

Sonar Doppler como Instrumento de Avaliação da Deglutição

Sonar Doppler as an Instrument of Deglutition Evaluation

*Rosane Sampaio Santos**, *Evaldo Dacheux Macedo Filho***.

* Mestre em Distúrbios da Comunicação Universidade Tuiuti do Paraná. Docente do Curso de Fonoaudiologia da Universidade Tuiuti do Paraná.

** Doutor em Medicina Cirúrgica pela UFPR (Médico Otorrinolaringologista e Endoscopista Doutor em Medicina Cirúrgica pela UFPR Instituição: Universidade Tuiuti do Paraná Professor Mestrado Distúrbios da Comunicação da Universidade Tuiuti do Paraná).

Instituição: Universidade Tuiuti do Paraná.

Endereço para correspondência: Rua Padre Oswaldo Gomes, 754 casa 3 – Guabirota – Curitiba / PR – CEP 80510-100 – Telefax: (41) 3331-7847 – Telefone residencial: (41) 3296-6992 – Celular: (41) 9127-2648 – E-mail: rosanesampaio@onda.com.br e/ou rosane.santos2@utp.br

Co-autor: Telefax: (41) 3331-7847 – Celular (41) 9972-4044 – E-mail: emacedo@onda.com.br

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da RAO em 19/3/2006 e aprovado em 20/8/2006 13:32:18.

RESUMO

- Introdução:** Recentemente houve uma nova onda de interesse na medicina por procedimentos não invasivos, usados para contribuir nas avaliações clínicas da deglutição.
- Objetivo:** analisar os sons da deglutição em uma população de indivíduos adultos normais, utilizando como instrumento o Sonar Doppler.
- Casuística e Método:** Estabelecidas as medidas de duração, frequência e de amplitude da onda sonora para a deglutição seca (saliva), líquida e pastosa. A presente casuística compreendeu 50 indivíduos, 25 do sexo feminino e 25 do sexo masculino, média de idade de 32 anos.
- Resultados:** Média para a frequência inicial de 567 Hz para deglutição seca, 587 Hz para líquido e 592 Hz para pastoso. A média da frequência referente ao primeiro pico da onda sonora foi de 905 Hz para deglutição seca, 901 Hz para líquido e 885 Hz para pastoso. A média da frequência do segundo pico foi de 1070 Hz para a deglutição seca, no líquido 1095 Hz e no pastoso 1096 Hz. As medidas de intensidade inicial média de 51 dB e de 91 dB para a intensidade do segundo pico. Para o tempo média de 1,33s na deglutição seca; 1,67s na deglutição para líquido e 1,85s para pastoso. Não foi observada diferença dos traçados da onda sonora entre os sexos.
- Conclusão:** Os dados deste estudo, demonstram a viabilidade do uso do sonar doppler contínuo como instrumento auxiliar na avaliação dos sons da deglutição e na identificação de parâmetros acústicos. O sonar doppler apresenta-se como um método promissor de diagnóstico e monitoramento terapêutico, por não ser invasivo e de baixo custo.
- Palavras-chave:** deglutição, efeito Doppler e laringe.

SUMMARY

- Background:** There has been a new field of interest in Medicine on non-invasive procedures recently, used to contribute for clinical evaluations in deglutition.
- Objective:** Analyze the deglutition sound in a normal adult population, utilizing as instrument the Doppler Sonar.
- Method:** The duration, frequency and amplitude measures of the sound wave were establish for dry, liquid and pasty deglutition (saliva). The present casuistry comprised 50 people, 25 women and 25 men, average age 32.
- Results:** For the initial frequency 567 Hz for dry deglutition, 587 Hz for liquid and 592 Hz for the pastry one. The frequency average concerning the first sound wave crest was 905 for dry deglutition, 901 Hz for liquid and 885 Hz for the pastry one. The frequency average regarding the second sound wave crest was 1070 Hz for dry deglutition, in the liquid 1095 Hz and in the pastry 1096 Hz. The initial intensity of 51 dB and 91 dB for the intensity of the second. Time it was registered an average of 1.33 for dry deglutition; 1.67s for liquid deglutition and 1.85s for pastry one. Among the acoustic parameters analyzed no differences in the tracing of the sound wave were observed.
- Conclusion:** Data of this study have demonstrated the viability of using the continuous Doppler sonar as an auxiliary instrument to evaluate the deglutition sounds and to identify acoustic parameters. The Doppler sonar is presented as a promising method of diagnosis and therapeutic monitoring, for being non-invasive and having low cost.
- Key words:** deglutition, Doppler Effect and larynx.

INTRODUÇÃO

Um crescente contingente de tecnologias está atualmente disponível para avaliar os vários aspectos da função e disfunção da deglutição. Essas tecnologias permitem a mensuração dos movimentos das estruturas nela envolvidas e da ação muscular através de aspectos espaciais e temporais. Esse contingente de tecnologia pode fornecer diferentes peças analíticas de todo o processo. A escolha dos métodos para uma determinada avaliação será particularizada para cada caso, ou objetivo, dependendo das questões clínicas envolvidas.

Entre os métodos para a avaliação, monitoramento e biofeedback da deglutição, estão a videofluoroscopia (VFC) e a avaliação endoscópica da deglutição (1; 2); ausculta cervical com estetoscópio, acelerômetros ou microfones (3); eletromiografia de superfície (4); a ultra-sonografia da deglutição (5), endoscopia virtual por tomografia computadorizada com software de reconstrução (6).

