

Software para análise quantitativa da deglutição*

Swallowing quantitative analysis software

André Augusto Spadotto¹, Ana Rita Gatto², Paula Cristina Cola³, Arlindo Neto Montagnoli⁴, Arthur Oscar Schelp⁵, Roberta Gonçalves da Silva⁶, Seizo Yamashita⁷, José Carlos Pereira⁸, Maria Aparecida Coelho de Arruda Henry⁹

Resumo **OBJETIVO:** Apresentar um *software* que permita uma análise detalhada da dinâmica da deglutição. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Participaram deste estudo dez indivíduos após acidente vascular encefálico, sendo seis do gênero masculino, com idade média de 57,6 anos. Foi realizada videofluoroscopia da deglutição e as imagens foram digitalizadas em microcomputador, com posterior análise do tempo do trânsito faríngeo da deglutição, por meio de um cronômetro e do *software*. **RESULTADOS:** O tempo médio do trânsito faríngeo da deglutição apresentou-se diferente quando comparados os métodos utilizados (cronômetro e *software*). **CONCLUSÃO:** Este *software* é um instrumento de análise dos parâmetros tempo e velocidade da deglutição, propiciando melhor compreensão da dinâmica da deglutição, com reflexos tanto na abordagem clínica dos pacientes com disfagia como para fins de pesquisa científica.

Unitermos: Videofluoroscopia da deglutição; *Software*; Análise quantitativa.

Abstract **OBJECTIVE:** The present paper is aimed at introducing a software to allow a detailed analysis of the swallowing dynamics. **MATERIALS AND METHODS:** The sample included ten (six male and four female) stroke patients, with mean age of 57.6 years. Swallowing videofluoroscopy was performed and images were digitized for posterior analysis of the pharyngeal transit time with the aid of a chronometer and the software. **RESULTS:** Differences were observed in the average pharyngeal swallowing transit time as a result of measurements with chronometer and software. **CONCLUSION:** This software is a useful tool for the analysis of parameters such as swallowing time and speed, allowing a better understanding of the swallowing dynamics, both in the clinical approach of patients with oropharyngeal dysphagia and for scientific research purposes. *Keywords:* Swallowing videofluoroscopy; Software; Quantitative analysis.

Spadotto AA, Gatto AR, Cola PC, Montagnoli AN, Schelp AO, Silva RG, Yamashita S, Pereira JC, Henry MACA. *Software* para análise quantitativa da deglutição. *Radiol Bras.* 2008;41(1):25–28.

* Trabalho realizado no Departamento de Neurologia e Psiquiatria da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, SP, Brasil.

1. Mestre, Doutorando em Engenharia Elétrica na Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, Brasil.

2. Fonoaudióloga, Aperfeiçoamento em Fonoaudiologia aplicada à Neurologia na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, SP, Brasil.

3. Mestre, Fonoaudióloga da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, SP, Brasil.

4. Doutor, Docente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Rio Claro, SP, Brasil.

5. Doutor, Docente do Departamento de Neurologia e Psiquiatria da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, SP, Brasil.

6. Doutora, Docente do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Marília, SP, Brasil.

7. Mestre, Professor da Disciplina de Radiodiagnóstico da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, SP, Brasil.

8. Professor Titular, Docente do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, Brasil.

9. Doutora, Docente do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, SP, Brasil.

Endereço para correspondência: André Augusto Spadotto. Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Departamento de Neurologia e Psiquiatria. Distrito de Rubião Júnior, s/nº. Botucatu, SP, Brasil, 13618-970. Caixa Postal 540. E-mail: spadotto@fmb.unesp.br

Recebido para publicação em 9/5/2007. Aceito, após revisão, em 19/7/2007.

INTRODUÇÃO

A dinâmica da deglutição envolve a coordenação e interação de diversos músculos e nervos que participam das quatro fases, que são: preparatória oral, oral, faríngea e esofágica⁽¹⁾. Estas fases inter-relacionam-se e compõem um complexo processo dinâmico, com refinado controle neuromotor. O sincronismo entre as fases permite que o alimento seja transportado da boca até o estômago sem que haja penetração e/ou aspiração traqueal.

Qualquer alteração na dinâmica da deglutição é nomeada disfagia orofaríngea. Esta pode ter causas neurológicas, mecânicas, psicogênicas, iatrogênicas e idiopáticas. Buchholz⁽²⁾ definiu a disfagia orofaríngea neurogênica como sendo o resultado de distúrbio motor e sensorial comprometendo as fases oral e faríngea da deglutição.

