

Métodos utilizados na análise morfométrica do trato vocal em cantores: revisão integrativa

Methods used in morphometric analysis of singers' vocal tracts: an integrative review

Déborah Laís dos Santos Carneiro¹ , Kelly Greyce Sukar Cavalcanti de Oliveira² ,
Diana Babini Lapa de Albuquerque Britto³ , Giselle Frutuoso do Nascimento⁴ ,
Hilton Justino da Silva⁴ , Adriana de Oliveira Camargo Gomes⁴ 

RESUMO

Objetivo: descrever os principais métodos quantitativos utilizados para análise morfométrica do trato vocal em cantores, suas aplicações e os principais segmentos estudados. **Estratégia de pesquisa:** trata-se de uma revisão integrativa guiada pela pergunta condutora: “Quais os principais métodos quantitativos utilizados para análise morfométrica do trato vocal, suas aplicações e os principais segmentos estudados em cantores?”. Foram utilizadas as bases eletrônicas PubMed, Scopus e BVS, por meio da chave de busca *Vocal tract OR Oropharynx AND Morphology OR Geometry AND Evaluation OR Diagnosis AND voice*, sem restrições de ano de publicação, sendo incluídos artigos em três idiomas: português, inglês e espanhol. **Critérios de seleção:** a seleção se deu de forma independente, por meio da leitura por pares e posterior aplicação dos critérios de exclusão e inclusão. **Resultados:** dos 380 estudos, foram excluídos 30 duplicados. A partir da leitura dos resumos, aplicando-se os critérios de seleção, foram selecionados 18 estudos para leitura na íntegra, dos quais, 12 foram incluídos nesta revisão. A ressonância magnética foi o principal instrumento utilizado e os segmentos analisados incluíram desde o comprimento e volume do trato vocal, como segmentos isolados e suas particularidades morfológicas. **Conclusão:** os métodos de quantificação morfológica do trato vocal integram instrumentos importantes para a avaliação instrumental do trato vocal e de seus segmentos, colaborando na atualização tecnológica em voz para melhor compreensão e intervenções fonoaudiológicas na voz cantada.

Palavras-chave: Voz; Canto; Orofaringe; Laringe; Qualidade da voz

ABSTRACT

Purpose: To describe the main quantitative methods used for morphometric analysis of the vocal tract in singers, their applications and the main segments studied. **Research strategy:** This is an integrative review guided by the guiding question “What are the main quantitative methods used for morphometric analysis of the vocal tract, their applications and the main segments studied in singers?”. The electronic databases PubMed, Scopus and VHL were used through the search key (*Vocal tract OR Oropharynx*) AND (*Morphology OR Geometry*) AND (*Evaluation OR Diagnosis*) AND (*voice*), without restriction of years of publication, including articles in three languages: Portuguese, English and Spanish. **Selection criteria:** The selection took place independently through reading by pairs and subsequent application of exclusion and inclusion criteria. **Results:** Of the 380 studies, 30 duplicates were excluded. After reading the abstracts, applying the selection criteria, 18 studies were selected for full reading, of which 12 were included in this review. Magnetic resonance imaging was the main instrument used and the analyzed segments ranged from the length and volume of the vocal tract to isolated segments and their morphological particularities. **Conclusion:** Vocal tract morphological quantification methods are important for the instrumental evaluation of the vocal tract and its segments, a technological update leading to better understanding of singers' voice and therapeutical intervention.

Keywords: Voice; Sing; Oropharynx; Larynx; Voice quality

Trabalho realizado na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

¹Curso de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

³Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da Saúde, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE – Recife (PE), Brasil.

⁴Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: DLSC participou da idealização do estudo, coleta, análise, interpretação dos dados e redação do artigo; KGSCO participou da idealização do estudo, análise, interpretação dos dados e redação do artigo; DBLAB participou da idealização do estudo, coleta, análise, interpretação dos dados e redação do artigo; GFN participou da análise e interpretação dos dados; HJS participou da idealização do estudo e interpretação dos dados; AOCG participou da idealização do estudo, análise, interpretação dos dados e redação do artigo.

Financiamento: Fundação de Amparo à Ciência e Pesquisa de Pernambuco (FACEPE) – Bolsa de Iniciação Científica: Edital_FACEPE_01-2020_PIBIC; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001 e Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Universidade Federal de Pernambuco - Edital PROPG nº 06/2022.

Autor correspondente: Adriana de Oliveira Camargo Gomes. E-mail: adriana.camargo@ufpe.br

Recebido: Novembro 21, 2022; **Aceito:** Janeiro 28, 2023

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos em laringologia e a modernização dos instrumentos utilizados na avaliação da voz e do trato vocal (TV) favorecem os estudos nessa área, aprimorando o conhecimento e atualização dos especialistas. Tais instrumentos permitem a demonstração de evidências científicas advindas das intervenções fonoaudiológicas, com o intuito de promover o bom uso da voz dos indivíduos que são submetidos ao tratamento fonoterápico⁽¹⁾.

O TV é delimitado pela região supraglótica e configurado de acordo com a movimentação das estruturas que compõem o sistema estomatognático, atuando como filtro e favorecendo a ressonância da voz. Dessa forma, diferentes harmônicos são amplificados, originando os formantes e caracterizando a qualidade vocal, sendo as pregas vocais (PPVV) identificadas como fonte sonora e a região supraglótica (sistema ressonador) como filtro⁽²⁻⁵⁾.

As avaliações fonoaudiológicas em voz contam com elementos que consideram a sua multidimensionalidade, incluindo a avaliação perceptivo-auditiva e análise acústica computadorizada, sendo essa de caráter complementar, na avaliação clínica do fonoaudiólogo⁽⁶⁻⁹⁾. Ressalta-se que a avaliação da voz ao longo das décadas tem se apresentado como tema de aperfeiçoamento constante nas áreas da fonoaudiologia, otorrinolaringologia e cirurgia de cabeça e pescoço⁽⁶⁾.

No canto, o TV e a fonte glótica podem ter suas interações exploradas pelos cantores, visando à melhora de sua eficiência⁽¹⁰⁾. A aplicação de instrumentos que avaliam de forma quantitativa a morfologia do TV coopera na compreensão da conformação desse sistema, bem como permite a avaliação do efeito de aplicação de técnicas vocais e sua relação com a morfologia do TV⁽¹¹⁾.

