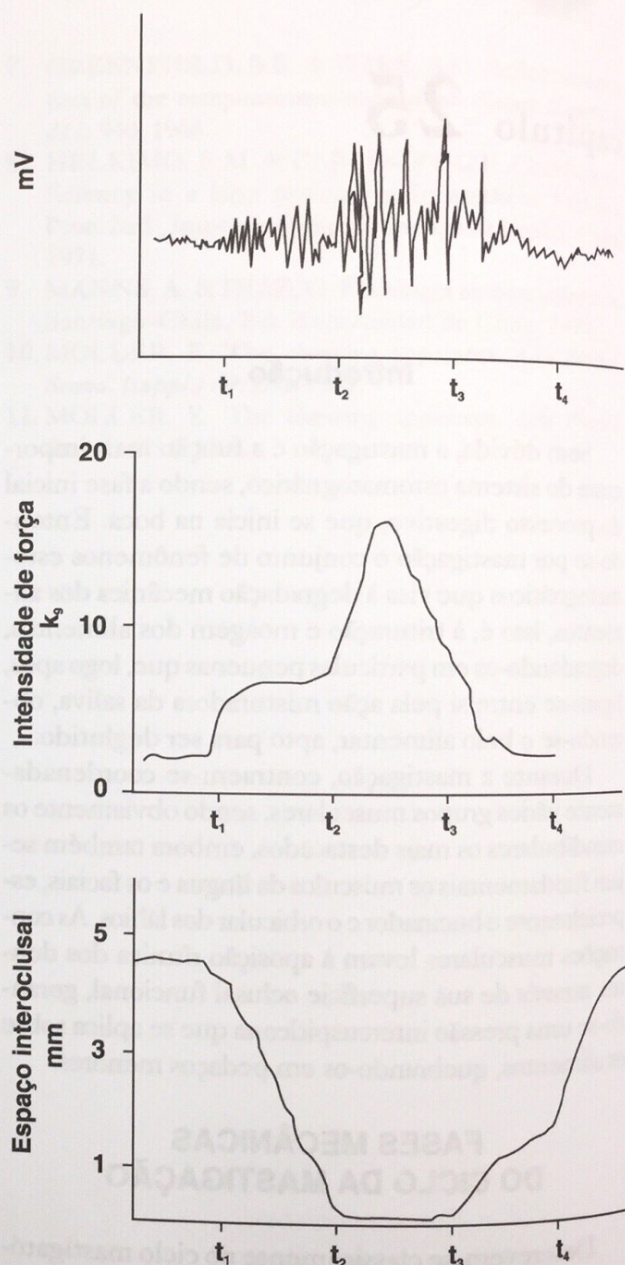


Fig. 25-1 – Representação gráfica das fases de fechamento bucal e geração de pressão interoclusal na mastigação. De cima para baixo: atividade elétrica do temporal vertical (ENMG); intensidade da força desenvolvida pelos músculos levantadores da mandíbula, medida na região molar; espaço interoclusal, iniciando-se com a boca aberta em t_0 . O tempo é indicado convencionalmente, t_0 , boca aberta; t_1 , início de fechamento (contração isotônica); t_2 , contração isométrica, determinação da pressão intercuspeana; t_3 , início de relaxação dos músculos levantadores; t_4 , relaxamento que leva à nova abertura bucal.

Boxe 25-II Fases do ato mastigatório
Abertura da boca
Fechamento da boca
Oclusão ou golpe mastigatório

interoclusal e relaxação muscular da fase de abertura bucal.

A duração total do ciclo mastigatório é variável, segundo a consistência do alimento; por exemplo, para a cenoura crua é de 0,48 segundo aproximadamente e para o chiclete é de 0,77 segundo. Ahlgren calculou, além disso, a frequência mastigatória média, isto é, o número de golpes mastigatórios produzidos por segundo. A frequência também varia de acordo com a consistência do alimento; por exemplo, para a carne de boi assada é de 1,9 golpe/segundo e para a cenoura crua 2,1 golpes/segundo. No entanto, a frequência é muito constante para cada tipo de alimento, ou tipos de consistência alimentar. A saliva parece ser um fator importante, como amolecedor do alimento, porque, quando se inicia a mastigação de pão duro, são necessários 80 kg de força, mas, após a salivagem, a força que deve ser aplicada é só de 20 kg, diminuindo depois para 2 kg. Isso não acontece quando há baixa secreção salivar ou psialoquese (Fig. 25-2).

Deslocamento da mandíbula

Quando se analisa a dinâmica mandibular, registrando-se num plano frontal, durante o ciclo mastigatório, pode-se registrar que, na mastigação unilateral, isto é, quando se mastiga colocando-se o alimento num lado só da boca, apresentam-se os seguintes movimentos (Fig. 25-2): a mandíbula desce, seguindo o sentido do lado passivo (sem alimento), no caso da figura à esquerda, atingindo-se 2 cm de abertura bucal; logo após, a mandíbula cruza a linha média, no sentido do lado de trabalho ou ativo

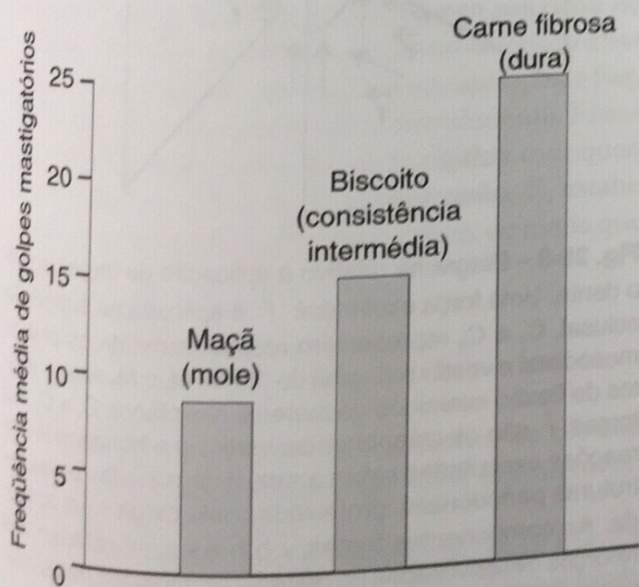


Fig. 25-2 – Número de golpes mastigatórios requeridos para a trituração de alimentos diversos.

(direito), elevando-se novamente, na fase do fechamento, até alcançar sua posição de oclusão cêntrica (intercuspidação máxima).

Oclusão dentária na mastigação

Usando o sistema telemétrico intra-oral, Pameijer estudou a mastigação de indivíduos adultos sãos, determinando que, em 959 golpes mastigatórios, houve 681 contatos dentários (7%), dos quais 588 eram de oclusão cêntrica, ou seja, intercuspidação máxima (61%). Além disso, Pameijer determinou que os contatos dentários de oclusão cêntrica eram de duração mais longa; registraram-se também, nestes indivíduos sãos, deslizamentos retrusivos e laterais da mandíbula, sem constituir, contudo, um padrão repetitivo. Deve-se lembrar que, no côndilo mandibular, predomina o diâmetro transversal (20 mm aproximadamente), em relação ao eixo ântero-posterior de só 10 mm e, dadas as características da cavidade condilar, permitem-se maiores deslizamentos para a frente, em relação aos laterais.

Tempo de contato dentário

Graf determinou que, habitualmente, num indivíduo sadio, o tempo total dos contatos dentários nas 24 horas era de 17,5 minutos, com uma duração média de 0,3 segundo em cada contato dentário. Este tempo de contato é importante para as funções periodontais. Se as forças aplicadas durante a mastigação tiverem direção axial, elas serão distribuídas uniformemente nas fibras do periodonto (o que não ocorrerá quando o alimento não estiver interposto entre as superfícies oclusais), contribuindo para a estabilidade da inserção dentária. Pameijer observou que, quando há desgaste seletivo das cúspides, apresenta-se uma diminuição da duração dos contatos dentários durante a mastigação e, por conseguinte, do tempo de aplicação das forças interoclusais.

Aspectos biofísicos da oclusão dental

A oclusão dental se refere a um processo no qual há justaposição de ambas as arcadas dentárias, de modo que entre ambas se cria um sistema de forças quando em contato; é a força interoclusal. No entanto, como discutido *ut supra* na mastigação, apenas uma fração da área oclusal pode intervir funcionalmente, constituindo a superfície ativa ou triturante, ou equivalente, ou seja, a **área oclusal funcional**, de modo que constitui apenas uma fração da total, por volta de 10% da área anatômica total, que representaria, na existên-

cia de todos os dentes, ao redor de 48 mm². Nesta área se aplica a força mastigatória determinada pela contração muscular levantadora, particularmente o temporal anterior. Deste modo, proporcionalmente a aplicação de uma força de 20 kg nos incisivos seria equivalente — em base a valores pressóricos — a 90 kg sobre o molar, partindo da base de que a **pressão interoclusal (Pio)** corresponde à relação estabelecida entre a **força mastigatória (Fm)** e a **área oclusal funcional (Af)**.

$$Pio = \frac{Fm}{Af}$$

Na oclusão outras forças também agem no dente, porque há ainda contração dos músculos no lado **vestibular**, como do orbicular labial e do bucinador, em especial, bem como no lado **lingual**, produzido pelos músculos glóssicos, além de existirem forças de contato entre dentes adjacentes. Este conjunto de forças aplicadas durante a oclusão dental representaria a **força oclusal total**, porque é determinada pelo somatório de todas aquelas que são aplicadas sobre o dente. Por sua vez, a força oclusal total determina uma série de forças correspondentes de **reação por parte do dente**, que se evidenciam nas **faces laterais e na raiz**. Acerca deste último ponto, deve-se destacar que existem forças exercitadas sobre o dente pelas mesmas **estruturas ósseas** de suporte, em resposta ao conjunto de forças exercidas sobre o dente. Todo este complexo sistema de forças aplicadas durante a mastigação, obviamente, vai redundar no alimento interposto nas superfícies oclusais, como nas estruturas elásticas do mesmo dente. De fato, as forças a atuar sobre o dente deverão determinar equilíbrio entre estas, de modo a manter a posição também equilibrada do dente. Se este **equilíbrio de forças** não for atingido, isto é, sem chegar a estabelecer valor zero, ocorrerão necessariamente **deslocamentos do dente**, que vão determinar maiores respostas reativas ainda do osso adjacente. Estas forças são transmitidas para o dente, obviamente, através do **ligamento periodontal**, que distribui as forças, particularmente as reativas através da superfície radicular dentária. Obviamente, as forças maiores têm lugar ao se mastigarem alimentos de alta consistência em que, sendo a força mastigatória maior, por exemplo, ao redor de 10 kg, se aplicada sobre uma superfície de 6,5 mm², resulta uma pressão interoclusal de 1,53 MPa, pressão alta, capaz de destruir o alimento. Ao respeito, Pedroso de Lima demonstra que num pré-molar a aplicação de uma **força excêntrica \vec{F}** sobre a superfície oclusal — de modo que E representaria o eixo maior do dente, C₁ e C₂ os planos mesodistal

e vestibulolingual, M₁ e M₂ os efeitos de flexão sobre os planos C₁ e C₂ — considerando as forças \vec{F} como componentes verticais e horizontais das reações provocadas pela carga axial aplicada e exercidas sobre a raiz dentária, como aparece na Fig. 25-3. Neste caso, as forças, \vec{v} , \vec{h} , \vec{a} e \vec{b} , representariam os esforços respectivos desenvolvidos no material dental segundo as direções da vertical e da horizontal e nos planos C₁ e C₂.

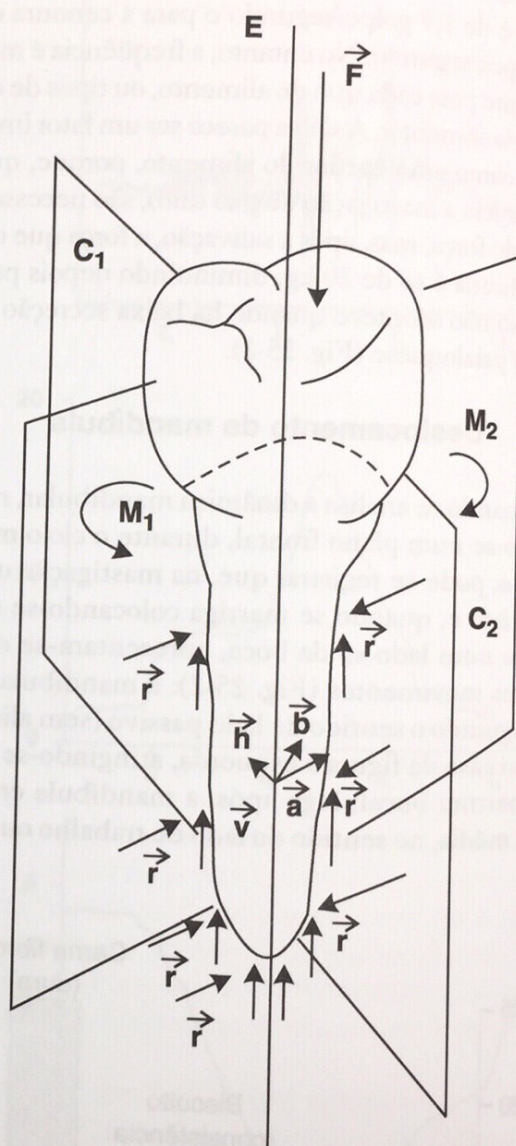


Fig. 25-3 – Diagrama relativo à aplicação de forças sobre o dente. Uma força excêntrica \vec{F} é aplicada na superfície oclusal. C₁ e C₂ representam respectivamente os planos mesodistal e vestibulolingual do dente. M₁ e M₂ são os efeitos de flexão exercidos no material nos planos C₁ e C₂. As forças \vec{r} são os componentes verticais e horizontais das reações executadas sobre a raiz, determinadas pelas estruturas periodontais, promovidas pela carga axial aplicada. As componentes forças, \vec{v} , \vec{b} , \vec{h} , \vec{e} e \vec{a} , se referem aos reforços desenvolvidos no material promovidos pelas direções vertical, horizontal e planos C₁ e C₂. Baseado, com leves modificações, em Pedroso de Lima, 2000.

Ora, estando os dentes posicionados adequadamente, obtêm-se **transmissão, repartição e equilíbrio** da ação das forças atuantes, havendo só movimentos exíguos e reversíveis do dente. Contudo, havendo contatos interdentes alterados, haveria como decorrência, quer ingressão ou intrusão, quer egressão ou extrusão do dente adjacente, bem como ocorrem **deslizamentos e rotações**.

Sob o ponto de vista fisiológico, deve-se salientar que a **integral das forças** em relação ao tempo, isto é, o produto do **valor médio da força pelo seu tempo** de atuação, seria fator relevante no que diz respeito à magnitude da reação funcional do osso perante a força aplicada.

