

Luciana da Silva Barberena¹
Brunah de Castro Brasil^{1,2}
Roberta Michelson Melo¹
Carolina Lisbôa Mezzomo^{1,3}
Helena Bolli Mota^{1,3}
Márcia Keske-Soares^{1,3}

Descritores

Ultrassom
Fala
Fonética
Fonoaudiologia
Voz
Deglutição
Terapia Miofuncional

Keywords

Ultrasonics
Speech
Phonetics
Speech, Language and Hearing Sciences
Voice
Swallow
Myofunctional Therapy

Endereço para correspondência:

Roberta Michelson Melo
Rua Marechal Floriano Peixoto, 1.751,
Centro, Santa Maria (RS), Brasil,
CEP: 97015-372.
E-mail: roberta_m_melo@hotmail.com

Recebido em: 23/12/2013

Aceito em: 01/09/2014

CoDAS 2014;26(6):520-30

Aplicabilidade da ultrassonografia na Fonoaudiologia

Ultrasound applicability in Speech Language Pathology and Audiology

RESUMO

Objetivo: Apresentar estudos recentes que utilizaram a ultrassonografia na área da Fonoaudiologia, os quais evidenciam possibilidades de aplicabilidade dessa técnica nas diferentes subáreas. **Estratégia de pesquisa:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados PubMed, utilizando como descritores “ultrasonic”; “speech”; “phonetics”; “Speech, Language and Hearing Sciences”; “voice”; “deglutition” e “myofunctional therapy”, contemplando algumas das áreas da Fonoaudiologia. Foram também empregados na busca os termos “ultrasound”; “ultrasonography”; “swallow”; “orofacial myofunctional therapy” e “orofacial myology”. **Creritrios de seleçao:** Como creritrios da pesquisa em base de dados, selecionaram-se: estudos dos últimos cinco anos e estudos em humanos. Na pré-seleção, foram descartados estudos duplicados, não disponibilizados na íntegra e que não apresentassem relação direta da ultrassonografia com a Fonoaudiologia. **Análise dos dados:** A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e separada para cada subárea da Fonoaudiologia. Consideraram-se os itens: objetivos; sujeitos; procedimentos e resultados. **Resultados:** Foram selecionados 12 artigos para a subárea ultrassom *versus* fala/fonética; cinco para ultrassom *versus* voz; um para ultrassom *versus* músculos mastigatórios e dez para ultrassom *versus* deglutição. Não foram encontrados estudos referentes aos últimos cinco anos relacionando “ultrassom” e “Fonoaudiologia”. **Conclusão:** Foram encontradas diferentes pesquisas que se voltaram ao emprego da ultrassonografia na Fonoaudiologia. Cada qual, a partir de seu objetivo, confirma novas possibilidades de uso desse instrumento nas diversas subáreas, visando a um diagnóstico mais preciso e novas possibilidades, tanto avaliativas quanto terapêuticas.

ABSTRACT

Purpose: To present recent studies that used the ultrasound in the fields of Speech Language Pathology and Audiology, which evidence possibilities of the applicability of this technique in different subareas. **Research strategy:** A bibliographic research was carried out in the PubMed database, using the keywords “ultrasonic,” “speech,” “phonetics,” “Speech, Language and Hearing Sciences,” “voice,” “deglutition,” and “myofunctional therapy,” comprising some areas of Speech Language Pathology and Audiology Sciences. The keywords “ultrasound,” “ultrasonography,” “swallow,” “orofacial myofunctional therapy,” and “orofacial myology” were also used in the search. **Selection criteria:** Studies in humans from the past 5 years were selected. In the preselection, duplicated studies, articles not fully available, and those that did not present direct relation between ultrasound and Speech Language Pathology and Audiology Sciences were discarded. **Data analysis:** The data were analyzed descriptively and classified subareas of Speech Language Pathology and Audiology Sciences. The following items were considered: purposes, participants, procedures, and results. **Results:** We selected 12 articles for ultrasound versus speech/phonetics subarea, 5 for ultrasound versus voice, 1 for ultrasound versus muscles of mastication, and 10 for ultrasound versus swallow. Studies relating “ultrasound” and “Speech Language Pathology and Audiology Sciences” in the past 5 years were not found. **Conclusion:** Different studies on the use of ultrasound in Speech Language Pathology and Audiology Sciences were found. Each of them, according to its purpose, confirms new possibilities of the use of this instrument in the several subareas, aiming at a more accurate diagnosis and new evaluative and therapeutic possibilities.

Trabalho realizado no Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

(1) Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação Humana, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

(2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre (RS), Brasil.

(3) Curso de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS), Brasil.

Fonte de financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS – e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Conflito de interesses: nada a declarar.

INTRODUÇÃO

A clínica fonoaudiológica utiliza diversos instrumentos para validar suas ações. É comum o emprego de protocolos de avaliação, muitas vezes subjetivos, para definição das diferentes etapas e procedimentos da fonoterapia. Nos últimos anos, observa-se a crescente busca por instrumentos e análises mais diretas, quantificadoras, buscando-se uma maior precisão dos dados coletados, bem como dos diagnósticos e prognósticos.

A análise perceptivo-auditiva é utilizada amplamente nas áreas de voz e linguagem e pode ser complementada por outras avaliações instrumentais, a fim de que o sujeito seja avaliado e tratado sob todos os aspectos de seu distúrbio comunicativo. A análise acústica de fala e voz vem sendo empregada há bastante tempo como um instrumento de análise dos casos alterados, promovendo diagnósticos mais precisos, bem como acompanhamento do processo terapêutico, tanto pelo fonoaudiólogo como pelo paciente⁽¹⁻⁴⁾. Já a análise articulatória, na área da fala e da motricidade orofacial, surge como nova possibilidade, principalmente no âmbito nacional⁽⁵⁻¹⁰⁾, de integração dessas análises já citadas, utilizando-se, por exemplo, a ultrassonografia para avaliação dos movimentos de língua⁽¹¹⁻²²⁾ e do osso hioide^(19,23-27), sem a inserção de dispositivos no interior da cavidade oral.

A investigação dos movimentos de língua é uma das possibilidades de uso desse tipo de avaliação articulatória, a qual não é considerada invasiva, é acessível e com mínimas interferências na visualização dos movimentos intraorais^(28,29), possibilitando a investigação em diversas subáreas da Fonoaudiologia. O conhecimento de fonoaudiólogos sobre as possibilidades de uso da ultrassonografia em variadas alterações fonoaudiológicas, enfoque deste artigo, pode influenciar pesquisas importantes na área e consequentes descobertas relevantes. O uso do ultrassom permite ao fonoaudiólogo realizar análise articulatória dos dados do sujeito avaliado e do paciente em processo terapêutico^(11,12,30).

OBJETIVO

Apresentar estudos dos últimos cinco anos que utilizaram a ultrassonografia na área da Fonoaudiologia, os quais evidenciam possibilidades de aplicabilidade dessa técnica nas diferentes subáreas da Fonoaudiologia.

ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Foi realizada uma revisão narrativa da literatura com base na pergunta que norteou o presente estudo: Em que áreas e de que forma os dados ultrassonográficos podem contribuir para o conhecimento fonoaudiológico?

Para responder a essa pergunta, foi realizado um levantamento bibliográfico no período de maio a julho de 2013. O mesmo foi realizado, inicialmente, na base de dados internacional PubMed, a qual é mantida pelo Centro Nacional de Informação Biotecnológica (NCBI) do Instituto Nacional de Saúde (NIH). Optou-se por essa estratégia de busca em razão de ela catalogar artigos científicos publicados em periódicos indexados nas principais coleções científicas mundiais.

Os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) empregados na pesquisa foram: “ultrasonic”; “speech”; “phonetics”; “Speech, Language and Hearing Sciences”; “voice”; “deglutition” e “myofunctional therapy”, contemplando algumas das áreas da Fonoaudiologia. Também foram pesquisados os termos: “ultrasound”; “ultrasonography”; “swallow”; “orofacial myofunctional therapy” e “orofacial myology” na busca, mesmo não sendo descritores previstos pela Biblioteca Regional de Medicina (BIREME), por serem encontrados diversas vezes nos artigos da área. As combinações dos descritores e termos ocorreram da seguinte forma: *ultrasonic AND speech*, *ultrasound AND speech*, *ultrasonography AND speech* e, assim, sucessivamente com os demais descritores e termos.

Após a busca por artigos por meio dos descritores e termos citados, iniciou-se a pesquisa pelos resumos dos estudos e, caso estes fossem de interesse para o presente estudo, iniciou-se a procura pelos respectivos artigos na íntegra.

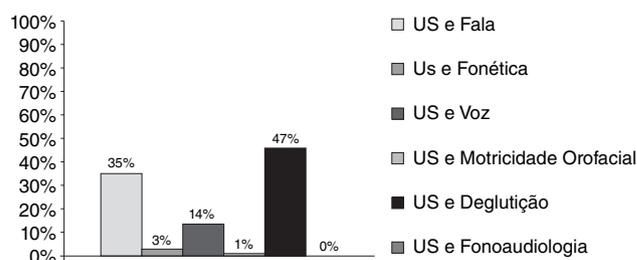
Desse modo, a fim de se obter alguns artigos completos não disponíveis na PubMed, também foi utilizada como base de dados o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através da busca por assunto com o título do trabalho.

Priorizaram-se as bases de dados citadas devido à facilidade de acesso estabelecida por convênios específicos realizados pela Universidade Federal de Santa Maria, da qual fazem parte as autoras deste artigo.

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Como critérios da pesquisa na base de dados, foram selecionados: estudos dos últimos cinco anos, e estudos em seres humanos. Desse modo, foram encontrados 320 resumos na pesquisa realizada por meio da base de dados PubMed. A Figura 1 apresenta o número total de resumos para cada subárea da Fonoaudiologia, anterior à adoção dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos que compuseram a presente revisão bibliográfica.

Conforme exposto no item Estratégia de Pesquisa, após a busca realizada na base de dados, realizou-se uma pré-seleção do material coletado a partir da leitura dos resumos. Os critérios de inclusão do trabalho na presente revisão foram: empregar a ultrassonografia como instrumento para a obtenção de dados; relacionar a informação ultrassonográfica a alguma das áreas de interesse da Fonoaudiologia — fala, fonética, voz, motricidade orofacial e deglutição; estar disponível na íntegra, ou na PubMed, ou no Portal de Periódicos CAPES.



Legenda: US = Ultrassom

Figura 1. Total de resumos selecionados na base de dados PubMed conforme o cruzamento dos descritores

Na pré-seleção, foram descartados estudos duplicados, não disponibilizados na íntegra e que não apresentassem relação direta da ultrassonografia com a Fonoaudiologia, por exemplo: artigos que empregaram a ultrassonografia na investigação de biópsias, carcinomas, deglutição esofágica, entre outros. Com isso, ao final do levantamento, foram selecionados: 12 artigos para a subárea ultrassom *versus* fala/fonética; cinco para ultrassom *versus* voz; um para ultrassom *versus* músculos mastigatórios e dez para ultrassom *versus* deglutição. Embora sejam descritores utilizados na presente revisão, não foram encontrados estudos ao cruzar os termos “ultrassom” e “Fonoaudiologia” (“*Speech, Language and Hearing Sciences*”). Portanto, foram selecionados para a presente revisão 28 artigos, sendo o mais antigo de 2008 e o mais recente de 2013.

ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e separada para cada subárea da Fonoaudiologia, como descrito anteriormente.

Foram analisados os itens:

- objetivos;
- sujeitos considerados no estudo;
- procedimentos importantes e
- resultados principais do estudo.

RESULTADOS

Ultrassom e Fala/Fonética

Os estudos relacionados à pesquisa “Ultrassom e Fala” visaram, de forma geral:

- aplicar as imagens de ultrassonografia na terapia de fala^(11,12,30);
- investigar os efeitos coarticulatórios, por exemplo, da sílaba CV (consoante-vogal) *versus* CVC (consoante-vogal-consoante), ou do contexto vocálico^(13,18,31);
- pesquisar alguns descritores dos movimentos de língua, dentre eles, a velocidade e a distância percorrida^(14,16);
- caracterizar os gestos envolvidos na produção de segmentos consonantais, como o fonema /r/⁽¹⁵⁾;
- descrever estratégias articulatórias compensatórias e movimentos encobertos⁽³²⁾ e
- propor medidas articulatórias via ultrassonografia⁽²²⁾.

A definição das amostras restringiu-se aos objetivos das pesquisas. Portanto, os artigos que aplicaram dados ultrassonográficos para a investigação da fala pesquisaram sujeitos com fala típica^(13,15,16,18,31) e atípica^(11,12,14,16,30,32). As alterações de fala eram decorrentes de desordens na fala^(11,12), glossectomia^(14,16), perda auditiva⁽³⁰⁾ e fissura palatina⁽³²⁾. As pesquisas para essa subárea tiveram em média 8,5 sujeitos; destes, 64,9% eram adultos e 35,1%, crianças.

Assim como a caracterização do grupo de sujeitos, os aspectos metodológicos observados são bastante heterogêneos, também restritos à proposta da pesquisa (Quadro 1).

Os principais resultados dos artigos são igualmente apresentados no Quadro 1. Destacam-se as diversas possibilidades de aplicação das imagens de ultrassonografia de língua na subárea da fala, desde a identificação de padrões gestuais em um

procedimento avaliativo até a inserção dessa tecnologia como um procedimento terapêutico disponível à clínica fonoaudiológica.

Com o cruzamento dos descritores relacionados à “ultrassonografia” e “fonética”, encontrou-se um estudo⁽²¹⁾ direcionado à pesquisa de segmentos de fala. O referido artigo objetivou analisar as imagens das formas da língua de um sujeito, falante nativo de um dialeto do Nepal, durante a produção de plosivas e africadas, vozeadas e desvozeadas, dentais, retroflexas e palatais. Nesse estudo, os autores acreditam que as informações espaciais e dinâmicas obtidas via imagem de ultrassonografia de língua podem complementar os dados obtidos com a eletropalatografia estática, relacionados à localização e ao tipo de constrição da língua no palato.