Compreender a produção do som durante o evento da deglutição vem sendo um trabalho complexo para diversos autores que se dedicaram ao assunto nas últimas décadas. A região do pescoço apresenta uma quantidade significativa de atividade acústica. Parte desta atividade é de natureza hidráulica, de vasos sanguíneos venosos e arteriais fluida cérebro espinhal, da deglutição freqüente de secreções, assim como as trocas gasosas em válvulas de restrição.

HAMLET (7) em seus estudos destacaram que um dos sinais acústicos mais importantes do som da deglutição corresponde ao deslocamento do bolo através do músculo cricofaríngeo e identificaram um ruído periódico, provavelmente de origem laríngea, que “explode” na proximidade do fechamento deste músculo, os demais sinais se apresentam de forma aperiódica. Os autores também destacaram que a movimentação do hióide, da laringe e epiglote pode contribuir para o sinal acústico da deglutição. Posteriormente, HAMLET (8) descreveram três componentes que compreenderiam o som da deglutição: (1) Um fraco sinal associado ao levantamento laríngeo e à passagem do bolo pela faringe; (2) Um forte som associado com a abertura do cricofaríngeo e (3) Um fraco sinal associado com a descida da laringe.

Esses dados foram de encontro a outros estudos que relataram a ação respiratória das vias aérea superiores ou as mudanças abruptas na musculatura durante a fase faríngea da deglutição como componentes dos sons (9), e que o levantamento da laringe também contribuiria como possível componente acústico da deglutição (3).

TAKAHASHI (10) em seu estudo sobre a análise digital dos sons da deglutição objetivaram selecionar o melhor tipo

de adesivo para fixação do detector no pescoço, o melhor detector acústico e a melhor localização para detecção dos sons da deglutição faríngea em adultos. Dois tipos foram comparados, o acelerômetro com fita dupla de papel, visto que essa unidade demonstrou amplo alcance de freqüência. Para indicar o melhor local, foi realizada uma varredura em 24 pontos do pescoço. Destes, foram indicados para a ausculta cervical o local 5, descrito como o ponto médio entre o local abaixo da cartilagem cricóidea, imediatamente acima da insisura jugular; o local 11, sobre a região lateral da traquéia, imediatamente inferior à cartilagem cricóidea e o local 4, sobre o centro da cartilagem cricóidea.

O traçado acústico da deglutição pode ser analisada em termos de duração, freqüência do sinal e amplitude da onda. Russo (11), em seus estudos sobre acústica e psicoacústica descreve *freqüência (f)* como o número de ciclos que as partículas materiais realizam em 1 segundo. A expressão ciclos foi substituída por (Hz) em homenagem ao físico alemão Heinrich Hertz, sendo esta a unidade de medida usada internacionalmente. Para BEHLAU (12) A *freqüência* é por definição a velocidade na qual uma forma de onda se repete por unidade de tempo, o que é indicado por c/s (ciclos por segundo), na literatura mais antiga, ou por Hz nos textos mais modernos, sendo 1 Hz = 1 c/s. Conforme Russo (11), amplitude é definida como medida do afastamento ou deslocamento das partículas materiais de sua posição de equilíbrio.

Com relação à duração do sinal acústico, existem diferenças para a deglutição seca, de alimentos líquidos e pastosos. CICHERO & MURDOCH (13), em sua consistente revisão sobre as causas fisiológicas dos sons da deglutição, descreveram haver uma concordância entre a maioria dos investigadores, que a duração do sinal sonoro para a deglutição de líquidos é de 500 ms. Porém, foi descrita a duração de 250 ms para a deglutição de 1/3 de colher de chá de alimento pastoso. McKAIG (3), ressalta que o tempo é específico para cada indivíduo, pois algumas pessoas podem apresentar uma deglutição que dura um total de 1 segundo, enquanto outras, duram 3 segundos, sem apresentar disfagia.

McKAIG (3) ao estudar as características de freqüência do sinal da deglutição, ressaltou que a energia sonora do processo está na faixa de 0 a 2000 Hz. TAKAHASHI (10) observaram dois picos, um abaixo de 110 Hz e outro pico em 621 Hz. HAMLET (14) encontraram em seus estudos um pico inicial do som em 556 Hz e um segundo pico em 1.384 Hz.

VICE (9) no estudo com bebês, salientaram que os sons da deglutição variam em amplitude e padrão, provavelmente pelas características físicas do alimento. Relatam “discretos sons iniciais” e “discretos sons finais” que ante-

cediam e precediam, respectivamente, a deglutição com duração de 10 a 30 ms.

Diversos estudos tem investigado, inclusive com o uso de microfone fixado ao pescoço e análise digital dos sons, o que se pode saber através dos sinais da deglutição, discutindo o traçado acústico em termos de duração, frequência do sinal e amplitude da onda sonora da deglutição (10).

McKAIG (3) descreve em seu artigo sobre a ausculta cervical que, em uma deglutição não disfágica, em geral, há três sons marcantes quando o bolo passa para a faringe: dois cliques audíveis acompanhados de um sopro expiratório. O autor ainda discute em seu artigo a necessidade da criação de um léxico mais descritivo que permita se referir aos sons da deglutição. Utilizam o termo explosão (burst), para nomear os “cliques” da deglutição e o termo crepitante (pop) para identificar o ruído de frequências altas que ocorre entre as explosões de cada deglutição. Este fato de curta duração, em geral menos de 25 s, é considerado pelo autor como um marcador de tempo quando identificado através da análise de frequência.

O computador é capaz de digitalizar os sons e processar os ruídos produzidos pela deglutição em representações visuais de formato de onda, o que permite medidas exatas e conseqüentemente, uma descrição mais precisa dos mesmos.