Em condições fisiológicas, as maiores forças exercitadas sobre o dente, bem como promovidas por ele mesmo, ocorrem naturalmente durante a mastigação; mais ainda, se o processo mastigatório for exclusiva ou preferentemente unilateral. Nestas condições, o **alimento interposto** na interface oclusal apresenta uma peculiaridade física, porque não haveria, de fato, aposição direta das superfícies oclusais dos dentes. Poder-se-ia demonstrar este fenômeno através de ligação das saídas de uma fonte de tensão elétrica a fios condutores apropriados, adaptando-os aos molares, respectivamente, superior e inferior. Determina-se, assim, que somente há passagem de corrente elétrica na deglutição e não na mastigação. Ora, havendo na mastigação elementos como atividade elétrica do músculo levantador da mandíbula, força contrátil aplicada no dente e distância oclusal, tal como se exhibe na Fig. 25-1, pode-se detectar que, durante a contração isotônica, a força muscular é praticamente constante, mas, quando a distância oclusal for mínima, a contração passa a ser isométrica, incrementando-se então a força aplicada e constituindo-se a **força máxima desenvolvida**. Ora, estando o alimento colocado entre as superfícies oclusais dos dentes em aposição, a força mastigatória será exercida sobre dito alimento. Fisicamente, o alimento apresenta certa **rigidez ϵ** , enquanto é gerado um **módulo de compressão, E**, estabelecendo-se uma relação, **R**, entre ambos, de modo que:

$$R = \frac{\epsilon}{E}$$

De modo que R, para um alimento de elevada consistência, E alto, como carne dura, desenvolverá um valor $R = 0,14$.

Ora, considerando-se — de acordo com a Fig. 25-4 — a **superfície funcional** é igual nos lados vestibular (A_2) e lingual (A_1) de pré-molares e molares, sendo A_3 aquela da cúspide vestibular C_V de um

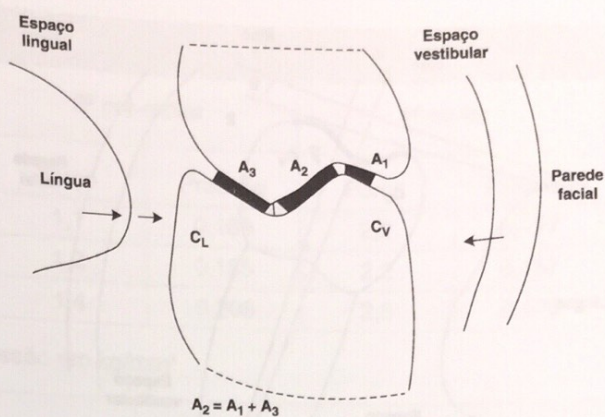


Fig. 25-4 – Esquema relativo às superfícies ativas promovidas durante a mastigação (fase de apertamento ou pressão interoclusal). A representa as diversas superfícies oclusais atuantes: A_1 , superfície vestibular cuspídea anterior; A_2 , superfície vestibular cuspídea; A_3 superfície oclusal lingual, de modo que, segundo o equilíbrio atingido pela distribuição de forças, A_2 seria equivalente ao somatório de $A_1 + A_3$. C_L , vertente da cúspide lingual; C_V , vertente da cúspide vestibular.

molar inferior, pelo que esta resultaria ser igual à soma das superfícies vestibulares de mastigação, A_1 e A_2 nas duas cúspides, de modo que:

$$A_2 = A_1 + A_3$$

Partindo-se destes princípios básicos, é possível determinar a **direção da força mastigatória** para intervalos conhecidos do ângulo plano cuspídeoano, a partir do qual se podem estabelecer combinações de **ângulos de mastigação**.

À aplicação da análise das forças dentárias, podem-se obter algumas conclusões importantes, como referentes à **forma do dente** e à presença de **cúspides**. No molar humano, a cúspide lingual resulta mais saliente que a vestibular; mas, devido à inclinação dos dentes na mandíbula, o vértice da cúspide lingual fica em nível inferior à cúspide vestibular, como pode ser evidenciado na Fig. 25-5. Deste modo, podem configurar-se linhas eixos, uma passando pelo centro da raiz (eixo de Y) e outra correspondente à perpendicular da anterior (eixo de X). Sendo assim, o plano dos vértices cuspídeos determina o ângulo q com o eixo de X, mas descendo do lado vestibular para o lingual. Deste modo, durante a mastigação, a força resultante a agir sobre o dente deve apresentar uma linha de ação seguindo o eixo axial do mesmo, ou seja, pelo centro da raiz, de modo a impedir a formação de um **momento**, além de passar pelo centro da superfície funcional lingual da cúspide vestibular, o que efetivamente ocorrerá se

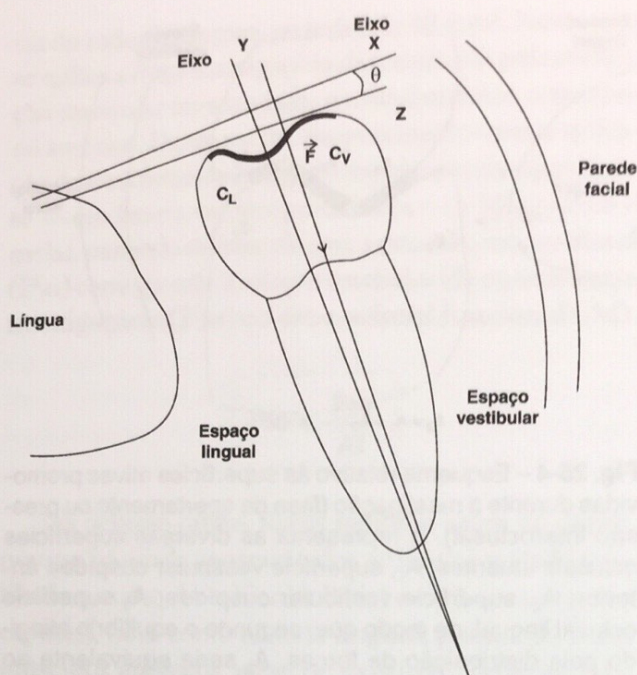


Fig. 25-5 – Esquematisação dos eixos dentários, em que Y representa o eixo axial do dente; X corresponde àquele eixo perpendicular a Y. \vec{F} , a força aplicada na superfície oclusal, que é destacada. Entre X e Z, que corresponde ao eixo supracuspídeo, passa sobre as cúspides dentárias, determina-se o ângulo θ , que vai diminuindo em sentido lingual, dado pela situação da cúspide lingual (C_L), mais baixa que a vestibular (C_V). Maiores detalhes no texto. Extraído de Pedroso de Lima, 2000.

o dente inferior estiver posicionado, de maneira que a direção da mastigação tenha a mesma direção da força que, por sua vez, deve ser normal ao plano dos vértices cuspidéus; para isso acontecer, a cúspide lingual deveria se situar de modo diverso, ou seja, acima da vestibular.

Recomenda-se ao respeito — para maiores detalhes e melhor compreensão — a leitura do livro de Pedroso de Lima, indicado na bibliografia no final do capítulo.

Processos de controle e ajuste da mastigação

Ante a alimentos com características físicas diferentes, os processos de controle da mastigação se referem a diversos, entre os quais vale a pena referir aos que serão discutidos a seguir:

Variação da intensidade da força mastigatória

Como se sabe, a força mastigatória é determinada pela força contrátil dos músculos levantadores da

mandíbula (temporal, masseter, esfenomandibular e pterigóideo medial) e, por conseguinte, para controlar a intensidade da força mastigatória, os mecanismos adaptativos devem agir primariamente na atividade mecânica destes músculos. Isso foi estudado por Howell e Brudevold usando transdutores de pressão incluídos em dentes artificiais e examinando alimentos de diferentes características físicas, como o **amendoim**, que é frágil e mole; o **coco**, mais duro, porém fragmentável; e as **uvas-passas**, alimento seco, resistente e fibroso. Determinaram que o somatório das forças medidas para os dois pré-molares e o primeiro molar era de 3,7 kg para o amendoim, 4,1 kg para o coco e 4,9 kg para as passas. Assim, a maior força exercida corresponde ao alimento mais duro (passas), significando que o alimento duro produz um sistema adaptativo capaz de aumentar a força mastigatória para este tipo de alimento. Isso graças à interferência dos botões terminais do periodonto, que regulam adaptativamente a força mastigatória. Aliás, os mesmos autores determinaram que a força máxima registrada foi de 7,2 kg ao nível do primeiro molar, na mastigação das passas. Anderson mediu as forças oclusais produzidas durante uma mastigação normal, encontrando valores entre 6 e 15 kg, apresentando-se um aumento da força, no final da mastigação. Podem-se considerar 10 kg como a **força mastigatória média** na mastigação de uma refeição habitual. Não obstante, a **força mastigatória máxima média** medida com um gnatodinamômetro é de 60 a 70 kg, embora, durante a função mastigatória, empregue-se somente 15 a 20% dessa força mastigatória máxima que os tecidos periodontais podem suportar.

Variações da pressão mastigatória

Como se sabe, a pressão exercida depende da relação entre força e área de aplicação da força, sendo:

$$P = \frac{F}{A}$$

Assim, a pressão que se exerce sobre o alimento é função da área oclusal fisiológica que representa a superfície mastigatória útil.

A contração isométrica dos músculos levantadores da mandíbula, durante a fase oclusal, gera uma força entre os arcos dentários: é a força mastigatória, que determina uma pressão interoclusal ou intercuspidiana diferente, segundo a área onde age, apresentando-se maior quando se refere a áreas reduzi-

Tabela 25-I

Alimento	1º pré-molar		2º pré-molar		1º molar	
	Força	Pressão	Força	Pressão	Força	Pressão
Amendoim	0,4	0,114	1,1	0,169	2,2	0,157
Coco	0,7	0,196	1,2	0,185	2,2	0,157
Uvas-passas	1,0	0,286	1,4	0,208	2,5	0,179

Força em kg; Pressão em kg/mm²

das. Este princípio físico é de importância clínica, no sentido de envolver áreas de contato pequenas (ou pontos de contato) no caso de reconstituição oclusal; melhorando-se assim a eficiência mastigatória, pelo que se reduz a duração dos contatos dentários durante a oclusão. Howell e Brudevold determinaram que os alimentos mais resistentes (coco e uvas-passas) eram mastigados preferentemente no pré-molar. A distribuição dentária, segundo a consistência do alimento, pode ser vista na Tabela 25-I.

Os alimentos mais duros, como as passas, recebem, então, uma força maior e são colocados ao nível dos pré-molares e o primeiro pré-molar representaria o dente que, com maior eficiência, atuaria na mastigação de alimentos mais duros, devido à sua menor superfície oclusal, em relação à força exercida, que é também considerável, só algo menos que molar, onde a força mastigatória é máxima.

Variações do número de golpes mastigatórios

Refere-se ao número de contatos interdentários produzidos durante a mastigação habitual, que dependem também das qualidades físicas do alimento; por exemplo, uma cenoura crua, quando mastigada, precisa de 2,1 golpes/segundo, enquanto uma maçã crua somente 1,0 golpe/segundo. Na Fig. 25-2, pode-se apreciar o número de golpes para três variedades de alimento: maçã (mole), carne (dura) e biscoito (consistência intermediária).

Distribuição do alimento durante a mastigação

Quando a mastigação é **bilateral**, isto é, o alimento é distribuído homogeneamente nos dentes — tanto direitos como esquerdos — apresenta-se uma distribuição também uniforme das forças mastiga-

tórias nos tecidos de suporte do dente, o que facilita a estabilidade dos tecidos periodontais e, por outra parte, harmoniza-se também a oclusão, e a atividade dos músculos mastigatórios apresenta-se bilateralmente sincrônica. O padrão bilateral de mastigação seria a situação ideal que se manifesta quando há uma harmonia funcional dos diversos componentes do sistema estomatognático. Posselt estabeleceu que, em pessoas saudáveis, com dentadura natural completa, somente 10% apresentam mastigação **bilateral simultânea**, enquanto 75% o fazem apresentando um padrão mastigatório **bilateral alternado**. Nos 15% restantes, a mastigação é exclusiva **unilateral**, direita ou esquerda. Então, nos casos de mastigação unilateral, estimulam-se apenas as estruturas do lado de trabalho (Fig. 25-6), impedindo-se, no lado inativo, o desgaste fisiológico das cúspides dentárias, possibilitando-se interferências oclusais inadequadas e favorecendo-se a instalação de placas

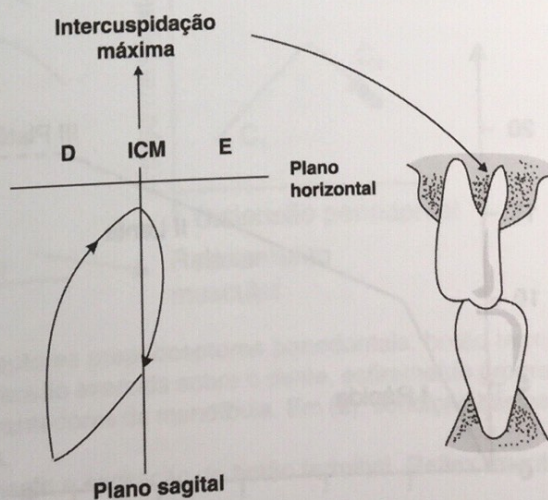


Fig. 25-6 – Esquema dos movimentos da mandíbula registrados em plano frontal. Mastigação unilateral direita. ICM – intercuspidação máxima. D – Direita. E – Esquerda.

dentais bacterianas (produção ulterior de cáries e distúrbios do periodonto). A causa mais freqüente da mastigação unilateral é a limitação da mobilidade articular (ATM) por dor, por exemplo, ou bem, por doenças periodontais, ausência de dentes, adaptações frente a interferências oclusais, ou contatos prematuros.

Mobilidade dentária

Acreditava-se, anteriormente, que o dente estava pregado (compressão) no alvéolo; mas não está ancorado em posição rígida, mas sim **suspense** dentro da cavidade alveolar por um tecido conectivo amortecedor complexo, com importantes propriedades hidrodinâmicas representadas pela **membrana periodontal**. Isso permite ao dente certo grau de deslocamento ou movimentação fisiológica, que se apresenta, em especial, durante a função mastigatória; é a **mobilidade fisiológica dentária** pela qual o dente pode resistir às pressões, obviamente dentro de certos limites, evitando-se sua lesão, já que a energia pressórica aplicada sobre o dente é absorvida por esta mobilidade fisiológica. Foi determinado por Mühlemann que, quando uma força for exercida sobre o dente, esta mobilidade dentária apresentar-se-á em fases (Fig. 25-7). A primeira (I) ocorre rapidamente, em forma linear e, logo após, apresenta-se uma mobilidade menor, lenta, especialmente quando se aplicam forças maiores (II). Com pressão além de 500 g, não se produz já nenhuma mobilidade dentária (III), evocando-se a sensação de pressão. Em estudos experimentais realizados em macaco, concluiu-se que a primeira fase rápida de Mühlemann deve-se ao **estiramento paulatino das fibras periodontais**

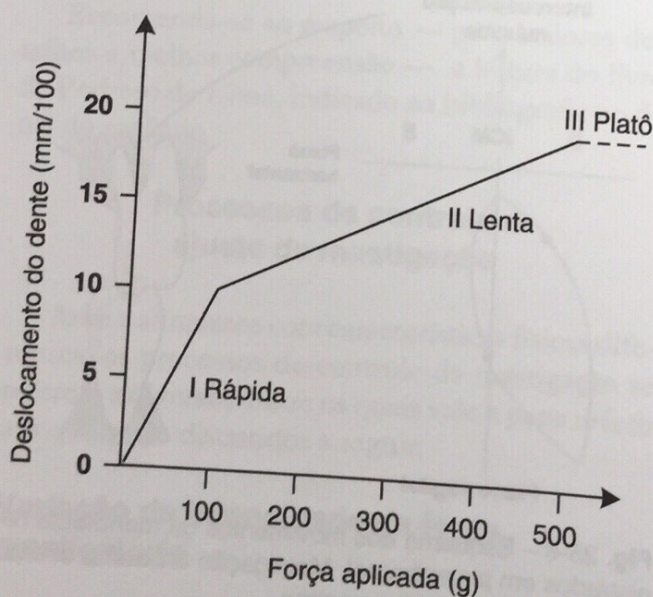


Fig. 25-7 – Efeitos na mobilidade dentária (mm/100) de uma força crescente aplicada no dente.

e às mudanças do volume, em certas áreas periodontais. A **segunda fase** deve-se à **deformação elástica das paredes da cavidade alveolar**, daí sua maior lentidão constituída pelo ligamento elástico periodontal. A primeira fase de Mühlemann, por tratar-se de um tecido elástico, foi denominada mobilidade fisiológica primária (60 a 65%), dependente da membrana periodontal, constituída pelo ligamento elástico periodontal. A segunda fase corresponde à mobilidade fisiológica secundária (35 a 40%) e é dependente da elasticidade do osso alveolar. Estas mobilidades podem ser aplicadas tanto no movimento axial como no horizontal sobre o dente, existindo diferenças entre eles, devido à natureza da fibra e ao ângulo da força aplicada. A fase III refere-se àquela em que o periodonto esgotou a sua capacidade compensadora, aumentando fortemente a tensão das fibras, que pode levar à ruptura.