Dentre os métodos instrumentais que permitem a mensuração das dimensões de diversas estruturas do TV, destacam-se a radiografia (Raio-X), a ressonância magnética (RMN), a tomografia computadorizada (TC), a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e a faringometria acústica (FA), uma vez que esses métodos permitem a mensuração das dimensões de diversas estruturas do TV⁽¹²⁻¹⁷⁾.

Por meio do Raio-X e da RMN, pode-se avaliar as estruturas internas anatómicas a partir de uma projeção sagital das vias aéreas superiores e a visualização detalhada das cavidades laríngeas, faríngeas e orais e dos articuladores do TV⁽¹²⁻¹³⁾. A CBCT permite a identificação das alterações anatómicas e funcionais do espaço orofaríngeo, estruturas dos tecidos moles do TV e as medições da orofaringe⁽¹⁸⁾. A FA é uma técnica que mensura a área, volume e comprimento das cavidades oral e orofaríngea até a região glótica, por meio de sinais acústicos⁽¹⁶⁾.

No presente estudo, também foram incluídas análises morfométricas das PPVV, atentando para o fato de que alguns dos métodos instrumentais de avaliação do TV possibilitam e incluem a mensuração da área glótica, como a FA, o Raio-X e a TC^(11, 19-21).

Os estudos com métodos instrumentais são muito explorados na voz cantada, tendo em vista que, nesta população, é importante regular a forma do TV, produzindo, assim, uma voz superior em fontes harmônicas. Além disso, as dimensões específicas do TV, bem como das PPVV, e as frequências dos formantes, estão associadas às diferentes classificações vocais dos cantores^(10-12, 22).

O uso dessas medidas quantitativas provenientes dos métodos instrumentais pode ser de grande valia para a atuação clínica do fonoaudiólogo. A análise morfométrica, aliada aos instrumentos que avaliam o sinal acústico, possibilitará a aquisição de resultados precisos e confiáveis, relacionados aos efeitos de técnicas vocais aplicadas, ou para a classificação vocal ideal

de cantores, como também para definição do ajuste de TV que mais se adequa ao indivíduo e seleção das técnicas vocais que melhor exploram determinadas áreas do TV relacionadas ao objetivo do canto e da terapia^(11-13, 22).

Há que se destacar a importância dos métodos instrumentais, cujos dados quantitativos favorecem os estudos comparativos de diagnóstico e tratamento fonoaudiológico, minimizando os aspectos subjetivos da avaliação vocal^(12-13, 22).

Diante do exposto, e entendendo que os métodos de avaliação na área vocal são, em sua maioria, qualitativos, pode-se inferir que um estudo de revisão nessa temática possibilitará aos pesquisadores e terapeutas o entendimento do estado da arte com relação ao uso de métodos instrumentais em cantores, com consequente ampliação de conhecimento e posterior aplicação em estudos com grande evidência científica, em indivíduos com patologia vocal ou outros profissionais da voz, visando à padronização das medidas das estruturas do TV em cada população estudada. Entender a aplicação do uso de instrumentos utilizados para avaliar a morfometria do trato vocal auxilia na escolha do método avaliativo, a tomar, por exemplo, o custo, o detalhamento e a forma invasiva em detrimento aos resultados que se pretende obter.

Sendo assim, esta revisão contribui para além da ampliação dos conhecimentos fonoaudiológicos em voz, como o entendimento da dinâmica do trato vocal no canto, mas também auxilia profissionais de saúde, assim como professores de canto a entenderem as estratégias vocais e indicarem exercícios adequados a essa dinâmica, tal como articulação de técnicas vocais que melhor explorem determinadas áreas do TV relacionadas ao objetivo do canto.

OBJETIVO

Descrever os principais métodos quantitativos utilizados para análise morfométrica, as suas aplicações e os principais segmentos estudados do trato vocal em cantores.

ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Trata-se de uma revisão integrativa, construída a partir da seguinte questão: “Quais os principais métodos quantitativos utilizados para análise morfométrica do trato vocal, as suas aplicações e os principais segmentos estudados em cantores?”

A estratégia PVO foi realizada da seguinte forma: população (P): cantores adolescentes e/ou adultos; variável do estudo (V): trato vocal; desfechos *outcomes* (O): métodos quantitativos utilizados, aplicações e principais segmentos estudados. Este estudo foi realizado por meio das principais bases de dados disponíveis nos meses de outubro e novembro de 2021, especificamente: PubMed, Scopus e Biblioteca Virtual de Saúde (BVS). O número de bases utilizadas sofreu limitações técnicas, pois a plataforma de periódicos CAPES permaneceu aproximadamente 30 dias sem acesso institucional, o que restringiu as buscas a apenas a três bases de dados.

Não houve restrições de ano de publicação, sendo incluídos artigos em três idiomas: português, inglês e espanhol. Com o objetivo de alcançar maior quantidade de artigos, foi utilizada uma chave de busca associada aos conectores *booleanos AND* e *OR*, sendo elas: *Vocal tract OR Oropharynx AND Morphology OR Geometry AND Evaluation OR Diagnosis AND voice*. Todos os descritores utilizados nas chaves de buscas foram obtidos na base *Medical Subject Headings* (MeSH) e/ou Termos Livres (TL).

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Três revisores independentes participaram do estudo. Primeiramente, duas avaliadoras selecionaram os artigos, iniciando a seleção pela leitura do título e do resumo e, finalmente, pela leitura do artigo por completo, de acordo com critérios preestabelecidos de inclusão e exclusão. Discrepâncias em relação à seleção e extração de dados foram discutidas entre os revisores no final de cada etapa, objetivando chegar a um consenso e, na ausência de concordância, uma terceira avaliadora foi consultada.

Vale salientar que a etapa inicial de seleção dos trabalhos, por meio da avaliação dos títulos e resumos dos artigos, foi executada na plataforma *Rayyan*. Após a seleção dos trabalhos pela leitura dos resumos, os previamente selecionados foram lidos na íntegra e, a partir de então, foram incluídos os artigos originais de cantores profissionais e/ou amadores, adolescentes e adultos, de ambos os gêneros, que abordavam os métodos quantitativos, suas aplicações e os segmentos analisados para a análise da morfometria do TV em cantores.

