

Artigos originais

Caracterização da força da língua por meio de medidas objetivas

Characterization of tongue strength via objective measures

Andréa Rodrigues Motta⁽¹⁾

Estevam Barbosa de Las Casas⁽²⁾

Cibele Comini César⁽³⁾

Silvana Bommarito⁽⁴⁾

Brasília Maria Chiari⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁽²⁾ Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁽³⁾ Departamento de Estatística do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁽⁴⁾ Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

Trabalho desenvolvido no Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – São Paulo (SP), Brasil.

Conflito de interesses: inexistente

Recebido em: 14/07/2016

Aceito em: 12/10/2016

Endereço para correspondência:

Andréa Rodrigues Motta
Av. Professor Alfredo Balena, 190 sala 251
Santa Efigênia - Belo Horizonte. MG
CEP: 30130-100
E-mail: andreamotta@ufmg.br

RESUMO

Objetivo: analisar a força axial da língua e parâmetros relacionados por meio do FORLING.

Método: foram analisados os dados de 92 participantes, entre homens e mulheres, com média de $23,3 \pm 7,7$ anos.

Resultados: no parâmetro força média da língua, identificaram-se valores médios de 13,0 N, já para a força máxima observou-se valor médio de 18,3 N. A força média e a máxima da língua apresentaram correlação positiva e associação altamente significativa ($p < 0,001$). A energia acumulada pela língua indicou valores de 131,1 N/s. O tempo médio gasto para que se alcance a força máxima da língua foi de 3,8 segundos, indicando um efeito do treinamento ao se comparar a 1ª a 3ª medida, com redução dos valores ($p < 0,001$).

Conclusão: o instrumento demonstrou ser capaz de mensurar parâmetros importantes para o fonoaudiólogo, indicando ser uma promissora ferramenta complementar à avaliação clínica fonoaudiológica.

Descritores: Língua; Força Muscular; Fonoaudiologia

ABSTRACT

Purpose: to analyze axial tongue strength and related parameters by using the Forling.

Methods: data regarding 92 participants, including men and women with a mean age of 23.3 ± 7.7 years, were analyzed.

Results: the mean value of the mean tongue strength was 13.0 N, and the maximum strength value was 18.3 N. The mean and maximum tongue strengths showed positive correlation and highly significant association ($p < 0.001$). The energy accumulated by the tongue was 131.1 N/s. The mean time required for the maximum tongue strength to be reached was 3.8 s, and the decrease in time ($p < 0.001$) from the first to the third measurements indicates an effect of training.

Conclusion: the instrument proved to be capable of measuring parameters that are important to the speech-language pathologist, indicating that it can be a promising complementary tool for clinical evaluation.

Keywords: Tongue; Muscle Strength; Speech, Language and Hearing Sciences

INTRODUÇÃO

Diante de inúmeras variedades físicas e musculares do ser humano, principalmente no Brasil por causa da miscigenação, há necessidade de se conhecer mais detalhadamente as forças exercidas por diferentes grupos musculares. Destes, a língua é um dos principais, pois é fundamental para o processo de nutrição e comunicação humana ¹, assim como na estabilidade da oclusão ².

Na tentativa de se obter uma medição objetiva da força da língua, quer seja axial, cranial ou lateral, vários instrumentos têm sido desenvolvidos. O *Iowa Oral Performance Instrument* – IOPI, sem sombra de dúvida, tem sido um dos métodos mais empregados nas investigações acerca da pressão/força lingual ³. Apesar de contar com fácil manuseio e excelente portabilidade, o IOPI apresenta limitação de sua aplicação no Brasil, por ser de difícil importação, já que não conta com certificação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Frente a essas questões, o Grupo de Engenharia Biomecânica da Universidade Federal de Minas Gerais desenvolveu o FORLING, um dispositivo de avaliação de custo reduzido e que investiga a força axial da língua, ou seja a força de protrusão ⁴⁻⁸.

Sabe-se que a força de protrusão da língua contra uma resistência presume a ação, além do músculo genioglosso, dos músculos linguais intrínsecos ⁹, que muitas vezes encontram-se alterados nos pacientes com distúrbios miofuncionais orofaciais e cervicais, sendo, portanto, foco de interesse da Fonoaudiologia. Mais recentemente a força de protrusão lingual também mostrou ser preditiva da patência das vias aéreas durante o sono em pacientes com apneia obstrutiva do sono ¹⁰.

