

## MÉTODO OBJETIVO PARA A MEDIÇÃO DE FORÇAS AXIAIS DA LÍNGUA

### *Method for the measurement of axial forces produced by the human tongue*

Andréa Rodrigues Motta <sup>(1)</sup>, Juliana Vieira Perim <sup>(2)</sup>, Tatiana Vargas de Castro Perilo <sup>(3)</sup>,  
Estevam Barbosa de Las Casas <sup>(4)</sup>, Cláudio Gomes da Costa <sup>(5)</sup>,  
Francisco Ermelindo de Magalhães <sup>(6)</sup>, Jorge Milton Elian Saffar <sup>(7)</sup>

#### RESUMO

**Objetivo:** descrever os resultados preliminares encontrados na medição das forças axiais da língua humana. **Métodos:** avaliação de quatro pesquisadores voluntários por meio do método desenvolvido pelo Grupo de Biomecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, que consiste na transformação da força em pressão, por meio de um conjunto pistão-cilindro acoplado à boca, de modo a permitir a compressão do pistão, ou êmbolo, pela ação da língua. Após um período de acomodação de cerca de 15 segundos, o voluntário foi orientado a impulsionar o êmbolo com a maior força que fosse capaz de realizar e manter a aplicação dessa força por 10 segundos. O procedimento foi realizado por mais duas vezes, com intervalo de 2 minutos entre as séries de medições. **Resultados:** foram definidos os seguintes parâmetros característicos das forças medidas:  $f'$  representando a taxa média de aplicação inicial;  $F_{max}$  referindo-se ao valor máximo de primeiro pico;  $F_{dec}$  representando a força média mantida na região de decaimento e  $J$ , como sendo uma medida da energia dissipada pela língua durante o a atividade. As forças máximas encontradas no estudo foram de 25,7; 21,7; 21,6 e 21,1N. A taxa de aplicação observada respectivamente em cada um dos voluntários foi de 24,3; 19,3; 10,8 e 10,3N/s sendo a força média de decaimento: 20,6; 18,2; 17,4 e 18,6N. **Conclusão:** os resultados indicam que a metodologia proposta é consistente sendo que o próximo passo será verificar a correlação entre os distúrbios miofuncionais orofaciais e a capacidade do indivíduo de imprimir forças axiais com a língua.

**DESCRITORES:** Língua; Biomecânica; Pesos e medidas

#### ■ INTRODUÇÃO

A língua é um órgão altamente especializado do corpo humano e alvo de interesse de profissionais de várias áreas de conhecimento. Participa ativamente de processos como sucção, mastigação, deglutição e fonação, fundamentais na manutenção da qualidade de vida. Trata-se de uma estrutura móvel, capaz de assumir inúmeras configurações e posições, em seqüências extremamente velozes, em decorrência da alta inervação e das organizações complexas das fibras musculares <sup>1</sup>. A língua pode ser dividida em um corpo e uma raiz. Pode ainda ser dividida em quatro regiões, com base em sua relação com o palato. A porção da língua mais próxima dos incisivos é denominada ápice, a parte logo abaixo da crista alveolar superior é o corpo, a parte imediatamente abaixo do palato duro é denominada parte anterior e a porção abaixo do palato mole é a parte posterior da língua <sup>1,2</sup>.

<sup>(1)</sup> Fonoaudióloga, Mestre em Fonoaudiologia (PUC/SP), Professora Assistente da Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>(2)</sup> Fonoaudióloga, Especialista em Motricidade Oral

<sup>(3)</sup> Discente do Curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>(4)</sup> Engenheiro, Doutor em Engenharia de Estruturas (Purdue University, EUA), Professor Titular da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>(5)</sup> Engenheiro, Mestre em Engenharia Mecânica (UFMG); Pesquisador do Setor de Testes Físicos da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais Francisco Ermelindo de Magalhães

<sup>(6)</sup> Engenheiro, Mestre em Engenharia Elétrica (UFMG); Pesquisador do Setor de Testes Físicos da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