SABINO (15) descreve o som como a propagação da energia por uma onda mecânica através do meio. Mais precisamente, o som é uma onda mecânica longitudinal (compressional) na qual o movimento das partículas é paralelo a direção de propagação da onda. Uma onda sonora necessita de um meio para a sua transmissão. Ela não se propaga através do vácuo, ao contrário das ondas eletromagnéticas, rádio e luz, que não requerem um meio físico, para a sua propagação.

Para McKAIG (16) o som é como uma onda mecânica que se propaga em meios materiais. É produzido a partir de uma fonte vibrante. A propagação a partir da fonte, ocorre por vibração das partículas do meio, alternando áreas de compressão e rarefação dessas partículas. Cessando a vibração as partículas voltam ao repouso. No caso do ultra-som, com uma onda sonora, as partículas não se deslocam, apenas sofrem compressão e rarefação, voltando à situação inicial após cessar o estímulo sonoro da fonte.

Conforme TAYLOR (17) os princípios básicos do *doppler* têm sido usados há muito tempo por detectores de frequência cardíaca fetal (sonar). Desenvolvimentos posteriores na tecnologia *doppler* aumentaram sua área de aplicação médica. As características da corrente sanguínea

podem ser acessadas pelo Doppler dando ondas como padrão típico de Frequências típicas para trabalhos médicos estão no intervalo de 1 a 5 MHz. Um nível de potência média para aplicações em diagnósticos é uns poucos miliwatts por centímetro quadrado. Pulsos de ultra-som são transmitidos ao corpo colocando um cristal vibrante em estreito contato com a pele, usando água ou uma pasta gelatinosa para eliminar o ar. Isto dá um bom acoplamento com a pele e aumenta consideravelmente a transmissão do ultra-som no corpo e do eco de volta ao detector.

ZAGZEBSKI (18) descreve o equipamento do Doppler contendo um diagrama de bloco simplificado. O transmissor excita continuamente o transdutor ultra-sônico com um sinal elétrico sinusoidal de frequência f_0 . Transdutores de ultra-som em Medicina usam materiais piezoelétricos de cerâmica para gerar e detectar ondas de som.

O transdutor converte esta energia elétrica em energia ultra-sônica, que se propaga para o meio. Sinais de eco resultantes de reflexão e dispersão retornam ao transdutor, criando um sinal elétrico que é aplicado ao amplificador receptor. Dentro do amplificador o sinal é aumentado e aplicado a um demodulador e um filtro passa-baixa, cujo resultado é só permitir que sinais de variações de Doppler de baixa frequência sejam apresentados na saída. A saída é um sinal complexo cuja frequência está relacionada à velocidade de todos os refletores e dispersores dentro do feixe.

CASUÍSTICA E MÉTODO

Cinquenta indivíduos adultos normais, sem queixas de deglutição, foram estudados prospectivamente através do Sonar *Doppler*, no período de fevereiro a agosto de 2003. Todas as análises foram realizadas nos serviços de Fonoaudiologia na Universidade Tuiuti do Paraná, em Curitiba.

Vinte e cinco pacientes eram do sexo feminino (50%) e vinte e cinco do sexo masculino (50%). A média de idade dos pacientes desse estudo foi de 32 anos, sendo a mínima estabelecida de 18 anos e a máxima de 50 anos.

Todos os voluntários foram informados sobre a pesquisa, e solicitados dela participar. Tendo aceito, foram convidados a assinar o Termo de Consentimento livre e esclarecido. Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Tuiuti do Paraná. Of. CEP-UTP n 27/2004 protocolo da aprovação.

Todos os sujeitos envolvidos consentiram à realização desta pesquisa e a divulgação de seus resultados conforme Resolução 196/96 (BRASIL. Resolução MS/CNS/CNEP nº. 196/96 de 10 de outubro de 1996. Aprova diretriz

e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília, 1996. 24p.).

Critérios de Inclusão: Indivíduos sem queixas de deglutição, estabelecido pela avaliação clínica da deglutição realizada pela pesquisadora; ambos os sexos, com faixa etária de 18 a 50 anos;

Critérios de Exclusão: Diagnóstico de doença neurológica e/ ou submetido a qualquer tratamento em cabeça e pescoço, condições obtidas através de um questionário para coleta de dados clínicos.

O Equipamento do Sonar Doppler

O equipamento para a realização do estudo da deglutição com o Sonar *Doppler* foi o DETECTOR ULTRASSÔNICO (portátil), modelo DF-4001, da marca MARTEC. Um transdutor de disco plano, de cristal único (Figura 1), fornece a interface ao *doppler*. A frequência do ultra-som por efeito *doppler* é de 2.5 MHz, com saída de 10 mW/cm². A potência de saída do som é de 1W.

O equipamento do *doppler* contínuo foi acoplado a um microcomputador padrão IBM (Figura 2), com processador Pentium 200 Mhz, 32 MB de memória Ram, placa de vídeo com suporte high color (16 bits - 800 x 600), drive de CD-Rom 8x, placa de som, caixas acústicas. O sistema operacional foi Windows 98 e o Software VOX metria (12).

Definição das Deglutições

Todos os indivíduos receberam as mesmas consistências alimentares no procedimento e que foram subdivididas em deglutição seca, líquida e pastosa. Em cada consistências, fora solicitado três deglutições, com um intervalo de 2 minutos entre cada uma. Definiu-se: Deglutição seca - foi solicitado que o indivíduo deglutisse a saliva. Deglutição líquida - foi administrado 10 ml de água, para cada deglutição, oferecido em copo de plástico. Deglutição Pastosa - para o preparo da consistência pastosa utilizou-se 10 ml do produto espessante alimentar instantâneo.