A avaliação clínica da deglutição depende do conhecimento do avaliador das

estruturas anatômicas e dos processos neurofisiológicos envolvidos na deglutição, importantes para compreender a inter-relação entre as fases e auxiliar o raciocínio clínico e terapêutico⁽³⁾. A avaliação deve constar de informações de anamnese e procedimentos específicos que permitam verificar o funcionamento das fases da deglutição. No entanto, algumas vezes são necessários exames objetivos para auxiliar na definição de condutas terapêuticas.

O estudo fluoroscópico permite a visualização das estruturas anatômicas de forma dinâmica, mas não possibilita registro, o que limita as análises complementares. A necessidade de registrar o exame fluoroscópico levou ao desenvolvimento da videofluoroscopia, que é o método pelo qual as imagens da fluoroscopia em tela são comumente documentadas em fita de vídeo ou outros meios de registro. O processo reduziu a exposição à radiação, tanto para o paciente como para o radiologista⁽⁴⁾.

A videofluoroscopia da deglutição é considerada, atualmente, o melhor exame para avaliar objetivamente a dinâmica da deglutição com visualização de todas as fases (preparatória oral, oral, faríngea e esofágica). Todavia, este exame permite somente uma avaliação qualitativa da dinâmica da deglutição.

O exame videofluoroscópico fornece uma imagem bidimensional, determinada pela interação dos raios-X com as diversas densidades das diferentes estruturas da região, e permite, ainda, o seu registro em fita VHS. A identificação das estruturas e o entendimento da sua real função dependem do adequado conhecimento anatômico e da capacidade de se identificar o reposicionamento dinâmico das estruturas pelo deslocamento de suas densidades.

Existem equipamentos radiológicos digitais que fornecem a digitalização direta dos exames de videofluoroscopias, com melhor qualidade. Entretanto, a não-disponibilização de tais equipamentos não impede uma avaliação objetiva do mecanismo da deglutição. Pensando em tornar essa análise mais fidedigna, têm sido propostos, na literatura, programas que digitalizam as imagens, barateando o alto custo.

O objetivo do presente estudo é apresentar um *software* para obtenção de parâmetros quantitativos, possibilitando, dessa forma, uma análise mais objetiva dos eventos da deglutição, como mensurar a velocidade dos eventos envolvidos e a área residual em recessos faríngeos, por meio das imagens do exame de videofluoroscopia da deglutição.

MATERIAIS E MÉTODOS

Pacientes

Participaram desta pesquisa dez indivíduos pós-acidente vascular encefálico (AVE) com acometimento cortical, sendo seis do gênero masculino e quatro do feminino, destros, com faixa etária variando entre 44 e 82 anos (média de 57,6 anos).

Foram excluídos da pesquisa os indivíduos pós-AVE hemorrágico com rebaixamento do nível de consciência, e os que apresentavam quadro clínico geral instável, confirmado pela avaliação médica.

O protocolo de estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Médica do

Hospital das Clínicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp). Todos os pacientes incluídos no protocolo de estudo tiveram ciência e deram consentimento livre e esclarecido.

Método

O método aplicado compôs-se do exame clínico-neurológico, incluindo anamnese e antecedentes pessoais, e também de exames de neuroimagem (tomografia computadorizada e/ou ressonância magnética). Os exames solicitados como parte da rotina de atendimento foram interpretados por profissionais médicos, neurorradiologista e neurologista, e também por fonoaudiólogo. Posteriormente, realizou-se a videofluoroscopia, verificando-se, assim, a dinâmica da deglutição.

A videofluoroscopia foi realizada por fonoaudiólogo em conjunto com radiologista. A avaliação radiológica da deglutição envolve um estudo fluoroscópico, com deglutição de alimentos modificados com sulfato de bário (contraste).

O equipamento utilizado é composto de um seriógrafo telecomandado, da marca Prestilix, modelo 1600X, 1.000 mA, 130 kV, da General Electric. O colimador acoplado permitia abertura máxima de 35 cm × 43 cm, com possibilidade de fechamento total. A mesa de exame radiológico apresentava inclinação de 90 a 180 graus, permanecendo sempre em 90 graus para este exame. As imagens são transmitidas a um monitor de vídeo, da marca Sony, modelo PVM-95E, e simultaneamente a um aparelho de videocassete, marca Panasonic SVHS, modelo AG 7400, onde os exames são gravados em fita de vídeo. Foi acoplado a este vídeo um microfone da marca Leson, modelo Sm-58, para gravação também do áudio, melhorando o registro do método utilizado em cada deglutição e, conseqüentemente, facilitando a análise posterior das imagens.