Os resultados evidenciaram diferenças nas formas de língua, mesmo que algumas discretas, entre a localização da constrição da consoante vozeada e desvozeada, da consoante no início e no final da sílaba e entre os diferentes pontos articulatórios do dialeto investigado⁽²¹⁾.

A associação entre ultrassom e fonética (Quadro 2), embora ainda tímida, conforme a presente pesquisa bibliográfica, já permitiu verificar que as imagens ultrassonográficas são capazes de fornecer especificidades de uma dada língua, com base na análise da dinâmica dos sons em tempo real. Tal instrumentalização também pode estimular pesquisas na área da fonética sobre a organização de sequências silábicas, coarticulação e organizações estruturais dos sons.

Ultrassom e Voz

Os estudos encontrados e destacados no Quadro 3 apresentaram objetivos bem diferenciados, que investigam desde a tonicidade e comprimento de músculos, medição de onda mucosa, adaptação de válvulas de fala, até revisão de literatura. Muitos estudos comparam e buscaram discutir as vantagens, as desvantagens e a aplicabilidade de instrumentos, como o ultrassom, a eletroglografia, a videofluoroscopia, a tomografia computadorizada, entre outros⁽³³⁻³⁶⁾. Muitas dessas técnicas são amplamente utilizadas na área médica e por profissionais fonoaudiólogos, mas o ultrassom, por exemplo, é um método que necessita de estudos e que vem sendo recrutado em maior escala em pesquisas na área fonoaudiológica.

Os estudos tiveram em média 49 sujeitos participantes⁽³⁴⁻³⁶⁾, os resultados apresentam avanços para área e contribuem para difundir o uso de novas técnicas, aperfeiçoá-las e validá-las.

Os cinco estudos relataram a importância do uso do método do ultrassom combinado com outras técnicas, podendo diminuir o risco de complicações pós-cirúrgicas⁽³⁶⁾, determinar com melhor exatidão segmentos laríngeos⁽³⁵⁾, determinar variações de comprimento muscular⁽³⁴⁾, bem como contribuir para diagnóstico e plano terapêutico eficientes^(33,37).

Ultrassom e Músculos Mastigatórios

O único estudo encontrado⁽⁸⁾ (Quadro 4) relacionando a técnica ultrassonográfica e os músculos mastigatórios (mesmo tendo empregado descritores relacionados, de forma geral, à motricidade orofacial) apresenta um trabalho interdisciplinar e a proposta de um tratamento integrado em distúrbios frequentes na clínica fonoaudiológica — alterações musculares decorrentes de distúrbios oclusais.

Quadro 1. Estudos que abordaram a aplicação da ultrassonografia na fala

| Autor(es) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|---|--|---|---|--|
| Bernhardt et al., 2008 ⁽¹¹⁾ | Investigar os efeitos de uma terapia de curto prazo, utilizando o US como <i>feedback</i> visual da produção da fala de crianças com desordens na fala, em comunidades rurais de British Columbia, Canadá. | 13 escolares, oito meninos e cinco meninas, de 7 a 15 anos. Em terapia para correção das alterações de fala, porém, com desordens ainda persistentes. | A abordagem com a ultrassonografia envolveu três fases: 1) seis a sete sessões sem o emprego do US; 2) uma a três sessões com o US; 3) sete a oito sessões sem o US. O som-alvo enfocado: / I /. | 11 sujeitos apresentaram um rápido aumento da produção do som-alvo após a segunda fase do tratamento. De acordo com os terapeutas, o US contribuiu para avanços significativos em um menor período de tempo, assim como um aumento na motivação dos sujeitos. |
| Modha et al., 2008 ⁽¹²⁾ | Comparar o tratamento do segmento /r/ com e sem US, como uma continuação de estudos anteriores. | Um participante de 13 anos de idade, do sexo masculino, falante do Inglês canadense. O mesmo recebeu terapia de fala, porém, ainda não havia adquirido o fonema / I /. | Foram realizadas nove sessões de 30 a 45 minutos cada. O tratamento iniciava por uma sessão sem o US, seguida por dois blocos de tratamento incluindo quatro sessões com o US e duas sem. A prática terapêutica incluía a produção imitativa e espontânea do som-alvo, de forma isolada, em sílabas, palavras e frases. A avaliação final foi realizada após seis semanas sem intervenção de fala. Foi realizada a análise perceptivo-auditiva, a análise acústica e foi registrado o ponto de máxima constrição da consoante. | Os valores dos formantes e a análise de ouvintes treinados indicaram um aperfeiçoamento na produção de /r/, particularmente após a introdução da ultrassonografia. |
| Pouplier, 2008 ⁽¹³⁾ | Investigar o viés de intrusão gestual nos segmentos, bem como a influência das consoantes em coda em segmentos iniciais. | Oito falantes nativos do Inglês americano, seis homens e duas mulheres, com idades entre 22 e 43 anos. | As palavras coletadas foram, em coda: “ <i>cop top, sop, shop</i> ”; em não coda: “ <i>kaa, taa, saw, shaw</i> ”. Com variação na acentuação e na posição da frase. Também foram coletadas: “ <i>taa kaa taa</i> ”; “ <i>kaa taa kaa</i> ”; “ <i>saw shaw saw</i> ” e “ <i>shaw saw shaw</i> ”. Foram gravados simultaneamente os sinais de áudio, imagem (US) e vídeo (face inferior). Analisou-se o corte médio-sagital da língua através do Programa <i>EdgeTrak</i> , para extração do contorno de língua. Os erros na produção de fala foram definidos como: (a) intrusão; (b) omissão e (c) substituição. | A competição durante a codificação do enunciado aumenta com o aumento do compartilhamento da estrutura gestual, ou seja, quanto mais gestos participam de uma relação de frequência complexa, é maior a probabilidade de ocorrerem erros. Além disso, a condição de não coda mostrou uma taxa de erro menor do que a condição de coda, sendo que um viés de intrusão gestual surgiu principalmente para a condição de coda. Por fim, a proporção dos diferentes tipos de erros (substituições, erros de coprodução) difere em função do tipo de estímulo. |
| Rastadmehr et al., 2008 ⁽¹⁴⁾ | Documentar o impacto de uma ressecção lateral de língua na velocidade do movimento da língua em pacientes antes e depois de uma ressecção lingual parcial, usando o modo B de captura de imagem de US. | Dez pacientes com câncer lingual. A média de idade do grupo foi de 45 anos. Seis pacientes normais compuseram o grupo de comparação, com idade média de 38 anos. Todos os sujeitos eram falantes do Inglês do Canadá. | Os pacientes com glossectomia foram observados alguns dias antes da cirurgia e dois meses após. Nesse ponto, a cicatrização é relativamente completa e o edema já diminuiu. Se os pacientes necessitaram de radioterapia, a avaliação foi realizada antes desse procedimento. Foi realizada a ultrassonografia dos movimentos de língua num plano médio-sagital e dados acústicos foram gravados simultaneamente. | Em relação ao tempo de leitura, não houve diferença entre falantes normais e os pacientes antes ou depois da cirurgia. Quando comparada a velocidade da língua em pacientes com câncer de língua antes e depois da glossectomia, foi encontrada interação significativa entre os fatores tempo e segmento de língua atingido. Não foram encontradas interações significativas entre os fatores tempo e tipo de reconstrução. O estudo demonstrou que uma ressecção parcial lateral e a reconstrução levam a um aumento significativo da velocidade do movimento. Esse achado foi interpretado como evidência de um aumento do esforço articulatorio, resultante de um aprendizado motor compensatório. |

Continua...