Até o presente momento os estudos desenvolvidos com o FORLING consideraram basicamente os parâmetros força máxima e média, por serem os mais descritos na literatura. Entretanto, como o equipamento permite outras análises, torna-se fundamental explorá-las, em uma amostra maior, investigando a variabilidade de todos os parâmetros possíveis.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi analisar a força axial da língua e parâmetros relacionados por meio do FORLING.

MÉTODOS

Estudo transversal descritivo desenvolvido por meio de dados de prontuários, realizado na Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais.

O trabalho recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, sob o nº 496/09 e da Universidade Federal de São Paulo, sob o nº 1981/09.

Foram selecionados do banco de dados do Grupo de Engenharia Biomecânica os prontuários de indivíduos na faixa etária de 14 a 60 anos, uma vez que não há variação de força máxima lingual nessa faixa etária ¹¹⁻¹³. Assim, foram analisados os dados dos prontuários de 92 indivíduos, sendo 29 (32,6%) homens e 63 (67,4%) mulheres, na faixa etária entre 14 e 53 anos de idade, com média de $23,3 \pm 7,7$ anos.

As avaliações foram realizadas com o FORLING ⁴⁻⁸. O aparelho é composto por um conjunto pistão-cilindro (revestido externamente por uma estrutura de teflon) acoplado a uma haste de acionamento do sistema e a um protetor oral duplo de silicone, do mesmo tipo utilizado por pugilistas, para acomodação nas arcadas dentárias. O uso deste dispositivo de fixação às arcadas permite maior estabilidade durante as avaliações, bem como impede a geração de forças parasitas no sistema de mensuração.

A haste de acionamento, que se caracteriza como o elemento de transmissão da força da língua ao conjunto pistão-cilindro, apresenta formato anatômico com superfície côncava, para acomodação da língua, impedindo a geração de pressões negativas, ou seja, forças que não a axial.

O conjunto pistão-cilindro é constituído por uma seringa hipodérmica de vidro, marca Yale, de capacidade nominal igual a 5 mL, preenchida com água até o volume de 1 mL, sendo a área da seção transversal do pistão igual a $1,15 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. O fato de a água ser incompressível permite que o comprimento da parte ejetada do pistão possa ser praticamente constante, fato que minimiza a influência do grau de distensão da língua no nível da força gerada.

Com o auxílio de um tubo flexível, preenchido com água, o conjunto pistão-cilindro é acoplado ao transdutor de pressão da marca Warme, modelo WTP-4010 série 670/06, com faixa nominal de 700 kPa. O transdutor é o elemento sensor responsável pela transformação da pressão exercida pela língua sobre o conjunto em tensão elétrica.

Um sistema de fixação do instrumento, feito de aço, foi desenvolvido para facilitar o manuseio do equipamento durante as medições, como o ajuste de altura para cada participante, bem como minimizar oscilações oriundas do uso do instrumento em posições diferentes da horizontal.

Os dados são, então, transmitidos a uma placa de aquisição de dados marca Ontrak, modelo ADU100, com tensão e alimentação ajustada para 10 V. A função da placa é digitalizar os dados que são enviados de forma analógica pelo transdutor de pressão. Posteriormente, os dados são enviados, via entrada USB, para um computador.

No computador, um *software* desenvolvido na plataforma MATLAB converte os dados de tensão elétrica (milivolts) referentes à pressão em força (newtons), bem como gera as curvas, registrando os pares Força x Tempo, e armazenando os dados gerados. A pressão medida é convertida em força por meio da relação $F = P \times S$, em que F é a força medida em Newtons, P é a pressão medida em Pascal e S é a área da seção transversal do conjunto pistão-cilindro expressa em m².

Os valores de força foram registrados à taxa de 10 amostras por segundo. A incerteza combinada do sistema foi previamente calculada, indicando um valor de aproximadamente 0,18% do valor de força gerado⁵.

Antes das medições de cada indivíduo, o bocal era totalmente recoberto por um filme de PVC transparente atóxico (Doctor Film), com a finalidade de tornar simples e rápida a higienização, realizada com álcool 70%.