<sup>(7)</sup> Engenheiro Civil, Pesquisador pleno, Coordenador do Setor de Testes Físicos da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Caracteriza-se por um órgão essencialmente muscular, que ocupa o espaço funcional da cavidade oral, sendo formada por um tecido muscular estriado recoberto por uma mucosa lisa na parte inferior e irregular na parte superior, devido ao grande número de papilas<sup>3</sup>. Quatro músculos, denominados extrínsecos, originam-se em estruturas adjacentes e inserem-se na língua, possibilitando que esta mova-se para todas as direções. São eles: genioglosso (fibras posteriores: levam toda a língua para frente; fibras anteriores: retração e abaixamento da língua), estiloglosso (leva a língua para cima e para trás), palatoglosso (pode abaixar o palato mole ou levantar a parte posterior da língua) e hioglosso (age para retrair e deprimir a língua). Há também quatro músculos intrínsecos, próprios da musculatura da língua: o longitudinal superior, o longitudinal inferior, o transverso e o vertical. Estes músculos permitem as mudanças de forma da língua<sup>1,2</sup>. A musculatura intrínseca permite a língua encurtar-se, estreitar-se ou curvar-se em diferentes direções<sup>4</sup>. Todos esses músculos são inervados pelo XII par craniano, o hipoglosso<sup>1,2,5,6</sup>, sendo a exceção o músculo palatoglosso, que é inervado pelo nervo glossofaríngeo, o IX par 6. Quanto à sensibilidade, a língua apresenta uma atividade gustativa apurada, resultado da ação de alguns nervos como o trigêmeo (dois terços anteriores: sensibilidade geral), facial (dois terços anteriores: gustação), glossofaríngeo (terço posterior) e o nervo vago<sup>7</sup>.

O sistema estomatognático é formado por estruturas orais que, junto à participação da mandíbula, desenvolvem funções comuns, como a sucção, mastigação, deglutição e fonação; sendo a língua parte ativa e fundamental em todas essas atividades<sup>6,8</sup>. Na sucção, a língua participa inicialmente com movimentos de elevação e formação do sulco em seu dorso. Na mastigação, os músculos da língua são fundamentais para lateralização, anteriorização e posteriorização dos alimentos dentro da cavidade oral<sup>8</sup>. Já na deglutição, quando se acumula alimento, a língua desloca-se, de frente para trás, em movimentos ondulatórios, conduzindo o alimento até o espaço orofaríngeo<sup>6</sup>. Para que ocorra a fonação, um conjunto de estruturas é acionado para auxiliar a articulação dos sons e neste processo a língua é fundamental pelas suas posições e capacidade de movimentos rápidos e precisos<sup>1</sup>.

Frente à importância deste órgão, vários pesquisadores incluíram em seus trabalhos a medição de forças da língua, como modo de avaliar quantitativamente suas funções. Em vista da multiplicidade de funções e da complexidade fisiológica, a medição das forças produzidas pela língua humana torna-se também complexa e tem sido tratada de modo assistemático. É possível reunir

os métodos empregados para essa finalidade em dois grandes grupos: aqueles baseados na medição direta das forças<sup>9-11</sup> e os baseados em medição indireta, isto é, aqueles em que a grandeza medida foi uma pressão posteriormente correlacionada a uma força de interesse<sup>12-15</sup>.

Os dispositivos desenvolvidos para a medição de pressões foram construídos de diferentes maneiras. Podemos encontrar citação de um instrumento que consiste em uma cápsula de borracha preenchida com ar, conectada a um manômetro contendo álcool. As forças orais provocavam alterações no volume do ar contido na cápsula e as correspondentes variações de pressão no sistema eram medidas por um manômetro de coluna líquida<sup>12</sup>. Em outro estudo, destacado pelos cuidados especiais com a qualidade das medições efetuadas, foram utilizados, em várias posições da língua, bulbos plásticos de três diferentes tamanhos, cheios de ar, conectados a um transdutor de pressão. Nas mesmas posições da língua foram acoplados transdutores de pressão resistivos e comparadas às respostas dos instrumentos dos dois tipos na deglutição de vários alimentos. Foi encontrada uma boa correlação entre o perfil de resposta dos bulbos e o dos transdutores resistivos. Ademais, os bulbos plásticos, previamente calibrados com pesos-mortos, foram empregados para medir a força da língua<sup>14</sup>. Em outro trabalho descreve-se a utilização de sensores de pressão adaptados ao eixo do palato, em três profundidades (segundo pré-molar, primeiro molar e segundo molar), com o objetivo de medir as forças exercidas pela língua sobre o palato durante o processo de deglutição<sup>15</sup>.