Verificou-se que a mobilidade dentária fisiológica é bem maior nas **crianças**, e levemente superior no **sexo feminino**, em relação ao masculino. Na mulher **grávida**, exagera-se esta mobilidade dentária, como se registra na fase progestacional do ciclo menstrual, indicando que causas hormonais, ligadas à taxa de progesterona (e, em menor grau, também estrógenos), determinariam esta maior capacidade de deslocamento do dente na mulher. Agora, considerando-se o tipo de dente, verificou-se que a mobilidade fisiológica é maior nos incisivos, especialmente nos inferiores. A mobilidade dentária fisiológica também flutua de acordo com o ciclo circadiano, sendo mais alta de **manhã cedo**, logo após o despertar (acrofase às 6 h), e bem menor à tarde (batifase ao redor das 18-19 h).

A fisiologia da mobilidade dentária é muito importante para a **estabilidade dentária**, dependente do balanço estabelecido entre as forças que agem sobre o dente (forças musculares oclusal, vestibular, lingual) e, por outra parte, à resistência dos tecidos de suporte do dente (periodonto, alvéolo). Ora, quando há equilíbrio, fala-se de **biomecânica dentária positiva**. Quando se apresentam maiores exigências funcionais, os tecidos periodontais podem adaptar-se, apresentando-se mudanças tissulares nas fibras periodontais, cemento e osso alveolar, como sinais de hiperfunção adaptativa, como ocorre, por exemplo, quando um indivíduo sofre de bruxismo, prolongadamente; se não houver **compensação periodontal** adequada, há diminuição da estabilidade dentária e apareceria mobilidade dentária patológica. Neste último caso, pode tratar-se de **trauma oclusal primário**, no qual a sobrecarga oclusal ultrapassa a capacidade de adaptação fisiológica do periodonto. Por outro lado, se houver falha na capa-

cidade de adaptação periodontal, frente a cargas oclusais normais, isto é, havendo doença periodontal, fala-se de **trauma oclusal secundário**. Nos dois casos de trauma oclusal, existiria perda da estabilidade dentária e a mobilidade dentária exagera-se, sendo agora considerada patológica; trata-se de **biomecânica dentária negativa**.

MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO DO PERIODONTO

Resistência da membrana periodontal

As fibras periodontais de estrutura colágena são aparentemente rígidas, pouco estáticas, e, no trajeto entre o cemento e o alvéolo, descrevem amplas ondulações. Quando carregadas, perdem gradualmente a ondulação, **tornando-se mais retas**. O estira-

mento da fibra do periodonto leva paulatinamente a **aumento de tensão**, devido à absorção parcial da força aplicada sobre o dente. O estiramento da fibra alonga os receptores de botão terminal que reflexamente determinam maior força contrátil do músculo levantador (vide Fig. 25-8); no entanto, o aumento da tensão periodontal estimula os mecanorreceptores encapsulados periodontais do tipo anel terminal, que excitam o reflexo modulador da intensidade da contração dos músculos levantadores da mandíbula até chegar a relaxamento do músculo (Fig. 25-8).

Consultar Cap. 22 sobre a fisiologia das funções oclusais posturais.

Relação entre área oclusal e periodontal

A força remanescente, não absorvida pelas fibras periodontais, exerce tensão sobre a membrana perio-

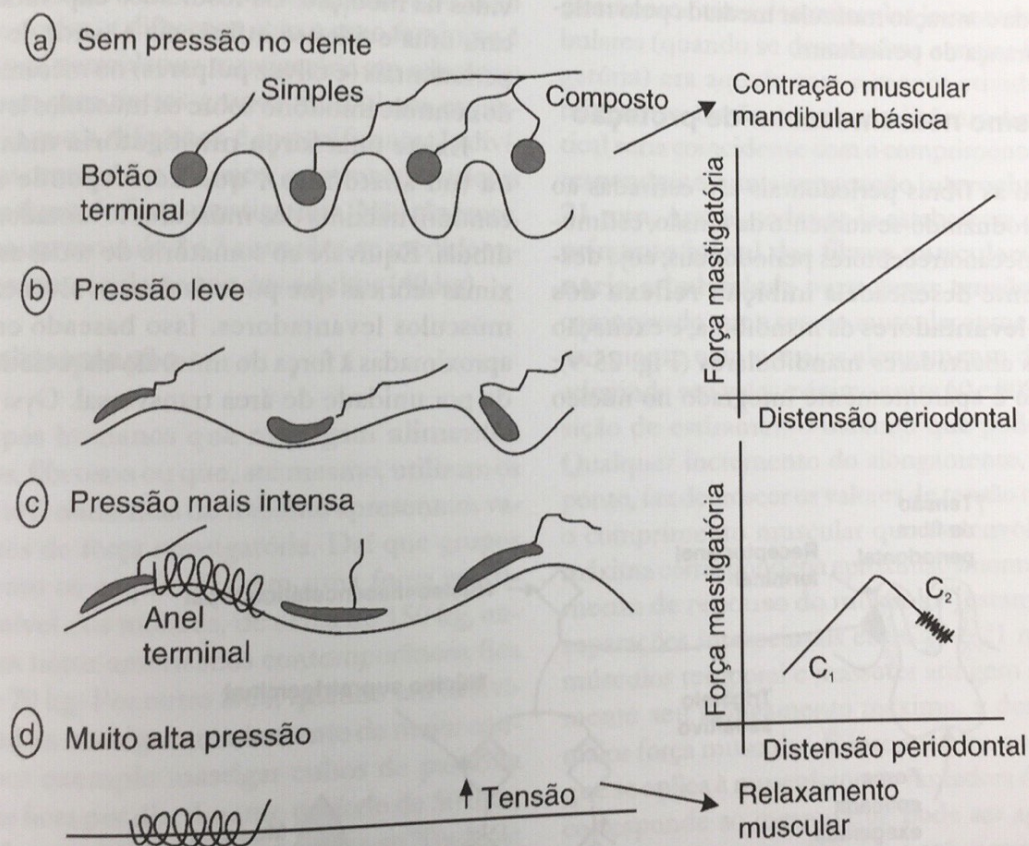


Fig. 25-8 – Esquema representativo da função de dois receptores proprioceptores periodontais: botão terminal e anel terminal. De cima para baixo: vai se incrementando a pressão exercida sobre o dente, estiramento progressivo do ligamento periodontal e resposta reflexa dos músculos levantadores da mandíbula. Em (a), condição básica, sem maior pressão sobre o dente; há contração muscular básica. Em (b), aumenta a pressão, produz-se estiramento do ligamento e excitação do botão terminal. Reflexamente, determina-se maior força contrátil, do músculo levantador. Em (c), sendo bastante elevada a pressão sobre o dente, primeiro estimula-se o botão terminal e há maior contração muscular levantadora (C_1), mas, logo após, há aumento da tensão da fibra com estimulação do anel terminal, gerando-se depressão da contração do músculo levantador (C_2). Em (d), quando a pressão supradental for exageradamente elevada, a tensão do ligamento é também muito alta, produzindo-se — através do anel terminal — depressão do músculo levantador, e a mandíbula cai.

dontal e o osso alveolar que, como se sabe, oferecem uma superfície bem maior que a área oclusal (2:1). Agora sabe-se que a área oclusal fisiológica é 10 vezes menor que a anatômica; de modo que a força aplicada se distribui, então, por uma **superfície radicular aproximadamente 20 vezes maior** (10×2). A absorção das forças mastigatórias pelas fibras de inserção dentária e pela ampla superfície radicular determina que a pressão exercida sobre o periodonto seja muito menor que aquela da superfície oclusal, que é a que age sobre o alimento (interposto na superfície oclusal); tudo para uma mesma força muscular, produzida pela contração muscular dos levantadores. Isso levou a postular a hipótese de que o homem primitivo poderia ter suportado forças mastigatórias bem maiores, comendo alimentos muito duros e insuficientemente cozidos, decorrente da existência de um periodonto muito mais forte, que resistia a altas forças sem maior deformação e sem chegar a inibir a intensidade da contração muscular mediada pelo reflexo de segurança do periodonto.

Mecanismo neuromuscular de proteção

Quando as fibras periodontais são estiradas ao máximo, produzindo-se aumento da tensão, estimulam-se os mecanorreceptores periodontais, cuja descarga aferente desencadeia **inibição reflexa dos músculos levantadores** da mandíbula, e excitação reflexa dos abaixadores mandibulares (Fig. 25-9); este reflexo é aparentemente integrado no núcleo

supratrigeminal, que corresponde ao núcleo intermediário entre o mesencefálico e o motor do trigêmeo, ponto de convergências aferentes de diversas origens, mas preferentemente bucais, faríngeas e, talvez, corticais ou límbicas.

Medição da força mastigatória

Realiza-se por meio de **gnatodinamômetro** que, basicamente, consta de duas placas metálicas, colocadas na superfície oclusal dos dentes. Mede a força gerada entre as superfícies oclusais, como da mordida desenvolvida entre ambas as placas que, por transdução de pressão e pré-amplificação subsequente, podem ser registradas num polígrafo.

A força interoclusal máxima (mordida), ou força mastigatória máxima (no caso de haver mastigação), segundo Schroeder e van Steenberg, exibe-se maior após a anestesia local dos dentes antagonistas envolvidos na medição. Os resultados experimentais indicam uma evidente influência a partir de receptores periodontais (e talvez pulpares) no mecanismo neural do controle inibitório sobre os músculos levantadores.

Existe uma **força mastigatória máxima teórica** (ou anatômica), que corresponde à potência contrátil máxima dos músculos levantadores da mandíbula. Equivale ao somatório de todas as forças máximas teóricas que poderia desenvolver cada um dos músculos levantadores. Isso baseado em medidas aproximadas à força do músculo esquelético exprimido por unidade de área transversal. Gysi e Ficken a

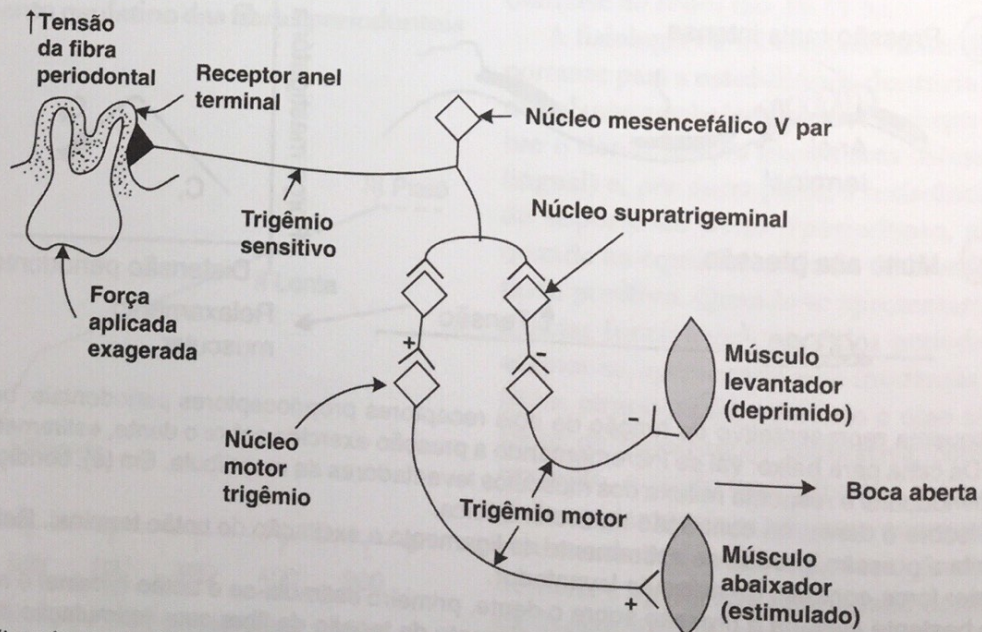


Fig. 25-9 – Efeitos da excitação de mecanorreceptores periodontais na contratilidade dos músculos levantadores e abaixadores da mandíbula. Refere-se ao reflexo de proteção do periodonto provocado por aplicação de força elevada no dente.

determinaram como valores situados entre 210 e 400 kg/cm² no músculo isolado, sem ligação com o esqueleto ósseo. Porém, a **força máxima mastigatória efetiva** (ou fisiológica) corresponde àquela força medida entre ambos os arcos dentários, mediante gnato-dinamômetro, durante a **contração máxima voluntária** dos músculos levantadores: esta é, em média, 60 a 70 kg/cm². A fração de força utilizada fisiologicamente não é dependente apenas da potência muscular elevadora, mas também da interferência dos fatores limitantes reflexos que têm caráter modulador.

FATORES GERAIS CONDICIONANTES DA FORÇA MASTIGATÓRIA

Entre eles, cabe destacar os seguintes:

Sexo e idade

A força mastigatória é levemente maior no sexo masculino; porém, a diferença com o sexo feminino é bem menor na musculatura mastigatória em relação ao que acontece com outros grupos musculares esqueléticos, pelo que a diferença é insignificante. Indivíduos jovens, entre 15 e 20 anos, apresentam valores um tanto maiores de força mastigatória. Não obstante, em crianças em torno de 2 a 3 anos têm-se medido valores já bastante similares aos dos adultos (40 kg).

Tipo de alimentação

Os grupos humanos que mastigam **alimentos mais duros, fibrosos** ou que, até mesmo, utilizam os dentes como ferramentas de trabalho apresentam valores maiores de força mastigatória. Daí que grupos étnicos, como os esquimós, têm uma força mastigatória, ao nível dos molares, de cerca de 150 kg, enquanto a dos norte-americanos contemporâneos fica ao redor de 70 kg. Por outro lado, quando um indivíduo é treinado a mastigar um elemento de maior consistência, por exemplo mastigar cubos de parafina durante uma hora por dia, durante período de 50 dias, após este, a força mastigatória incrementa-se 20 a 25%; porém, duas semanas após suspensa a experiência, a força mastigatória retorna a seus níveis iniciais. Algo similar acontece com os indivíduos que exibem mastigação unilateral, cuja força mastigatória é também maior, mas só localizadamente no lado ativo.