Cada indivíduo encontrava-se sentado, com as costas e pés apoiados e mãos repousando sobre a base do equipamento. Após o encaixe adequado do protetor oral nas arcadas dentárias, foi aguardado um período de acomodação de cerca de 20 segundos. Passado esse tempo, foi solicitado ao indivíduo que empurrasse a haste de acionamento do êmbolo com a língua, após o aviso sonoro (sinal gerado automaticamente pelo sistema), com a maior força que fosse capaz de realizar e que a mantivesse até ouvir o outro sinal acústico, programado para ser acionado 10 segundos depois. Apenas nessa situação de treinamento foi permitido que cada indivíduo visualizasse o gráfico gerado em tempo real. Tal procedimento foi realizado por mais três vezes, com intervalos de um minuto entre as medições e com reforço positivo verbal em cada mensuração, sendo a primeira medição (treinamento) desconsiderada.

Foram pesquisadas nos prontuários as três medidas da força axial média, que equivale à média das forças que o indivíduo empregou em cada teste; as três medidas de força axial máxima, que correspondem ao maior valor de força realizado em qualquer ponto de cada uma das três mensurações, o tempo gasto até que o indivíduo tenha alcançado a força máxima em

cada uma das três medidas realizadas. A partir desses dados, foi calculada a energia acumulada pela língua (força x tempo), que representa a área sob a curva do gráfico de cada medida realizada.

O banco de dados foi estruturado a partir de rotinas do programa estatístico R. Os resultados descritivos foram apresentados por meio de medidas de tendência central e de dispersão.

Para comparação dos valores da força axial média e da força axial máxima da língua, foi utilizado o teste de Wilcoxon. Para a análise de correlação entre essas forças, utilizou-se o coeficiente de Spearman, uma vez que os dados não possuem distribuição normal. Nos dois casos, o nível de significância adotado foi de 5%.

No caso do tempo empregado para alcançar a força máxima da língua, visando à comparação dessa variável nas três medidas realizadas, foi utilizado o teste de Friedman, uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal, considerando-se como significante $p \leq 0,05$. Para identificação de onde se encontrava a diferença entre cada uma das medidas, foram realizadas comparações múltiplas, utilizando-se o método de Bonferroni. Esse método, uma correção do nível de significância, consiste em comparar todos os pares de médias, utilizando-se testes individuais (neste caso o teste de Wilcoxon) e considerando-se um nível de significância menor que o nível de significância global. Fixa-se um nível de significância global (α) e, para cada comparação, utiliza-se um nível de significância (α^*) dividido pelo número de comparações (k), ou seja, $\alpha^* = \alpha/k$. Como em cada comparação há três medidas, considerou-se como significante o p-valor=0,017, ou seja, 0,05/3.

A energia acumulada pela língua foi definida como a área abaixo da curva do gráfico Tempo (segundos) versus Força da Língua (Newtons) para cada um dos momentos avaliados. A fim de calcular esta área, utilizou-se a regra do trapézio, tendo sido o cálculo obtido a partir da função *trapz* (*Trapezoid Rule Numerical Integration*) disponível no *software* R. No caso dessa função, o número de subintervalos foi igual ao número de observações de cada indivíduo.

RESULTADOS

Analisando-se a força axial média e a máxima da língua (Tabela 1) verificou-se que a segunda apresentou valores mais altos em relação à primeira em todas as medidas, como esperado, bem como na média geral. De acordo com os coeficientes de variação, os dados de força máxima tenderam a ser discretamente

mais homogêneos em cada uma das três medidas, bem como na média geral. Verificou-se também que todas as medidas de força média e máxima da língua apresentaram alta correlação positiva, bem como diferença significativa (Figura 1).

A energia acumulada pela língua (Tabela 2) também não variou entre as três medições. Entretanto, o tempo empregado para se alcançar a força máxima da língua apresentou variação ao longo das três mensurações (Tabela 3), sendo a 1ª medida maior que a 3ª.