Estudos sem restrição quanto ao tipo de desenho foram acrescidos, porém, deveriam apresentar a descrição de indivíduos humanos adolescentes e/ou adultos, cantores e que foram submetidos a métodos quantitativos para a análise da morfometria do TV. Os critérios de exclusão adotados foram: revisões de literatura; editoriais; capítulos de livros; estudos com indivíduos que faziam uso da voz profissionalmente, não relativa à atividade cantada; indivíduos cantores que apresentassem patologias associadas ao TV e qualquer outro fator que não se aplicasse aos critérios de elegibilidade.

ANÁLISE DOS DADOS

Os revisores, de maneira independente, extraíram os dados dos artigos selecionados em formato digital, sendo eles: título do artigo, nomes dos autores, ano de publicação, país, tipo e objetivo do estudo, método, tamanho da amostra, faixa etária do grupo estudado, método de avaliação do TV, segmentos avaliados, aplicação dos métodos, principais conclusões disponibilizadas pelos estudos e nível de evidência.

Com o intuito de sintetizar a informação dos artigos, os dados extraídos dos estudos foram compilados de forma descritiva em uma tabela do *Excel* previamente elaborada, favorecendo a identificação e reformulação das categorizações temáticas.

Por fim, a análise dos níveis de evidência foi realizada por meio da pirâmide de hierarquia das evidências médicas. A análise é feita a partir do uso da metanálise e revisão sistemática para avaliação do nível de evidência. Trata-se de uma reconfiguração das pirâmides utilizadas que consideram o tipo de estudo e/ou a aplicabilidade para um modelo em que se seguem estudos de caso-controle randomizados no ápice da pirâmide, estudos de coorte, estudos de caso-controle e estudos de casos de séries ou revisões na base⁽²³⁾.

RESULTADOS

Foram identificados 380 estudos, na busca inicial. Desses, 48 artigos foram selecionados, depois da leitura de títulos e resumos. Após exclusão dos estudos em duplicatas, 18 artigos foram lidos na íntegra. Por fim, 12 artigos foram selecionados após a

exclusão dos que não atendiam aos critérios de elegibilidade da metodologia (Figura 1).

Posteriormente à análise de todos os estudos incluídos na revisão integrativa, verificou-se ocorrência de 1 estudo experimental não randomizado (nível de evidência 3)⁽¹¹⁾, 6 estudos observacionais (nível de evidência 4)^(19-21, 24-26) e 5 estudos e/ou série de casos (nível de evidência 5)^(12, 22, 26-28), de acordo com a classificação utilizada por Murad et al.⁽²³⁾.

Os estudos incluídos foram produzidos entre os anos de 2009 e 2020, sendo todos os participantes dos estudos de ambos os gêneros, cantores e com faixa etária entre 16 e 69 anos.

Os artigos explanados neste estudo são dos continentes Europeu^(12, 19-22, 25-29), Americano⁽¹¹⁾ e Euroasiático⁽²⁴⁾.

Quanto aos métodos quantitativos utilizados para análise morfométrica, 6 estudos usaram a RMN^(12, 24, 28-30), 2 estudos utilizaram a TC^(19, 21), 1 estudo utilizou a FA⁽¹¹⁾, 1 estudo fez uso do Raio-X⁽¹⁴⁾, 1 aplicou a ultrassonografia (USG) associada à ressonância magnética⁽²⁷⁾ e 1 estudo empregou a eletroglotografia (EGG), que, embora não extraia diretamente medidas do TV e de seus segmentos, acoplada ao uso de cálculos matemáticos e físicos pôde quantificar o comprimento do TV⁽²⁵⁾ como método para quantificar a sua avaliação.

Os estudos apresentaram variadas formas de aplicações dos métodos quantitativos: avaliação do efeito de técnicas vocais empregadas sobre o TV⁽¹¹⁾, estudo das mudanças morfológicas das PPVV⁽¹⁹⁾, mensuração dos ligamentos tireo-hióideos⁽²⁴⁾, mensuração da altura da queda da mandíbula em uma manobra utilizada no canto⁽²⁷⁾, mensuração do comprimento das PPVV, avaliação do TV no canto em emissão de vogais no idioma alemão⁽²⁶⁾, avaliação de volume e área de segmentos do TV⁽²⁹⁾, análise da influência das condições vocálicas no TV⁽³⁰⁾, relação entre comprimento das PPVV e tipos de vozes clássicas⁽²¹⁾, observação de diferenças morfológicas no TV em detrimento às posições (supina e ereta)⁽¹²⁾, análise da área TV em tenores⁽²⁸⁾ e implicações do *passagio* (nota de passagem) na morfologia do TV⁽²⁵⁾.

Quanto aos segmentos analisados, os estudos utilizaram análises de diferentes áreas: comprimento e volume da cavidade oral (CO), comprimento e volume da cavidade faríngea, comprimento e volume do TV, área da junção orofaríngea e área glótica⁽¹¹⁾, distância anteroposterior subglótica-traqueal e distância da extremidade anterior da PPVV⁽²⁰⁾, altura da laringe, área e volume da endolaringe, área e volume da hipofaringe⁽²⁶⁾, volume e área da CO, volume e área da orofaringe e⁽²⁹⁾, abertura do lábio, dorso da língua, abertura e protrusão da mandíbula, largura da faringe, comprimento da úvula, posição e ângulo da laringe⁽³⁰⁾, comprimento da PPVV⁽²¹⁾, distância entre ápice da língua e palato duro, largura da orofaringe, elevação da úvula, posição vertical e ângulo de inclinação da laringe⁽¹²⁾, comprimento do TV⁽²⁵⁾, área do TV⁽²⁸⁾, ângulo das PPVV⁽¹⁹⁾, ligamentos tireo-hióideos⁽²⁴⁾ e altura da queda da mandíbula⁽²⁷⁾.

Por fim, ainda em relação aos segmentos analisados, pode-se ressaltar, de maneira sucinta, a informação de que os principais segmentos referidos do TV para estudo em cantores foram: a cavidade oral, a orofaringe, a hipofaringe e os articuladores, sendo analisados por meio de medidas, como comprimento, volume, área, distância, altura, elevação, abertura labial, ângulo das PPVV e posição das estruturas, conforme informações referidas (Quadro 1).