Grupos dentários

Os maiores valores de força mastigatória registram-se ao nível do **primeiro molar** e os mais baixos ao ní-

vel do incisivo. Isso se deve à favorável posição para os dentes posteriores pela inserção dos músculos levantadores e à característica de maior área de suporte dentário (ou superfície radicular periodontal).

Posições mandibulares no plano sagital

Ora, analisando-se a maior força mastigatória em relação à posição da mandíbula, e considerando-a num plano sagital, foi demonstrado por estudos em desdentados totais que mostraram valores mais altos de força mastigatória obtidos quando há separação intermaxilar próxima à oclusão cêntrica. Outros autores determinaram que com uma distância interoclusal de aproximadamente 8 mm, o masseter gera sua maior tensão muscular. Nos trabalhos de **Manns e Spreng**, com registros intra- e extra-orais da força mastigatória, determinou-se, em indivíduos sadios com dentadura normal completa, que o comprimento inicial fisiologicamente ótimo dos músculos levantadores mandibulares (quando se desenvolvia a maior força mastigatória) era aquela com a menor atividade eletromiográfica. Então, nessas condições, a dimensão vertical seria coincidente com o comprimento ótimo correspondente a uma **separação interoclusal de 13 a 21 mm**. Assim, poder-se-ia estabelecer que o **comprimento inicial das fibras musculares determina a habilidade para gerar tensão ativa**. Foi comprovado que a tensão muscular aumenta progressivamente com o maior alongamento do músculo, atingindo seu valor máximo entre 60 e 80% da sua posição de estiramento máximo que poderia atingir. Qualquer incremento do alongamento, além desse ponto, faz decrescer os valores de tensão obtidos. Ora, o comprimento muscular que desenvolve a tensão máxima corresponderia aproximadamente ao **comprimento de repouso do músculo**. Justamente com as separações interocclusais entre 13 e 21 mm é que os músculos temporal e masseter atingem aproximadamente seu alongamento máximo, e desenvolvem a maior força muscular. É interessante que o princípio que se aplica à musculatura levantadora da mandíbula corresponde ao mesmo que pode ser aplicado a outros músculos esqueléticos, e até mesmo ao coração (lei de Frank Starling ou auto-regulação heterométrica do coração).

Posições mandibulares no plano horizontal

Foi demonstrado que a força mastigatória medida, em posições mandibulares laterais extremas ou em condições de protrusão e retrusão, é muito mais baixa que

a registrada aproximadamente no eixo vertical na posição de intercuspidação máxima, ou oclusão cêntrica.

Estado dos dentes

Este fator parece muito importante na força mastigatória máxima funcional. Por exemplo:

a) **Em condições patológicas dentárias:** cáries, pulpite, periodontite, ou lesões periapicais, alteram definitivamente a função mastigatória, limitando a força mastigatória exercida, aparentemente visando a reduzir a dor ou objetivando a imobilização frente à dor.

b) **Doença periodontal:** na periodontite, diminuem tanto o elemento ósseo como o fibroso do periodonto, aumentando mobilidade do dente e diminuindo força mastigatória. Quanto maior for a reabsorção óssea alveolar, menor será a eficiência ao aplicar força sobre o dente. Nestes casos, também o limiar à dor está francamente diminuído. Vide Fig. 25-10.

c) **Portadores de próteses:** nestes pacientes, frequentemente se observa redução da força mastigatória, mesmo em casos de próteses removíveis parciais. Nestes casos, não há limites determinados pelos pressoreceptores periodontais, ficando somente, como elementos de controle, os receptores de tato e pressão da mucosa gengival e palato duro, de menor eficiência que os receptores periodontais. Cabe insistir no propósito de que os mecanorreceptores periodontais devem ser considerados como **moduladores da força mastigatória** e não somente como fatores de freio da força de mastigação (Fig. 25-9). Quando as fibras são distendidas, existem duas fa-

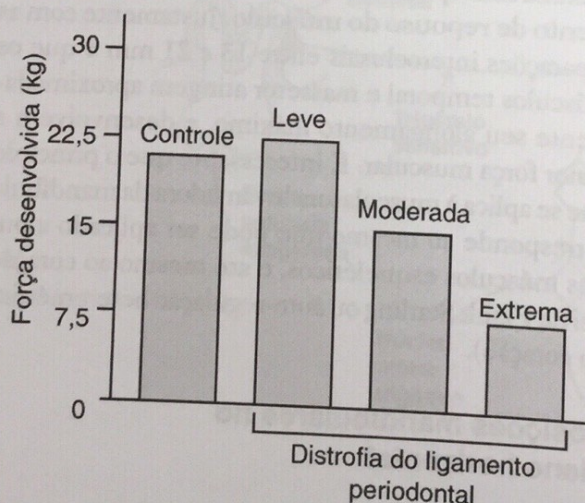


Fig. 25-10 – Efeitos da alteração do periodonto na força mastigatória (desaparece o mecanismo modulador exercido pelo periodonto na regulação da força da mastigação).

ses, numa há mais excitação dos mecanorreceptores e maior contratilidade muscular, mas posteriormente inibição do núcleo motor do V par; porém, quanto mais as fibras ficam onduladas pela menor tensão, menos estes receptores são excitados, e reduzida é a frequência de impulsos inibitórios sobre o núcleo do trigêmio, liberando-o, e estimulando mais os músculos levantadores da mandíbula, pelo aumento de sua força contrátil. No caso dos portadores de prótese ou na periodontopatia abrangente, falta este elemento modulador; pelo que a força de contração cai, faltando o estímulo que pode inibir, ou excitar, o motoneurônio do trigêmio (Fig. 25-8).

Aliás, a média da força mastigatória máxima funcional registrada em pacientes portadores de prótese total é de 12 kg ao nível dos molares, ou seja, apenas 20 a 25% dos indivíduos com dentadura natural. Nos indivíduos com prótese, também a força de mastigação continua sendo maior a nível molar que do incisivo. Nos indivíduos normais, a força mastigatória, durante a mastigação habitual, não ultrapassa os 15 kg e a máxima funcional, que se pode medir, está ao redor de 60 a 70 kg, estabelecendo-se uma relação de 4:1 entre a força máxima que se pode desenvolver entre os dentes e aquela que efetivamente se utiliza, ao mastigar habitualmente. Nos pacientes com prótese, a força mastigatória máxima funcional tem um valor semelhante. Daí, pode-se concluir que a força mastigatória máxima do portador de prótese é só aquela requerida para a mastigação, desaparecendo a faixa de segurança entre a capacidade de exercer a força mastigatória máxima e a força média efetivamente usada na mastigação. Esta menor potência mastigatória dever-se-ia à tolerância mais baixa dos tecidos de suporte das próteses comparadas aos de sujeitos com periodonto na dentadura normal. Porém, também poderia ser uma atitude de temor ao eventual desprendimento ou quebra da própria prótese, ou ainda devido à diminuição da potência muscular, após a perda dos dentes e, conseqüente, do periodonto. Deve-se acrescentar que uma prótese parcial removível inferior implicaria considerável melhoria da função mastigatória.

Quando há alterações da articulação temporomandibular, os valores da força mastigatória se apresentam mais baixos.

Características do esqueleto craniofacial

Encontram-se valores altos de força mastigatória máxima funcional, quando há **prognatismo inferior, base mandibular arqueada ou ângulo gônio reduzido**. Manns observou que indivíduos com rota-

ção mandibular para a frente e menor ângulo goníaco apresentavam uma dimensão vertical ótima de maior desenvolvimento de força mastigatória com distância interoclusais próximas à oclusão dentária (13 a 16 mm). Enquanto isso, em indivíduos com rotação da mandíbula para trás e maior ângulo goníaco, a dimensão vertical ótima se apresenta a distâncias interoclusais mais afastadas da oclusão dentária (18 a 21 mm).

IMPORTÂNCIA FUNCIONAL DA FORÇA MASTIGATÓRIA

A menor força mastigatória que se apresenta nos portadores de prótese leva-os à seleção de alimentos mais moles, de menor consistência, para evitar o dilema de aumentar a força mastigatória com alimentos mais duros. Por outro lado, a limitação da força mastigatória dos indivíduos desdentados (total ou parcialmente) leva a uma diminuição da ingestão alimentar que, em anciãos e fracos, pode conduzir a estados de subnutrição que podem produzir outras alterações funcionais importantes, como quadros infecciosos e alterações da imunidade, além de transtornos digestivos.

RENDIMENTO MASTIGATÓRIO

Entende-se por rendimento ou eficiência mastigatória o grau obtido de trituração ou moagem a que é submetido o alimento, após um número determinado de golpes mastigatórios. Em termos fisiológicos, rendimento ou eficiência inclui a relação existente entre trabalho mecânico útil realizado em consideração à energia consumida, avaliada esta última pelo consumo de O₂. Assim, o rendimento é:

$$R = \frac{W}{Q_{O_2}}$$

Em que:

R = rendimento energético.

W = trabalho produzido.

Q_{O₂} = consumo de O₂.

Aplicando este princípio à fisiologia estomatognática, ter-se-ia que:

$$W = F \times I$$

Em que:

F = frequência mastigatória (número de golpes mastigatórios na unidade de tempo).

I = intensidade mastigatória, isto é, força mastigatória aplicada.

Mas realizar esta medição em condições de estudo clínico resulta um tanto complexo, determinando a preferência por um método menos rigoroso conceitualmente, porém mais prático, sob o ponto de vista informativo, como seria: avaliar a moagem pela **porcentagem de trituração** atingida, após um trabalho padronizado, ou seja, após um determinado número de golpes mastigatórios efetuados. Os métodos mais comumente usados consistem em instruir um indivíduo para mastigar uma certa quantidade de alimento teste, como amendoim (Manly), cenoura (Kapour), ou outros, durante determinado número de mastigações. Logo após, cospe-se o conteúdo da boca (não se deve engolir nada) e, através da passagem por uma peneira padronizada, avaliam-se os pedaços grandes e pequenos obtidos. Expressa-se o rendimento pela porcentagem de partículas pequenas que passam pela peneira, em relação à massa total do alimento mastigado. Entre os procedimentos mencionados, o mais usado é o **teste de Manly** em que o indivíduo coloca na boca 3 g de amendoim (alimento mole, de bastante homogeneidade quanto à consistência); mastiga-o 20 vezes (20 golpes mastigatórios); após esse tempo, sem engolir nada, expulsa o conteúdo bucal numa peneira com furos de 3,2 mm de diâmetro. A peneira deixa passar apenas as partículas pequenas (B) e retém as partículas maiores (A). Pesam-se tanto A como B. Denomina-se rendimento (R) pela relação:

$$R = \frac{B}{A + B} \times 100$$

Se R for alto, significa que o rendimento mastigatório é importante, ou seja, em 20 golpes mastigatórios o indivíduo reduz uma massa importante de amendoim a partículas pequenas (B); significa que seu sistema mastigatório é fisiologicamente eficiente.

Considera-se eficiência 100% quando o valor de R for 78%, para um indivíduo adulto normal, com sua dentadura íntegra. Demonstrou-se, entretanto, que o valor deveria ser de fato 88%, quando se considerasse o terceiro molar. Contudo, verifica-se a ausência deste dente numa alta porcentagem da população adulta normal, pelo que é aceito 78% como valor normal (100%). A eficiência será estimada baixa se precisarem de mais golpes para obter um resultado triturador adequado. O rendimento (R) é considerado baixo fisiologicamente, nos primeiros anos de vida, até os 10 anos, quando vai subindo, até completar-se a dentadura. Obviamente, quando a criança inicia a segunda dentição, há novamente uma

queda do rendimento, pela redução da superfície oclusal funcional. O valor R de 78%, ou mais alto, caracteriza a suficiência mastigatória.

EVOLUÇÃO ONTOGÊNICA DA MASTIGAÇÃO

A criança, ao nascer, apresenta certos fenômenos estomatognáticos natos, como sucção, deglutição primária e respiração. Trata-se então de fenômenos de natureza complicada, reflexa não aprendida; a resposta motora complexa apresenta-se, frente a um estímulo, sem exigir aprendizado prévio. São reflexos hereditários, que se apresentam em todos os indivíduos da mesma espécie; a esta altura da vida, tanto as vias como os centros nervosos e os efetores musculares estão perfeitamente desenvolvidos. O reflexo correspondente se efetua sobre vias e conexões sinápticas já estabelecidas, sem precisar do córtex cerebral para sua produção.

Por outro lado, a mastigação, como também a fonoarticulação, aparece mais tardiamente, não de forma espontânea, mas adquirida através do percurso da evolução do indivíduo. Precisa-se, para sua resposta motora, de conhecimento e treinamento prévios e da formação de novas associações sinápticas, precisando, além disso, da participação de centros superiores, particularmente do córtex cerebral, núcleos da base e cerebelo. Trata-se, assim, de uma **atividade reflexa baseada na aprendizagem**. Inicialmente, trata-se de uma atividade instável, pois perde-se facilmente ou pode desaparecer transitariamente; mas, como no caso da mastigação, a associação de estímulos se repete continuamente, podendo-se estabelecer circuitos firmes entre as vias nervosas aferentes e motoras, de tal modo que a função nervosa se realize finalmente de forma automática subconsciente, sem uma participação maior posteriormente do córtex cerebral.

A amamentação inicial da criança é o controle da função digestiva básica pela sucção, que determina movimentos mandibulares *sui generis*, diferentes da mastigação, mas com a participação da musculatura lingual, labial e, preponderantemente, dos faciais, como o bucinador. Quando a criança cresce e começa a **erupção dentária**, estabelecem-se as primeiras relações de contato entre as superfícies oclusais dos dentes, controladas pelos impulsos gerados nos mecanorreceptores periodontais que, permanentemente, estão informando, ao sistema nervoso central, a aposição dentária e a posição da mandíbula. Assim, o permanente bombardeio sensorial bucal leva a movimentos que se traduzem por frendor de

dentes; são os movimentos brúxicos ou bruxiformes, fundamentais no estágio de estabelecimento da mastigação. Inicialmente, levam à formação de reflexo estomatognático do controle posicional da mandíbula, no qual as superfícies oclusais dos dentes ficam em contato. Os primeiros movimentos são pobres e descoordenados como os primeiros estágios de qualquer fenômeno motor aprendido (andar, dançar). Com o amadurecimento ulterior de todo o sistema estomatognático, e o desenvolvimento da dentição total, estabelecem-se padrões de reflexos aprendidos guiados, além da informação dos proprioceptores, sejam periodontais, pela excitação dos mecanorreceptores da articulação temporomandibular, como também dos receptores de tato e pressão da mucosa oral, particularmente da lingual. Logo após, apresentam-se modificações menores, que aperfeiçoam o processo da mastigação, como também levam a uma adaptação morfológica mais eficiente, até das superfícies oclusais dos dentes. Segundo Sherrington, embora a mastigação seja um conjunto de reflexos aprendidos, estes estão baseados em reflexos não adquiridos essenciais, como os de abertura mandibular, de fechamento mandibular, o miotático mandibular, e reflexos posturais que serão analisados a seguir.