Preparo de Consistência Alimentar Pastosa

O espessante alimentar instantâneo utilizado foi o da marca Thick&Essy (HORMEL HEATH LABS. SWISS), composto de amido, apresentando como composição nutricional por 100 g, 375 kcal, 100 g de carboidratos e 125 mg de sódio.



Figura 1. Equipamento Doppler.

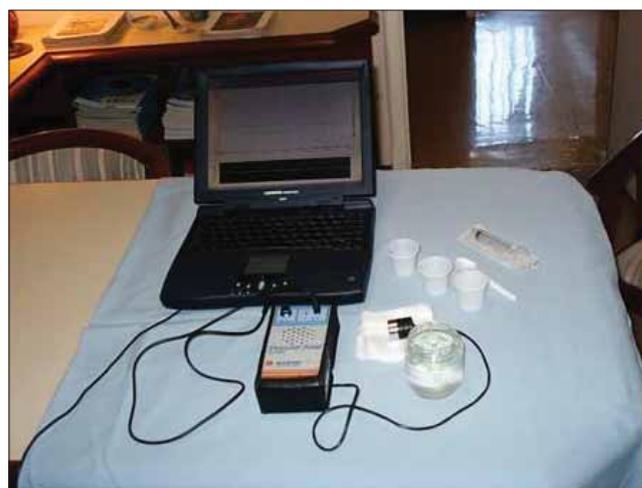


Figura 2. Conexão ao computador.

Seguindo a orientação do fabricante, para obter-se a consistência de pastoso, misturou-se duas colheres de sopa de amido para 100 ml de água. Para cada deglutição fora administrado 10 ml do alimento pastoso, oferecido em colher medida.

Avaliação da Deglutição com Doppler Contínuo

A posição do paciente durante a avaliação foi sentado permanecendo com a região do pescoço livre. Como indicação do melhor local para posicionamento do transdutor, seguiu-se a orientação apresentada por TAKAHASHI (10) e optou-se como melhor adaptação do transdutor e melhor captação do sinal sonoro, o local sobre a região



Figura 3. Posicionamento do transdutor para avaliação.

lateral da traquéia, imediatamente inferior à cartilagem cricóideia, no lado direito (Figura 3). O transdutor foi adaptado ao pescoço do paciente utilizando o gel contact, para facilitar o contato entre o transdutor e a pele. O feixe do transdutor foi posicionado para formar um ângulo de 30° a 60°.

Análise Acústica do Sinal Sonoro da Deglutição

Para a análise acústica do sinal sonoro foi utilizado o software VOX METRIA, desenvolvido por CTS informática e elaborado por BEHLAU & MIHAELIS (12). Para a captação do sinal sonoro pelo equipamento de *doppler* contínuo, o volume do aparelho foi ajustado no volume 3, por ter sido o melhor ajuste ao sinal de áudio detectado pelo software.

Parâmetros acústicos

Os seguintes parâmetros acústicos foram estudados (Figura 4):

- (FI) - Frequência Inicial
 - (F1P) - Frequência Primeiro Pico
 - (F2P) - Frequência Segundo Pico
 - (II) - Intensidade Inicial
 - (IF) - Intensidade Final
 - (T) - Tempo
- 1) Frequência inicial (FI) do sinal sonoro foi definido como o primeiro traçado da onda sonora. Para representar as diferentes deglutições optou-se pela seguinte legenda: (FI1) - deglutição seca; (FI2) - deglutição líquida e (FI3) - deglutição pastosa.
 - 2) Frequência do Primeiro Pico (FIP) que foi definido

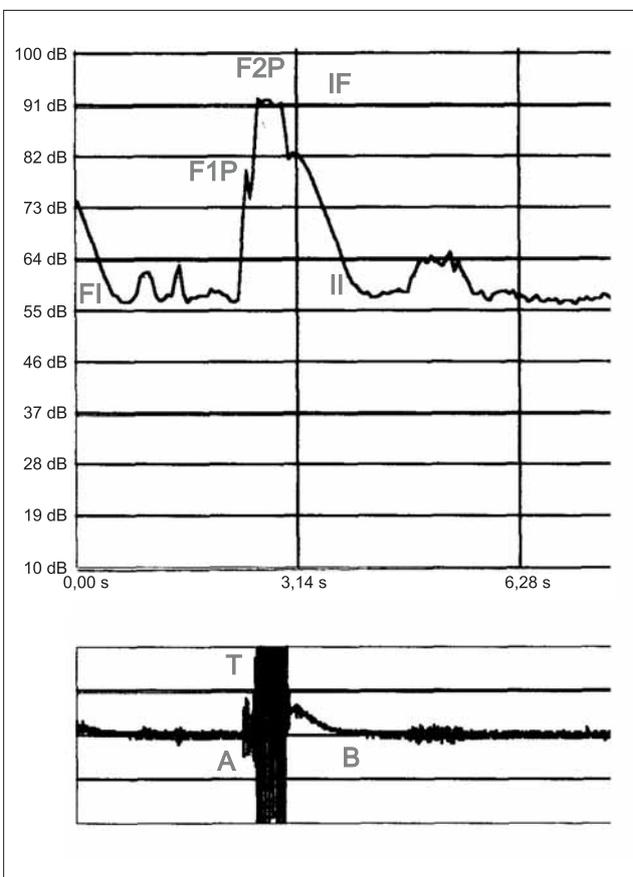


Figura 4. Onda sonora da deglutição captada pelo Sonar Doppler.

como sendo o primeiro pico observado na onda sonora da deglutição. Definiu-se como: (FP1) - deglutição seca; (FP2) - deglutição líquida e (FP3) - deglutição pastosa.