Tabela 1. Dados da força axial média e máxima da língua, em newtons

Medida/ Força da língua	Média	d.P.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3	C.V.	p-valor ¹
1ª									
Média	12,7	4,6	4,4	29,1	9,3	11,9	14,9	36,6	<0,001*
Máxima	18,0	5,6	6,3	32,4	13,6	17,4	21,1	31,3	
2ª									
Média	13,2	4,5	4,3	33,8	10,2	12,4	15,7	34,2	<0,001*
Máxima	18,4	5,9	6,6	39,7	14,4	17,0	21,0	32,2	
3ª									
Média	13,3	4,6	5,3	31,2	10,1	12,8	15,7	34,3	<0,001*
Máxima	18,6	5,9	7,1	34,6	14,7	18,2	21,4	31,8	
Média									
Média	13,0	4,3	4,6	31,4	10,2	12,4	14,9	32,9	<0,001*
Máxima	18,3	5,4	6,9	35,6	14,6	17,9	21,3	29,7	

Legenda: d.P. - desvio padrão; Q1 - 1º Quartil; Q3 - 3º Quartil; C.V. - coeficiente de variação; ¹ Teste de Wilcoxon

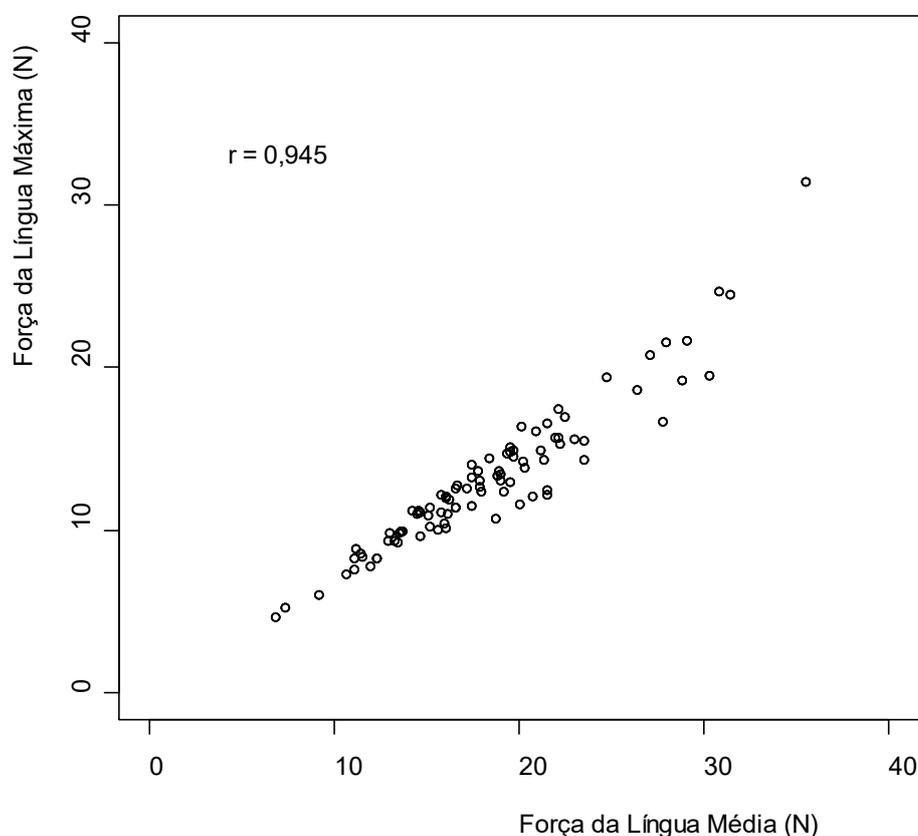


Figura 1. Correlação entre a força axial média e máxima da língua, calculada pela média dos dados

Tabela 2. Dados da energia acumulada pela língua e do tempo empregado para se alcançar a força máxima da língua

Medida	Média	d.P.	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3	C.V.
Energia acumulada								
1 ^a	127,2	46,7	43,9	291,9	93,3	118,9	150,1	36,7
2 ^a	132,4	45,2	42,9	338,3	102,7	123,6	156,6	34,1
3 ^a	133,7	46,2	53,2	312,4	102,1	128,9	157,6	34,6
Média	131,1	43,3	46,7	314,2	102,9	124,9	149,6	33,0
Tempo para alcançar a força máxima								
1 ^a	4,5	2,9	0,5	9,9	1,8	4,0	7,1	64,4
2 ^a	3,7	2,6	0,3	10,1	1,3	3,1	5,4	70,3
3 ^a	3,1	2,3	0,4	10,0	1,2	2,3	5,1	74,2
Média	3,8	2,0	0,6	8,4	2,1	3,7	5,2	52,6

Legenda: d.P. - Desvio padrão; Q1 - 1º Quartil; Q3 - 3º Quartil; C.V. - coeficiente de variação