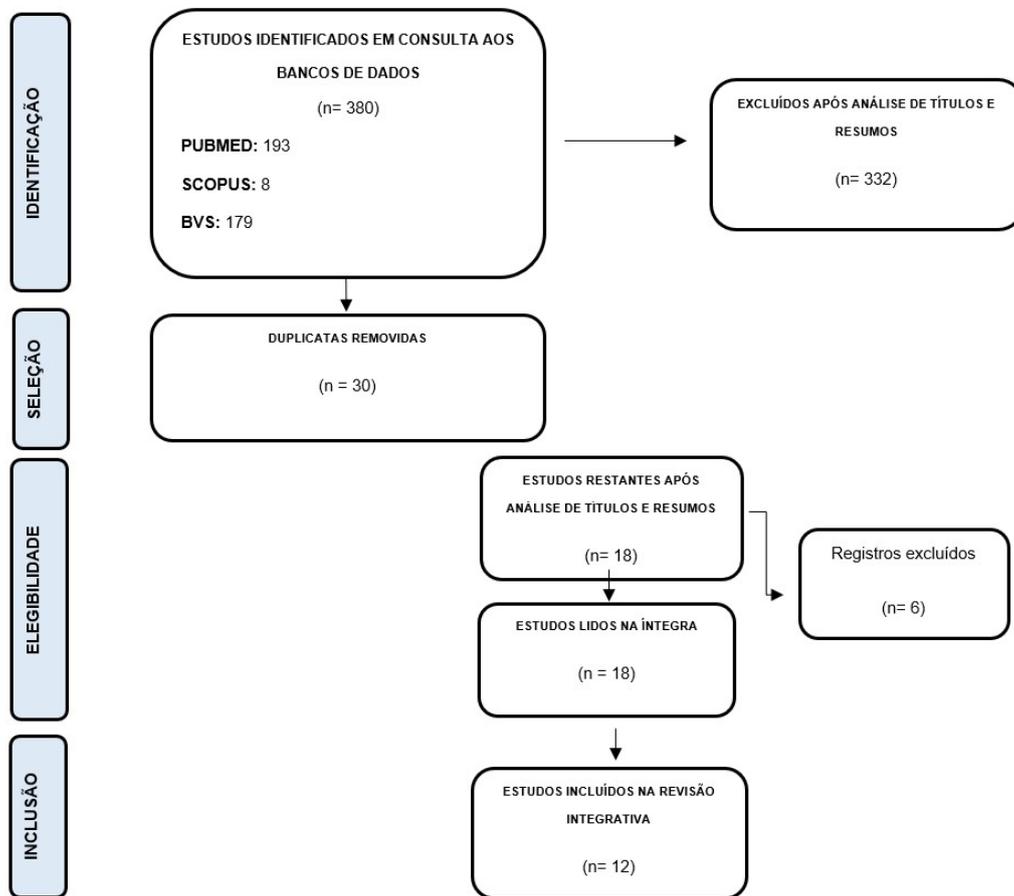


Figura 1. Fluxograma da triagem dos artigos
Legenda: n = número de artigos

Quadro 1. Método(s), aplicação e segmento(s) analisado(s)

AUTOR(ES) E ANO	MÉTODO(S)	APLICAÇÃO	SEGMENTO(S)	PRINCIPAL(IS) RESULTADO(S)
Oliveira et al. ⁽¹¹⁾ (2020)	FA	Avaliação do efeito de técnicas vocais empregadas sobre o TV.	Comprimento e volume da CO, comprimento e volume da CF, comprimento e volume do TV, área da junção orofaríngea e área glótica.	O comprimento do TV foi maior no grupo que realizou o TRF, em comparação ao que realizou a TVSL. Evidenciou-se também melhora do GNE e diminuição do ruído, apenas no grupo de cantores que realizou a TVSL.
Unteregger et al. ⁽¹⁹⁾ (2020)	TC	Estudo das mudanças morfológicas das PPVV.	Ângulo das PPVV.	Os resultados sugerem que há maior ação do TA durante a emissão em f0, em comparação com 2f0, pois o ângulo da prega vocal é maior em f0. Em 2f0 há contração do músculo CT e prega vocal mais fina, porém em 4f0 a contração do CT é mantida e o ângulo da prega vocal aumenta, sugerindo ação do TA para manutenção da pressão subglótica nas frequências mais altas.
Berdan et al. ⁽²⁴⁾ (2019)	RMN	Mensuração dos LTL	LTL	O comprimento do LTL foi maior nos homens. Esse achado confirma as diferenças específicas de gênero nas estruturas laríngeas. O tempo de treinamento vocal não repercutiu em diferenças no LTL nos grupos; houve melhora na análise vocal acústica no grupo com treinamento vocal.
Nair et al. ⁽²⁷⁾ (2016)	RMN e USG	Mensuração da altura da queda da mandíbula em uma manobra utilizada no canto.	Altura da queda da mandíbula.	As medições da altura da queda da mandíbula na MAM variaram entre 0,7 e 3,1 cm e mostraram um aumento nos primeiros harmônicos, bem como um aprimoramento no formante dos cantores.

Legenda: FA = Faringometria acústica; RMN = Ressonância magnética; TC = Tomografia computadorizada; USG = Ultrassonografia; EGG = Eletroglotografia; TRF = Tubo de ressonância flexível; PPVV = Pregas vocais; TV = Trato Vocal; CO = Cavidade oral; CF = Cavidade faríngea; LTL = Ligamento tireo-hióideo lateral; CT = Cricotireóideo; TA = Tireoaritenóideo; CPV = Comprimento da prega vocal; F1 = Primeiro formante; MAM = Manobra de abaixamento da mandíbula; TVSL = Técnica de vibração sonorizada de lábios; f0 = frequência fundamental; GNE = *glottal to noise excitation ratio*; TS = segmento entre a cartilagem tireoide e o contorno anterior da vértebra cervical mais próxima.; STAP = medida do diâmetro anteroposterior do contorno subglótico e traqueal.

Quadro 1. Continuação...