O fonoaudiólogo se depara freqüentemente com a necessidade de avaliar a tensão da língua, principalmente nos pacientes com queixa de distúrbios miofuncionais orofaciais e cervicais. Entretanto, até os dias atuais a Fonoaudiologia não conta com um método objetivo para avaliação dessa estrutura, sendo necessário utilizar apenas a experiência clínica e o bom senso no processo. Em tal procedimento o profissional utiliza espátulas ou seu próprio dedo, protegido por luva descartável. A dificuldade em objetivar a avaliação interfere na relação entre os profissionais das áreas afins, no diagnóstico, prognóstico, na definição e andamento do tratamento.

Uma hipótese (ainda a ser comprovada) é que, a partir da aferição da capacidade do indivíduo imprimir uma força horizontal para fora da cavidade oral (força axial), eventualmente seja possível fazer inferências sobre a capacidade da língua de realizar outras tarefas. Confirmada esta hipótese, o conhecimento do perfil e dos valores das forças axiais produzidas pela língua humana será um importante mecanismo para definir a capacidade funcional do órgão por intermédio de parâmetros quantitativos.

As forças axiais foram escolhidas já que sua medição é mais prática e presumidamente mais repetitiva e reprodutível do que outras produzidas pela língua.

Portanto, este trabalho se propõe a descrever um método, baseado em medição de pressão, desenvolvido por fonoaudiólogos e engenheiros para medir as forças axiais produzidas pela língua humana.

## MÉTODOS

O método descrito foi proposto como um trabalho de um grupo multidisciplinar de biomecânica da Universidade Federal de Minas Gerais. Este grupo, formado em 1998, atualmente conta com a colaboração de engenheiros, físicos, fisioterapeutas, fonoaudiólogos, médicos e odontólogos, incluindo alunos de graduação destas áreas.

A construção do instrumento (apresentado esquematicamente na Figura 1) foi realizada no

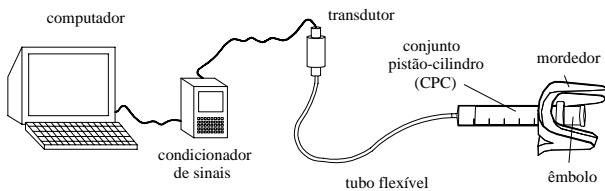


Figura 1 - Diagrama esquemático do aparelho

Laboratório Isaac Newton da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). As medições preliminares foram feitas com a colaboração de quatro pesquisadores da instituição, que atuaram como voluntários. O método foi baseado na transformação da força em pressão, por meio de um conjunto pistão-cilindro (CPC) acoplado à boca do sujeito, de modo a permitir a compressão do pistão, ou êmbolo, pela ação da língua. O conjunto pistão-cilindro empregado foi uma seringa hipodérmica de vidro, marca Yale, de capacidade nominal 5 ml. O êmbolo foi posicionado de modo reprodutível na boca dos quatro voluntários, uma vez que o CPC foi encaixado no rasgo frontal, de respiração, de um protetor bucal duplo, de borracha de silicone, do mesmo tipo utilizado pelos boxeadores. O conjunto assim formado foi todo revestido por um filme de PVC transparente atóxico (Doctor Film) indicado para proteger utensílios e instrumentos odontológicos e médicos, tornando simples e rápida a sua higienização. Para realizar a medição, inicialmente, o CPC foi posicionado no rasgo frontal do mordedor. Uma vez posicionado, o CPC foi preenchido com água até que se completasse o volume de 1 ml. O mordedor foi então encaixado e ajustado na boca do voluntário. Após um período de acomodação de cerca de 15 segundos, o paciente foi orientado a impulsionar o êmbolo com a maior

força que fosse capaz de realizar e manter a aplicação dessa força por 10 segundos. O procedimento foi realizado por mais duas vezes, com intervalo de 2 minutos entre as séries de medições em cada um dos quatro pesquisadores voluntários.