Tabela 3. Comparação do tempo empregado para se alcançar a força máxima da língua, em segundos, na 1^a, 2^a e 3^a medida

Tempo/Medida	Mediana	Distância interquartilica	valor-p ¹	Comparação das medidas	valor-p ²
1 ^a	4,0	5,3		1 ^a x 2 ^a	0,018
2 ^a	3,1	4,1	<0,001*	1 ^a x 3 ^a	<0,001*
3 ^a	2,3	3,9		2 ^a x 3 ^a	0,025

Legenda 1 - Teste de Friedman; 2 - Teste de Wilcoxon

DISCUSSÃO

A medida da força que a língua é capaz de exercer depende do grau de protrusão^{14,15}, da distância entre a mandíbula e a maxila e do tamanho da região da língua que está em contato com o sensor. Uma falha na reprodutibilidade desses parâmetros provoca uma grande variação na magnitude dos resultados obtidos¹⁴. A construção do aparelho usado no presente estudo teve o cuidado de buscar eliminar a interferência desses vieses.

Outros fatores também podem afetar a mensuração da força lingual, invalidando os dados encontrados, tais como: as instruções dadas ao paciente, a motivação externa, o número de testagens, o *feedback* ou o reforço positivo e a relação da postura entre a língua e a mandíbula^{16,17}. No presente estudo, as instruções para realização das medidas foram acompanhadas de uma demonstração do funcionamento do equipamento e de um retorno visual do teste, em uma situação chamada de treinamento. Além disso, ao longo do procedimento, cada indivíduo da amostra recebia *feedback* positivo para a realização da tarefa, assim como em outros trabalhos^{11,17}. Estudos prévios também se preocuparam em fornecer um sinal sonoro^{14,18}. No que se refere à influência da posição

mandibular, estudo prévio¹⁶ identificou que, em decorrência do aumento na altura de bloqueadores orais, a força da língua decresce. Assim, entende-se que um instrumento para fornecer dados fidedignos deve, necessariamente, ser capaz de controlar o grau de abertura de boca e, especialmente, reproduzi-la. Tal fator foi controlado no presente trabalho, uma vez que foi utilizado um protetor oral duplo (mordedor).

Embora valores da força média não sejam descritos na literatura, o único estudo localizado fora do Grupo de Engenharia Biomecânica da UFMG que a empregou¹⁴ também encontrou como resultado o valor de 13,0 N, indicando dados compatíveis com nossos achados, embora os métodos empregados sejam muito distintos. Nos últimos estudos publicados com o FORLING encontrou-se como valores de força média 8,0 N em um estudo com amostra (n=10) que incluía idosos⁵, 16 N em adultos⁶ um valor que pode ser considerado próximo ao encontrado no presente trabalho, embora o grupo tenha contado apenas com cinco participantes e 13,3⁷ que embora seja muito próximo, foi obtido em uma amostra (n= 11) que contava com participantes idosos.

Entretanto, em relação à força máxima, dentre os trabalhos que avaliaram a força axial da língua em Newtons, são encontrados resultados distintos dos

descritos no presente estudo, (18,3 N) podendo ser mais altos: 32 N¹⁹, 26±8 N para homens e 20±7 N para mulheres²⁰, 30±6 N²¹, 28±2 N¹⁵ ou mesmo mais baixos: 14,1 N¹⁴, 16±8 N para homens e 11±4 N para mulheres²². Contudo, ressaltamos que o emprego de amostras e métodos diferentes de avaliação, embora usando a mesma unidade de medida, tendem a produzir resultados distintos, o que pode justificar a grande variabilidade dos resultados encontrados nesses estudos. O ideal, em casos como esses, é que cada instrumento seja comparado apenas em relação a ele próprio, já que, de outra forma, diversas considerações precisam ser feitas. Nos trabalhos mais recentes com o FORLING foram verificados como valores de força máxima 11,2 N⁵, 22,8 N⁶ e 18,9 N (amostra com idosos)⁷. As diferenças de idade das amostras bem como o reduzido tamanho amostral das pesquisas citadas podem justificar as diferenças observadas. O estudo que empregou o FORLING com 105 adultos jovens encontrou o valor de 18±8 N⁸.

