



ARTIGO ORIGINAL

Hearing performance and voice acoustics of cochlear implanted children^{☆,☆☆}

Ana Cristina Coelho^{a,*}, Alcione Ghedino Brasolotto^b, Maria Cecília Bevilacqua^b,
Adriane Lima Mortari Moret^b, Fayez Bahmad Júnior^{a,c}

^a Hospital Universitário de Brasília (HUB/UnB), Brasília, DF, Brasil

^b Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo (USP), Bauru, SP, Brasil

^c Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil

Recebido em 8 de maio de 2014; aceito em 9 de dezembro de 2014

KEYWORDS

Voice;
Voice quality;
Cochlear implant

Abstract

Introduction: The voice of hearing-impaired individuals has been described extensively, and exhibits abnormalities in quality, articulation and resonance. Having an understanding of the aspects that may have an impact on voice characteristics of cochlear implant users is important for users and for professionals in this field.

Objective: To verify the existence of correlation between age, time of device use, voice detection threshold, hearing category score and language category score with acoustic data of voices of cochlear implanted children.

Methods: Retrospective study. Fifty-one children ranging in age from 3 years to 5 years and 11 months who unilaterally used cochlear implants participated. Acoustic analysis of the sustained vowel /a/, sequential speech and spontaneous speech was performed. The results were correlated with demographic data and hearing test results.

Results: Children with worse voice detection threshold showed higher frequency in the sustained vowel ($p \leq 0.001$) and in the spontaneous speech ($p \leq 0.005$).

Conclusion: There was a correlation between the voice detection threshold and the frequency values of the sustained vowel and spontaneous speech of the studied population.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY- license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.11.002>

* Como citar este artigo: Coelho AC, Brasolotto AG, Bevilacqua MC, Moret ALM, Bahmad Júnior F. Hearing performance and voice acoustics of cochlear implanted children. Braz J Otorhinolaryngol. 2016;82:70-5.

** Instituição: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru, Bauru, SP, Brasil; Universidade de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília, DF, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: anacriscoelho@yahoo.com.br (A.C. Coelho).

PALAVRAS-CHAVE

Voz;
Qualidade da voz;
Implante coclear

Desempenho auditivo e acústica da voz de crianças com implante coclear**Resumo**

Introdução: A voz do indivíduo com deficiência auditiva tem sido amplamente caracterizada, estando comprometida em termos de tipo de voz, articulação e ressonância, sendo que o conhecimento dos aspectos que possam ter impacto nas características vocais de usuários de implante coclear é de suma importância para os usuários e profissionais da área.

Objetivo: Verificar a existência de correlação entre idade, tempo de uso, limiar de detecção de voz, escore da categoria de audição e escore da categoria de linguagem com dados acústicos de vozes de crianças com implante coclear.

Método: Estudo retrospectivo. Participaram 51 crianças usuárias de implante coclear com idade de 3-5 anos e 11 meses. Foi realizada análise acústica da vogal sustentada /a/, fala encadeada e conversa espontânea. Os resultados foram correlacionados com dados demográficos e resultados de testes auditivos.

Resultados: Crianças com pior desempenho no teste de detecção de voz apresentam voz mais aguda na vogal sustentada ($p \leq 0,001$) e na conversa espontânea ($p \leq 0,005$).

Conclusão: Houve correlação entre os limiares de detecção de voz e os valores de frequência na vogal sustentada e conversa espontânea na população estudada.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY- license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

O comportamento vocal de crianças pode variar consideravelmente, e parâmetros como ressonância, *pitch* e *loudness* são essenciais para a determinação desse desempenho e identificam anormalidades na voz.¹ O padrão vocal esperado na infância inclui frequência fundamental acima de 250 Hertz, *pitch* agudo, intensidade moderada a elevada e ataque vocal brusco. Discreta nasalidade, rouquidão e sopro podem ser observadas.²