A força exercida pela língua do voluntário foi convertida em pressão pelo CPC. O fato de o fluido manométrico empregado ser incompressível permitiu que o comprimento da parte ejetada do pistão pudesse ser sempre repetido, fato que minimizou a influência do grau de distensão da língua no nível da força gerada. O CPC foi conectado a um sistema externo que mede a pressão e a reconverte em força por meio da relação, em que:  $F$  é a força medida, em Newtons (N);  $P$  representa a pressão no aparelho, em Pascal (Pa) e  $S$  a área efetiva da seção transversal do conjunto pistão-cilindro, em  $m^2$ . Dada a natureza e o caráter exploratório da medição, o valor de  $S$  (área efetiva) foi aproximado pela área medida da seção transversal do pistão, igual a  $1,15 \times 10^{-4} m^2$ . Durante a aplicação, foram registrados os pares Força x Tempo, ou seja, o valor da força  $F$  e o intervalo  $T$  decorrido desde o início do ensaio, o que resultou no perfil das forças geradas pelo voluntário. Os valores de força foram amostrados e registrados à frequência de 4,5 Hz, valor conveniente para as medições efetuadas. Neste estudo foram utilizados os seguintes equipamentos: transdutor de pressão Genisco Tech IBS 103G-32 de faixa nominal 2000 kPa; condicionador de sinais HBM-MGC e um condicionador de sinais interfaceado por uma porta IEEE-488 (GPIB). Os sinais foram tratados em computador por um software especialmente desenvolvido sobre a plataforma HP-VEE. O software desenvolvido realiza o monitoramento do ensaio em tempo real, permitindo a definição dos valores dos principais parâmetros, tais como o tempo total do ensaio e o número de amostras armazenadas por série. A interface gráfica do programa é apresentada na Figura 2.

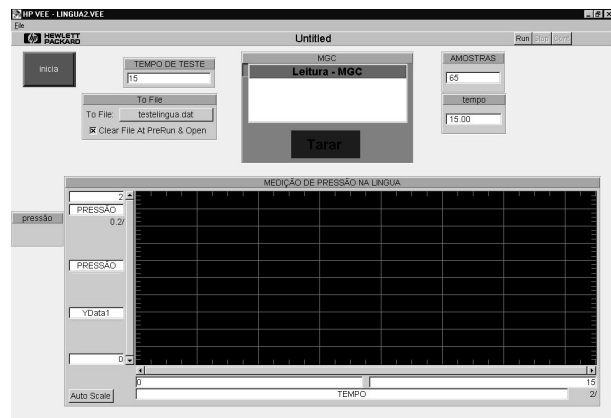


Figura 2 - Interface gráfica do programa desenvolvido

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais sob o número 135/04.

■ RESULTADOS

O perfil de forças típico, produto do registro dos resultados obtidos com o método proposto, pôde ser decomposto em duas regiões distintas: uma primeira, em que a força cresce rapidamente até um valor máximo, e uma outra, em que a força decai (Figura 3). Assim foi possível definir os seguintes parâmetros característicos das forças medidas:

- f' representando a taxa média de aplicação inicial;
- F<sub>max</sub> referindo-se ao valor máximo de primeiro pico;
- F<sub>dec.</sub> representando a força média mantida na região de decaimento;

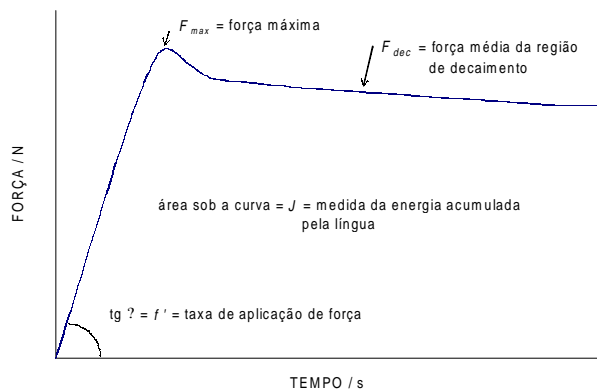


Figura 3 - Perfil de forças típico

J como sendo uma medida da energia dissipada pela língua durante o exercício (área sob a curva).