De acordo com a matriz de correlação entre a força axial média e máxima da língua, observamos alto valor de associação positiva com alta significância estatística. Assim, pudemos verificar que apenas um dos parâmetros, é suficiente para se avaliar a força axial por meio do FORLING. Clinicamente a força média parece ser um parâmetro mais importante visto que indica a capacidade da musculatura em sustentar contrações musculares, podendo ser um indicativo do que o fonoaudiólogo avalia em sua rotina. Uma das estratégias empregadas na prática clínica é solicitar que o paciente empurre uma espátula de madeira com a língua para verificação do tônus²³. Já uma contração isométrica máxima não é demandada por qualquer função do sistema estomatognático. Entretanto, considerando que as forças são correlatas é possível optar pelo uso da força máxima, por apresentar cálculo mais simples e coeficiente de variação discretamente mais baixo. Os inúmeros estudos desenvolvidos com o IOPI usualmente empregam a pressão máxima da língua como dado de referência, inclusive para avaliar a eficácia das intervenções terapêuticas²⁴⁻³⁰.

Refletindo mais especificamente sobre a terapia fonoaudiológica, poderíamos supor que o treinamento miofuncional orofacial da força máxima possa incrementar também a força média da língua e vice versa, não sendo necessária a abordagem de vários exercícios diferentes. Supomos ainda que a investigação da força axial da língua permita inferências a respeito da força lingual em outras direções. Um

estudo que investigou as direções anterior, lateral direita e lateral esquerda indicou que os indivíduos que apresentaram valores mais altos de força de língua em uma direção atingiram valores altos em todas as direções, assim como aqueles que atingiram valores baixos de força de língua o fizeram também em todas as direções¹⁸. No campo da disfagia existem fortes evidências de que o treino de resistência melhora a força da língua³¹ e que o treino de força com exercícios isométricos melhora a função de deglutição^{32,33}.

O parâmetro energia acumulada pela língua, que atingiu o valor de 131,1 N/s, foi descrito em apenas um estudo compilado¹⁸, tendo sido nesse caso calculado manualmente, assim como em um trabalho usando o FORLING⁷ (108 N/s). Entretanto, optamos por estudá-lo, uma vez que dois indivíduos podem apresentar os mesmos valores de força axial média e máxima da língua, embora apresentem a área sob a curva do gráfico diferente. A área sob o gráfico, ou *endurance*¹⁸, fornece informações mais completas e precisas sobre a força de língua do que o pico de força máxima, visto que uma língua forte e com capacidade de sustentar a contração muscular irá gerar uma curva alta e estável, enquanto uma língua fraca e com dificuldade em sustentar a contração resultará em uma curva baixa e irregular.

Dessa forma, a determinação da energia dispendida pela língua para acionar o êmbulo se relaciona com a capacidade do indivíduo em manter um determinado nível de força ao longo do tempo. Para duas pessoas que alcancem o mesmo valor de força máxima, aquela que conseguir persistir nessa força ou próxima a ela conseguirá transmitir maior valor de energia, calculada como a área sobre o gráfico. Um valor alto de força máxima seguido de um rápido descenso indica que o pico de força foi episódico, o que pouco irá contribuir para o desempenho das funções do sistema estomatognático, que são submáximas.

Isto pode ser aferido também ao se comparar força média e máxima. Quando estes valores se aproximam, é uma indicação de que não houve decréscimo significativo da força a partir do pico alcançado. De uma perspectiva clínica, a incapacidade de se manter a força por um período razoável indica comprometimento no tônus lingual, demandando intervenção fonoaudiológica.

Contudo, ao analisarmos os dados, observamos um comportamento muito próximo ao da força axial da língua. Dessa forma, com o tipo de análise realizada no presente trabalho a energia acumulada pela língua

não acrescentou informações relevantes. Mais estudos precisarão ser conduzidos para melhor compreensão do referido parâmetro, com diferentes formas de análise.

Outro parâmetro também não incluído nos estudos compilados se refere ao tempo empregado para se alcançar a força máxima da língua. A opção por essa análise decorreu da possibilidade de se verificar a influência do treinamento na resposta muscular da língua. Na literatura, localizamos apenas dois estudos que investigaram esse dado. O primeiro¹⁸ concluiu que indivíduos normais geralmente apresentam pico de força máxima no primeiro segundo, o que não ocorre com indivíduos disártricos. No segundo³⁴, o tempo máximo gasto para atingir o pico foi menor ou igual a 1 segundo para a maior parte dos participantes. Os dados do presente trabalho, 3,8 s, se diferenciam desses, uma vez que o tempo para se alcançar a força máxima foi maior, ressaltando-se que as metodologias utilizadas são diferentes. No trabalho com o FORLING em que esse parâmetro foi analisado foi verificado o mesmo tempo de 3,8 s⁶.