Quadro 1. Continuação

| Autor(es) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|--|---|---|---|--|
| Campbell et al., 2010 ⁽¹⁵⁾ | Caracterizar os gestos relacionados ao segmento /r/, do Inglês norte-americano. | Dez falantes nativos do Inglês canadense, cinco homens e cinco mulheres, na faixa etária de 22 a 36 anos. | Para esse experimento, utilizou-se a combinação da imagem de US em modo B/M (para os dados de língua) e o rastreamento <i>Optotrak</i> (para os dados de oposição labial). O sinal acústico também foi gravado. Os gestos de /r/ foram analisados nos contextos de /e/ e /a/. Os estímulos foram lidos dentro da frase – “___ said x each ___”. O cuidado para a estabilização da cabeça e do transdutor foi considerado. Foram coletadas imagens de US no plano médio-sagital (modo B). Foi registrado o tempo até a conclusão do gesto, assim como a magnitude gestual. | Foi observada sequencialmente uma anteroposteriorização na sílaba inicial, enquanto na sílaba final os gestos de raiz de língua e de lábios precedem o gesto de lâmina de língua. Quanto à magnitude, os dois gestos mais anteriores (de lâmina e de lábios) exibiram relativa diminuição desse parâmetro em posição final. Uma interação significativa foi observada entre o tempo e a magnitude do gesto. Um notável achado desse trabalho refere-se à distinção dos três gestos envolvidos na produção de /r/, a qual não pode ser representada em termos de uma simples categorização fonológica binária dos gestos. |
| Bressmann et al., 2010 ⁽¹⁶⁾ | Descrever quantitativamente os aspectos dos movimentos coronais de língua na diferentes regiões anatômicas de língua. | Quatro falantes normais (duas mulheres, com 23 e 24 anos, e dois homens, com 25 e 34 anos) e um com glossectomia parcial. | As gravações do US foram realizadas em quatro planos coronais, sendo necessário produzir quatro vezes os estímulos de fala. Os participantes deveriam recitar a última estrofe do poema “ <i>I wandered lonely as a cloud</i> ”. Foram extraídas as linhas de superfície da língua através do <i>software Ultra-CATS</i> ; em seguida, foi medida a distância entre o transdutor do US e a superfície da língua. Foram então calculados os indicadores quantitativos para descrever a função da língua: distância total percorrida e concavidade. | O estudo descobriu que há maior movimento no centro da língua do que nas margens livres laterais. Dependendo do falante, as maiores distâncias percorridas detiveram-se à região anterior ou posterior da língua. Em todos os falantes, a porção posterior da língua mostrou <i>grooving</i> consistente durante a fala encadeada. Já uma condição mais plana ou convexa de língua foi mais observada para a região anterior. |
| Zharkova et al., 2011 ⁽¹⁸⁾ | Comparar as propriedades coarticulatórias de língua de crianças e adultos, utilizando imagens de US de língua. | Dez adultos (média de idade de 33 anos) e dez crianças (média de idade de 7anos 7 meses) com desenvolvimento normal de fala, falantes do Inglês escocês padrão. | Dados ultrassonográficos e acústicos foram gravados sincronizadamente. Os <i>frames</i> do US foram registrados em dois pontos: no meio de consoante e no meio da vogal, baseados nos dados acústicos. As sílabas-alvo do estudo foram /jɪ/, /ju/ e /ja/, as quais foram inseridas na frase veículo: “ <i>It’s a ___</i> ” (<i>she, shoe e shah</i>). Os parâmetros utilizados no US foram: distâncias da curva de língua. Foram também analisados os efeitos coarticulatórios, a extensão da coarticulação e a variação <i>token-a-token</i> | As crianças exibem coarticulação no mesmo contexto vocálico como os adultos. Entretanto, os resultados falham ao mostrar a hipótese em relação à posição de língua para a produção de /S/ diante de /i/ e /u/, uma vez que esse par de vogal não mostrou diferenças bem marcadas. Também se observou que as crianças apresentaram maior extensão da coarticulação da consoante em função do contexto da vogal do que os adultos, além de apresentarem maior variabilidade dos dados. |
| Zharkova, 2013 ⁽²²⁾ | Descrever a imagem de US de língua como uma ferramenta para análise quantitativa da função de língua em falantes com fissura de palato. | – | Estudo descritivo. | As medidas baseadas em uma única curva de língua descritas nesse estudo são: o índice de excursão do dorso e índice da posição de restrição do dorso de língua; ambas visam avaliar diretamente o grau de envolvimento do dorso da língua na articulação. Requerem a estabilização da cabeça. Citam-se, ainda, as medidas baseadas em conjunto de curvas de língua: dinâmica da língua, variabilidade e separação das curvas de língua. Todas as medidas podem ser empregadas para comparar a função da língua em falantes com fissura palatina. |

Continua...