As Figuras 4 a 7 apresentam os perfis das forças desenvolvidas por quatro indivíduos aparentemente saudáveis, dois homens (23 anos e 29 anos) e duas mulheres (32 anos e 31 anos). Todos os perfis apresentados nessas figuras se aproximam do perfil típico apresentado na Figura 2. Nas Figuras 3 a 7 é possível observar que, em geral, as forças da primeira série de medições apresentam uma certa instabilidade e que o seu perfil se distancia daqueles das duas séries subseqüentes. A Tabela 1 apresenta os valores médios e desvios-padrão dos parâmetros derivados dos perfis de forças apresentados nas Figuras 3 a 7. A despeito das diferenças observadas entre a primeira série e as demais, os valores da Tabela 1 foram calculados empregando-se as três séries de medições de cada caso.

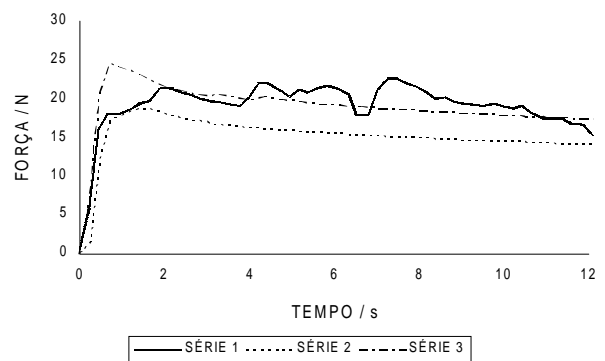


Figura 5 - Perfil das forças produzidas por um dos sujeitos: homem, 29 anos

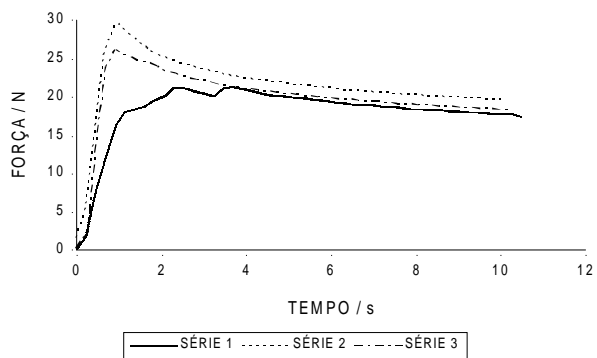


Figura 4 - Perfil das forças produzidas por um dos sujeitos: homem, 23 anos

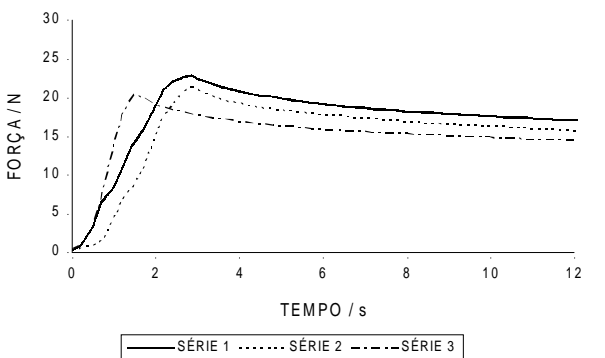


Figura 6 - Perfil das forças produzidas por um dos sujeitos: mulher, 32 anos

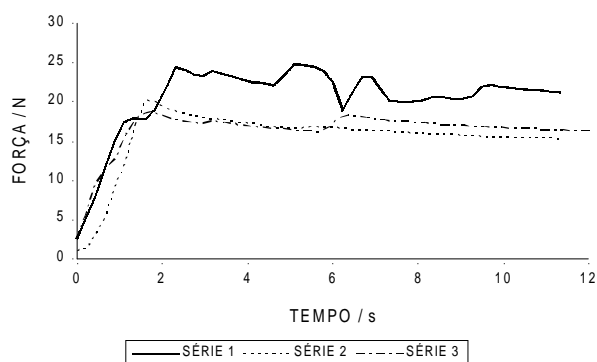


Figura 7 - Perfil das forças produzidas por um dos sujeitos: mulher, 31 anos

Tabela 1 - Parâmetros medidos

Vol.	$f' / N/s$		$F_{max} / N$		$F_{dec} / N$		$J / N.s$	
	m	dp	M	dp	m	dp	m	dp
L	24,3	14,0	25,7	4,2	20,6	1,4	203	15,0
J	19,3	15,2	21,7	3,0	18,2	2,5	186	24,3
G	10,8	3,7	21,6	1,3	17,4	1,4	164	12,5
E	10,3	2,3	21,1	3,0	18,6	3,1	180	28,6

Vol: voluntários; - m: média; - dp: desvio-padrão  
N/s: Newtons por segundo - N: Newtons

## DISCUSSÃO

A análise dos resultados preliminares indica ser possível, com a metodologia descrita, caracterizar diversos aspectos relacionados à capacidade do indivíduo de imprimir uma força de impulsão utilizando a língua. Propõe-se examinar os seguintes parâmetros:

1. Taxa média de aplicação inicial,  $f'$ . Caracteriza a velocidade com a qual a força atinge o primeiro pico. Pode-se também obter o tempo necessário para alcançar o pico, variável de indivíduo para indivíduo. Trata-se da medida da explosão muscular de que o indivíduo é capaz.

2. Força máxima de impulsão,  $F_{max}$ . Relaciona-se à capacidade máxima de imprimir forças axiais com a língua.