Durante a realização do exame videofluoroscópico os indivíduos permaneciam sentados e as imagens foram feitas na posição lateral, com limites superior e inferior que abrangiam desde a cavidade oral até o esôfago. Cada indivíduo foi observado durante a deglutição de alimento na consistência pastosa e volume de 5 ml oferecidos em uma colher.

Os exames foram digitalizados com taxa de aquisição de 29,97 quadros por segundo, podendo assim avaliar a posição do bolo a cada 33 ms. Em seguida, esses exames foram editados no computador. As análises do tempo do trânsito do bolo alimentar foram feitas, em um primeiro momento, com um cronômetro manual. Em um segundo momento, foi utilizado um *software* desenvolvido por pós-graduandos do Departamento de Neurologia e Psiquiatria da Unesp-Botucatu e do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. Este *software* proporciona o registro do tempo em milissegundos, mediante análise dos quadros do vídeo, e a serialização da deglutição.

Foi realizada análise comparativa entre o uso de um cronômetro e do *software*. As análises dos exames, com uso do cronômetro, foram feitas marcando o início e o término do trajeto do bolo pela fase faríngea, obtendo-se assim o tempo de duração de cada fase. Já com o uso do *software* essas análises foram feitas pela contagem dos quadros e também marcando o início e o término da fase faríngea. O início da fase faríngea da deglutição foi marcado no momento que o bolo alimentar atingiu a região posterior da espinha nasal, localizada no final do palato duro e início do palato mole; o término da fase faríngea foi marcado quando o bolo atravessava o esfíncter esofágico superior⁽⁵⁾.

O programa em si é de uso bastante simples, seu grau de confiança depende exclusivamente do avaliador, que no nosso caso são fonoaudiólogas capacitadas para a avaliação da dinâmica da deglutição por meio do exame de videofluoroscopia. No rodapé da tela principal é exibida uma barra de *status*, na qual são fornecidas diversas informações sobre o exame como um todo e sobre seu estado atual.

A principal ferramenta que o programa oferece é a de mensurar o tempo, tendo sido já amplamente testada. Existe, ainda, uma segunda ferramenta pela qual se pode avaliar a área de resíduo, mas esta ainda deve ser aprimorada e validada.

Para a verificação dos tempos decorridos entre as ações, quando o avaliador deseja obter um dado quantitativo, o programa utiliza funções desenvolvidas com base nos quadros que compõem o exame

(arquivo no formato de um filme), para execução dos cálculos de tempo. O observador pode escolher o ponto inicial do tempo que se quer medir, por meio da barra de progressão, e fazendo um ajuste mais preciso usando o avanço manual, cujo passo pode ser controlado, alterando o número de quadros que se deseja avançar a cada passo.

Feita a escolha da posição inicial, que identifica o momento em que a ação que se deseja medir se inicia, o observador aciona o comando que registra o início. Com essa ação, o programa fornece mais duas opções: uma, de registrar o fim do evento, e outra, que é a de limpar, caso se queira zerar os tempos salvos.

A ação de registrar o fim deve ser realizada apenas quando o observador já estiver posicionado no *frame* exato do fim da ação na qual ele marcou o início. Feito isso, o programa exibirá o resultado do tempo decorrido de três formas: a primeira retorna o número de quadros da ação, a segunda exibe o tempo em segundos, e a terceira mostra o tempo de uma forma mais precisa, que é em milissegundos.

O programa ainda oferece uma opção de *zoom*, para poder aumentar a área de visualização do quadro atual. Esses detalhes de ações são exibidos na Figura 1.