Quadro 1. Continuação

| Autor(es) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|---|---|---|---|---|
| Bacsfalvi e Bernhardt, 2011 ⁽³⁰⁾ | Investigar a produção da fala de sete adolescentes e adultos jovens com comprometimento auditivo, após dois a quatro anos de intervenção com US e eletropalatografia. | Sete falantes (quatro homens e três mulheres) com perda auditiva de severa a profunda. | Três conjuntos de dados foram coletados para cada paciente: 1) pré-tratamento com o <i>feedback</i> visual; 2) imediatamente após a utilização do US e 3) dados de acompanhamento. Palavras reais ou sem significado foram coletadas isoladamente ou inseridas na frase: “I’m an ___”. | Os julgamentos para as fases 2 e 3 do tratamento apontaram que cinco dos sete falantes produziram o segmento com a mesma taxa de acurácia em ambas as fases. Evidenciou a manutenção dos níveis de acurácia em um sujeito; aprimoramento, em três sujeitos ou uma ligeira regressão para quatro sujeitos da amostra. Algumas limitações do estudo são apontadas, como: número restrito da amostra; curtos períodos de intervenção; utilização de análise perceptivo-auditiva somente e ausência de acesso a um banco de dados normativos para a comparação. |
| McMillan e Corley, 2010 ⁽³¹⁾ | Demonstrar que semelhanças de fonemas adjacentes influenciam a sua articulação de modo previsível. | Dez adultos, falantes nativos do Inglês. | Foram manipuladas as semelhanças fonéticas de fonemas no início de trava-línguas. Os dados foram cronometrados e comparados com a eletropalatografia. Foram realizados a análise do contorno médio sagital da língua ao longo do tempo com o auxílio do US e o VOT. | Representações subfonêmicas consistem de gestos articulatórios. Os fonemas são “mal formados”, no sentido que os aspectos da produção de mais de um fonema são observados simultaneamente. O viés para a intrusão gestual (como oposição à exclusão ou substituição) decorre naturalmente do fato de que há “cascatas” ativadas para a produção. |
| Bressmann et al., 2011 ⁽³²⁾ | Investigar a articulação da plosiva alveolar surda [k] em cinco falantes com articulação compensatória relacionada à fissura de palato. | Cinco sujeitos com diferentes tipos de fissuras palatais reparadas, todos falantes do Inglês canadense. | Os movimentos de língua foram registrados através da ultrassonografia, no plano médio-sagital. O sinal acústico foi gravado simultaneamente. Os participantes falaram cinco repetições de [a’ka], [i’ki] e [u’ku] após o examinador. A análise perceptivo-auditiva e visual foi revisada e discutida por três julgadores. | A análise revelou uma grande variedade de estratégias compensatórias – plosiva glotal, plosiva faríngea, plosiva médio-palatal e coproduções glotais e velares. Um sujeito produziu um som de clique palatal juntamente com uma plosiva médio-palatal. A imagem de US também revelou movimentos articulatórios encobertos, os quais não seriam identificados através de uma análise perceptual isolada. |

Legenda: US = ultrassom; VOT = *Voice Onset Time*

Quadro 2. Estudo que abordou a aplicação da ultrassonografia na fonética

| Autor(es) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|---------------------------------------|--|--|---|--|
| Kochetov et al., 2013 ⁽²¹⁾ | Utilizar o US para obter as imagens de língua em várias consoantes linguais nepalesas. | Um sujeito, falante nativo do dialeto Brãmâne. | Análise de sequências silábicas por meio de imagens ultrassonográficas. Foram observadas consoantes coronais nepalesas. | Os resultados confirmaram e ampliaram algumas observações sobre as consoantes coronais nepalesas, tais como um único lugar contrastante entre dentais, alveolares e retroflexas. |

Legenda: US = ultrassom

A técnica ultrassonográfica permitiu a medição da espessura do músculo masseter, bem como o diagnóstico, o plano terapêutico e o prognóstico interdisciplinar — ortodôntico, ortognático e fonoaudiológico. A técnica mostrou-se eficiente para as medições, possibilitou o acompanhamento e a definição de critérios de alta para os pacientes⁽⁸⁾.

Acredita-se que existam estudos de outras áreas (por exemplo, a odontológica) que também se destinam à pesquisa dos músculos mastigatórios por meio de imagens de ultrassonografia, os quais poderiam também ser de

especial interesse para a Fonoaudiologia. No entanto, esses não foram incluídos neste artigo, em razão de não terem sido localizados por meio das estratégias de busca aqui consideradas.

Ultrassom e Deglutição

Na pesquisa dos descritores ultrassom *versus* deglutição, trabalhos os quais são apresentados no Quadro 5, foi bastante recorrente entre os estudos selecionados a investigação do

Quadro 3. Estudos que abordaram a aplicação da ultrassonografia na voz

| Autor(es) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|---|---|---|---|---|
| Krausert et al., 2011 ⁽³³⁾ | Discutir as vantagens, desvantagens e aplicabilidade clínica das diferentes técnicas de medição da onda mucosa (eletroglotografia, fotoglotografia e US) e técnicas de visualização, que incluem videoquimógrafo (estroboscopia e imagem digital de alta velocidade). | – | As várias técnicas e seus usos específicos são revistos com a intenção de ajudar os pesquisadores e clínicos a escolher um método para uma determinada situação e entender suas limitações e suas aplicações potenciais. | As avaliações das pesquisas e recomendações existentes para pesquisas futuras são dadas para promover tanto o estudo quantitativo da onda mucosa através de uma medição precisa e padronizada dos parâmetros da mesma, como para o desenvolvimento de métodos confiáveis com os quais pode diagnosticar distúrbios vocais. |
| Cho et al., 2012 ⁽³⁴⁾ | Acessar a mudança de comprimento da prega vocal com o US. | 35 cantores profissionais. | Os sujeitos realizaram ultrassonografia durante a respiração, a fonação e o canto. Mediu-se o comprimento da prega vocal em cada situação. | Encontraram-se diferenças em cada fase. Os autores concluíram que a ultrassonografia pode ser utilizada para verificar a variação do comprimento das pregas vocais. |
| Tiçac et al., 2012 ⁽³⁵⁾ | Comparar os valores de videofluoroscopia e do US para avaliar a tonicidade de músculos da glote e determinar com exatidão o segmento laríngeo hipertônico. | 20 pacientes, com inadequação de voz traqueoesofágica que seguiram para laringectomia total e instalação de prótese traqueoesofágica. | Depois de determinado o segmento laríngeo hipertônico, foi administrada lidocaína intramuscular. Sabendo-se que a videofluoroscopia é um exame padrão ouro para comparação com exame de US, foi administrado contraste e observado a dilatação do segmento durante a deglutição, fonação e repouso vocal para determinar onde havia distúrbio de tonicidade ou diferenças entre antes e depois da administração da lidocaína. | A combinação dos dois métodos pode fornecer melhores resultados na melhora da voz. A videofluoroscopia é um exame de escolha inicial para determinar o segmento hipertônico e o US é o método utilizado para facilitar a administração da droga mais precisamente. |
| Pedisić et al., 2012 ⁽³⁶⁾ | Utilizar o US e a tomografia computadorizada de pescoço no pré-operatório de cirurgia de prótese PROVOX II e determinar a presença de fístula traqueoesofágica após o procedimento. | 91 pacientes, no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2010. | Os autores utilizaram US e tomografia computadorizada de pescoço em 58 pacientes, no procedimento pré-operatório, através dos quais foi determinado o comprimento da fístula traqueoesofágica. Ao mesmo tempo, utilizaram a oportunidade para especificar o comprimento da prótese de fala que seria adaptada. | O número de sujeitos que tiveram complicações e utilizaram o procedimento pré-operatório foi significativamente menor que o número de sujeitos que tiveram complicações e não passaram pelos procedimentos. Comparando com outros estudos, os autores acreditam que esses métodos diminuem o número de complicações causadas pela inadequação do comprimento da prótese traqueoesofágica. |
| Setlur e Hartnick, 2012 ⁽³⁷⁾ | Revisão de estudos sobre tratamento da paralisia unilateral de prega vocal em crianças. | – | Revisão de literatura. | Os autores referem que o diagnóstico e plano de tratamento são realizados por meio de laringoscopia, ultrassonografia e eletromiografia. Hoje, há vários estudos propondo tratamento específico para crianças, o que pode gerar grande impacto na qualidade de vida das mesmas. |