- 3) Frequência do Segundo Pico foi representado como sendo o segundo pico da onda acústica da deglutição. Definiu-se como: (F2P1) - deglutição seca; (F2P2) - deglutição líquida e (F2P3) - deglutição pastosa
- 4) A Intensidade inicial (I) foi definida como a intensidade inicial do traçado acústico registrado pelo Doppler durante o evento da deglutição. Os valores de intensidade foram analisados com um limite inferior de 10 dB e um limite superior de 140 dB. Definiu-se como: (II1) - deglutição seca; (II2) - deglutição líquida e (II3) - deglutição pastosa.
- 5) A Intensidade final (IF) foi definida como a intensidade final, o segundo pico da onda registrado pelo Doppler durante o evento da deglutição, obtendo a amplitude do sinal de áudio. Os valores de intensidade foram analisados com um limite inferior de 10 dB e um limite superior de 140 dB. Definiu-se como: (IF1) - deglutição seca; (IF2) - deglutição líquida e (IF3) - deglutição pastosa.

- 6) O tempo da deglutição na análise acústico foi definido como aquele a partir do ponto de apnéia da deglutição até a liberação glótica expiratória pós-deglutição, formando a relação total da deglutição como T:dA, (dA - *deglutition apnea*) segundo MACKAIG (1999). Definiu-se como: (T1)- deglutição seca; (T2)- deglutição líquida e (T3) - deglutição pastoso.

Análise Estatística

Os dados de frequência, intensidade e tempo, na deglutição seca, com líquido e pastoso foram digitados em planilha Excel e transportados para o programa Statistic, versão 5.0, com o intuito de elaborar tabelas e gráficos. Foram calculadas as médias, o Intervalo de Confiança (IC) que representa a reprodutibilidade dos resultados em amostra similar, caso fosse estudada novamente na mesma metodologia, com 95% de confiança. Para análise da significância dos valores obtidos nas médias dos parâmetros acústicos entre masculino e feminino realizou-se o Test t de Student para amostra independente, considerando o $\alpha=0,05$ (5%), se $p<0,05$ diferença significativa.

Para análise do nível de significância das médias das três consistências estudadas, utilizou-se a análise da variância (ANOVA) considerando o $\alpha=0,05$ (5%), se $p<0,05$ a diferença é significativa.

Parâmetros Acústicos

As variáveis de tempo; frequência e intensidade são apresentadas em sua média, o intervalo de confiança de 95% (I.C. 95%) e erro padrão.

RESULTADOS

A média da frequência inicial (FI1) para a deglutição seca foi de 567 Hz, com um intervalo de confiança de 557,53 - 576,47 Hz e erro padrão de 33,31; na deglutição de líquido a média foi de 587Hz (FI2), com intervalo de confiança de 580,49 - 593,73 Hz e erro padrão de 23,29; na deglutição de pastoso (FI3) a média foi de 592 Hz com um intervalo de confiança de 585,09 - 599,89 Hz e erro padrão de 26,04.

Para a frequência do primeiro pico, quarenta e seis indivíduos (92%) apresentaram um pico inicial da onda acústica a média parada deglutição seca (FP1) foi de 905,92 Hz, com um intervalo de confiança de 893,06 - 918,79 Hz e erro padrão de 43,32. Na deglutição para líquidos, quarenta e seis indivíduos (92%) apresentaram o primeiro pico (FP2) com uma média de 901 Hz, num intervalo de confiança entre 884 Hz a 918 Hz e desvio

padrão de 56,91. No entanto, quarenta e nove indivíduos (98%), na deglutição do alimento pastoso, apresentaram o primeiro pico da onda (FP3) com uma média de 885 Hz, num intervalo de confiança de 867Hz à 903 Hz e desvio padrão de 62,33.

A média da frequência do segundo pico para a deglutição seca (F2P1) foi de 1070,37 Hz, com um intervalo de confiança de 1061,60 Hz a 1079,15 Hz e erro padrão de 30,88; na deglutição de líquido (F2P2) a média foi de 1095,89Hz, com intervalo de confiança de 1091,91Hz a 1099,86 Hz e erro padrão de 13,99; na deglutição de pastoso (F2P3) a média foi de 1096,44Hz com um intervalo de confiança de 1089,12 Hz a 1103,77 Hz e erro padrão de 25,78.

A média da intensidade inicial (II) tanto para a deglutição seca (II1), como para a deglutição de líquido (II2) e deglutição de pastoso (II3) foi de uma média de 51 dB (IC de 95%= 50-52). A média da intensidade final (II) tanto para a deglutição seca (III1), como para a deglutição de líquido (II2) e deglutição de pastoso(II3) foi de uma média de 91 dB (IC de 95%= 90-92).

O tempo da deglutição seca (T1) apresentou uma média de 1,331s, com o intervalo de confiança de 1,25s a 1,44s e o erro padrão de 0,25; na deglutição de 10 ml de líquido (T2), foi observada uma média de 1,679s, com intervalo de confiança de 1,62s a 1,73 s e erro padrão de 0,20; por fim na deglutição de 10 ml de pastoso (T3), a média foi de 1,858s, num intervalo de confiança entre 1,82s a 1,89s e o erro padrão de 0,12.