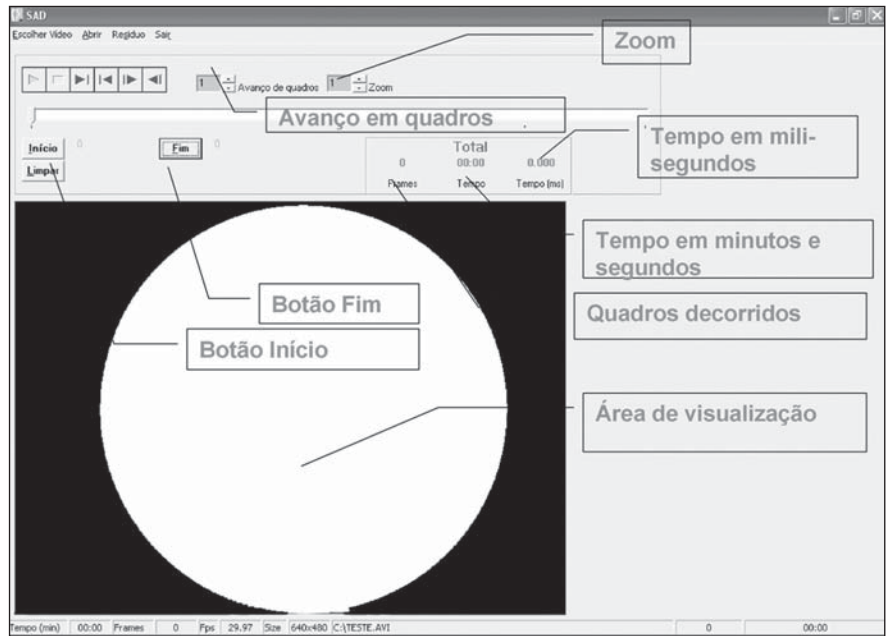


Figura 1. Visualização de algumas ferramentas disponíveis no programa.

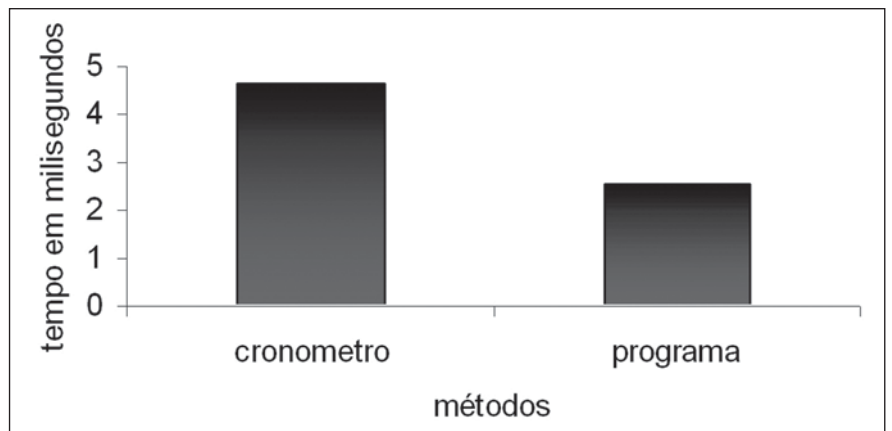


Figura 2. Relação dos tempos de fase faríngea da deglutição com o uso do cronômetro manual e com o uso do software.

RESULTADOS

Foram encontrados valores diferentes quando comparadas as médias do tempo do trânsito faríngeo em relação ao uso do cronômetro e uso do *software*. Os indivíduos deste grupo apresentaram média de 4,6 s com o uso do cronômetro e de 2,5 s quando utilizaram o *software* (Figura 2). Esta diferença pode ser entendida como a latência para o reconhecimento visual e o acionamento manual do cronômetro. É evidente que o grau de atenção do examinador também interfere na precisão das medidas.

Observou-se que o uso do programa permite uma medição mais precisa, pois possibilita detalhar e identificar exatamente o início e o término da fase faríngea. Os valores discrepantes provam que, para se avaliar o tempo de trânsito faríngeo por meio das imagens de videofluoroscopia, deve-se ter em mãos instrumentos mais precisos; no caso, o *software* possibilitou tal medição.

DISCUSSÃO

A idéia inicial para o desenvolvimento dessa ferramenta surgiu da necessidade de quantificar e mensurar o processo de deglutição, não como um todo, mas em suas partes, podendo avaliar e medir o tempo de acontecimento de cada fase da deglutição. O programa permite uma análise dinâmica (execução em tempo real) e uma análise estática da deglutição (quadro a quadro).

Os valores discrepantes encontrados entre o cronômetro e o *software* evidenciam que a avaliação do tempo de trânsito a partir apenas das imagens de videofluoroscopia não é fidedigna. Instrumentos mais

precisos, com utilização de programas específicos, possibilitam medição mais precisa, rápida e reprodutível, essenciais tanto na utilização clínica assistencial como para novos estudos acadêmicos e revisões da literatura.

A precisão torna-se importante quando o objetivo é verificar a eficiência de procedimentos terapêuticos dentro do processo de reabilitação do indivíduo disfágico. O acompanhamento da reabilitação é mais eficiente com a utilização do *software*. Quando se analisa a deglutição, as diferenças de tempo em cada fase são de pequenas dimensões, impróprias para análise visual e mecânica.

Sendo as imagens obtidas pelo videocassete de qualidade inferior e também não se tendo equipamento digital, fez-se necessário tal programa para que a análise quantitativa das fases da deglutição fosse mais fidedigna.

Não foram encontrados, na literatura, estudos com videofluoroscopia que compararam formas de análises quantitativas da dinâmica da deglutição.