AUTOR(ES) E ANO	MÉTODO(S)	APLICAÇÃO	SEGMENTO(S)	PRINCIPAL(IS) RESULTADO(S)
Roers et al. ⁽¹⁴⁾ (2009)	Raio-X	Mensuração do comprimento das PPVV.	Distância anteroposterior subglótica- traqueal e distância da extremidade anterior da PPVV.	As medidas morfológicas de Raios-X de TS (entre a cartilagem tireoide e o contorno anterior da vértebra cervical mais próxima e as distâncias STAP (diâmetro anteroposterior do contorno subglótico e traqueal) estão correlacionadas com o comprimento das PPVV. Foi encontrada covariação entre o comprimento determinado nas medidas do Raio-X para as das PPVV e a classificação vocal.
Mainka et al. ⁽²⁶⁾ (2015)	RMN	Avaliação do TV no canto em emissão de vogais no idioma alemão.	Altura da laringe, área e volume da endolaringe, área e volume da hipofaringe.	As vogais cantadas, em comparação com as faladas, foram produzidas com laringe baixa, maior área de secção transversal e volume da hipofaringe inferior, além de menor proporção da área e volume da laringe-hipofaringe. Houve variação significativa de todas as medidas da parte inferior do TV com a qualidade da vogal. Laringe abaixada e hipofaringe alargada, de forma combinada, foram encontradas nas versões cantadas das vogais /o/ e /u/. Acusticamente, houve aumento de energia de alta frequência no canto acima de 2 KHz, correlacionada com área hipofaríngea mais ampla. Além disso, evidenciou-se deslocamento para baixo do quarto formante com estruturas de TV mais baixas na configuração de canto.
Mainka et al. ⁽²⁹⁾ (2017)	RMN	Avaliação de volume e área de segmentos do TV.	Volume e área da CO, volume e área da orofaringe, volume e área da hipofaringe e volume e área da endolaringe.	Uma alta reprodutibilidade dos dados morfológicos baseados em múltiplas imagens por meio do método de segmentação aplicado pode ser demonstrada com uma variação geral em torno de 8%. Dados 3D da morfologia do TV com base em várias imagens de RNM durante a fonação podem ser gerados com um alto nível de precisão em cantores experientes.
Echternach et al. ⁽³⁰⁾ (2014)	RMN	Análise da influência das condições vocálicas no TV.	Abertura do lábio, dorso da língua, abertura e protrusão da mandíbula, largura da faringe, comprimento da úvula, posição e ângulo da laringe.	O falsete após a nota de passagem foi executado com formas do trato vocal semelhantes nas diferentes vogais emitidas, porém, alguns articuladores, como a largura da faringe, mostraram diferentes cursos, conforme as mudanças das vogais.
Clarós et al. ⁽²¹⁾ (2019)	TC	Relação entre comprimento das PPVV e tipos de vozes clássicas.	CPV	A análise confirmou uma correlação linear entre o CPV e características individuais do corpo, como altura e índice de massa corporal.
Traser et al. ⁽¹²⁾ (2014)	RMN	Observação de diferenças morfológicas no TV em relação às posições do corpo (supina e ereta).	Abertura labial, abertura e protrusão da mandíbula, distância entre ápice da língua e palato duro, largura da orofaringe, elevação da úvula, posição vertical e ângulo de inclinação da laringe.	Há poucas diferenças nas configurações do TV nas posições analisadas. As mudanças no TV associadas a registro e afinação não são muito afetadas pela posição escolhida.
Echternach et al. ⁽²⁸⁾ (2011)	RMN	Análise da área TV em tenores.	Área do TV.	As formas do trato vocal, vogal /a/ diferem entre o registro modal e falsete. A cavidade oral apresentou-se mais ampla no modal. Além disso, o F1 foi maior no modal do que em falsete. Cantores clássicos ocidentais tendem a abaixar a laringe no pescoço após a passagem, fazendo com que as pregas vocais fiquem um pouco mais espessas, reduzindo as frequências centrais dos formantes e, conseqüentemente, aumentando as cavidades supraglóticas.
Andrade ⁽²⁵⁾ (2012)	EGG	Implicações do <i>passagio</i> na morfologia do TV.	Comprimento do TV.	

Legenda: FA = Faringometria acústica; RMN = Ressonância magnética; TC = Tomografia computadorizada; USG = Ultrassonografia; EGG = Eletroglotografia; TRF = Tubo de ressonância flexível; PPVV = Pregas vocais; TV = Trato Vocal; CO = Cavidade oral; CF = Cavidade faríngea; LTL = Ligamento tireo-hióideo lateral; CT = Cricotireoideo; TA = Tireoaritenóideo; CPV = Comprimento da prega vocal; F1 = Primeiro formante; MAM = Manobra de abaixamento da mandíbula; TVSL = Técnica de vibração sonorizada de lábios; f0 = frequência fundamental; GNE = *glottal to noise excitation ratio*; TS = segmento entre a cartilagem tireoide e o contorno anterior da vértebra cervical mais próxima.; STAP = medida do diâmetro anteroposterior do contorno subglótico e traqueal.

DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos, foi verificado que a RMN foi o método mais utilizado^(12, 24, 26-30), sendo apresentada como a

técnica mais atual da visualização funcional do TV, permitindo a aquisição de imagens durante a fonação e possibilitando melhor compreensão da fisiologia do TV.

A RMN pode ser dinâmica (com uso de apenas uma imagem), em que se analisa a dimensão de apenas uma seção transversal

do TV e são inferidas conclusões para o comportamento de todo TV, ou pode ser estática (várias imagens) para cobrir toda a anatomia 3D do TV, sendo que, neste caso, o estado vocal deve ser mantido constante, sem variação de tom, timbre e volume⁽²⁹⁾.

A RMN apresenta resultados satisfatórios na avaliação do volume e da área de segmentos do TV^(12, 24, 26-30). No entanto, trata-se de um equipamento de alto custo, o que pode dificultar a sua utilização em estudos⁽³¹⁾.

Entendendo que, em cantores, orientações sobre a fisiologia do mecanismo de produção da voz estimulam a autoconsciência sensoriomotora de seu trato vocal⁽³²⁾, a RNM possibilita esse conhecimento e sua aplicação clínica pode trazer benefícios relacionados ao controle e ajustes vocais, de acordo com as exigências impostas pela música e estilo.

Um ajuste na forma do trato vocal sem fonação é capaz de facilitar a produção de voz. Foi possível evidenciar, em sujeitos que aprenderam a ajustar a forma do trato vocal individualmente, que o ajuste do trato vocal sem fonação é mantido durante a produção de voz e que o ajuste na forma do trato vocal afeta a eficiência vocal⁽³³⁾.

A RNM de alta resolução possibilitou verificar que há diferenças na geometria do trato vocal inferior na fala e no canto para vogais sustentadas. A combinação da laringe abaixada e hipofaringe alargada foi encontrada nas versões cantadas das vogais /o/ e /u/. Além disso, foi encontrado um deslocamento para baixo do quarto formante para os sujeitos com trato vocal menor na configuração do canto⁽²⁶⁾. Essas aferições, sendo realizadas de forma quantitativa, possibilitarão a normatização da mensuração das estruturas do TV em diferentes populações.