DISCUSSÃO

Um crescente contingente de tecnologias está atualmente disponível para avaliar os vários aspectos da função e disfunção da deglutição. Essas tecnologias permitem a mensuração dos movimentos das estruturas nela envolvidas e da ação muscular através de aspectos espaciais e temporais. Essa variada tecnologia pode fornecer diferentes peças analíticas de todo o processo.

Ao propor utilizar um novo instrumento para análise dos sons da deglutição, é preciso ter em mente um projeto de um aparelho de fácil utilidade, baixo custo e com possibilidade de interpretação dos resultados obtidos. Considerações que podem ajudar no desenvolvimento de aparelhos instrumentais foram discutidas por BLESS (19) que ressalta não dever existir restrição ao mecanismo da deglutição, permitindo a representação do comportamento típico; verificar se o equipamento mostra reprodutibilidade na coleta de dado de um mesmo experimento; na existência de

dados confiáveis, de estudos prévios, validar os resultados do novo equipamento e garantir que a rotina de procedimento do novo equipamento previna atos desnecessários tornando-o eficiente e com boa relação custo-benefício.

Na proposta de um novo método instrumental para investigação dos sons da deglutição, deve-se ter conhecimento da anatomia e fisiologia da deglutição, além dos conhecimentos básicos de física e mecânica para a correta manipulação do instrumento.

Os instrumentos de análise não invasivos, pode-se dizer que são objetivos e documentáveis. BEHLAU (12), ao descrever os laboratórios de análise acústica, definiu a objetividade não somente no sentido de - determinar a quantidade ou valor de -, mas também no sentido de avaliar com rigor. Quanto a serem documentáveis, a mesma autora, pontuou que as utilidades de um laboratório de análise são inúmeras, como; (a) oferecer maior entendimento acústico e estreitar as linhas de associação entre análises perceptivo-auditivas e acústica; (b) prover dados normativos para diferentes realidades, quer sejam, idade, sexo, patologias; (c) oferecer uma documentação suficiente para traçar linhas de base de um indivíduo; (d) monitorizar a eficácia de um tratamento e comparar resultados de diferentes procedimentos; (e) acompanhar o desenvolvimento ao longo de um período, e (f) servir como instrumento de detecção precoce de problemas laríngeos. Porém, existem limites de interpretação dos dados que devem ser respeitados para que não ocorram falhas com a correlação clínica e com as avaliações pós-instrumentais invasivos.

A inclusão neste estudo, de somente indivíduos normais sem queixa de deglutição, permite estabelecer padrões de normalidade dos parâmetros acústicos da onda sonora da deglutição, bem como, estabelecer um banco de dados de referência para futuras pesquisas.

TITZE (20) descreve que ao definir padrões é importante observar quatro aspectos básicos. Primeiramente os padrões educam, ou seja, ao elaborar dados de padronização de qualquer natureza, é dispensada muita atenção ao tópico, proporcionando produção de conhecimento de forma direta ou indireta. Um segundo aspecto, os padrões simplificam, sendo possível criar valores de referência para reduzir a faixa de variação de um determinado evento estudado. O terceiro aspecto é de que os padrões economizam tempo e dinheiro, e a informação passa a ser de domínio de um número maior de indivíduos. Ao criar normatizações, os padrões popularizam e barateiam o uso das novas tecnologias. O quarto aspecto diz respeito de que os padrões certificam. Por outro lado, o autor ressalta que os padrões devem ser questionados,

aperfeiçoados, modificados, ou mesmo descartados, para que o conhecimento continue a evoluir.

O conhecimento dos fenômenos ondulatórios que ocorrem na natureza (som, luz, etc.) permitiram o desenvolvimento de uma vasta gama de tecnologias aplicáveis a quase todas as atividades humanas. Em particular, a descoberta do *Efeito Doppler* permitiu um avanço bastante significativo no desenvolvimento de novas técnicas de medição.

Como mencionado anteriormente, o aproveitamento do *Efeito Doppler* em ondas ultra-sônicas propagando-se através dos tecidos biológicos é a base de uma série de técnicas para estudo, de forma não invasiva, das estruturas móveis do interior do corpo humano. ZAGZEBSKI (18) em seus estudos aponta que a recepção dos sinais de eco refletidos e dispersos fornece informações sobre as propriedades acústicas, tornando possível a produção de imagens e permitindo a detecção do movimento de estruturas no meio.

Não foi identificado na literatura, nenhum trabalho que tenha realizado o estudo dos padrões acústicos da deglutição captados pelo instrumento do *Doppler*, com metodologia similar. Alguns estudos apontam a observação através do *Doppler* da deglutição do feto; a deglutição em crianças lactentes (21) e o estudo do RGE em bebês (22) porém sem padrões de avaliação.

Nos próximos parágrafos serão discutidos os resultados dos parâmetros da onda sonora da deglutição obtidos na avaliação com o *Doppler* contínuo.

Na análise destes padrões, a variável sexo, demonstrou não haver influência nos parâmetros acústicos dos sons da deglutição. Outros estudos também não identificaram diferenças dos padrões acústicos da deglutição entre os sexos (13).

A marca acústica da deglutição pode ser discutida em termos de frequência do sinal; amplitude (intensidade) e duração (tempo) da onda.

Em relação às características de frequência do sinal da deglutição, MCKAIG (3), ressaltou que a energia sonora do processo está na faixa de 0 a 2000 Hz. TAKAHASHI (10), observaram dois picos, um abaixo de 110 Hz e outro pico em 621 Hz. No entanto, observou-se discrepância aos achados realizados por HAMLET (9), que encontraram em seus estudos um pico inicial de som em 556 Hz e um segundo pico em 1.384 Hz.