Na criança com deficiência auditiva, em especial na pré-lingual, existe uma falha no monitoramento auditivo da voz, ocasionando diversos desvios da produção vocal, uma vez que, além do controle neuromuscular, ela é fundamental para um bom desempenho na comunicação oral, devido à capacidade do sistema auditivo de regular os parâmetros vocais de intensidade, extensão e frequência.^{3,4} As alterações vocais mais comuns em deficientes auditivos incluem, entre outras características, qualidade desagradável, tensão, desequilíbrio ressonantal, frequência elevada, padrão respiratório alterado e emissão com excessiva variação.⁵⁻⁷

O implante coclear representa o mais importante avanço no tratamento de crianças com deficiência auditiva pré-lingual, especialmente quando realizado nos primeiros anos de vida, sendo que crianças alcançam melhor percepção auditiva dos sons da fala, apropriação incidental da linguagem oral, melhor inteligibilidade de fala e produção vocal.^{8,9} Entretanto, mesmo com as melhorias acentuadas após o implante, é possível que os usuários destes dispositivos apresentem uma qualidade de voz abaixo do ideal.¹⁰ Assim, compreender os processos fisiológicos envolvidos no controle da voz de usuários de IC é um grande desafio para os especialistas que trabalham nesta área.¹¹

Sabe-se que os resultados com implante coclear estão intimamente relacionados à idade em que a criança recebeu o

dispositivo.¹² Além disso, o acompanhamento dessas crianças monitora o desempenho de audição, linguagem e fala, nos contextos clínico e cotidiano, sendo que a avaliação do desempenho permite a obtenção de escores sensíveis para delimitar com mais precisão a capacidade auditiva de cada criança,⁴ bem como sua comunicação oral, no que se refere a voz e fala.

Neste estudo, questionamos se as características vocais de crianças com implante coclear são relacionadas a outras características demográficas e de desempenho auditivo. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a existência de correlação entre idade, tempo de uso do dispositivo, limiar de detecção de voz, escore da categoria de audição¹³ e escore da categoria de linguagem¹⁴ com dados acústicos de vozes de crianças com implante coclear.

Método

Este estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da instituição onde foi realizado, com processo de nº 131/2010. Todos os pais/responsáveis assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Participaram 51 crianças com deficiência auditiva pré-lingual, usuárias dos implantes cocleares *Nucleus 24 Contour*, *Nucleus Freedom Contour*, *Pulsar_{CI}¹⁰⁰* e *Sonata_{TI}¹⁰⁰* unilateralmente.

Os critérios de inclusão para participação na pesquisa foram perda auditiva neurosensorial congênita de grau severo ou profundo bilateral, ausência de comprometimentos de natureza intelectual ou emocional, participação da criança em programa de habilitação auditiva na cidade de origem, ter sido implantada até os 36 meses de idade com inserção total dos eletrodos e ser usuária de IC há mais de um ano.

Considerando o objetivo do estudo, foram coletadas amostras de fala dos participantes, constituídas pela emissão da

vogal /a/ três vezes, fala encadeada (contagem de números de 1-5) e conversa espontânea para posterior análise acústica. O programa de gravação utilizado foi o *Sony Sound Forge* (Sony Pictures Digital Inc 8.0), com taxa de amostragem de 44.100 Hz, 16 Bit, Canal Mono. O participante permaneceu sentado, durante a gravação, em cabine audiométrica acusticamente tratada. Foi utilizada a placa de som m-audio *fast track pro* e microfone de cabeça AKG C512 posicionado a 45° e com distância de 3 cm da boca.

A análise acústica foi realizada com os programas *Multi Dimensional Voice Program*, modelo 5105, versão 2.5.2, *Kay Elemetrics* e *Real Time Pitch*, modelo 5121, versão 2.5.2, *Kay Elemetrics*. Os parâmetros acústicos selecionados para análise da vogal sustentada foram:

- Medidas de frequência: média da frequência fundamental (f_0) de desvio padrão;
- Medidas de perturbação da frequência em longo e curto prazos: coeficiente de variação da f_0 (vF_0) e jitter;
- Medidas de perturbação da amplitude em longo e curto prazos: coeficiente de variação da amplitude (vAm) e shimmer; e
- Medidas de ruído: índice de turbulência vocal (VTI), índice de fonação suave (SPI), proporção harmônico-ruído (NHR) e índice de sub-harmônico (DSH).