Estudos como o de Kendall et al.⁽⁵⁾ utilizam programa computadorizado para a medição do tempo do trajeto do bolo nas diferentes fases da deglutição em indivíduos saudáveis. No nosso estudo, os indivíduos pós-AVE apresentaram média de tempo do trânsito faríngeo maior quando comparados com indivíduos normais deste estudo, em que a média do tempo de trânsito faríngeo com alimento na consistência pastosa é de 0,91 s. Esta diferença se deve à presença de disfagia orofaríngea dos sujeitos desta pesquisa.

Observamos que para as análises de tempo junto ao exame de videofluoroscopia da deglutição faz-se necessário o uso de um *software* que permita identificar exatamente as estruturas anatômicas envolvidas com o início e o término de cada fase. O estudo de Kendall et al.⁽⁵⁾ determina o início do trânsito faríngeo no momento que o bolo alimentar atinge a região posterior da espinha nasal localizada no final do palato duro e início do palato mole. Não são possíveis determinar, de forma exata, as diferentes fases com o emprego de cronômetro manual.

Martin-Harris et al.⁽⁶⁾, utilizando videofluoroscopia digitalizada, analisaram os movimentos das estruturas anatômicas du-

rante o processo de deglutição, como o movimento do osso hióide, comparando o tempo de cada movimento com relação ao sexo e à raça. Essa medição sem o uso de programa limita a análise, pois são movimentos precisos e rápidos, de difícil individualização.

Outros autores, como Santoro et al.⁽⁷⁾, realizaram avaliação quantitativa da deglutição em população geriátrica saudável utilizando endoscopia da deglutição com o programa de edição de imagens Adobe Premiere 6.0. Nesse artigo são determinados os momentos de início para o registro da fase oral e fase faríngea, com tempo médio da fase faríngea de $867,8 \pm 157,8$ ms (mínimo de 567 ms e máximo de 1.133 ms). Porém, como os dados estão relacionados à endoscopia da deglutição, não é possível a comparação com o nosso método de avaliação. O programa citado acima possui ferramentas para avaliação do tempo decorrido, mas também muitas outras características do vídeo em análise que não são importantes em nossa avaliação, fornecendo, desse modo, uma interface muito complexa, ao passo que o interesse maior é fixar a atenção no vídeo em execução para a determinação dos pontos importantes. Por essa e outras razões elaboramos o programa de avaliação do tempo com essa interface mais limpa e clara.

A inexistência de outros programas similares não permite uma análise comparativa. O único método análogo disponível comercialmente utiliza parâmetros morfológicos e funcionais semelhantes ao nosso, mas aplica *software* e registros distintos dos desenvolvidos na análise apresentada no presente estudo.

CONCLUSÃO

Este *software* oferece um instrumento de análise ampliada dos parâmetros de tempo e velocidade da deglutição, propiciando melhor compreensão da dinâmica da deglutição, com reflexos tanto na abordagem clínica dos pacientes com disfagia orofaríngea como para fins de pesquisa científica.

O programa disponibiliza recursos para a interpretação individualizada de fases da deglutição que não são possíveis nas análises convencionais, subjetivas e sujeitas a variações interpessoais. São necessários novos estudos que minimizem ou eliminem a subjetividade na determinação dos pontos de transição das diferentes fases da deglutição.

REFERÊNCIAS

1. Logemann JA. Evaluation and treatment of swallowing disorders. Austin: Pro-ed Inc.; 1983.
2. Buchholz DW. Dysphagia associated with neurological disorders. Acta Otorhinolaryngol Belg. 1994;48:143-55.
3. Silva RG. Disfagia neurogênica em adultos: uma proposta para avaliação clínica. In: Furkim AM, Santini CS. Disfagias orofaríngeas. São Paulo: Pró fono; 1999. p.35-48.
4. Costa MMB, Nova JLL, Carlos MT, et al. Videofluoroscopia – um novo método. Radiol Bras. 1992;25:11-8.
5. Kendall KA, McKenzie S, Leonard RJ, et al. Timing of events in normal swallowing: a videofluoroscopic study. Dysphagia. 2000;15:74-83.
6. Martin-Harris B, Michel Y, Castell DO. Physiologic model of oropharyngeal swallowing revisited. Otolaryngol Head Neck Surg. 2005;133:234-40.
7. Santoro PP, Tsuji DH, Lorenzi MC, et al. A utilização da videoendoscopia da deglutição para a avaliação quantitativa da duração das fases oral e faríngea da deglutição na população geriátrica. Arq Int Otorrinolaringol. 2003;7:3.