3. Força média exercida após o pico,  $F_{dec}$ . Definindo-se um intervalo comum a todos os indivíduos, pode-se obter o valor médio, naquele período, da força mantida na medição. Traduz-se pela capacidade que o indivíduo tem de manter força constante em um dado intervalo.

4. Energia dissipada no processo,  $J$ . Relacionada com a capacidade da língua efetuar trabalho, possibilita avaliar a força média exercida durante todo o processo.

Os valores médios das forças máximas obtidas situaram-se entre 21,1 e 25,7 Newtons. As taxas médias de aplicação variaram entre 10,3 e 24,3 Newtons/segundo. As forças médias de decaimento situaram-se entre 17,4 e 20,6 Newtons. Os valores médios para a energia dissipada ficaram entre 164 e 203 Newtons segundo. O perfil típico encontrado com o método foi semelhante ao obtido em experimento realizado com duração aproximada de 7 segundos e intervalo entre séries de 1 min, para paciente de controle, do sexo masculino<sup>10</sup>. No estudo

citado foi obtida uma curva de perfil similar às encontradas neste trabalho, com força de pico de 24,3 Newtons e área sob a curva com valor de 159 Newtons segundo.

Neste estudo preliminar foi possível observar que, em geral, as forças da primeira série de medições apresentaram uma certa instabilidade e que o seu perfil se distancia daqueles das duas séries subsequentes. Este dado talvez indique que na clínica fonoaudiológica seja necessário solicitar que o paciente repita os procedimentos de avaliação da língua, já que não é incomum verificarmos melhora no desempenho em tentativas posteriores. Observou-se, também, que após um período de cerca de dois segundos, todas as medidas indicaram uma queda na capacidade de pressionar o êmbolo, e que o perfil de decaimento variou de pessoa para pessoa.

É razoável esperar que o método possa ser refinado: (a) pela redefinição do tempo final das medições para diagnósticos específicos; e (b) pelo emprego de critérios especialmente adotados para expurgar resultados atípicos.

O grupo deverá proximamente realizar estudos complementares no intuito de consolidar estes resultados preliminares e verificar eventuais correlações existentes entre os distúrbios miofuncionais orofaciais e a capacidade do indivíduo de imprimir forças axiais com a língua, utilizando para tanto uma amostragem que permita avançar na caracterização do que pode-se considerar valores típicos e valores patológicos para cada um dos parâmetros propostos.

## CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que a metodologia proposta é consistente e promissora, tendo sido capaz de medir e representar um perfil das forças axiais da língua humana.

**ABSTRACT**

**Purpose:** to describe a method for measuring axial forces produced by the human tongue as well as preliminary measurement results. **Methods:** evaluation of tongue forces of four volunteers, members of the research group, was performed using the method developed by the Biomechanics Group of the Federal University of Minas Gerais. The method is based on the transformation of force into pressure using a piston-cylinder device attached to the mouth so as to allow the compression of the cylinder by the tongue. After an adjustment period of 15 seconds, the volunteers were asked to press the cylinder with maximum force, and to maintain the force for a period of 10 seconds. The process was performed three times for each individual, with intervals of two minutes. **Results:** the following characteristic parameters of the measurements were proposed:  $f'$ , standing for the average force application rate;  $F_{max}$ , referring to maximum peak force value;  $F_{dec}$  for mean force at the force decaying range and  $J$  as a measure of the energy dissipated during the process. Maximum forces found in the study were 25,7; 21,7; 21,6 e 21,1N, obtained force application rates were 24,3; 19,3; 10,8 e 10,3N/s; measured average decay forces were 20,6; 18,2; 17,4 e 18,6N. **Conclusion:** results indicate that the proposed method is consistent. The next step is to verify the correlation between orofacial miofunctional pathologies and the capability of the individual to impose axial tongue forces.

**KEYWORDS:** Tongue/fisiologia; Biomechanics; Weights and measures

**REFERÊNCIAS**

- 1- Zemlin WR. Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia. 4a ed. Porto Alegre: Artmed; 2000.
- 2- Putz R, Pabst R, editors. Atlas de anatomia humana Sobotta. 21<sup>a</sup>.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
- 3- Aprile H. Anatomia: anatomia odontológica-orocérvico-facial. Buenos Aires: Ateneu; 1975.
- 4- Gray FRS. Sistema digestivo. In: Gray FRS. Anatomia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1988. p. 965-9.
- 5- Fehrenbach MJ, Herring SW. Anatomia ilustrada da cabeça e do pescoço. São Paulo: Manole; 1998.
- 6- Douglas CR. Tratado de fisiologia aplicada à fonoaudiologia. São Paulo: Robe; 2002.
- 7- Dangelo JG, Fattini CA. Anatomia humana sistêmica e segmentar. 2<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Atheneu; 1998.
- 8- Marchesan IQ. Motricidade oral. Visão clínica do trabalho fonoaudiológico integrado com outras especialidades. São Paulo: Pancast; 1993.
- 9- Posen AL. The influence of maximum perioral and tongue force on the incisor teeth. Angle Orthod. 1972;42 (3):285-309.
- 10- Dworkin JP, Aronson AE. Tongue strength and alternate motion rates in normal and dysarthric subjects. J Commun Disord. 1986;19(2):115-32.
- 11- Miller JL, Watkin KL. The influence of bolus volume and viscosity on anterior lingual forces during the oral stage of swallowing. Dysphagia. 1996;11(2):117-24.
- 12- Feldstein L. An instrument for measuring muscular forces acting on the teeth. Am J Orthod. 1950;36(11):856-9.
- 13- Margolis H, Prakash P. A new instrument for recording oral muscle forces: the photoelectric myograph. J Dent Res. 1954;33(3):425-34.
- 14- Pouderoux P, Kahrilas JP. Deglutitive tongue force modulation by volition, volume, and viscosity in humans. Gastroenterology. 1995;108(5):1418-26.
- 15- Saito Y, Motoyoshi M, Arimoto M, Itoi K, Shimazaki T, Naimura S. Tongue pressure on the palate during deglutition. Dent Jpn. 2001;37(1):85-7.

**RECEBIDO EM 10/06/04**

**ACEITO EM 30/06/04**

Endereço para correspondência:

Rua Santa Rita Durão, 74/405

Belo Horizonte - MG

Cep: 30140-110

Tel.: (31) 3225-2253 / 9958-0676

e-mail: [andreamotta@terra.com.br](mailto:andreamotta@terra.com.br)