No presente estudo, na representação das médias acústicas, identificou-se uma frequência inicial do registro

do sinal sonoro com uma média de 587 Hz. A representação deste sinal acústico inicial é discutida na revisão de CICHERO & MURDOCH (13) como a primeira frequência da ressonância do trato vocal em aproximadamente 500 Hz.

O pico inicial da onda apresentou uma frequência de 905 Hz, para a deglutição seca (FP1); média de 901 Hz para a deglutição de líquido (FP2) e 885 Hz para a deglutição do pastoso. Nestes dados pode se observar uma razão inversa da consistência mais fluída para a pastosa, quanto maior a consistência menor a representação sonora da frequência. Dos 50 indivíduos avaliados, 46 (92%) apresentaram o primeiro pico na deglutição seca, 46 (92%) na deglutição para líquido e 49 (99%) para deglutição do pastoso. HAMLET (8) estabelece o pico inicial da onda como um fraco sinal associado ao levantamento laríngeo e à passagem do bolo pela faringe.

O segundo pico, ou como fora denominado neste estudo, o pico final da onda, pode se observar que na deglutição seca (FF1) registrou-se uma média de 1.070 Hz; para a deglutição de líquido (FF2) uma frequência final de 1095 Hz e para deglutição de pastoso uma frequência final de 1096 Hz. Para HAMLET (8), este sinal representa um forte som associado com a abertura do cricofaríngeo.

Os dados obtidos da frequência do pico inicial e do pico final vêm de encontro com a pesquisa realizado por HAMLET (14).

Na análise das representações acústicas da onda sonora, observou-se a amplitude (intensidade) da onda sonora e identificou-se uma intensidade inicial de 51 dB. No registro do sinal acústico da deglutição, identificou-se uma intensidade final da onda sonora de 91 Hz para as deglutições de saliva, líquido e pastoso.

Com relação à duração do sinal acústico, estudos apontam diferenças para a deglutição de alimentos líquidos e pastosos(3). Houve concordância, entre os investigadores, que a duração do sinal para a deglutição de líquido é de 500 ms. McKAIG (3), ressalta que o tempo é específico para cada indivíduo, pois algumas pessoas podem apresentar uma deglutição que dura um total de 1 segundo, enquanto outras, duram 3 segundos, sem apresentar disfagia.

Nesse estudo, observou-se para o tempo para deglutição seca (saliva) - T1 = 1,33 s; para deglutição de 10 ml de líquido T2= 1,67 e para deglutição de 10 ml de pastoso T3= 1,85 s. É possível identificar que o tempo da deglutição é maior conforme a consistência do material deglutido.

Os dados deste estudo, demonstram a viabilidade

do uso do Sonar *Doppler* contínuo como instrumento auxiliar na avaliação dos sons da deglutição. Pode se identificar os parâmetros acústicos da deglutição de indivíduos adultos normais.

O Sonar *Doppler* apresenta-se como um promissor método de diagnóstico e monitoramento terapêutico, tanto em adultos como em crianças e bebês por não ser invasivo e de baixo custo. Sem dúvida, as informações não dependeram somente da experiência do examinador, mas da utilização apropriada da técnica e do instrumento. Futuras investigações sobre, os padrões acústicos da deglutição obtidos com o Sonar *Doppler* contínuo, nas disfagias e em crianças devem ser encorajadas.

A análise acústica é o produto de toda as condições do equipamento, da metodologia e do preparo do avaliador associado aos eventos fisiológicos e fisiopatológicos da deglutição. Sem dúvidas que a análise acústica traz grande contribuição para os estudos da deglutição, qualificando e quantificando a evolução dos distúrbios da deglutição. No que diz respeito à área científica, ela é cada vez mais requisitada e discutida.

A Fonoaudiologia está em evolução constante, demonstrando seu amadurecimento clínico e científico. O tratamento dos distúrbios da deglutição requer importante atuação por parte do fonoaudiólogo que integra as equipes envolvidas no assunto. A capacidade em selecionar o planejamento terapêutico adequado, está diretamente ligada a habilidade de realizar uma avaliação minuciosa e completa, bem como, relacionar esses resultados com os achados dos exames complementares de diagnóstico.

CONCLUSÕES

A análise dos sons da deglutição com o instrumento do Sonar *Doppler* permitiram a este estudo concluir que:

1 - Os padrões de frequência, amplitude e tempo da onda sonora foram:

- 1.1. Para frequência inicial da deglutição seca foi de 567 Hz; para a deglutição de 10 ml líquido foi 587,11 Hz e para a deglutição de 10 ml de pastoso 592,49 Hz;
- 1.2. Para frequência do primeiro pico da deglutição seca foi de 905,92 Hz, para a deglutição de 10 ml líquido foi 901,25 Hz e para a deglutição de 10 ml de pastoso 885,51 Hz;
- 1.3. Para frequência do segundo pico da deglutição seca foi de 1070,37 Hz, para a deglutição de 10 ml líquido foi 1095,89 Hz e para a deglutição de 10 ml de pastoso 1096,44 Hz;
- 1.4. Para intensidade inicial da deglutição seca foi de 52,85 dB, para a deglutição de 10 ml líquido foi 50,93 dB e para a deglutição de 10 ml de pastoso 52,01 dB;

- 1.5. Para intensidade final da deglutição seca foi de 91,12 dB, para a deglutição de 10 ml líquido foi 91,81 dB e para a deglutição de 10 ml de pastoso 91,07 dB;
- 1.6. Para o tempo da deglutição seca foi de 1,33 s, para a deglutição de 10 ml líquido foi 1,67 s e para a deglutição de 10 ml de pastoso 1,85 s;

2 - As diferenças da frequência, amplitude e tempo da onda sonora da deglutição (1) seca; (2) com líquido e (3) com pastoso apresentaram significância estatística exceto a frequência do primeiro pico com um $p=0,167063$.