Seguindo a RMN, a TC foi o segundo método mais utilizado^(19, 21), antecedendo o Raio-X⁽¹⁴⁾, a EGG⁽²⁵⁾, a FA⁽¹¹⁾ e a junção da RMN com a USG⁽²⁷⁾.

A TC é considerada padrão-ouro para avaliação estrutural da laringe, permitindo boa qualidade das imagens axiais das PPVV verdadeiras e cartilagens laringeas. Além disso, permite aferições com boa reprodutibilidade e precisão^(19, 21). Na presente revisão, foi encontrado que a TC permitiu a avaliação do comprimento das PPVV⁽²¹⁾ em cantores com diferentes classificações vocais. Essa análise confirmou uma correlação linear entre o comprimento das pregas vocais (CPV) e características individuais do corpo, como altura e índice de massa corporal, colaborando, assim, para a elucidação das diferenças estruturais laringeas e de TV encontradas em diferentes classificações vocais da voz cantada^(14, 34).

Também foi possível avaliar, através da TC, o ângulo das PPVV, em diferentes oitavas. Esse ângulo está associado à ação do músculo tireoaritenóideo (TA) durante as emissões, sendo possível entender que há maior ação do TA durante a emissão em frequência fundamental, em comparação com sua oitava, porém, em mais uma oitava, o ângulo da prega vocal aumenta novamente, sugerindo ação do TA para manutenção da pressão subglótica nas frequências mais altas⁽¹⁹⁾.

O Raio-X possibilitou a aquisição de medidas morfológicas entre a cartilagem tireoide e o contorno anterior da vértebra cervical mais próxima, além da aferição da distância do diâmetro anteroposterior do contorno subglótico e traqueal, medidas estas que estão correlacionadas com o CPV. O Raio-X tem sido utilizado para a aferição do CPV em estudos prévios^(14, 19). Apesar de a FA ter sido utilizada apenas em um dos estudos, sendo ele da América do Sul⁽¹¹⁾, trata-se de um método rápido, não invasivo e de fácil execução⁽¹⁵⁻¹⁶⁾. Observa-se que, a despeito de não propiciar a análise do TV por meio de imagens, a FA é uma ferramenta eficaz para extração de medidas de volume,

comprimento e área corroborando o estudo geométrico da orofaringe^(11, 15-16). No entanto, não permite a avaliação funcional do TV e tem sua aplicação limitada quanto ao estudo de segmentos específicos do TV, por não disponibilizar imagens.

A USG foi um método utilizado de forma concomitante ao uso da RMN. Sua utilização é justificada pela produção de vídeos no momento da fonação, colaborando para o enriquecimento dos dados do estudo, utilizando-se o *stop action* como recurso⁽²⁷⁾. A EGG, embora não extraia diretamente medidas do TV e de seus segmentos, acoplada ao uso de cálculos matemáticos e físicos, pôde quantificar o comprimento do TV. Verificou-se, através desta ferramenta, que cantores clássicos ocidentais tendem a abaixar a laringe no pescoço após a passagem, fazendo com que as PPVV fiquem um pouco mais espessas, reduzindo as frequências centrais dos formantes e, conseqüentemente, aumentando as cavidades supraglóticas⁽²⁵⁾.

Quanto aos segmentos avaliados, as PPVV foram alvos de quatro^(11, 14, 19, 21) dos estudos analisados. Foram avaliados o comprimento^(11, 21), área glótica⁽¹¹⁾, o ângulo de cada prega vocal⁽¹⁹⁾, distância anteroposterior subglótica-traqueal e a distância da extremidade anterior da PPVV⁽¹⁴⁾. O comprimento das PPVV foi amplamente analisado entre os estudos, tendo em vista que diferentes tamanhos podem predispor características vocais relacionadas à frequência e ao timbre da voz além da classificação das vozes no canto^(14, 19).

Os ajustes, conforme as variações de frequência e intensidade vocal, também são importantes para produção vocal falada e cantada. Tais variações são necessárias no canto, estando associadas, também, às mudanças ao longo do TV, tendo em vista que, no canto, poderão ser exploradas as interações entre o TV e a fonte glótica, visando à melhora de sua eficiência⁽¹⁰⁾.

A cavidade oral (CO) foi avaliada em dois estudos^(11, 29), sendo extraídas as medidas de comprimento⁽¹¹⁾, área⁽²⁹⁾ e volume^(11, 29). Correlato à CO, estruturas adjacentes e participantes de funções associadas também foram analisadas, sendo elas a abertura do lábio, dorso da língua, abertura e protrusão da mandíbula, comprimento da úvula, distância entre ápice da língua e palato duro, elevação da úvula, além da altura da queda da mandíbula^(12, 27, 30).

Segmentos da faringe também foram estudados, sendo eles a área e volume da hipofaringe^(26, 29), volume e área da orofaringe⁽²⁹⁾, largura da orofaringe⁽¹²⁾ e área da junção orofaríngea⁽¹¹⁾.

Para a avaliação da laringe, foi analisada a altura da laringe⁽²⁶⁾, área e volume da endolaringe^(26, 29), posição e ângulo da laringe⁽³⁰⁾, além da posição vertical e ângulo de inclinação da laringe⁽¹²⁾. Tendo em vista a importância das estruturas glóticas e supraglóticas para a produção vocal cantada e formante do cantor, entende-se a abrangência nesses estudos em se avaliar de forma ampla as estruturas do TV nessa população e a importância de métodos cada vez mais precisos e detalhados para o entendimento anatômico e funcional do TV⁽³⁵⁾.

As medidas do trato vocal foram extraídas para os estudos em sua forma total, como também em segmentos, conforme exposto anteriormente, por meio de seus articuladores e cavidades de ressonância, sendo analisados quanto ao comprimento^(11, 25), volume⁽¹⁾ e área⁽²⁸⁾.

O volume e comprimento das regiões do trato vocal foram relacionados aos formantes do cantor^(25, 28), que são harmônicos da frequência fundamental, ou seja, múltiplos integrais da frequência fundamental ressaltados ao longo do TV.