Os parâmetros selecionados para análise das amostras de fala encadeada e conversa espontânea foram as medidas de frequência: média da frequência, extensão da frequência medida em Hertz (Hz), frequência mínima, frequência máxima, desvio padrão da frequência e extensão da frequência medida em semitons.

Os dados referentes a idade, tempo de uso do IC, limiar de detecção de voz (LDV) em campo livre, escore da categoria de audição e escore da categoria de linguagem foram coletados no mesmo dia da gravação de voz, resultante das avaliações realizadas rotineiramente pelas fonoaudiólogas do serviço de implante coclear da instituição onde o estudo foi realizado.

As variáveis selecionadas são contínuas e com distribuição normal. Portanto, o teste estatístico utilizado foi a correlação de Pearson, com nível de significância de 5%. Foi adotada uma escala de classificações, na qual a correlação de 0%-20% é considerada péssima, 20%-40% ruim, 40%-60% regular, 60%-80% boa e 80%-100% ótima.

Resultados

Este estudo verificou a existência de correlação entre idade, tempo de uso, limiar de detecção de voz, escore da categoria de audição e escore da categoria de linguagem com dados acústicos de vozes de crianças com implante coclear. Os dados que caracterizam a população estudada são apresentados na tabela 1. Os resultados médios da análise acústica dos sinais de voz dos participantes são apresentados na tabela 2. Como nem todas as crianças conseguiram realizar as três emissões, houve uma pequena variação no número total de cada emissão.

Os resultados considerados para discussão foram aqueles com correlação $\geq 40\%$, englobando as correlações regulares, boas e ótimas. Dessa forma, foi encontrado que, à medida que o limiar de detecção de voz aumenta, ou seja, piora, a

média de f_0 na vogal sustentada ($p \leq 0,001$) e na conversa espontânea ($p \leq 0,005$) aumenta (tabelas 3 a 5).

Discussão

A análise acústica quantifica o sinal sonoro e oferece documentação suficiente para traçar a linha de base da voz do indivíduo, sendo que parâmetros acústicos de frequência fundamental e seus índices de perturbação, bem como medidas de ruído, têm importantes implicações clínicas.² Dentre todos os parâmetros acústicos analisados, apenas a frequência fundamental apresentou correlação com os aspectos demográficos e auditivos estudados. Ainda que moderada, essa correlação se destaca quando considerado o valor de p .

Entre outras características, a literatura aponta uma tendência na qual indivíduos com deficiência auditiva apresentam vozes agudas, sendo essa a correlação perceptiva da frequência fundamental elevada, o que é ocasionado pela falta do *feedback* auditivo da própria voz, uma vez que o controle da frequência é afetado quando funções auditivas estão comprometidas.^{4,15,16}

A frequência fundamental é dada pelos números de ciclos glóticos em uma unidade de tempo (segundos). Seus fatores determinantes são comprimento natural das pregas vocais, alongamento, massa em vibração e tensão envolvida.¹⁷ Uma frequência fundamental elevada reflete um pobre controle laríngeo, traduzido também por elevação da laringe, maior esforço fonatório e inabilidade no controle da pressão das pregas vocais e da pressão subglótica.⁶

É possível que a falta de monitoramento auditivo por limiares rebaixados cause aumento de tensão no ciclo glótico⁶ e falta de controle da musculatura laríngea, elevando, assim, os valores da frequência fundamental. Porém, à medida que diversos autores referem que os deficientes auditivos frequentemente apresentam dificuldades no controle da função laríngea,^{5-7,11,16} não foram encontrados na literatura estudos que avaliassem o comportamento laríngeo de deficientes auditivos, o que poderia representar uma compreensão muito mais clara das características e ajustes do aparelho fonador que causam as alterações vocais descritas nessa população.