Legenda: US = ultrassom

Quadro 4. Estudo que abordou a aplicação da ultrassonografia na avaliação de um músculo mastigatório

| Autor(s) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|---------------------------------------|--|---|---|--|
| Trawitzki et al., 2011 ⁽⁸⁾ | Analisar o efeito do tratamento integrado: ortodôntico, cirurgia ortognática e terapia miofuncional orofacial na espessura/densidade do masseter em pacientes com Classe III, três anos após a cirurgia ortognática. | Estudo longitudinal, com 13 pacientes com Classe III e 15 sujeitos do grupo controle. | A ultrassonografia do masseter foi realizada durante o repouso e mastigação/mordida, nos três grupos. | Valores maiores de espessura de masseter foram encontrados no grupo pós-cirúrgico. Entre esse grupo e o grupo controle houve diferença no lado direito do músculo, nas situações de mordida, e ao lado esquerdo, nas situações de repouso. O tratamento proposto resultou numa melhor espessura/densidade do masseter em pacientes com Classe III. |

Quadro 5. Estudos que abordaram a aplicação da ultrassonografia na deglutição

| Autor(es) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|--|---|--|--|--|
| Galén e Jost-Brinkmann, 2010 ⁽¹⁷⁾ | Investigar a possibilidade de utilização da ultrassonografia para diferenciar padrões de deglutição visceral e somático. | 11 adultos com padrão de deglutição visceral e 13 adultos com padrão de deglutição somático. | Avaliação e comparação de sequências de modo B e M durante a deglutição. Determinou-se a amplitude e a velocidade do movimento da língua vertical, bem como a duração total da deglutição. | Os parâmetros revelaram grande variabilidade intra e interindividual. Não houve diferenças qualitativas em imagens em modo B. Os parâmetros medidos nas imagens em modo M não são adequados para a diferenciação entre padrões de deglutição visceral e somático. |
| Steele et al., 2012 ⁽¹⁹⁾ | Investigar a correlação entre as medidas não invasivas de cronometragem da pressão da língua palatoe a medida de excursão do osso hioide. | 20 adultos saudáveis (dez homens, dez mulheres), entre 20 e 39 anos. | As relações temporais entre eventos de depressão da língua palatoe o movimento hioide durante a deglutição foram exploradas. | A geração de depressão da língua palatoe o movimento hioide são fenômenos distintos na sequência da deglutição. |
| Tamura et al., 2012 ⁽²⁰⁾ | Avaliar a sarcopenia da musculatura lingual, medindo a espessura da língua com o US, assim como, esclarecer a sua relação com o estado nutricional em idosos. | 104 idosos (32 homens e 72 mulheres, média de idade - 80,3 anos). | Foi considerada a posição frontal e lateral da língua por meio de imagens estáveis de US. A medição foi realizada duas vezes e o valor médio foi obtido. | A espessura da língua está relacionada ao estado nutricional em idosos. A disfunção e anormalidade da língua também pode ser um motivo para a disfagia. A desnutrição pode induzir a sarcopenia (diminuição da massa e da força muscular), não só nos músculos esqueléticos, mas também na língua. |
| Huang et al., 2009 ⁽²³⁾ | Explorar a confiabilidade do exame ultrassonográfico da aproximação hioide-laringe e sua aplicação em pacientes com AVE com e sem disfagia. | 55 participantes: 15 sujeitos normais e 20 sujeitos que sofreram AVE, porém não apresentavam alterações de deglutição, e 20 sujeitos que sofreram AVE e apresentavam disfagia. | A distância entre a cartilagem tiroide e o osso hioide durante a deglutição foi medida por ultrassonografia. Dez pacientes com AVE e disfagia também foram submetidos à videofluoroscopia. | O percentual de mudança de aproximação hioide-laringe foi muito semelhante entre o exame ultrassonográfico e a videofluoroscopia, demonstrando a confiabilidade do US nessa medida. A aproximação hioide-laringe foi significativamente reduzida em pacientes com AVE e com disfagia. |
| Scarborough et al., 2010 ⁽²⁴⁾ | Obter parâmetros normativos a respeito do deslocamento máximo do hioide obtido pelo US, em uma amostra de crianças saudáveis. | 29 crianças em idade pré-escolar. | Foi observado o deslocamento máximo do osso hioide, determinado a partir de uma sequência de análise de <i>frames</i> durante a deglutição espontânea. | 99% das crianças apresentaram deslocamento do osso hioide dentro de 3 cm como parâmetro de normalidade, sendo o US um método confiável para tal análise. |

Continua...

Quadro 5. Continuação

| Autor(es) | Objetivo(s) | Sujeito(s) | Procedimentos importantes | Resultados |
|---------------------------------------|---|--|---|--|
| Macrae et al., 2012 ⁽²⁵⁾ | Quantificar o movimento do hioide via US, através de uma análise da confiabilidade inter e intra-avaliadores. | Cinco sujeitos (dois homens e três mulheres, com idades entre 20 e 50 anos). | Foi calculada a distância entre o osso hioide e a mandíbula e a mudança de deslocamento do osso hioide a partir de um ponto de referência. | Medidas em repouso e em deslocamento máximo do osso hioide, tomadas por cada avaliador, foram altamente correlacionadas. O US é um importante instrumento para avaliação do deslocamento do osso hioide nas disfagias. |
| Yabunaka et al., 2011 ⁽²⁶⁾ | Utilizar a ultrassonografia para avaliar as trajetórias do movimento do osso hioide e as mudanças relacionadas à idade, durante a deglutição em indivíduos saudáveis. | 30 sujeitos adultos, divididos igualmente em três grupos etários: 20 a 39 anos, 40 a 59 anos e 60 a 79 anos. | O transdutor do US foi posicionado acima da laringe, o osso hioide deveria estar centralizado na tela. Os sujeitos deglutiram cinco vezes 5 mL de água. Mediu-se o ponto de repouso do osso hioide e outros intervalos de tempo. | A trajetória do osso hioide foi facilmente observada com o US. Esta se apresentou em quatro fases: 1) elevação após a deglutição; 2) anteriorização; 3) fase temporária (posição de elevação máxima); 4) retorno à posição de repouso. O tempo das fases 1, 2 e 4 aumentaram significativamente conforme o aumento da idade. O contrário observou-se para a terceira fase. |
| Hsiao et al., 2012 ⁽²⁷⁾ | Medir as mudanças na espessura da língua em pacientes com disfagia pós-AVE e o deslocamento do osso hioide durante a deglutição. | 60 pacientes com AVE e 30 controles saudáveis. | Mediu-se a espessura da língua e o deslocamento do osso hioide. Como instrumentos de avaliação, utilizou-se a videofluoroscopia (em 12 pacientes) e o US. | A espessura da língua e o deslocamento do hioide foi menor no grupo cuja alimentação ocorria através de sonda. O US se mostrou como uma medida confiável, uma vez que apresentou boa correlação com a videofluoroscopia. |
| Komori et al., 2008 ⁽³⁸⁾ | Comparar a técnica que combina videoendoscopia e ultrassonografia com videofluoroscopia. | Oito homens saudáveis, com idades entre 25 e 31 anos. | A elevação da laringe correspondeu à altura máxima, verificada pela videofluoroscopia e ultrassonografia. | O momento da elevação se mostrou semelhante entre as técnicas investigadas. As distâncias e durações da máxima elevação da laringe correlacionaram-se significativamente. A técnica de videofluoroscopia e ultrassonografia pode demonstrar a função de deglutição tão eficientemente como a videofluoroscopia. |
| Yabunaka et al., 2012 ⁽³⁹⁾ | Investigar a aplicação da ultrassonografia para quantificar os padrões dos músculos gênio-hioideos durante a deglutição e avaliar esses padrões de acordo com a idade e o gênero. | 60 adultos, 30 homens e 30 mulheres, divididos em três faixas etárias (20–39, 40–59, 60–79 anos). | Foram administrados 10 mL de água, por cinco repetições. Todo o movimento muscular gênio-hioideo foi gravado em tempo real. Imagens simultâneas da deglutição foram capturadas em duas regiões ao longo da parede muscular gênio-hioideo lateral. | A distância média móvel e a duração do movimento do músculo gênio-hioideo aumentam gradualmente com a idade. Houve diferença nas medições durante a deglutição entre os sexos, nas três faixas etárias. |