O tempo empregado para se alcançar a força máxima da língua diminuiu de acordo com as medidas realizadas, sendo a 1ª menor que a 3ª. Assim, podemos concluir que a repetição da tarefa torna a musculatura mais rápida para atingir seu pico máximo de força. Indiretamente, esse dado pode avaliar a rapidez da resposta da língua ao treinamento de uma tarefa. Cabe ressaltar, entretanto, que o dado em questão apresentou altos valores de coeficiente de variação em todas as medidas realizadas. Assim, mesmo que não abordado em outros estudos, esse nos parece ser um parâmetro que precisa de mais investigações para melhor compreensão.

O instrumento empregado encontra-se em processo de aperfeiçoamento. A simplificação do mecanismo, a portabilidade e uma taxa de amostragem maior que os atuais 10 Hz serão implementados. De acordo com a literatura³⁴, a taxa ideal para aquisição do sinal da pressão lingual isométrica seria de 62,5 Hz, com valores aceitáveis até 50 Hz.

Acredita-se que, pela manutenção das características básicas de funcionamento do instrumento, os dados aqui levantados sejam aplicáveis à versão portátil do FORLING.

CONCLUSÃO

A partir dos dados levantados, observamos que o FORLING possui aplicabilidade na clínica

fonoaudiológica, podendo se tornar uma importante ferramenta na realização de pesquisas, especialmente aquelas que se refiram à eficácia do diagnóstico e terapia miofuncional orofacial.

AGRADECIMENTO

À Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

1. Zemlin WR. Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia. Porto Alegre: Artes Médicas Sul; 2000.
2. Proffit WR. Equilibrium theory revisited: factors influencing position of the teeth. *Angle Orthod.* 1978;48(3):175-86.
3. Adams V, Mathisen B, Baines S, Lazarus C, Callister R. A systematic review and meta-analysis of measurements of tongue and hand strength and endurance using the Iowa Oral Performance Instrument (IOPI). *Dysphagia.* 2013;28(3):350-69.
4. Motta AR, Perim JV, Perilo TVC, Las Casas EB, Costa CG, Magalhães FE, et al. Método objetivo para a medição de forças axiais da língua. *Rev CEFAC.* 2004;6(2):164-9.
5. Barroso MFS, Costa CG, Saffar JME, Las Casas EB, Motta AR, Perilo TVC, et al. Desenvolvimento de um sistema protótipo para medição objetiva das forças linguais em humanos. *SBA Controle & Automação.* 2009;20(2):156-63.
6. Furlan RM, Valentim AF, Perilo TV, da Costa CG, Barroso MF, de Las Casas EB et al. Quantitative evaluation of tongue protrusion force. *Int J Orofacial Myology.* 2010;36:33-43.
7. Furlan RM, Motta AR, Valentim AF, Barroso MF, Costa CG, Casas EB. Protrusive tongue strength in people with severely weak tongues. *Int J Speech Lang Pathol.* 2013;15(5):503-10.
8. Berbert MC, Brito VG, Furlan RM, Perilo TV, Valentim AF, Barroso MF et al. Maximum protrusive tongue force in healthy young adults. *Int J Orofacial Myology.* 2014;40:56-63.
9. Pittman LJ, Bailey EF. Genioglossus and intrinsic electromyographic activities in impeded and unimpeded protrusion tasks. *J Neurophysiol.* 2009;101(1):276-82.