Neste estudo, observou-se que, tanto na vogal sustentada quanto na conversa espontânea, os participantes com pior limiar de detecção de voz apresentaram frequência mais aguda. À medida que uma perda auditiva aumenta ou que um limiar auditivo obtido com uma prótese piora, os parâmetros de voz tendem a ser mais desviados.¹⁸ Entretanto, resulta-

Tabela 1 Caracterização da amostra quanto aos dados pesquisados

Dado	Média (\pm Desvio padrão)
Idade (meses)	48,38 (\pm 8,01)
Tempo de uso do implante coclear (meses)	24 (\pm 8,03)
Limiar de Detecção de Voz (dB)	24,23 (\pm 4,94)
Categoria de audição	3,55 (\pm 1,3)
Categoria de linguagem	3,14 (\pm 1,8)

DP, desvio padrão; dB, Decibel.

Tabela 2 Média e desvio padrão dos dados acústicos da vogal sustentada (n = 46), fala encadeada (n = 45) e conversa espontânea (n = 47)

Parâmetro	Vogal sustentada	Fala encadeada	Conversa espontânea
	Média (±DP)	Média (±DP)	Média (±DP)
Média F ₀ (Hz)	293,53 (± 55,5)	-	-
Dp F (Hz)	7,78 (±4,08)	-	-
vF ₀ (%)	278 (±1,48)	-	-
Jitter (%)	1,3 (± 1,02)	-	-
vAm (%)	16,09 (± 5,84)	-	-
Shimmer (%)	3,19 (±1,17)	-	-
VTI (%)	0,07 (± 0,07)	-	-
SPI (%)	5,61 (±4,69)	-	-
NHR (%)	0,13 (± 0,02)	-	-
DSH (%)	2,16 (± 3,12)	-	-
Média Freq (Hz)	-	296,14 (± 24,39)	304,70 (± 31,10)
Extensão (Hz)	-	165,83 (± 50,35)	168,32 (± 43,72)
Freq Mín (Hz)	-	213,24 (± 24,87)	209,20 (± 27,47)
Freq Máx (Hz)	-	372,23 (± 28,99)	377,54 (± 33,25)
DP Freq (Hz)	-	34,04 (± 15,27)	38 (± 15,99)
Extensão (semitons)	-	9,69 (± 2,79)	10,19 (± 2,67)

Média F₀, média da frequência fundamental; DP F₀, desvio padrão da frequência fundamental; vF₀, coeficiente de variação da f₀, coeficiente de variação da amplitude; VTI, índice de turbulência vocal; SPI, índice de fonação suave; NHR, proporção harmônico-ruído; DSH, índice de sub-harmônico; Média Freq, média da frequência; Freq Mín: frequência mínima; Freq Máx, frequência máxima; Dp Freq, desvio padrão da frequência; Hz, Hertz.

dos de outros estudos que analisaram a frequência fundamental de usuários de IC^{5,11,19-23} são controversos. Assim, observa-se a importância de se conhecer todos os aspectos que possam ter impacto nas características vocais de usuários de implante coclear.

Um estudo prévio²⁴ encontrou correlação entre valores de frequência fundamental e o resultado de um teste de percepção da fala. Também já foi encontrada correlação entre tempo de reabilitação e idade na cirurgia com valores de frequência.¹¹ Uma pesquisa sobre a variabilidade da frequên-

Tabela 3 Correlação dos dados acústicos da vogal sustentada com a idade, o tempo de uso, o limiar de detecção de voz, A categoria de audição e A categoria de linguagem