Legenda: US = ultrassom; AVE = Acidente Vascular Encefálico

deslocamento do osso hioide durante o ato de deglutir^(19,23-26). Além dessa medida, outros três trabalhos pesquisaram ainda a espessura da musculatura lingual^(20,27) e a pressão exercida pela língua no palato⁽¹⁹⁾.

Os demais objetivos dos estudos voltaram-se para a comparação do ultrassom e técnicas já consagradas para a investigação da deglutição, como a videofluoroscopia e a videoendoscopia^(23,27,38). Também para a diferenciação de padrões de deglutição somática e visceral⁽¹⁷⁾ e, por fim, para a pesquisa de padrões de movimento dos músculos gênio-hioideos⁽³⁹⁾.

Quanto à amostra avaliada nos trabalhos mencionados^(17,19,20,23-27,38,39), os grupos foram compostos por sujeitos com deglutição típica (de crianças a idosos) e com deglutição alterada, decorrente de algumas doenças de base, como o Acidente Vascular Encefálico (AVE). O número de sujeitos foi bastante variável entre os artigos, de cinco a 104 sujeitos, obtendo-se como média 42,5 sujeitos.

As pesquisas^(19,23-26) destacaram o ultrassom como um importante instrumento para avaliação do deslocamento do osso hioide na investigação da deglutição. A redução do movimento do

osso hioide foi associada com o aumento do risco de invasão de resíduos nas vias aéreas e laringe. Ao se comparar a imagem de ultrassom com outros instrumentos de avaliação^(23,27,38), aquele foi considerado como um método confiável, relativamente barato e não invasivo de investigação, todavia que tem recebido pouca atenção na literatura.

Através do emprego do ultrassom, alguns autores puderam verificar que a pressão da língua no palato e o movimento hioide são fenômenos distintos na sequência da deglutição⁽¹⁹⁾. No entanto, houve correlação entre a espessura da língua, verificada por meio de imagens ultrassônicas, e o estado nutricional de pacientes com disfagia pós-AVE. Assim, a desnutrição pode induzir a sarcopenia (diminuição da massa e da força muscular) e a disfunção e anormalidade da língua também podem ser um indicativo para a disfagia⁽²⁰⁾.

Em razão de a ultrassonografia ainda ser subutilizada em pesquisas sobre disfagia, em grande parte dos estudos são sugeridas novas análises envolvendo essa técnica na padronização de medidas confiáveis para avaliação da deglutição. No entanto, em sua maioria, já confirmam as imagens ultrassonográficas como uma possibilidade na avaliação da dinâmica da deglutição.

CONCLUSÃO

Encontraram-se pesquisas que estudaram o uso da técnica ultrassonográfica na área da Fonoaudiologia nos últimos cinco anos. Esses estudos confirmaram as novas possibilidades de uso do ultrassom em todas as subáreas da Fonoaudiologia consideradas na presente revisão bibliográfica, primando por um diagnóstico mais preciso, avaliações mais detalhadas, processos terapêuticos diferenciados e uma maior relação custo-benefício.

A maioria (27 dos 28 artigos selecionados para a presente revisão bibliográfica) dos estudos encontrados foi realizada em outros países, evidenciando a necessidade de atualização e busca pela utilização de novos instrumentos nas pesquisas e na clínica fonoaudiológica no Brasil.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de duas bolsas de Doutorado, à primeira e à terceira autora do presente trabalho, durante a realização do mesmo.

**LSB, BCB e RMM foram responsáveis, conjuntamente, pela delimitação do estudo, pesquisa bibliográfica e redação do mesmo; MKS, CLM e HBM supervisionaram a coleta, tabulação e análise dos dados, bem como forneceram orientações durante todas as etapas de elaboração do estudo.*