CONTROLE NERVOSO DA MASTIGAÇÃO

A mastigação inicia-se como um processo aparentemente voluntário determinado pelo córtex cerebral, quando leva o alimento à boca ou bromatossulipse e, logo após, pela presença do alimento na boca, leva-o, inconscientemente, a fechá-la. O fechamento bucal é determinado pela função de elastância bucal, ou seja, a transdução da característica volume (ΔV) a pressão (ΔP), ou seja, o alimento introduzido na cavidade oral significa apenas um volume (ΔV), mas, pelo fechamento ulterior da boca, o volume, passa a ser transformado em pressão. Vide Fig. 25-11.

A **pressão intra-oral** (ΔP) gerada excita agora o fenômeno reflexo inicial exprimido como reflexo de abertura bucal.

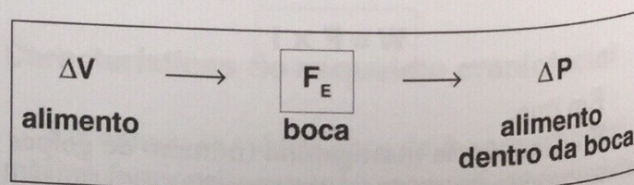


Fig. 25-11 – Função de elastância na boca na introdução do alimento.

REFLEXO DE ABERTURA BUCAL

A pressão gerada dentro da boca se comporta como estímulo eficaz na excitação de pressorreceptores mucosos. Via de regra, estes receptores são complexos e encapsulados, localizados preferentemente na língua, nos lábios, na mucosa palatina e gengival (Fig. 25-12). As zonas de maior densidade de receptores estão localizadas na porção anterior da boca, sendo capazes de diferenciar, com alto grau de precisão, tanto o tamanho, a textura e a forma de qualquer objeto presente na boca. É a chamada **estereognosia bucal**, que vai decaindo com a idade, talvez pelo decréscimo da população de receptores de tato. Os receptores de tato e pressão são excitados pela **pressão ou deformação** do tecido onde se localizam; os impulsos gerados se transmitem pelas vias aferentes do trigêmio, via núcleo mesencefálico (quando determinar resposta reflexa), ou via núcleo sensitivo principal e unidade rostral do núcleo espinhal, dando lugar à sensação já referida. Aliás, foi determinado, em seres humanos, que a estimulação mecânica fraca, ou a excitação elétrica da mucosa oral, dá lugar à inibição dos motoneurônios que inervam os músculos levantadores da mandíbula, detectada pelo período de silêncio, ou **pausa motriz** da atividade eletromiográfica destes músculos. Foi também possível diferenciar dois tipos de mecanorreceptores mucosos, os

de tipo **fásico** e os de **tipo tônico**. Os primeiros somente descarregam, com um trem de impulsos, tanto no começo como no final da deformação mecânica da mucosa (receptores tipo *on-off*). Trata-se de receptores de adaptação veloz. Os mecanorreceptores do tipo tônico apresentam uma descarga mantida enquanto durar a excitação mecânica, devido a uma adaptação mais lenta, mas com ligeira diminuição gradual de frequência. Os mecanorreceptores mucosos, além de precipitar o reflexo de abertura bucal, fornecem a sensação de contato mucoso e, nos casos de portadores de prótese, também a sensação de contato oclusal. Existe, porém, uma diferença quanto aos limiares receptivos oclusais, pois, em pacientes portadores de prótese total, registram-se, em média, 10 vezes maiores que em pacientes com dentadura natural.

A boca voluntariamente fechada após a recepção do alimento, além de excitar os mecanorreceptores mucosos, pode estimular os receptores periodontais, especialmente quando a pressão mastigatória se intensifica.

Mecanismos mecanossensitivos periodontais

Como discutido, o periodonto é ricamente inervado; assim, as fibras mielínicas de pequeno diâmetro perdem distalmente a mielina, dando lugar a terminações livres que agem como receptores da noci-

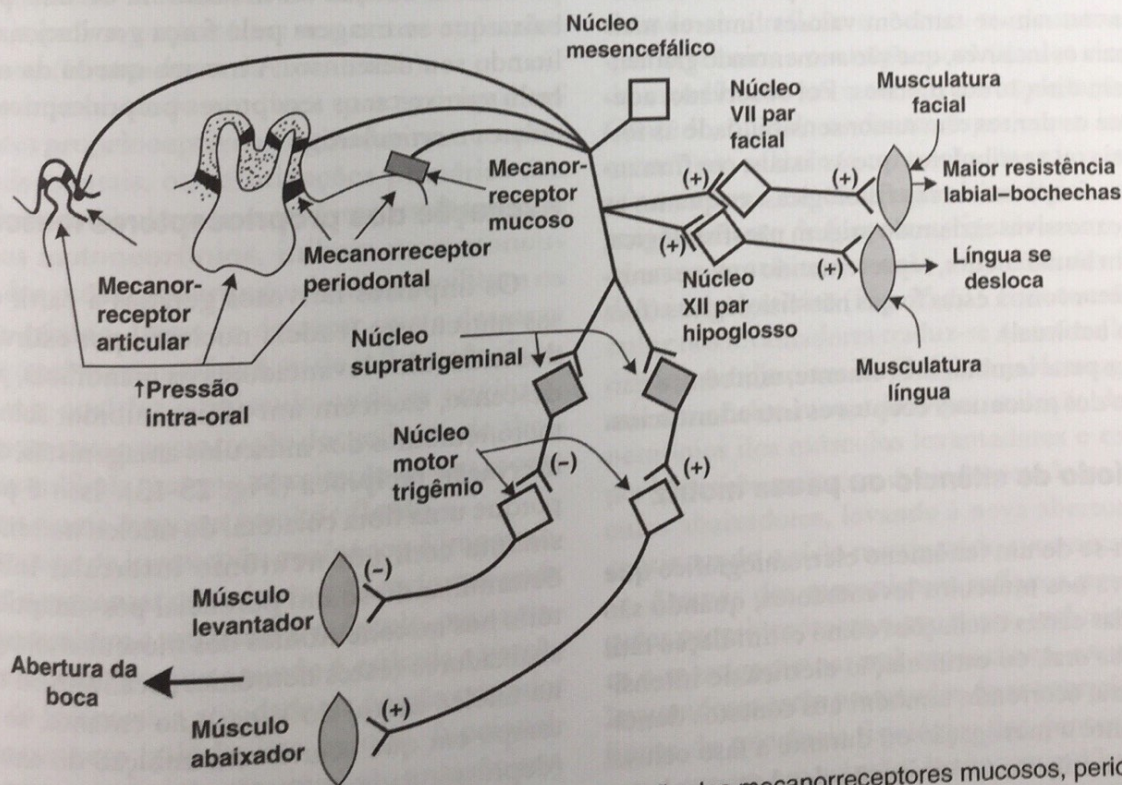


Fig. 25-12 – Reflexo de abertura bucal provocado por estimulação dos mecanorreceptores mucosos, periodontais e articulares.

cepção; também as fibras amielínicas estão relacionadas com a regulação autonômica dos vasos sanguíneos do periodonto (fibras vasomotoras). No entanto, as fibras **mielínicas grossas** têm a ver com os proprioceptores periodontais; são encapsulados e podem ser simples ou compostos ou complexos. Quando estimulados, dão lugar à sensação de tato e pressão do dente (**senso-percepção oclusal**), pela via talamocortical, além de controlar o reflexo de abertura bucal na mastigação (ou outras diversas funções estomatognáticas). As aferências chegam ao núcleo sensitivo principal e à unidade rostral do núcleo espinhal do trigêmeo (via gânglio de Gasser), quando relativas à sensibilidade, como também ao núcleo mesencefálico do V par, quando relacionado com o controle reflexo dos movimentos mandibulares (Fig. 25-12).

Sensibilidade mecanorreceptiva periodontal

O homem pode detectar a presença de partículas muito pequenas localizadas entre as superfícies oclusais dentárias, discriminando perfeitamente as diferenças de dureza e espessura. O **limiar de excitação** — estudado por Rathkamp e Loewenstein — para os incisivos centrais é de 0,945 g, chegando, para os segundos molares superiores, até 4,533 g; algo similar se observa nos dentes inferiores. Considerando-se as medições em relação às superfícies radiculares, encontram-se também valores limiares mais baixos para os incisivos, que vão aumentando gradualmente em direção aos molares. Foi observado, ademais, que os dentes têm maior sensibilidade às forças labiais ou vestibulares que às axiais, confirmando que as forças axiais são fisiológicas, enquanto as laterais excessivas seriam de origem não-fisiológica, tendo um limiar menor, representando um mecanismo protetor contra estas forças não-fisiológicas (fora da baixa habitual).

Vale a pena lembrar brevemente, também, a participação dos **mecanorreceptores intradentários**.

Período de silêncio ou pausa motriz

Trata-se de um fenômeno eletromiográfico que se observa nos músculos levantadores, quando são produzidas certas excitações como estimulação tátil da mucosa oral, ou estimulação elétrica de intensidade baixa; ocorrendo também nos contatos dentários durante a mastigação ou durante a fase oclusal do ciclo mastigatório. A **inibição dos levantadores mandibulares**, provocada pelos estímulos indicados

anteriormente, pode ser suprimida por prévia aplicação de anestesia local. Ora, os **receptores de adaptação rápida seriam os responsáveis pelo reflexo de abertura bucal**, correspondendo histologicamente a receptores simples ou botões terminais, geralmente encapsulados, mas não da inibição, que seria provocada por receptores compostos, como **anéis terminais** ou *ring ends*, porque as fibras amielínicas formam espiral em torno das fibras de colágeno do periodonto, ou, às vezes, de fibras mielínicas, e são extremamente **sensíveis às variações de tensão do ligamento periodontal** que, sob certos aspectos, são similares aos receptores ânulo-espirais do fuso muscular.

Deste modo, a pausa motriz seria a expressão elétrica da inibição reflexa do músculo levantador da mandíbula.

REFLEXO DE FECHAMENTO BUCAL

A abertura da boca produz um afastamento das paredes da cavidade bucal, e fundamentalmente das superfícies oclusais dentárias, o que leva à retirada de estimulação dos mecanorreceptores mucosos e periodontais que iniciaram o reflexo de abertura da boca. Isso facilita o começo do fechamento da boca porque os músculos abaixadores da mandíbula não são mais excitados, e os levantadores não são deprimidos. Por outro lado, a abertura bucal prévia representa a adoção da mandíbula de uma posição baixa que se exagera pela força gravitacional, facilitando seu descenso. A **mesma queda da mandíbula** vai excitar os receptores proprioceptivos musculares e articulares.

Excitação dos proprioceptores musculares

Os impulsos nervosos gerados a partir dos fusos musculares (cadeia nuclear), por **estiramento dos músculos** levantadores da mandíbula, pelo seu descenso, exercem um efeito inibidor sobre os α -motoneurônios dos músculos antagonistas, devido à inervação recíproca (Fig. 25-13). Isso é possível, porque uma fibra colateral do núcleo mesencefálico sinapta com um neurônio intercalar inibitório, determinando-se um potencial pós-sináptico inibitório nos motoneurônios dos músculos antagonistas abaixadores (estes neurônios localizam-se também no núcleo motor do V par); no entanto, ao mesmo tempo em que ocorre esta inibição do antagonista (depressor da mandíbula), produz-se, por mecanismo semelhante, uma excitação do motoneurônio do músculo protagonista, isto é, do próprio elevador da

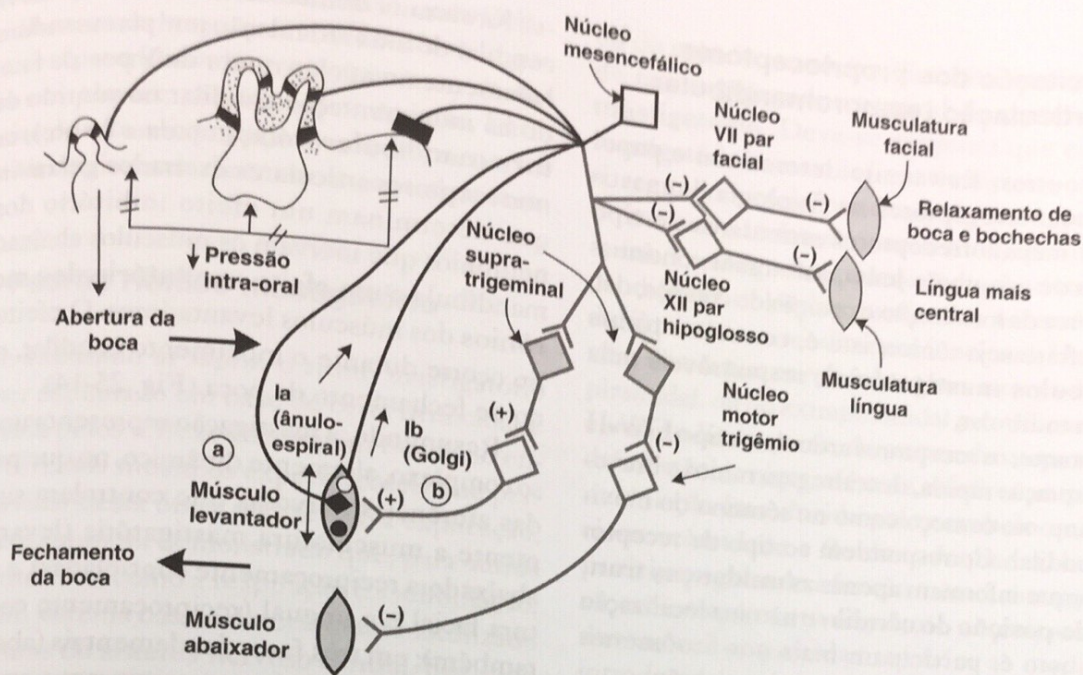


Fig. 25-13 – Reflexo de fechamento bucal provocado pela distensão da musculatura da mandíbula: **a** – Receptor ânu-lo-espiral, que produz reflexo miotático e movimentação da mandíbula (ascenso). **b** – Órgão de Golgi. Nesta fase não há excitação dos pressorreceptores mucosos e periodontais nem dos articulares.

mandíbula. É o **reflexo miotático** ou **reflexo de estiramento**, já discutido, ou seja, impulsos que partem da distensão do receptor ânu-lo-espiral pelas fibras Ia vão determinar excitação dos α -motoneurônios do mesmo músculo, como também a transmissão de impulsos excitatórios aos outros músculos sinérgistas (levantadores da mandíbula).

Resumindo, pode-se dizer que os **impulsos aferentes proprioceptivos** originados nos receptores ânu-lo-espirais, ou terminações primárias dos músculos mandibulares levantadores, **excitam seus próprios motoneurônios, inibem os motoneurônios dos músculos antagonistas, e facilitam os dos sinérgistas**. Deve-se destacar que a descarga das terminações secundárias, ou de inflorescência ou roseta, seja qual for o músculo onde se originam, contribuem para a organização dos reflexos de abertura da mandíbula, porque a excitação destes receptores leva a uma resposta geral de flexão.

O conceito de **inervação recíproca** é importante. Deve-se salientar que a inervação recíproca pode aplicar-se também a um mesmo músculo, por exemplo, ao temporal, porque quando é estirada a porção anterior do temporal, a atividade da porção posterior é reciprocamente inibida; isto porque, funcionalmente, estas porções do temporal são antagônicas, no referente aos movimentos mandibulares de protrusão e retrusão.