Parâmetro	Idade		Tempo de uso		LDV		Categoria audição		Categoria linguagem	
	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor
Média F ₀ (Hz)	-30,70%	0,036	-17,90%	0,23	53,80% ^a	0,001 ^b	-12,80%	0,391	-14,90%	0,317
Dp F ₀ (Hz)	5,60%	0,708	19,70%	0,185	23,20%	0,174	-1,00%	0,947	-9,80%	0,513
vF ₀ (%)	13,80%	0,354	21,80%	0,141	2,90%	0,868	19,10%	0,198	0,20%	0,989
	27,10%	0,066	33,70%	0,021	-1,10%	0,949	26,50%	0,072	10,40%	0,486
vAmp (%)	9,10%	0,544	2,60%	0,862	-38,20%	0,022	-18,90%	0,202	-5,10%	0,734
Shim (%)	32,10%	0,028	38,10%	0,008	-11,60%	0,499	27,10%	0,065	15,80%	0,288
VTI (%)	-11,80%	0,43	3,50%	0,813	35,60%	0,033	-3,60%	0,81	1,00%	0,946
SPI (%)	16,20%	0,277	-3,80%	0,802	-12,20%	0,479	2,50%	0,867	4,50%	0,764
NHR (%)	18,60%	0,211	25,70%	0,081	-11,70%	0,496	25,70%	0,081	16,80%	0,259
DSH (%)	10,60%	0,48	8,90%	0,55	-11,30%	0,513	4,00%	0,792	-0,40%	0,979

Média F₀, média da frequência fundamental; DP F₀, desvio padrão da frequência fundamental; vF₀, coeficiente de variação da f₀, coeficiente de variação da amplitude; VTI, índice de turbulência vocal; SPI, índice de fonação suave; NHR, proporção harmônico-ruído; DSH, índice de sub-harmônico; Hz, Hertz.

^a Corr ≥ 40%.

^b p > 0,05.

Tabela 4 Correlação dos dados acústicos fala encadeada com a idade, o tempo de uso, o limiar de detecção de voz, a categoria de audição e a categoria de linguagem

Parâmetro	Idade		Tempo de uso		LDV		Categoria audição		Categoria linguagem	
	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor
Média Freq (Hz)	-33,20%	0,026	-19,00%	0,212	26,00%	0,125	-20,20%	0,184	-17,10%	0,26
Extensão (Hz)	-11,50%	0,451	-14,30%	0,349	-2,20%	0,898	0,90%	0,953	-4,20%	0,783
Freq Mín (Hz)	-4,10%	0,787	8,30%	0,588	9,10%	0,598	-7,30%	0,634	3,80%	0,806
Freq Máx (Hz)	-24,90%	0,099	-23,50%	0,12	10,40%	0,545	-3,80%	0,805	-12,50%	0,412
DP Freq (Hz)	-15,40%	0,319	-17,20%	0,264	7,60%	0,664	-9,70%	0,532	-23,60%	0,123
Extensão semitons	-12,20%	0,425	-20,70%	0,173	2,40%	0,887	0,20%	0,989	-11,80%	0,438

Média Freq, média da frequência; Freq Mín, frequência mínima; Freq Máx, frequência máxima; Dp Freq, desvio padrão da frequência; Hz, Hertz.

Tabela 5 Correlação dos dados acústicos da conversa espontânea com a idade, o tempo de uso, o limiar de detecção de voz, a categoria de audição e a categoria de linguagem

Parâmetro	Idade		Tempo de uso		LDV		Categoria audição		Categoria linguagem	
	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor	Corr	p-valor
Média Freq (Hz)	-13,40%	0,366	-5,50%	0,711	44,90% ^a	0,005 ^b	-3,80%	0,796	-2,90%	0,846
Extensão (Hz)	2,70%	0,857	7,00%	0,635	7,90%	0,642	26,10%	0,073	16,60%	0,26
Freq Min (Hz)	-13,20%	0,371	-18,60%	0,206	13,30%	0,433	-20,60%	0,16	-16,10%	0,273
Freq Max (Hz)	-7,40%	0,615	-6,10%	0,681	19,70%	0,243	17,20%	0,241	8,40%	0,569
DP Freq (Hz)	-5,40%	0,715	8,10%	0,584	13,40%	0,429	19,60%	0,182	12,50%	0,398
Extensão semitons	4,60%	0,755	10,00%	0,497	5,00%	0,767	25,00%	0,086	18,10%	0,218

Média Freq, média da frequência; Freq Mín, frequência mínima; Freq Máx, frequência máxima; Dp Freq, desvio padrão da frequência; Hz, Hertz.