10. Kanezaki M, Ogawa T, Izumi T. Tongue protrusion strength in arousal state is predictive of the airway patency in obstructive sleep apnea. *Tohoku J Exp Med.* 2015;236(4):241-5.
11. Youmans SR, Stierwalt JA. Measures of tongue function related to normal swallowing. *Dysphagia.* 2006;21(2):102-11.
12. Potter NL, Short R. Maximal tongue strength in typically developing children and adolescents. *Dysphagia.* 2009;24(4):391-7.
13. Fei T, Polacco RC, Hori SE, Molfenter SM, Peladeau-Pigeon M, Tsang C, Steele CM. Age-related differences in tongue-palate pressures for strength and swallowing tasks. *Dysphagia.* 2013;28(4):575-81.
14. Robinovitch SN, Hershler C, Romilly DP. A tongue force measurement system for the assessment of oral-phase swallowing disorders. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991;72:38-42.
15. Bu Sha BF, England SJ, Parisi RA, Strobel RJ. Force production of the genioglossus as a function of muscle length in normal humans. *J Appl Physiol.* 2000;88:1678-84.
16. Solomon NP, Munson B. The effect of jaw position on measures of tongue strength and endurance. *J Speech Lang Hear Res.* 2004;(3)47:584-94.
17. Vanderwegen J, Guns C, Van Nuffelen G, Elen R, De Bodt M. The influence of age, sex, bulb position, visual feedback, and the order of testing on maximum anterior and posterior tongue strength and endurance in healthy belgian adults. *Dysphagia.* 2013;28(2):159-66.
18. Dworkin JP, Aronson AE. Tongue strength and alternative motion rates in normal and dysarthric subjects. *J Commun Disord.* 1986;19(2):115-32.
19. Mortimore IL, Douglas NJ. Relationship of genioglossus muscle electromyographic activity to force. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;153:A690.
20. Mortimore IL, Fiddes P, Stephens S, Douglas NJ. Tongue protrusion force and fatiguability in male and female subjects. *J Sleep Res.* 1999;14(1):191-5.
21. Mortimore IL, Bennett SP, Douglas NJ. Tongue protrusion strength and fatiguability: relationship to apnoea/hypopnoea index and age. *J Sleep Res.* 2000;9(4):389-93.
22. Ulrich Sommer J, Birk R, Hörmann K, Stuck BA. Evaluation of the maximum isometric tongue force of healthy volunteers. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2014;271(11):3077-84.
23. Clark HM, Henson PA, Barber WD, Stierwalt JAG, Sherrill M. Relationships among subjective and objective measures of the tongue strength and oral phase swallowing impairments. *Am J Speech Lang Pathol.* 2003;12(1):40-50.
24. Lazarus C, Logemann JA, Huang CF, Rademaker AW. Effects of two types of tongue strengthening exercises in young normals. *Folia Phoniatr Logop.* 2003;55(4):199-205.
25. Robbins JA, Gangnon RE, Theis SM, Kays SA, Hewitt AL, Hind JA. The effects of lingual exercise on swallowing in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(9):1483-9.
26. Robbins JA, Kays SA, Gangnon RE, Hind JA, Hewitt AL, Gentry LR et al. The effects of lingual exercise in stroke patients with dysphagia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(2):150-8.
27. Clark HM, O'Brien K, Calleja A, Corrie SN. Effects of directional exercise on lingual strength. *J Speech Lang Hear Res.* 2009;52(4):1034-47.
28. Clark HM. Specificity of training in the lingual musculature. *J Speech Lang Hear Res.* 2012;55(2):657-67.
29. Oh JC. Effects of tongue strength training and detraining on tongue pressures in healthy adults. *Dysphagia.* 2015;30(3):315-20.
30. Van Dyck C, Dekeyser A, Vantricht E, Manders E, Goeleven A, Fieuws S, Willems G. The effect of orofacial myofunctional treatment in children with anterior open bite and tongue dysfunction: a pilot study. *Eur J Orthod.* 2016;38(3):227-34.
31. Steele CM1, Van Lieshout P. Tongue movements during water swallowing in healthy young and older adults. *J Speech Lang Hear Res.* 2009;52(5):1255-67.
32. Steele CM, Bayley M, Pigeon M, Stokely S. Tongue pressure profile training for dysphagia post stroke (TPPT): study protocol for an exploratory randomized controlled trial. *Trials.* 2013;14:126.
33. Kim HD, Choi JB, Yoo SJ, Chang MY, Lee SW, Park JS. Tongue-to-palate resistance training improves tongue strength and oropharyngeal swallowing function in subacute stroke survivors with dysphagia. *J Oral Rehabil.* 2017;44(1):59-64.
34. Hewitt A, Hind J, Kays S, Nicosia M, Doyle J, Tompkins W, Gangnon R, et al. Standardized instrument for lingual pressure measurement. *Dysphagia.* 2008;23(1):16-25.