O controle que exerce a informação proprioceptiva muscular, em relação aos movimentos mandibulares, poderia ser descrito da seguinte maneira: quando a mandíbula cai (abertura da boca), os músculos elevadores são fortemente estirados, desencadeando-se o reflexo miotático ou de estiramento, que determina a contração isotônica dos elevadores da mandíbula com a conseqüente elevação desta. Contudo, quando os dentes superiores e inferiores entram em oclusão, a contração elevadora isotônica se transforma em **contração isométrica**, com desenvolvimento de **força mastigatória** entre ambos os arcos dentários e tensão nos músculos levantadores mastigatórios (Fig. 25-13). Esta **tensão muscular** nos levantadores traduz-se na estimulação dos **órgãos tendinosos de Golgi**, cuja descarga determina, o núcleo motor do V par, inibição dos motoneurônios dos músculos levantadores e excitação, por inervação recíproca, dos motoneurônios dos músculos abaixadores, levando à nova abertura bucal, continuando o ciclo mastigatório sucessivamente.

Através dos mecanismos reflexos promovidos pelos proprioceptores musculares, inclusive durante a mastigação natural espontânea, os músculos levantadores estão prevenidos de se contrair além do limite de tolerância fisiológica dos dentes, quando estes entram em oclusão. Assim a mandíbula é protegida contra forças de mordida excessivas.

Excitação dos proprioceptores da articulação temporomandibular

Entre outros, Kawamura determinou o papel destes mecanorreceptores na fisiologia da mastigação. Os mecanorreceptores articulares de **tipo GW-I** são de adaptação lenta, informam continuamente acerca da localização e posição do côndilo; daí, que seu efeito seja tônico, isto é, controla o **tônus dos músculos mastigatórios**, responsáveis pela postura mandibular.

No entanto, os receptores articulares **tipo GW-II** são de adaptação rápida, descarregam muito e brevemente, tanto no começo como no término do movimento condilar. Correspondem ao tipo de receptor fásico, porque informam apenas as **mudanças transitórias da posição do côndilo** e não sua localização mantida, isto é, participam mais nos fenômenos estomatognáticos rítmicos, como a mastigação.

Uma característica fisiológica de mecanorreceptores articulares, particularmente os tônicos, **tipo I**, mas também **GW-II**, é sua maior sensibilidade, e a maior frequência de resposta de descarga, quando o côndilo se encontra com uma angulação determinada (Fig. 25-14). Sua frequência de descarga diminui e até pode cessar frente a angulações condilares maiores ou menores. A resposta diferencial segundo o grau de movimento articular denomina-se **especificidade angular**.

Kawamura demonstrou o efeito do movimento condilar de uma articulação temporomandibular isolarmente no núcleo motor de V par: de fato, quando há movimentação condilar no sentido de **abertura mandibular** (rotação para a frente), os mecanorreceptores articulares excitados geram impulsos que determinam um efeito inibitório dos motoneurônios que inervam os músculos abaixadores da mandíbula e um **efeito excitatório dos motoneurônios** dos músculos levantadores. O efeito contrário ocorre durante o movimento condilar, no sentido de fechamento da boca (Fig. 25-14).

Resumindo, a mastigação representa um processo complexo, altamente dinâmico, no que participam das aferências nervosas que controlam sincronicamente a musculatura mastigatória (levantadora e abaixadora reciprocamente controladas), a musculatura facial e a lingual (reciprocamente controladas também); em três fases fundamentais (abertura, fechamento e oclusão) que constituem o ato mastigatório, em que a mandíbula descreve um ciclo regulado por um hipotético **centro mastigatório de atividade rítmica espontânea**, mas controlado por estímulos de origem periférica (mucosa bucal, periodonto, proprioceptores musculares e articulares), que agem alternadamente, e sob a influência reguladora dos centros superiores (sistemas piramidal e extrapiramidal). Daí, que não se pode considerar a mastigação como um processo meramente

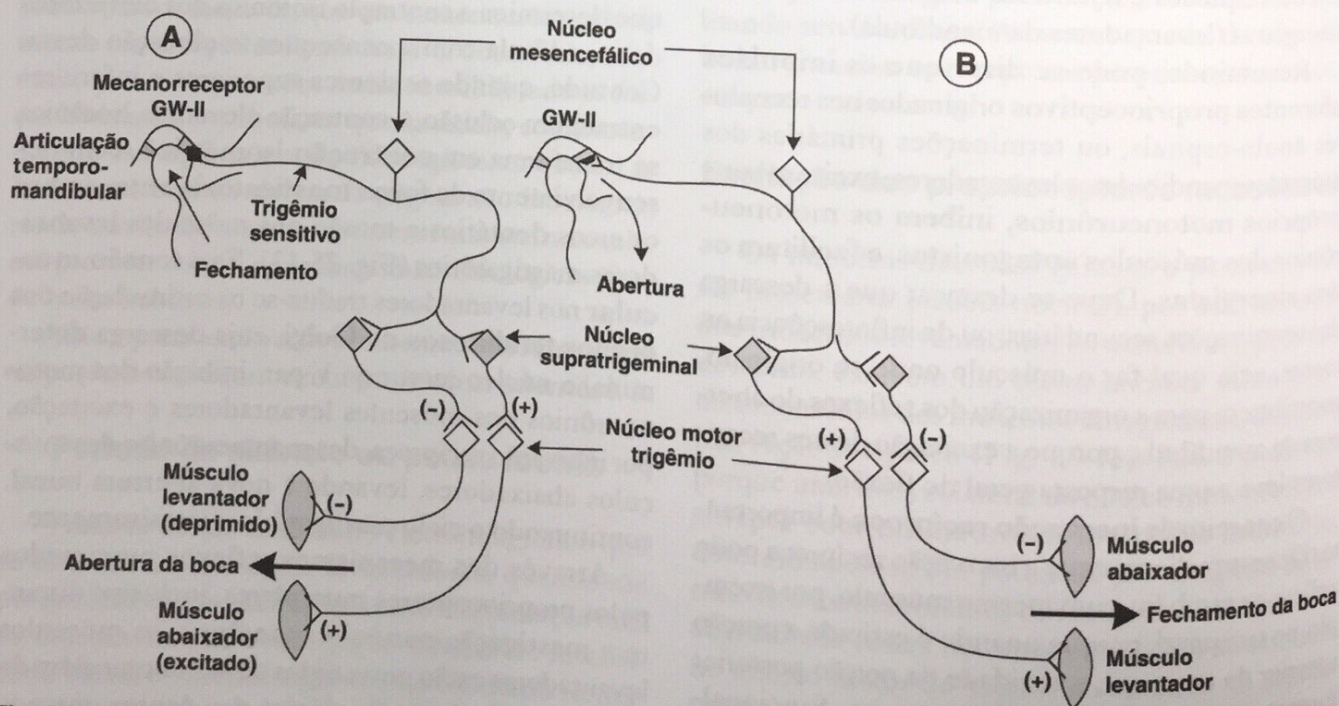


Fig. 25-14 – Efeitos de estimulação de mecanorreceptores articulares na contratilidade dos músculos elevadores e depressores da mandíbula. À esquerda: resposta no fechamento da boca. À direita: resposta na abertura bucal. Tra-

reflexo (ativação alternada de mecanismos de fechamento e abertura da boca), mas como fenômeno que deva ser compreendido dentro do contexto de um processo complexo e contínuo de interação, entre influências de retroalimentação sensorial, e comandos, a partir de sistemas de controle central ou cerebral.

Padrão rítmico mastigatório

Como analisado *ut supra*, o ritmo mastigatório poderia ser explanado em base de certa ritmicidade determinada pelos reflexos de origem bucal; no entanto, há diversos subsídios experimentais que permitem duvidar desta única ou exclusiva explicação, tanto mais quanto foi demonstrado que, para outros sistemas rítmicos, como a respiração e a ambulação, existiria um sistema básico determinante localizado em estruturas do sistema nervoso central. Segundo Rossignoli, haveria um agrupamento de neurônios *sui generis*, porque se trataria de interneurônios de muito elevada excitabilidade, entre os quais haveria um sistema de mútuas excitações, determinando-se um sistema auto-excitável e de permanentes auto-estimulações pela formação de circuitos de reverberação, pelo que se formaria um gerador de padrão central, agindo por *feedback* operante por circuito fechado, como aparece na Fig. 25-15. Para esse autor, esse sistema seria suficiente para determinar padrões rítmicos invariáveis em si mesmo, mas sua expressão na periferia poderia ser modificada por intervenções de fatores de outra natureza, extrínseca ao próprio sistema regulatório. Saídas do sistema provocariam fluxos de egresso que se manifestam por abertura ou fechamento da boca como as que aparecem como os fluxos derivados de 3 e 4, da Fig. 25-15, que se vão repetindo no tempo, graças ao próprio sistema de auto-excitação. As entradas, 5 e 6, representam as influências de aferências periféricas e centrais, respectivamente.

Aliás, foi determinado que, excitando-se áreas do córtex cerebral motor (área 4 correspondente à região orofacial), produz-se ritmo de abertura e fechamento alternado da boca, mas sem apresentar oclusão com exagero da pressão intercuspidiana, e, mesmo ainda, característica de mastigação, pelo que se conclui que essa ritmicidade corresponderia melhor ao ato de mascar. Posteriormente, em áreas correspondentes ao corpo amigdalóide ou amígdala do sistema límbico (área estreitamente ligada ao prazer alimentar) ao serem excitadas eletricamente, determina-se um ritmo em tudo similar ao da mastigação, sem haver interferência de influxos periféricos

ou do próprio neurocixo. Este último representaria de fato um gerador central de padrão rítmico mastigatório. Deve-se estipular que este centro mastigatório rítmico sofre influências — através de 6, segundo a correspondente figura — promovidas do mesmo sistema nervoso central, que modificam o ritmo mastigatório, adequando-o a determinadas condições fisiológicas que fossem necessárias introduzir para maior rendimento funcional. De fato, provêm do córtex cerebral motor, através do sistema piramidal, ou do extrapiramidal proveniente dos núcleos da base, particularmente do corpo estriado e da substância nigra, além de existir uma importante modulação introduzida pelo cerebelo que proporciona velocidade e fluidez adequadas, bem como participa regulando a função motora mastigatória por mecanismo de auto-regulação antecipatória. Não devem ser esquecidas também as modificações introduzidas pelo próprio sistema límbico e pelo hipotálamo.

Ao mesmo tempo das efetuações centrais, há interferência de reflexos originados na periferia, representada pelo sistema proprioceptivo estomatognático, como são os reflexos de abertura e fechamento da boca (já discutidos anteriormente) e periodontal (iniciado no receptor de contato oclusal) determinante da gênese da pressão interoclusal.

Expressão da ritmicidade central

Do corpo amigdalóide, iniciam-se vias, que seguem bastante estreitamente o sistema piramidal para sinaptar no núcleo paragigantocelular da formação reticular mesencefálica (porção dorsal), que se liga, por sua vez, com duas porções do núcleo gigantocelular, através do qual é excitado o núcleo motor do nervo trigêmeo (V par).

Por sua vez, as aferências provenientes do sistema estomatognático (mucosa, ATM, periodonto e fusos musculares) entram no sistema nervoso central ao nível do mesencéfalo, mas ingressando no núcleo mesencefálico do V par, que, através de sinapse, conecta-se com o núcleo supratrigeminal situado na formação reticular da ponte, núcleo que integra as influências periféricas para agir sobre o núcleo motor do trigêmeo, ao qual chegam, por sua vez, os axônios já indicados do núcleo paragigantocelular e gigantocelular, pelo que se podem introduzir modificações ou não no ritmo basal determinado previamente. Vide Fig. 25-15, onde se ilustram as vias neurais que participariam da formação do efluxo neural que se traduz pela mastigação, tanto ato, ciclo e o

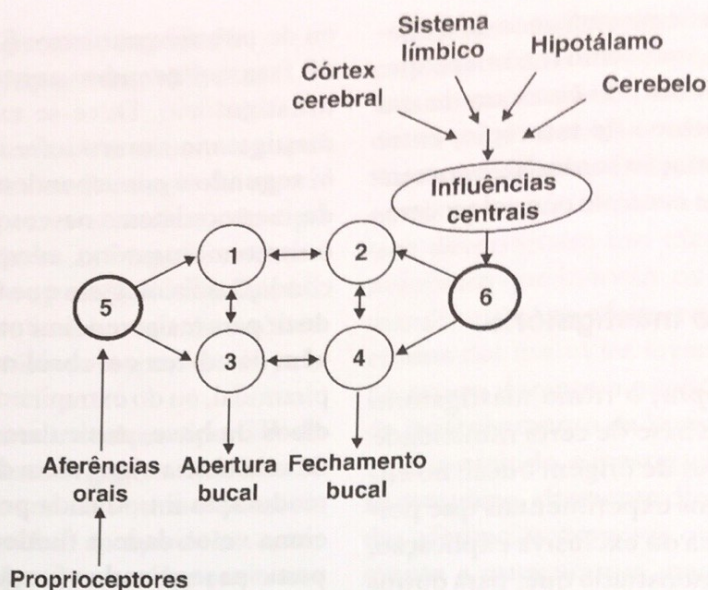


Fig. 25-15 – Representação esquemática da operatividade do padrão gerador de ritmicidade mastigatória, havendo grande excitabilidade (especialmente de 1) e intercomunicações recíprocas entre os diferentes núcleos. 5 e 6 representam a entrada de impulsos controladores periféricos (5, para aferências orais) ou centrais (6, para influências centrais).

próprio ritmo apresentado. Deve-se especificar que a execução motora da mastigação conta como âmago principal com a obra do **nervo trigêmio** e dos músculos por ele inervados; no entanto, o núcleo supratrigeminal controla também outros núcleos motores, como do **facial (VII)**, do **hipoglosso (XII)**, do **glossofaríngeo (IX)**, do **vago (X)**, do **accessório (XI)**, e dos **nervos medulares cervicais C2 a C5**, que controlam a atividade motora de outros grupos musculares, cuja intervenção é também importante para a execução motora da mastigação, como são a motricidade das bochechas e lábios (VII), da língua (XII), da faringe e véu do palato (IX e X), dos músculos da nuca (XI) e da região cervical, além dos infra-hióideos (C₂-C₅). Analisar a Fig. 25-15, previamente referida.

Deve-se enfatizar que da correta inter-relação dos núcleos nervosos mencionados, cria-se o ritmo mastigatório eficiente e perfeitamente coordenado, que permite a função de acordo com o objetivo da Fisiologia.

Equilíbrio da cabeça, na mastigação

Como discutido *ut supra*, nos músculos que participam da mastigação, como também da deglutição, faz parte o grupo de músculos que determina o equilíbrio da cabeça. Determinou-se que o centro gravitacional da cabeça é mais anterior à articulação occipito-atlóidea, tendendo a deslocar-se para a frente e para baixo. Porém, não o faz porque isso é con-

trabalhado fortemente pelos músculos da nuca. Durante os movimentos estomatognáticos de abertura ou fechamento da boca, este equilíbrio deve modificar-se, no sentido de que, na abertura bucal, o osso hióide se torna o ponto fixo de apoio inferior, e os músculos supra-hióideos se contraem, atraindo a mandíbula para baixo. Na deglutição, ao invés, a mandíbula está alta e a boca fechada; constituindo-se no ponto de apoio superior; os supra-hióideos se contraem, e puxam o hióide e a laringe para cima; assim, na deglutição, não se pode abrir a boca, ou vice-versa. Os músculos da nuca, tanto na mastigação como na deglutição, devem compensar as modificações que ocorrem na face anterior da cabeça e evitam assim as variações posturais da cabeça. Isso graças à interferência conspícua do nervo accessório e dos cervicais C₂-C₅.