^a Corr \geq 40%.

^b p > 0,05.

cia fundamental⁴ mostrou que, à medida que o limiar auditivo piora, a variabilidade da frequência fundamental aumenta, devido à diminuição de pistas auditivas para o monitoramento da produção vocal. Estudos realizados com idosos também mostraram que, conforme os limiares tonais pioram, a f_0 aumenta.^{3,25}

O impacto da piora do limiar auditivo nas medidas de frequência fundamental também foi demonstrado em estudos que avaliaram a produção vocal imediatamente após a retirada do monitoramento auditivo proporcionado pelo IC.¹⁵

As demais medidas acústicas, que incluem perturbações do sinal de voz, nível de ruído da emissão e estabilidade, não se correlacionaram com os dados estudados. Avaliações acústicas de usuários de implante coclear demonstraram medidas de perturbação de frequência e amplitude em curto prazo e medidas de ruído dentro dos padrões de normalidade, e medidas de estabilidade alteradas,^{11,20,23} sendo os resultados sempre associados ao monitoramento auditivo.

A compreensão dos processos fisiológicos que contribuem para o desenvolvimento da voz de crianças com implante coclear permite o entendimento das estratégias de produção de fala dessa população para o estabelecimento de objetivos para uma produção de fala adequada.²⁶ É o *feedback* audi-

vo que regula a musculatura laríngea e as posturas do trato vocal para uma fonação adequada.²⁰ Portanto, a obtenção de limiares audiométricos dentro da faixa de normalidade para os usuários de implante coclear é fundamental para o controle da produção vocal.

O presente estudo demonstrou a importância de se conhecer não somente as características vocais de usuários de implante coclear, mas também com quais fatores essas características se relacionam. Essa informação é de grande valia para que clínicos possam assegurar, cada vez mais, uma adequada intervenção no que se diz respeito à produção vocal do usuário de IC.