O terceiro, quarto e quinto formante são considerados formantes superiores, que não possuem interferência na

identificação e inteligibilidade das vogais, como o primeiro e o segundo, mas possuem interferências do TV, sendo encontrados nas vozes de cantores e atores treinados⁽³¹⁾. Os harmônicos também apresentaram relações no estudo da altura da queda da mandíbula, apresentando um aumento nos primeiros harmônicos e formante do cantor mais aprimorado, atribuídos ao maior abaixamento da mandíbula⁽²⁷⁾ e os valores geométricos do TV em relação ao *passagio*, evidenciando que cantores clássicos ocidentais tendem a abaixar a laringe após a passagem, fazendo com que as PPVV fiquem um pouco mais espessas, reduzindo as frequências centrais dos formantes e, conseqüentemente, aumentando as cavidades supraglóticas⁽²⁵⁾. As formas do trato vocal diferiram entre o registro modal e falsete e a cavidade oral apresentou-se mais ampla no modal. Além disso, o primeiro formante (F1) foi maior no modal do que em falsete⁽²⁸⁾.

Pôde-se evidenciar, com relação ao comprimento do TV, que este foi maior no grupo que realizou o exercício com o tubo de ressonância flexível (TRF), em comparação ao que realizou a técnica de vibração sonorizada de lábios (TVSL), sendo possível entender que há diferenças no TV, a depender do exercício vocal aplicado, com a mesma técnica vocal executada⁽¹¹⁾.

O ligamento tireo-hióideo foi um dos segmentos analisados quanto ao comprimento e se encontrou maior nos homens, corroborando as diferenças estruturais da laringe em relação ao gênero⁽²⁴⁾. Tendo em vista que várias estruturas da laringe se modificam com o treinamento da voz e sendo os elementos intrínsecos da laringe contribuintes para os movimentos e produção vocal, a conexão da laringe ao osso hioide em seus ligamentos pode sofrer alterações de acordo com a produção vocal, porém, o tempo de treinamento vocal não repercutiu em diferenças no ligamento tireo-hióideo lateral (LTL) nos grupos estudados⁽²⁴⁾.

Dessa forma, é possível inferir que há uma grande variabilidade de segmentos do TV e diferentes formas de sua avaliação como um todo para fins de estudo em vozes de cantores e compreensão da morfologia e funcionalidade do TV no canto. Além disso, a RNM se mostra como o método mais utilizado na atualidade para visualização funcional do TV e a TC se apresenta como uma técnica padrão-ouro para avaliação estrutural da laringe.

CONCLUSÃO

Dentre os métodos de quantificação morfológica do TV, a RMN foi o método mais utilizado, seguido da TC, do Raio-X, EGG, FA e da junção da RMN com a USG. Quanto às suas aplicações, é possível obter dados 3D da morfologia do TV com um alto nível de precisão em cantores experientes; realizar avaliação pós-treinamento vocal; analisar as diferenças nos segmentos do TV, como também as variações nas posições supina e ereta encontradas nesses segmentos; observar variações no comprimento do TV durante a mudança de registro vocal, além da área do TV nos registros modal e falsete; caracterizar as estruturas laringeas e subglóticas conforme as características individuais e a classificação vocal do cantor; entender a ação muscular nas PPVV conforme as variações de frequência e relacionar os achados com a avaliação acústica e perceptiva da voz.

Este estudo possibilitou o entendimento no que diz respeito aos métodos instrumentais de avaliação do TV e laringe, bem como suas aplicações em cantores, colaborando na atualização

tecnológica em voz e na compreensão para pesquisas e intervenções fonoaudiológicas na voz cantada.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Ciência e a Pesquisa de Pernambuco – Brasil (FACEPE). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Universidade Federal de Pernambuco

REFERENCES

- Schwarz K, Cielo CA. Modificações laringeas e vocais produzidas pela técnica de vibração sonorizada de língua. *Pró-Fono Rev Atual Científ*. 2019;21(2):161-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-56872009000200013>.
- Titze IR, Story BH. Acoustic interaction of voice source with the lower vocal tract. *J Acoust Soc Am*. 1997;101(4):2234-43. <http://dx.doi.org/10.1121/1.418246>. PMID:9104025.
- Fontoura DR, Cielo CA, Andrade SR. Inter-relações entre fonoaudiologia e canto. *Revista Música Hodie*. 2007;7(1):83-98. <http://dx.doi.org/10.5216/mh.v7i1.1758>.
- Silva MAA, Duprat A. Voz cantada. In: Fernandes FDM, Mendes BCA, Navas ALPGP. *Tratado de fonoaudiologia*. 2. ed. São Paulo: Editora Roca; 2010.
- Gusmão CS, Pádua MP, Maia MO. O formante do cantor e os ajustes laringeos e supralaringeos em cantores barítonos: uma investigação acústica e fibronasolaringoscopia. *Rev Mús Hodie*. 2017;16(2):43-50. <http://dx.doi.org/10.5216/mh.v16i2.47157>.
- Nemr K, Amar A, Abrahão M, Leite GCA, Köhle J, Santos AO, et al. Análise comparativa entre avaliação fonoaudiológica perceptivo-auditiva, análise acústica e laringoscopia indiretas para avaliação vocal em população com queixa vocal. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2005;71(1):13-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992005000100003>.
- Valentin AF, Côrtes MG, Gama ACC. Análise espectrográfica da voz: efeito do treinamento visual na confiabilidade da avaliação. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(3):335-42. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342010000300005>.
- Lopes LW, Batista Simões L, Delfino da Silva J, da Silva Evangelista D, da Nóbrega E Ugulino AC, Oliveira Costa Silva P, et al. Accuracy of acoustic analysis measurements in the evaluation of patients with different laryngeal diagnoses. *J Voice*. 2017;31(3):382.e15-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.08.015>. PMID:27742492.
- Lopes LW, Sousa ESS, Silva ACF, Silva IM, Paiva MAA, Vieira VJD, et al. Medidas cepstrais na avaliação da intensidade do desvio vocal. *CoDAS*. 2019;31(4):e20180175. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20182018175>. PMID:31433040.
- Wolfe J, Garnier M, Smith J. Vocal tract resonances in speech, singing, and Playing musical instruments. *HFSP J*. 2009;3(1):6-23. <http://dx.doi.org/10.2976/1.2998482>. PMID:19649157.
- Oliveira KGSC, Lira ZS, Silva HJ, Lucena JA, Gomes AOC. Oropharyngeal geometry and the singing voice: immediate effect of two semi-occluded vocal tract exercises. *J Voice*. 2022 Jul;36(4):523-30. <http://dx.doi.org/10.1016/J.VOICE.2020.06.027>. PMID:32712077.
- Traser L, Burdumy M, Richter B, Vicari M, Echternach M. Imaging as an option in the study of gravitational effects on the vocal tract of