CARACTERÍSTICAS DO NÚCLEO MOTOR DO V PAR

As unidades motoras deste núcleo são variáveis, quanto ao número de fibras musculares inervadas por cada neurônio; mas, para o caso dos músculos masseter e temporal, a relação é de 600 a 900 fibras musculares por motoneurônio trigeminal. Murphy e Thomas descreveram a presença de dois tipos de motoneurônios no núcleo motor trigeminal:

- a) motoneurônios **grandes** e de alta velocidade de condução; são os **alfa-motoneurônios** trigeminais, que inervam os músculos mastigatórios.
- b) motoneurônios **pequenos** e de velocidade baixa de condução; são os **gama-motoneurônios**

trigeminais, relacionados com a inervação motora dos fusos musculares.

Szentagothai descreve, aliás, **localizações específicas** no núcleo motor trigeminal; em sua parte dorsal, estão localizados os neurônios que inervam o ventre anterior do **digástrico e milo-hióideo**, ou seja, músculos supra-hióides; na parte interna, os neurônios que inervam o temporal; na porção central, os do masseter; na parte mais externa, estão os neurônios de ambos os pterigóideos; no pólo cefálico, localizam-se os neurônios motores dos músculos periestafilino externo, e o músculo do martelo (ouvido).

O núcleo motor do V par, pelo fato de ter núcleos específicos para cada músculo, pode ser excitado ou inibido para cada núcleo separadamente, tanto por estímulos extrapiramidais quanto piramidais, de origem cerebral, ou por aferências de origem bucal, que chegam até o núcleo mesencefálico.

NÚCLEOS RETICULARES MESENCEFÁLICO E SUPRATRIGEMINAL

Assim como os núcleos espinhal e sensorial principal das aferências medulares estão ligados à sensibilidade trigeminal da região orofacial, especialmente o subnúcleo caudal, cuja substância gelatinosa e zona marginal representam a continuação do corno dorsal medular, o núcleo mesencefálico do trigêmio é o principal **relacionado com as respostas reflexas bucais**, produzidas pela informação somatossensorial facial (Fig. 25-16). Trata-se de um núcleo constituído por neurônios unipolares, com axônios em T (muito parecidos com os neurônios sensitivos), que se espalham, desde a ponte mediana, até o mesencéfalo caudal (ao nível dos colículos ou tubérculos quadrigêmios superiores). O núcleo mesencefálico trigeminal localiza-se no ângulo da substância cinzenta central que está ao redor do extremo superior do quarto ventrículo, e do aqueduto de Sylvius. Representa, em verdade, um **gânglio sensitivo** incluso no sistema nervoso central, o que não ocorre com outros nervos.

As aferências que confluem a este núcleo **provêm dos fusos musculares**, preferentemente dos músculos elevadores da mandíbula; dos **órgãos tendinosos de Golgi**; dos **mecanorreceptores periodontais**; dos **mecanorreceptores da mucosa bucal**, e dos **mecanorreceptores da articulação temporomandibular**, que penetram no sistema nervoso central seguindo a raiz sensitiva ou porção menor do V par, ao nível da ponte, e logo ascendem, formando o feixe mesencefálico do trigêmio, passando entre o núcleo motor e sensi-

vo principal do trigêmio, até atingir o núcleo mesencefálico onde se localizam os somas dos neurônios. Os neurônios do núcleo mesencefálico agrupam-se de acordo com ligações com diversas estruturas, a saber:

- Conexões cerebelares, através dos pedúnculos cerebelares superiores.
- Conexões com a formação reticular.
- Conexões reflexas com o núcleo motor do V par.
- Vias colaterais do núcleo mesencefálico, enviadas para o núcleo do **XII nervo craniano ou hipoglosso**, do mesmo lado (Fig. 25-16).

Entre ambos os núcleos, existe uma relação de tipo inibitória recíproca, de tal modo que, durante a ativação do núcleo mesencefálico, a atividade do núcleo hipoglosso inibe-se. Esta coordenação é muito importante, na relação entre os **movimentos mandibulares e linguais** durante a mastigação: ao fechar-se a boca, os músculos linguais se relaxam, voltando à sua posição de repouso, no centro da boca; ao abrir-se a boca, os músculos linguais se contraem, aproximando-se das superfícies oclusais dos dentes, levando ou empurrando o alimento, que agora pode ser colocado entre as superfícies dentárias oclusivas.

Deve-se salientar que este núcleo mesencefálico se comporta como um gânglio periférico, isto é, constituído praticamente de um só neurônio (célula T), com dois ramos, um periférico e outro central, que se conecta com o cerebelo, núcleo motor do V par, ou formação reticular.

Do núcleo mesencefálico, as fibras que se dirigem ao núcleo motor do trigêmio o fazem com sinapse, numa estrutura intermédia, localizada supra-segmentariamente ao núcleo motor: é o **núcleo supratrigeminal**, outro **ponto relevante de integração** importante das aferências periféricas e centrais (cerebelares e límbicas), cuja soma algébrica determina a inibição, ou a excitação de determinados núcleos dos músculos do núcleo motor do V par, e também dos **núcleos salivares superior e inferior**, controlados por excitações reflexas, originadas na boca.

Cabe mencionar, finalmente, que circuitos neuromusculares semelhantes aos discutidos têm a seu cargo a regulação da atividade de descarga dos motoneurônios do **núcleo facial (VII par)**, encarregados do controle dos músculos das **bochechas e lábios**, durante a atividade mastigatória; a integração seria realizada de forma similar à do XII par.

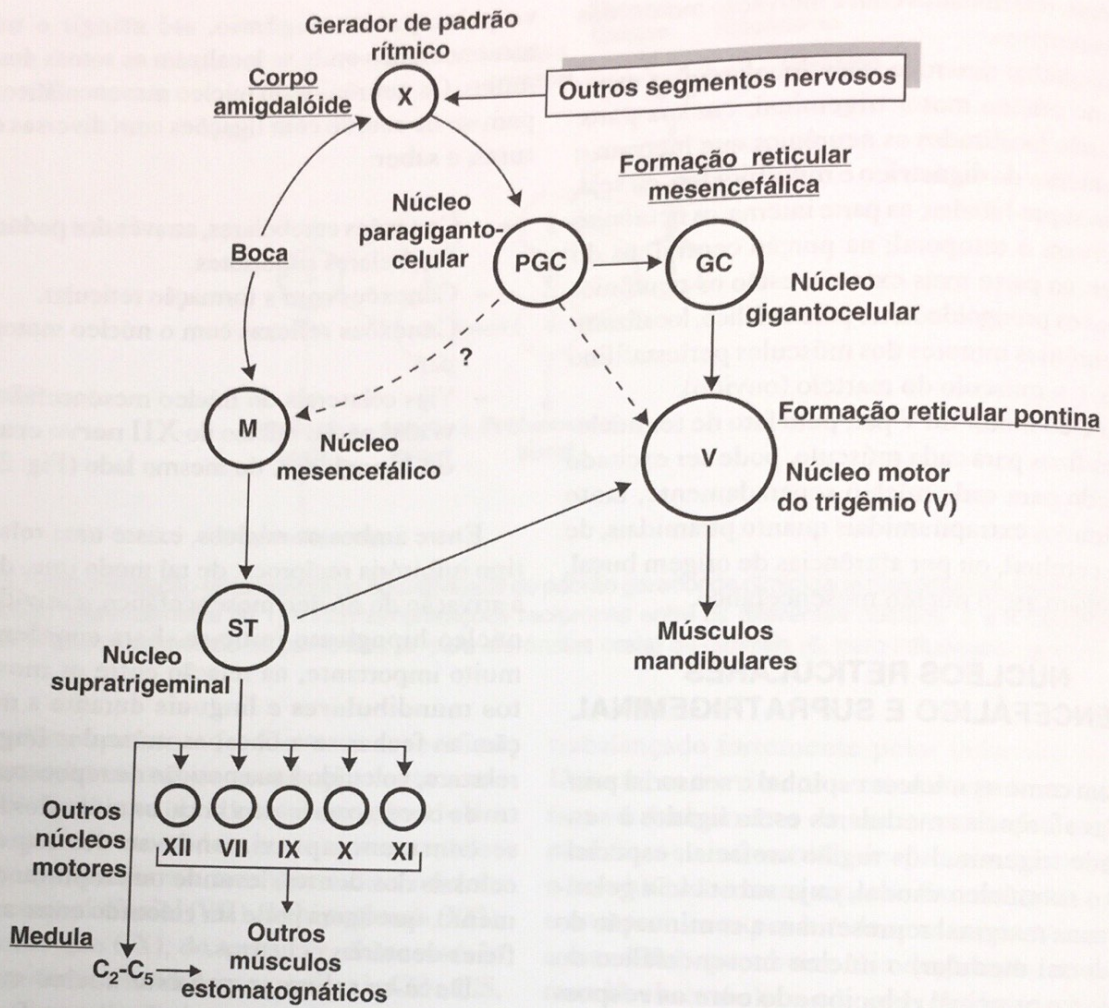


Fig. 25-16 – Esquema representativo das estruturas nervosas associadas à ritmicidade mastigatória, tanto quanto à geração do padrão no corpo amigdalóide e executados no núcleo motor do V par e outros pares cranianos, mas com a intervenção intermediária dos núcleos paragigantocelular e gigantecelular. As linhas descontínuas assinalam uma menor influência funcional ou de discutida existência ou ação.

INSUFICIÊNCIA MASTIGATÓRIA

Considera-se como suficiência mastigatória, aquela em que o rendimento mastigatório tem valores equivalentes ou superiores a 78% para o adulto. Porém, existe um número importante de fatores que condicionam uma diminuição do rendimento mastigatório, reduzindo a eficiência a valores inferiores a 78%. Então, refere-se à insuficiência mastigatória. Entre eles, têm-se os seguintes e que aparecem no Boxe 25-III.

Diminuição da área dentária de oclusão

Determina menor corte e trituração. Existe uma relação direta entre eficiência mastigatória e área

Boxe 25-III Fatores de insuficiência mastigatória

- ↓ Área de oclusão
- ↓ Freqüência de golpes
- ↑ Limiar de deglutição
- ↓ Força mastigatória
- Movimentos anormais

oclusal fisiológica (Fig. 25-17). Quando esta última está diminuída, reduz-se também a área mastigatória útil, que leva à insuficiência mastigatória por causa oclusiva. Isso pode acontecer em casos de:

a) **Ausência de dentes**: quando falta o primeiro molar, que representa sozinho cerca de 37% da área oclusal, reduz-se o rendimento em 33%. Quando há

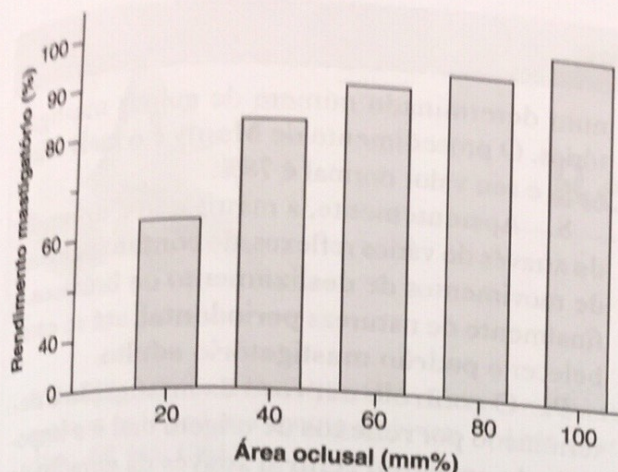


Fig. 25-17 – Influência da área oclusal funcional no rendimento mastigatório.

perda de dentes somente num arco dentário, a mastigação pode realizar-se no outro lado, sem que se afete o rendimento mastigatório.

b) **Relações oclusais anormais:** Helkimo demonstrou que há uma alta correlação entre o efeito triturador mastigatório e o número de pares dentários em oclusão; daí, avaliando-se o número de pares dentários em oclusão, pode-se chegar a uma medição adequada da eficiência mastigatória.

c) **Reabilitação protética:** A reabilitação com prótese removível não atinge uma compensação funcional completa, dado que, por um lado, a área oclusal fisiológica não retorna exatamente à normalidade e, por outro lado, há influência de fatores de índole técnica (retenção, mobilidade etc.). O rendimento, nestes casos, está em torno de 20 a 30% do normal. A prótese fixa apresenta este inconveniente menos significativo, mas sempre observa-se certo grau de insuficiência, porquanto faltam os processos adaptativos fundamentais promovidos pelo periodonto.

Limitação de outros componentes estomatognáticos

Os tecidos moles da boca têm um papel importante no processo mastigatório, porque eles participam do manuseio do alimento na boca. A língua, em particular, as bochechas e os lábios determinam a escolha, transporte e distribuição das partículas maiores nas superfícies oclusais correspondentes. Esta função é perdida quando se pratica anestesia local na boca, bem como está também reduzida na

prótese total, porque a função auxiliar dos tecidos moles é diminuída pelo novo papel que devem cumprir, para reter a prótese em posição adequada. Pode detectar-se em:

a) **Hábitos mastigatórios:** Por mecanismos reflexos e involuntários, os indivíduos tendem a formar hábitos mastigatórios, especialmente com referência a **golpes mastigatórios** (número), que em média são um ou dois por segundo, havendo máximas de seis golpes/segundo. Yurkstas constatou que não há diferenças quanto ao número de golpes mastigatórios entre indivíduos com diferentes estados de fisiologia dentária; os indivíduos com dentição inadequada desenvolvem maior habilidade no manuseio dos alimentos na boca, e o ato mastigatório tende a ser mais consciente, para conservar sua eficiência.

b) **Limiar de deglutição:** Para que possa ser engolido, o bolo alimentar deve estar pronto, isto é, não desenvolver pressão intrabucal, então; define-se como limiar de deglutição o grau de moagem, ou seja, o tamanho adequado das partículas para serem deglutidas. Os indivíduos com alta eficiência mastigatória reduzem os alimentos a partículas finas e pequenas antes de desencadear o reflexo da deglutição, enquanto os indivíduos com deficiente mastigação podem deglutir prematuramente partículas maiores.

Desequilíbrio ou limitação da força mastigatória

Tanto numa condição como na outra, os fatores que podem limitar a força mastigatória seriam, entre outros:

- Dor limitante que se exacerba ao mastigar.
- Periodontopatia, especialmente com atrofia alveolar avançada.
- Uso de prótese removível.

Movimentos mandibulares anormais

Podem originar-se em distúrbios da articulação temporomandibular, ou em transtornos da contratilidade muscular. Com o movimento inadequado, produz-se alteração do padrão normal de contato entre os dentes e, como se sabe, existe relação direta entre contato dentário e eficiência mastigatória.