Os dados deste estudo demonstram a viabilidade do uso do Sonar *Doppler* contínuo como instrumento auxiliar na avaliação dos sons da deglutição. Foi possível identificar os parâmetros acústicos da deglutição de indivíduos adultos normais.

O Sonar *Doppler* apresenta-se como um promissor método de diagnóstico e monitoramento terapêutico, tanto em adultos como em crianças e bebês por não ser invasivo e de baixo custo. Futuras investigações sobre os padrões acústicos da deglutição obtidos com o Sonar *Doppler* contínuo nas disfagias e em crianças devem ser encorajadas.

Sem dúvida que a análise acústica traz grande contribuição para os estudos da deglutição, qualificando e quantificando a evolução dos distúrbios da deglutição. No que diz respeito à área científica, ela é cada vez mais requisitada e discutida.

O tratamento dos distúrbios da deglutição requer importante atuação por parte do fonoaudiólogo que integra as equipes envolvidas no assunto. A capacidade em selecionar o planejamento terapêutico adequado está diretamente ligada à habilidade de realizar uma avaliação minuciosa e completa, bem como relacionar esses resultados com os achados dos exames complementares de diagnóstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Macedo-Filho ED. Estudo comparativo entre a Videoendoscopia da Deglutição (VED) e a Videofluoroscopia (VFC) na Avaliação da Disfagia Orofaringea Pós-Acidente Vascular Cerebral (AVC). Curitiba, 2001.
2. Hartnick CJ, Hartley BEJ, Miller C, Willging JP. Pediatric Fiberoptic Evaluation of Swallowing. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, v. 109, p 996-999, 2000.
3. McKaig TN. Ausculta - Cervical e Torácica. In: Furkin AM & Santini CS. *Disfagias Orofaringeas*. Pro-Fono, S.P., 1999, p 171-187.
4. Crary MA & Baldwin BO. Surface Electromyographic Characteristics of Swallowing in Dysphagia Secondary to Brainstem Stroke. *Dysphagia*, n 12, p 189-187, 1997.
5. Brown PB & Sonies BC. Diagnostic Methods to Evaluate Swallowing Other Than Barium Contrast. P. 227-253. In: Perlman AL & Schulze-Delrie K. [eds]. *Deglution and its disorders*. Singular Publishing Group Inc., San Diego, 1997.
6. Burke AJ et al. Evaluation of Arway Obstruction Using Virtual Endoscopy. *Laryngoscope*, v. 1110, p.23-29, 2000.
7. Hamlet SL, Nelson RJ, Patterson RL. Interpreting the sounds of swallowing; fluid flow through the cricopharyngeus. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 99.749-52, 1990.
8. Hamlet SL, Patterson RL, Fleming SM, Jones LA. Sounds of swallowing following total laryngectomy. *Dysphagia*, n 7, p 160-165, 1992.
9. Vice FL, Heinz JM, Giuriat G, Hood M, Bosma JF. Cervical auscultation of sucke feeding in newborn infants. *Dev Med Child Neurol* 1990, 32:760-768.
10. Takahashi K, Groher ME, Michi K. Methodology for detecting swallowing sounds. *Dysphagia*, n 9, 54-96, 1994.
11. Russo ICP. *Acústica e Psicoacústica Aplicadas à Fonoaudiologia*. São Paulo: Editora Lovise, 1993.
12. Behlau & Michalis. *VoxMetria - Software para Análise de Voz e Qualidade Vocal*. CTS Informática, São Paulo, 2003.
13. Cichero JA, Murdoch BC. The physiologic cause of swallowing sounds: Answer from heart sounds and vocal tract acoustics. *Dysphagia*. New York : n 13, p 39-52, 1994.
14. Hamlet SL, Penny DG, Formolo J. Stethoscope acoustic and cervical auscultation of swallowing. *Dysphagia*, n 9, p 44-51, 1994.
15. Sabino E, Araújo MJM, Hirsch R. *Bases da Terapia Intensiva Neurológica*. Cap.22. São Paulo : Livraria Santos, 1993.
16. McKaig TN & Stroud A. The comparison of swallowing sounds with simultaneously recorded flurosopic imaging. *Annual Meeting of the Dysphagia Society*, 5. 1996. p 31.
17. Taylor KJW, Burns P, Wells PNT. *Clinical Applications of Doppler Ultrasound*. New York: Raven Press, 1988.

18. Zagzebski JA. Física e Instrumentação em Ultra-Sonografia pelo Dopple e pelo Modo-B. In: Zwiibel, WL. Introdução à Ultra-Sonografia Vascular. 3ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1996.
19. Bless DM. Videostroboscopic Examination of the Larynx, Singular Publishing, San Diego, 1993.
20. Titze IR. Principles of Voice Production, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.
21. Shaker TH, Sonies B, Stone M & Baum BJ. (1983) Real-time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing. Journal of Clinical Ultrasound, Philadelphia: 11, 485-90, 1988.
22. Hirsch W, Kedar R, Preib U. Collor doppler in the diagnosis of the gastroesophageal reflux in children comparison with pH measurements and B-mode ultrasound. Pediatr Radiol 26:232, 1996.