Conclusão

Para as crianças com implante coclear avaliadas, houve correlação entre os limiares de detecção de voz com os valores de frequência na vogal sustentada e também na conversa espontânea, o que permite afirmar que, quanto pior o limiar de detecção, mais aguda é a voz das crianças. Outros parâmetros acústicos não se correlacionaram com as demais variáveis estudadas.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Sales NJ, Queiroz Gurgel R, Rebelo Gonçalves MI, Côrtes Gama AC, Oliveira Cunha E, Prado-Barreto VM, et al. Voice performance evaluation of street children from Aracaju, Brazil using perceptual-auditory and acoustic analyses. *J Voice*. 2013;27:589-94.
- Behlau M, Azevedo R, Pontes P. Conceito de voz normal e classificação das disfonias. Em: Behlau M, editor. *Voz: O livro do especialista - Volume I*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. p. 53-79.
- Baraldi GS, Castro de Almeida L, Calais LL, Borges AC, Gielow I, Raymundo De Cunto M. Study of the fundamental frequency in elderly women with hearing loss. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2007;73:378-83.
- Lee GS. Variability in voice fundamental frequency of sustained vowels in speakers with sensorineural hearing loss. *J Voice*. 2012;26:24-9.
- Baudonck N, D'haeseleer E, Dhooge I, Van Lierde K. Objective vocal quality in children using cochlear implants: a multiparameter approach. *J Voice*. 2011;25:683-91.
- Wirz SL, Subtelny JD, Whitehead RL. Perceptual and spectrographic study of tense voice in normal hearing and deaf subjects. *Folia Phoniatr*. 1981;33:23-36.
- Hocevar-Boltezar I, Vatovec J, Gros A, Zargi M. The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2005;69:1635-40.
- Moret AL, Bevilacqua MC, Costa OA. Cochlear implant: hearing and language in pre-lingual deaf children. *Pro Fono*. 2007;19:295-304.
- de Souza LB, Bevilacqua MC, Brasolotto AG, Coelho AC. Cochlear implanted children present vocal parameters within normal standards. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012;76:1180-3.
- Hsu HW, Fang TJ, Lee LA, Tsou YT, Chen SH, Wu CM. Multidimensional evaluation of vocal quality in children with cochlear implants: a cross-sectional, case-controlled study. *Clin Otolaryngol*. 2014;39:32-8.
- Guerrero Lopez HA, Mondain M, Amy de la Bretèque B, Serraferrero P, Trottier C, Barkat-Defradas M. Acoustic, aerodynamic, and perceptual analyses of the voice of cochlear-implanted children. *J Voice*. 2013;27:523e1-317e.
- Frederique NB, Bevilacqua MC. Otimização da percepção da fala em deficientes auditivos usuários do sistema de implante coclear multicanal. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2003;69:227-33.
- Geers AE. Techniques for assessing auditory speech perception and lipreading enhancement in young deaf children. *Volta R*. 1994;96:85-96.
- Nascimento LT. Uma proposta de avaliação da linguagem oral [Monografia de especialização]. Bauru: Hospital de Pesquisas Reabilitação de Lesões Láblio-Palatais, Universidade de São Paulo; 1997.
- Poissant SF, Peters KA, Robb MP. Acoustic and perceptual appraisal of speech production in pediatric cochlear implant users. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2006;70:1195-203.
- Behlau M, Azevedo R, Rehder MI, Thomé DC. Disfonias congênitas. Em: Behlau M, editor. *Voz: O livro do especialista - Volume I*. Rio de Janeiro: Revinter; 2005. p. 01-41.
- Braga JN, Domingos SFO, Sampaio TMM. Frequência fundamental da voz de crianças. *Rev CEFAC*. 2009;11:119-26.
- Valero Garcia J, Rovira JM, Sanvicens LG. The influence of the auditory prosthesis type on deaf children's voice quality. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2010;74:843-8.
- Campisi P, Low A, Papsin B, Mount R, Cohen-Kerem R, Harrison R. Acoustic analysis of the voice in pediatric cochlear implant recipients: a longitudinal study. *Laryngoscope*. 2005;115:1046-50.
- Campisi P, Low AJ, Papsin BC, Mount RJ, Harrison RV. Multidimensional voice program analysis in profoundly deaf children: quantifying frequency and amplitude control. *Percept Mot Skills*. 2006;103:40-50.
- Evans MK, Deliyski DD. Acoustic voice analysis of prelingually deaf adults before and after cochlear implantation. *J Voice*. 2007;21:669-82.
- Allegro J, Papsin BC, Harrison RV, Campisi P. Acoustic analysis of voice in cochlear implant recipients with post-meningitic hearing loss. *Cochlear Implants Int*. 2010;11:100-16.
- Ubrig MT, Goffi-Gomez MV, Weber R, Menezes MH, Nemr NK, Tsuji DH, et al. Voice analysis of postlingually deaf adults pre- and postcochlear implantation. *J Voice*. 2011;25:692-9.
- Coelho AC, Bevilacqua MC, Oliveira G, Behlau M. Relationship between voice and speech perception in children with cochlear implant. *Pro Fono*. 2009;21:7-12.
- Weatherley CC, Worrall LE, Hickson LM. The effect of hearing impairment on the vocal characteristics of older people. *Folia Phoniatr Logop*. 1997;49:53-62.
- Higgins MB, McCleary EA, Carney AE, Schulte L. Longitudinal changes in children's speech and voice physiology after cochlear implantation. *Ear Hear*. 2003;24:48-70.