SINOPSE

1. Entende-se por mastigação o conjunto de processos mecânicos visando à **destruição mecânica** dos alimentos na boca.
2. Consta de diversas fases mecânicas que constituem o **ciclo mastigatório**. Estas são **incisão** ou corte no dente incisivo; **trituração** ou moagem no dente pré-molar; **pulverização** ou finalização da bromatotriquia, que sucede no molar.
3. O ciclo mastigatório está formado por repetições rítmicas de um fenômeno mais elementar: o **ato mastigatório**, que está constituído por **abertura** da boca, **fechamento** bucal e fase **interoclusal** ou de **aperto** em que é gerada uma **pressão interoclusal** ou intercuspideana, que é aquela que efetivamente destrói o alimento.
4. Existem fatores dentro do ato mastigatório que podem ser **controlados**, como intensidade da força mastigatória (produzida pela contração isométrica da musculatura levantadora da mandíbula); número de golpes mastigatórios (pressão interoclusal); distribuição do alimento pela boca pela língua excitada por reflexos bucais; mobilidade dentária determinada por distensibilidade periodontal e elasticidade óssea, determinando-se três fases sucessivas de movimentação do dente.
5. Particular relevância desempenha o **ligamento periodontal** na geração da pressão intercuspideana, no controle da pressão interoclusal e no reflexo de proteção do periodonto, promovidos por excitação de receptores do periodonto mesmo.
6. A **força mastigatória** varia pouco, segundo a idade e o sexo, mas sim pelo tipo alimentar existente na boca, dos diversos grupos de dentes e suas posições espaciais. Pode ser maior a influência segundo o tipo de alimento que um indivíduo recebe habitualmente.
7. Entende-se por **rendimento** mastigatório a porcentagem de alimento duro padrão moído num determinado número de golpes mastigatórios. O procedimento de **Manly** é o mais utilizado e seu valor normal é 78%.
8. Aparentemente, a mastigação é **aprendida** através de vários reflexos, de **contato oclusal**, de movimentos de **deslizamento** ou brúxicos e finalmente de natureza **periodontal**, até se estabelecer o **padrão mastigatório adulto**.
9. O **controle nervoso** da mastigação é determinado por **reflexos** de origem oral e a imposição de um **ritmo central** através da geração de um **padrão rítmico mastigatório**, provavelmente localizado no **corpo amigdalóide** do sistema límbico. É efetivado na formação reticular mesencefálica e pontina, com participação dos núcleos **paragigantocelular** e **gigantocelular**, posteriormente pelos núcleos **mesencefálico** do V par, **supratrigeminal** e diversos **núcleos motores**, detacando-se V, VII e XII, como básicos, mas também participando IX, X, XI e neurônios cervicais C₂ a C₅.
10. O **reflexo de abertura bucal** é iniciado nas estruturas bucais sensíveis, como mucosa, ATM e, algo menos, o periodonto.
11. O **reflexo de fechamento** inicia-se nos **fusos musculares dos levantadores** que são distendidos pelo abaixamento da mandíbula, traduz-se por contração isotônica dos mesmos músculos e relaxamento dos antagonistas abaixadores, bem como os linguais e faciais.
12. **Reflexo de aperto**, ou pressão interoclusal, determinado por **contração isométrica** do músculo levantador promovida por reflexo iniciado nos **receptores de contato oclusal periodontal**.
13. As diversas fases da função mastigatória são facilitadas ou sustentadas por contração tônica da musculatura cervical que determina **postura** adequada da cabeça para a função mastigatória.



Referências Bibliográficas

1. ADAMS, S.H. & ZANDER, H.A. Functional tooth contacts in lateral and centric occlusion. *J. Amer. Dent. Assoc.*, 69: 465, 1964.
2. AHLGREN, J. The mechanism of mastication. *Acta Odont. Scand.*, 24: 44, 1966.
3. AHLGREN, J. The silent period in the EMG of the jaw muscles during mastication and its relationship to tooth contact. *Acta Odont. Scand.*, 27: 219, 1969.
4. AHLGREN, J. The mechanism of mastication. *Acta Odont. Scand.*, 24: 1, 1966.
5. ANDERSON, D.J. Measurement of stress in mastication. *J. Dent. Res.*, 35: 671, 1956.
6. ANDERSON, D.J. & PICTON, D.C.A. Masticatory stresses in normal and modified occlusion. *J. Dent. Res.*, 37: 312, 1958.
7. ATKINSON, H.F. & SHEPHERD, R.W. Masticatory movements and the resulting force. *Arch. Oral Biol.*, 12: 195, 1967.
8. BATES, J.F.; STAFFORD, G.D. & HARRISON, A. Masticatory function: a review of the literature. I The form of the masticatory cycle. *J. Oral Reh.*, 2: 281, 1975.
9. BATES, J.F.; STAFFORD, G.D. & HARRISON, A. Masticatory function: a review of the literature. II Speed of movement of the mandible, rate of chewing and forces developed in chewing. *J. Oral Reh.* 2: 249, 1975.
10. BATES, J.F.; STAFFORD, G.D. & HARRISON, A. Masticatory function: a review of the literature. III Masticatory efficiency and performance. *J. Oral Reh.* 3: 57, 1976.
11. BEAUDREAU, D.E., DAUGHERTY, W.F. & MASLAND, W.S. Two types of motor pause in masticatory muscles. *Amer. J. Physiol.*, 216: 16, 1969.
12. BLACK, G.V. An investigation of the physical characters of the human teeth in relation to their diseases and to practical dental operations, together with the physical characteristics of filling materials. *Dent. Cosmos*, 37: 469, 1985.
13. BOOS, R.H. Intermaxillary relation established by biting power. *J. Amer. Dent. Assoc.*, 27: 1192, 1940.
14. BOSMA, J.F. Physiology of the mouth, pharynx and esophagus. In: PARARELLA, M.M. & SHUMRICK, D.A. (eds.) *Otolaryngology*. Philadelphia, Saunders, 1973.
15. BRATZLAVASKY, M. Pauses in activity of human jaw closing muscles. *Exp. Neurol.*, 36: 160, 1972.
16. BREKUS, P.J., ARMSTRONG, W.D. & SIMON, W.J. Stimulation of the muscles of mastication. *J. Dent. Res.*, 20: 87, 1941.
17. BROKHART, J.M. MOUTCASTLE, V.B. (eds.) Bethesda, American Physiological Society, 1981.
18. CARLSÖÖ, S. Nervous coordination and mechanical function of the nerve mandibular elevators. *Acta Odont. Scand.*, 10: Suppl. 11, 1952.
19. CARLSÖÖ, S. An electromyographic study of the activity of certain suprahyoid muscles (mainly the anterior belly of the digastric muscle) and of the reciprocal innervation of the elevator and depressor muscles of the mandible. *Acta Anat.*, 26: 81, 1956.
20. CARLSÖÖ, S. An electromyographic study of the activity and anatomic analysis of the mechanics of the lateral pterygoid muscle. *Acta Anat.*, 26: 339, 1956.
21. CORBIN, K.B. Observations on the peripheral distribution of fibres arising in the mesencephalic nucleus of the fifth cranial nerve. *J. Com. Neurol.*, 73: 153, 1940.
22. CORBIN, K.B. & HARRINSON, F. Function of the mesencephalic root of the fifth cranial nerve. *J. Neurophysiol.*, 3: 423, 1940.
23. DAHLBERG, P.G. The masticatory effect. *Acta Med. Scand.* (Suppl.), 139, 1942.
24. DELLOW, P.G. & LUND, J.P. Evidence for central timing of rhythmic mastication. *J. Physiol.*, 215: 1, 1971.
25. DENAVIT-SAUBIE, M. & CORVOISIER, J. Cat trigeminal motor nucleus: Rhythmic units firing in relation to opening movements of the mouth. *Brain Res.*, 40: 500, 1972.
26. DUBNER, R., SESSLE, B.J. & STOREY, A.T. The neural basis of oral and facial function. New York, Plenum, 1978.
27. GRAF, H. & ZANDAR, H.A. Tooth contact pattern in mastication. *J. Prosth. Dent.*, 13: 1055, 1963.
28. GUNNE, H.S. Masticatory efficiency and dental state. A comparison between two methods. *Acta Odontol. Scand.*, 43: 139, 1985.
29. HANNAM, A.G. Receptor fields of periodontal mechanosensitive units in the dog. *Arch. Oral Biol.*, 15: 971, 1970.
30. HANNAM, A.G. Effect of voluntary contraction of the masseter and other muscles upon the masseteric reflex in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 35: 66, 1972.
31. HANNAM, A.G.; MATTHEWS, B. & YEMM, R. The unloading reflex in masticatory muscles of man. *Arch. Oral Biol.*, 13: 361, 1968.
32. HANNAM, A.G.; MATTHEWS, B. & YEMM, R. Changes in the activity of the masseter muscle following tooth contact in man. *Arch. Oral Biol.*, 14: 1401, 1969.
33. HERRING, S.W. The ontogeny of mammalian mastication. *Am. Zoologist*, 25: 339, 1985.
34. HIEMAE, K.T. Mammalian mastication: a review of the activity of the jaw muscles and the movements they produce in chewing. In: Development, junction and evolution of teeth. BUTLER, P.M. & JOYSEY, K.A. (ed.), London, Academic Press, 1978.
35. HIEMAE, K.T. & CROMPTON, A.W. Mastication, food transport and swallowing. In: Functional vertebrate morphology, HILDEBRAND, M. et al., Cambridge, Mass., Belknap Press. pp. 262-90, 1985.

36. HUFSCHMIDT, H.J. & SPULER, H. Mono- and polysynaptic reflexes in trigeminal muscles in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 25: 332, 1962.
37. JERGE, C.R. The neurologic mechanism of underlying cycle jaw movements. *J. Prosthet. Dent.*, 14: 667, 1964.
38. JERGE, C.R. Organization and function of the trigeminal mesencephalic nucleus. *J. Neurophysiol.*, 26: 379, 1963.
39. JERGE, C.R. Function of the nucleus supratrigeminalis. *J. Neurophysiol.*, 26: 393, 1963.
40. KAWAMURA, Y. (ed.) Physiology of mastication. Basel, Karger, 1974.
41. KAWAMURA, Y. & NISHIYAMA, T. Projection of dental afferent impulses to the trigeminal nucleus of the cat. *Jap. J. Physiol.*, 16: 584, 1966.
42. KAWAMURA, Y. Recent concepts of the physiology of mastication. *Adv. Oral Biol.*, 1: 77, 1970.
43. KAWAMURA, Y. (ed.) Frontiers of oral physiology. Vol. I Physiology of mastication. Basel, Karger, 1974.
44. KLINEBERG, I.J.; GREENFIELD, B.E. & WYKE, B.D. Contribution to the reflex control of mastication from mechano-receptors in the temporo-mandibular joint capsule. *Arch. Oral Biol.*, 21: 73, 1970.
45. KYD, W.L. & SANDER, A. A study of posterior mandibular movements from intercuspal occlusal position. *J. Dent. Res.*, 40: 419, 1961.
46. LARATO, D.S. Effect of unilateral mastication on tooth and periodontal structures. *J. Oral Med.*, 25: 80, 1970.
47. LAVELLE, C.L.B. Applied oral Physiology. 2nd. ed., London-Boston-Singapore-Sydney-Toronto-Washing, Wright, 1988.
48. LUND, J.P. & LAMARRE, Y. Activity of neurons in the lower pre-central cortex during voluntary and rhythmic jaw movements in the monkey. *Exper. Brain. Res.*, 19: 282, 1974.
49. LUND, J.P. & ENOMOTO, S. The generation of mastication by mammalian control nervous system. In: Neural control of rhythmic movements in vertebrates. COHEN, A.H.; RODIGNOL, S. & GRILLNER, S. (eds.), New York, Wiley & Sons, 1988.
50. LUND, J.P. Mastication and its control by the brain. *Stem Critical Rev. Oral Biol. Med.* 2: 33, 1991.
51. LUSCHEI, E.S. & GOLDBERG, L.J. Neural mechanisms of mandibular control: mastication and voluntary biting. In: Handbook of Physiology. Sec I The nervous system vol. II, part 2, Motor control.
52. MANLY, R.S. & BRALEY, L.C. Masticatory performance and efficiency. *J. Dent. Res.*, 29: 448, 1950.
53. MANLY, R.S.; PFAFFMANN, C.; LATHROP, D.D. & KEYSER, J. Oral sensory threshold of persons with natural and artificial dentitions. *J. Dent. Res.*, 31: 305, 1952.
54. MANNNS, A. & DIAZ, G. Fisiologia Estomatognática. Santiago-Chile: Ed. Universidad de Chile, 1979.
55. McINTYRE, A.K. & ROBINSON, R.G. Pathway for the jawjerk in man. *Brain*, 82: 468, 1959.
56. MURPHY, T.R. Timing and mechanism of human masticatory stroke. *Arch. Oral Biol.*, 10: 981, 1965.
57. NEVARKI, K. An analysis of the mandibular movement from rest to occlusal position. *Acta Odontol. Scand.* (Suppl.), 129: 19, 1976.
58. NYQUIST, C. & OWALL, B. Masticatory load registrations during function. *Odontol. Rev.*, 19: 45, 1968.
59. PEDROSO DE LIMA, J.J. Introdução à Mecânica e a outros temas em Medicina Dentária; Coimbra, Imprensa da Universidade, 2000.
60. ROSSIGNOL, S.; LUND, J.P. & DREW, T. The role of sensory inputs in regulating patterns of rhythmic movements in higher vertebrates. A comparison between locomotion, respiration and mastication. In: COHEN, A.; ROSSIGNOL, S.W.; GRILLNER, S. (eds.) Neural control of rhythmic movements in vertebrates. New York-Toronto, John Wiley & Sons Inc., 1988.
61. SCHAEERER, P. & STALLARD, R.F. Effects of occlusal interference on tooth contact during mastication. *Helv. Odontol. Acta*, 10: 49, 1966.
62. SCHAEERER, P.; STALLARD, R.F. & ZANDER, H.A. Occlusal interferences and mastication. An electromyographic study. *J. Prosthet. Dent.*, 17: 438, 1967.
63. SESSLE, B.J. & SCHMIDT, A. Effects of controlled tooth stimulation of jaw muscle activity in man. *Arch Oral Biol.*, 17: 1597, 1972.
64. SMITH, R.D. MARGARIAN, H.Q. & NIERMER, W.T. Bilateral relationships of the trigeminal mesencephalic nucleus and mastication. *J. Comp. Neurol.*, 131: 79, 1967.
65. TAYLOR, A. Neurophysiology of the jaw and teeth. Basingstoke, McMillan, 1990.
66. TUELLER, V.M. The relationship between the vertical dimension of occlusion and forces generated by closing muscles of mastication. *J. Prosthet. Dent.*, 22: 284, 1969.
67. WAUGH, L.M. Dental observations among Eskimos. *J. Dent. Res.*, 15: 355, 1939.
68. WORNER, H.K. & ANDERSON, M.N. Biting force measurements on children. *Aust. Dent. J.*, 48: 1, 1944.
69. YAEGER, J.A. A mandibular path in the grinding phase of mastication. A review. *J. Prosthet. Dent.*, 39: 569, 1978.
70. YAMADA, M. Interactions between the tactile sense and the mobility of the tooth. *J. Dent. Res.*, 46: 1256, 1967.
71. YEMM, R. The response of the masseter and temporal muscles following electrical stimulation of oral mucous membrane in man. *Arch. Oral Biol.*, 17: 513, 1972.
72. YURKSTAS, A. The masticatory act. *J. Prosthet. Dent.*, 15: 248, 1965.

“O lobo abocanhou uma perdiz, eu peguei outra, e durante um bom espaço de tempo não se ouviu mais nada dentro da gruta, além do ruído das nossas mandíbulas em movimento e gluglu das cabeças...”