REFERÊNCIAS

- Gregio FN, Camargo ZA. Dados de tempo de início do vozeamento (VOT) na avaliação do sinal vocal de indivíduos com paralisia unilateral de prega vocal. *Disturb Comum*. 2005;17(3):289-97.
- Melo RM, Mota HB, Mezzomo CL, Brasil BC, Lovatto L, Arzeno L. Parâmetros acústicos do contraste de sonoridade das plosivas no desenvolvimento fonológico típico e no desviante. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2012;17(3):304-12.
- Marino VCC, Berti LC, Lima-Gregio AM. Características acústicas da oclusiva glotal associada à sequência de Pierre Robin: estudo de caso. *Rev CEFAC*. 2013;15(2):466-77.
- Giacchini V, Mota HB, Mezzomo CL. Variáveis relevantes no processo terapêutico para a aquisição do onset complexo na fala de crianças com desvio fonológico. *Rev CEFAC* (no prelo).
- Berti LC. Investigação da produção de fala a partir da ultrassonografia do movimento de língua. In: 19º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia; 2010; Curitiba. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia: suplemento*. Curitiba: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2010.
- Pereira LCK, Gregio FN, Svicero MAF, Nan PC, Madureira S, Camargo ZA. Caracterização de vogais orais e nasais por dados de ultrassonografia, ressonância magnética e análise acústica. In: 19º Congresso Brasileiro e 8º Internacional de Fonoaudiologia; 2011; São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia: suplemento*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2011. p. 980.
- Svicero MAF, Pereira LK, Nan PC, Isolan-Cury R, Camargo Z. Dados preliminares de análise de fala por meio da ultrassonografia. In: 19º Congresso Brasileiro e 8º Internacional de Fonoaudiologia; 2011; São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia: suplemento*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia; 2011. p. 728.
- Trawitzki LV, Dantas RO, Elias-Júnior J, Mello-Filho FV. Masseter muscle thickness three years after surgical correction of class III dentofacial deformity. *Arch Oral Biol*. 2011;56(8):799-803.
- Berti LC. Investigação ultrassonográfica dos erros de fala infantil à luz da Fonoaudiologia Gestual. In: Ferreira-Gonçalves G, Brum-de-Paula M. *Dinâmica dos movimentos articulatorios: sons, gestos e imagens*. Pelotas (RS): Editora da UFPel; 2013. p.127-44.
- Francisco DT, Pagan-Neves LO, Wertzner HF. Aplicação da ultrassonografia de fala como ferramenta auxiliar ao diagnóstico do transtorno fonológico. In: 4º Seminário de Aquisição fonológica; 2013; Santa Maria. 4º Seminário de Aquisição fonológica: resumos e programação. Pelotas (RS): Editora da UFPel; 2013. p. 33-4.
- Bernhardt BM, Bacsfalvi P, Adler-Bock M, Shimizu R, Cheney A, Giesbrecht N, et al. Ultrasound as visual feedback in speech habilitation: exploring consultative use in rural British Columbia, Canada. *Clin Linguist Phon*. 2008;22(2):149-62.
- Modha G, Bernhardt BM, Church R, Bacsfalvi P. Case study using ultrasound to treat /r/. *Int J Lang Commun Disord*. 2008;43(3):323-9.
- Pouplier M. The role of a coda consonant as error trigger in repetition tasks. *J Phon*. 2008;36(1):114-40.
- Rastadmehr O, Bressmann T, Smyth R, Irish JC. Increased midsagittal tongue velocity as indication of articulatory compensation in patients with lateral partial glossectomies. *Head Neck*. 2008;30(6):718-26.
- Campbell F, Gick B, Wilson I, Vatikiotis-Bateson E. Spatial and temporal properties of gestures in North American English /r/. *Lang Speech*. 2010;53(1):49-69.
- Bressmann T, Flowers H, Wong W, Irish JC. Coronal view ultrasound imaging of movement in different segments of the tongue during paced recital: findings from four normal speakers and a speaker with partial glossectomy. *Clin Linguist Phon*. 2010;24(8):589-601.
- Galén S, Jost-Brinkmann PG. B-mode and M-mode ultrasonography of tongue movements during swallowing. *J Orofac Orthop*. 2010;71(2):125-35.
- Zharkova N, Hewlett N, Hardcastle WJ. Coarticulation as an indicator of speech motor control development in children: an ultrasound study. *Motor Control*. 2011;15(1):118-40.
- Steele C, Sasse C, Bressmann T. Tongue-pressure and hyoid movement timing in healthy liquid swallowing. *Int J Lang Commun Disord*. 2012;47(1):77-83.
- Tamura F, Kikutani T, Tohara T, Yoshida M, Yaegaki K. Tongue thickness relates to nutritional status in the elderly. *Dysphagia*. 2012;27(4):556-61.
- Kochetov A, Pouplier M, Truong S. A preliminary ultrasound study of Nepali lingual articulations. *J Acoust Soc Am*. 2013;13:1-9.

22. Zharkova N. Using ultrasound to quantify tongue shape and movement characteristics. *Cleft Palate Craniofac J*. 2013;50(1):76-81.
23. Huang YL, Hsieh SF, Chang YC, Chen HC, Wang TG. Ultrasonographic evaluation of hyoid-larynx approximation in dysphagic stroke patients. *Ultrasound Med Biol*. 2009;35(7):1103-8.
24. Scarborough DR, Waizenhofer S, Siekemeyer L, Hughes M. Sonographically measured hyoid bone displacement during swallow in preschool children: a preliminary study. *J Clin Ultrasound*. 2010;38(8):430-4.
25. Macrae PR, Doeltgen SH, Jones RD, Huckabee ML. Intra- and inter-rater reliability for analysis of hyoid displacement measured with sonography. *J Clin Ultrasound*. 2012;40(2):74-8.
26. Yabunaka K, Sanada H, Sanada S, Konishi H, Hashimoto T, Yatake H, et al. Sonographic assessment of hyoid bone movement during swallowing: a study of normal adults with advancing age. *Radiol Phys Technol*. 2011;4(1):73-7.
27. Hsiao MY, Chang YC, Chen WS, Chang HY, Wang TG. Application of ultrasonography in assessing oropharyngeal dysphagia in stroke patients. *Ultrasound Med Biol*. 2012;38(9):1522-8.
28. Gick B. The use of ultrasound for linguistic phonetic fieldwork. *J Int Phon Assoc*. 2002;32(2):113-21.
29. Bressmann T. Quantitative assessment of tongue shape and movement using ultrasound imaging. In: *3rd Conference on Laboratory Approaches to Spanish Phonology*; 2008. Somerville (MA); 2008. p. 101-6.
30. Bacsfalvi P, Bernhardt BM. Long-term outcomes of speech therapy for seven adolescents with visual feedback technologies: ultrasound and electropalatography. *Clin Linguist Phon*. 2011;25(11-12):1034-43.
31. McMillan CT, Corley M. Cascading influences on the production of speech: evidence from articulation. *Cognition*. 2010;117(3):243-60.
32. Bressmann T, Radovanovic B, Kulkarni GV, Klaiman P, Fisher D. An ultrasonographic investigation of cleft-type compensatory articulations of voiceless velar stops. *Clin Linguist Phon*. 2011;25(11-12):1028-33.
33. Krausert CR, Olszewski AE, Taylor LN, McMurray JS, Dailey SH, Jiang JJ. Mucosal wave measurement and visualization techniques. *J Voice*. 2011;25(4):395-405.
34. Cho W, Hong J, Park H. Real-time ultrasonographic assessment of true vocal fold length in professional singers. *J Voice*. 2012;26(6):819.e1-6.
35. Tićac R, Candrić B, Juranić J, Pavelić G, Pedisić D, Pusić M, et al. The role of videofluoroscopy and ultrasound in assessing pharyngoesophageal muscle tone after laryngectomy. *Coll Antropol*. 2012;36(Suppl 2):125-8.
36. Pedisić D, Tićac R, Candrić B, Marijić B, Sepić T, Malvić G, et al. The use of ultrasound in determining the length of the Provox II voice prosthesis. *Coll Antropol*. 2012;36(Suppl 2):103-6.
37. Setlur J, Hartnick CJ. Management of unilateral true vocal cord paralysis in children. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;20(6):497-501.
38. Komori M, Hyodo M, Gyo K. A swallowing evaluation with simultaneous videoendoscopy, ultrasonography and videofluorography in healthy controls. *J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2008;70(6):393-8.
39. Yabunaka K, Konishi H, Nakagami G, Sanada H, Iizaka S, Sanada S, et al. Ultrasonographic evaluation of geniohyoid muscle movement during swallowing: a study on healthy adults of various ages. *Radiol Phys Technol*. 2012;5(1):34-9.