- untrained subjects in singing phonation. *PLoS One*. 2014;9(11):e112405. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0112405>. PMID:25379885.
13. Yamasaki R, Murano EZ, Gebrim E, Hachiya A, Montagnoli A, Behlau M, et al. Vocal tract adjustments of dysphonic and non-dysphonic women pre- and post- flexible resonance tube in water exercise: a quantitative mri study. *J Voice*. 2017;31(4):442-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.10.015>. PMID:28017460.
 14. Roers F, Mürbe D, Sundberg J. Voice classification and vocal tract of singers: a study of x-ray images and morphology. *J Acoust Soc Am*. 2009;125(1):503-12. <http://dx.doi.org/10.1121/1.3026326>. PMID:19173435.
 15. Gelardi M, del Giudice AM, Cariti F, Cassano M, Farras AC, Fiorella ML, et al. A faringometria acústica: correlações clínico-instrumentais nos distúrbios do sono. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2007;73(2):257-65. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992007000200018>.
 16. Molfenter SM. The reliability of oral and pharyngeal dimensions captured with acoustic pharyngometry. *Dysphagia*. 2016;31(4):555-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00455-016-9713-y>. PMID:27262868.
 17. Claudino LV, Mattos CT, Ruellas ACO, Sant'anna EF. Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: a preliminary study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143(6):799-809. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.01.015>. PMID:23726330.
 18. Hinganu MV, Hinganu D, Cozma SR, Asimionoaiei-Simionescu C, Scutariu IA, Ionesi DS, et al. Morphofunctional evaluation of buccopharyngeal space using three-dimensional cone-beam computed tomography (3D-CBCT). *Ann Anat*. 2018;220:1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aanat.2018.06.008>. PMID:30048758.
 19. Unteregger F, Wagner P, Honegger F, Potthast S, Zwicky S, Storck C. Changes in vocal fold morphology during singing over two octaves. *J Voice*. 2020;34(2):165-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.08.020>. PMID:30266281.
 20. Roers F, Mürbe D, Sundberg J. Predicted Singers' Vocal Fold Lengths and Voice Classification: a study of x-ray morphological measures. *J Voice*. 2009;23(4):408-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2007.12.003>. PMID:18395418.
 21. Clarós P, Sobolewska AZ, Doménech-clarós A, Clarós-pujol A, Pujol C, Clarós A. CT-based morphometric analysis of professional opera Singers' Vocal Folds. *J Voice*. 2019;33(4):583.e1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.02.010>. PMID:29573873.
 22. Echternach M, Burk F, Burdumy M, Traser L, Richter B. Morphometric differences of vocal tract articulators in Different Loudness Conditions in Singing. *PLoS One*. 2016;11(4):e0153792. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0153792>. PMID:27096935.
 23. Murad MH, Asi N, Alsawas M, Alahdab F. New evidence pyramid. *Evid Based Med*. 2016;21(4):125-7. <http://dx.doi.org/10.1136/ebmed-2016-110401>. PMID:27339128.
 24. Berdan M, Petekkaya E, Yücel AH. Effect of chant training on the morphology of the lateral thyrohyoid ligament: a biometric and acoustic assessment. *J Voice*. 2019;33(5):802.e17-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.04.014>. PMID:30121143.
 25. Andrade PA. Analysis of male singers laryngeal vertical displacement during the first passaggio and its implications on the vocal folds vibratory pattern. *J Voice*. 2012;26(5):665.e19-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2011.10.006>. PMID:22578439.
 26. Mainka A, Poznyakovskiy A, Platzek I, Fleischer M, Sundberg J, Mürbe D. Lower vocal tract morphologic adjustments are relevant for voice timbre in singing. *PLoS One*. 2015;10(7):e0132241. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0132241>. PMID:26186691.
 27. Nair A, Nair G, Reishofer G. The low mandible maneuver and its resonant implications for elite singers. *J Voice*. 2016;30(1):128.e13-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.03.010>. PMID:26474717.
 28. Echternach M, Sundberg J, Baumann T, Markl M, Richter B. Vocal tract area functions and formant frequencies in opera tenors' modal and falsetto registers. *J Acoust Soc Am*. 2011;129(6):3955-63. <http://dx.doi.org/10.1121/1.3589249>. PMID:21682417.
 29. Mainka A, Platzek I, Mattheus W, Fleischer M, Müller A-S, Mürbe D. Three-dimensional vocal tract morphology based on multiple magnetic resonance images is highly reproducible during sustained phonation. *J Voice*. 2017;31(4):504.e11-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.11.009>. PMID:27988067.
 30. Echternach M, Traser L, Richter B. Vocal Tract Configurations in Tenors' Passaggio in different vowel conditions: a real-time magnetic resonance imaging study. *J Voice*. 2014;28(2):262.e1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.10.009>. PMID:24412038.
 31. Gusmão CS, Campos PH, Maia ME. O formante do cantor e os ajustes laríngeos utilizados para realizá-lo: uma revisão descritiva. *Per Musi*. 2010;21(120):213-50. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-75992010000100006>.
 32. Sielska-Badurek E, Osuch-Wójcikiewicz E, Sobol M, Kazanecka E, Niemczyk K. Singers' Vocal Function Knowledge Levels, Sensorimotor Self-awareness of Vocal Tract, and Impact of Functional Voice Rehabilitation on the Vocal Function Knowledge and Self-awareness of Vocal Tract. *J Voice*. 2017;31(1):122.e17-e24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.01.011>. PMID:26952318.
 33. Graf S, Schwiebacher J, Richter L, Buchberger M, Adachi S, Mastnak W, et al. Adjustment of Vocal Tract Shape via Biofeedback: influence on Vowels. *J Voice*. 2020;34(3):335-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.10.007>. PMID:30448316.
 34. Yan N, Ng ML, Man MK, To TH. Vocal tract dimensional characteristics of professional male and female singers with different types of singing voices. *Int J Speech Lang Pathol*. 2013;15(5):484-91. <http://dx.doi.org/10.3109/17549507.2012.744429>. PMID:23391478.
 35. Herbst CT. A review of singing voice subsystem interactions: toward an extended physiological model of "Support". *J Voice*. 2017;31(2):249.e13-e19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.07.019>. PMID:27658336.