

Relação entre voz e percepção de fala em crianças com implante coclear*****

Relationship between voice and speech perception in children with cochlear implant

Ana Cristina de Castro Coelho*
Maria Cecília Bevilacqua**
Gisele Oliveira***
Mara Behlau****

*Fonoaudióloga. Especialização em Voz pelo Centro de Estudos da Voz. Endereço para correspondência: Praça Wenceslau Brás, 74 - Apto. 21 - Itajubá - MG - CEP 37500-038 (anacriscoelho@yahoo.com.br).

**Fonoaudióloga. Professora Titular da Universidade de São Paulo e da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

***Fonoaudióloga. Mestre em Distúrbios da Comunicação Humana pela Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina (Unifesp - EPM). Vice-Coordenadora do Curso de Especialização em Voz do Centro de Estudos da Voz.

****Fonoaudióloga. Doutora em Distúrbios da Comunicação Humana pela Unifesp - EPM. Coordenadora do Curso de Especialização em Voz do Centro de Estudos da Voz do Programa de Pós-Graduação em Distúrbios da Comunicação Humana da Unifesp - EPM.

*****Trabalho Realizado no Centro de Estudos da Voz e na Universidade de São Paulo - Hospital de Reabilitação de Anomalias Crânio-Faciais - Centro de Pesquisas Audiológicas - Bauri - SP.

Artigo Original de Pesquisa

Artigo Submetido a Avaliação por Pares

Conflito de Interesse: não

Recebido em 28.08.2008.

Revisado em 08.12.2008.

Aceito para Publicação em 03.02.2009.

Abstract

Background: the use of cochlear implant results in the optimization of speech perception, and, as a consequence in the development of oral language, speech and voice of its users, demonstrating to be one of the most effective and promising technologies to remediate hearing loss. However, little has been studied about the relationship between auditory skills and the voice of children using cochlear implants. **Aim:** to relate the speech perception abilities to the vocal characteristics of cochlear implant users. **Method:** perceptive and acoustic analysis of the long vowel /a/ and counting of numbers were carried out. This analysis was compared to a standardized speech perception protocol, that evaluates the recognition of words, its phonemes and consonants. **Results:** it was observed that the higher the recognition of consonants, the higher the maximum frequency, standard deviation of the fundamental frequency and average of intensity during the sequential speech, as well as fundamental frequency average during the emission of the vowel /a/. Also, the higher the recognition of consonants, the lower the standard deviation of the quality of voice and resonance in the perceptive-auditory analysis. **Conclusion:** among the children with cochlear implants, the ones with better speech perception abilities present lower perceptive-auditory deviations of the quality of voice.

Key Words: Voice; Quality of Voice; Cochlear Implant.

Resumo

Tema: o uso do implante coclear resulta na otimização da percepção de fala, e conseqüentemente no desenvolvimento da linguagem, fala e voz de seus usuários, sendo que tem se mostrado uma das tecnologias mais efetivas e promissoras para remediar a perda auditiva. Entretanto, pouco tem sido estudado sobre a relação das habilidades auditivas com a voz de crianças implantadas. **Objetivo:** relacionar as habilidades de percepção de fala com características vocais de crianças usuárias de implante coclear. **Método:** foram realizadas análises perceptivo-auditiva e acústica da vogal sustentada /a/ e da contagem de números. Essa análise foi comparada a um teste de percepção de fala padronizado que avalia o reconhecimento de palavras, seus fonemas e consoantes. **Resultados:** observou-se que quanto maior o reconhecimento de consoantes, maior a frequência máxima, desvio padrão da frequência fundamental e média de intensidade durante a fala encadeada, assim como a média da frequência fundamental na análise da emissão da vogal /a/. Além disso, quanto maior o reconhecimento de consoantes menor o desvio geral da qualidade vocal e da ressonância. **Conclusão:** dentre as crianças com implante coclear, as que possuem melhor habilidade de percepção de sons da fala apresentam menores desvios perceptivo-auditivos na qualidade vocal.

Palavras-Chave: Voz; Qualidade da Voz; Implante Coclear.

Referenciar este material como:



Coelho ACC, Bevilacqua MC, Oliveira G, Behlau M. Relação entre voz e percepção de fala em crianças com implante coclear. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2009 jan-mar;21(1):7-12.

Introdução

A voz varia de acordo com o contexto da fala e com as condições físicas e psicológicas do ser humano, sendo que há sempre um padrão básico de emissão que identifica a qualidade vocal. Alguns fatores podem acarretar prejuízo na produção vocal, dentre eles a perda de audição, que pode causar limitações sociais, emocionais, educacionais e de linguagem, com alterações específicas na comunicação relacionadas à fala e a voz. Geralmente, a voz não é o foco principal do trabalho fonoaudiológico com o deficiente auditivo, mas sua alteração pode representar um impacto tão negativo nessa população a ponto de interferir na inteligibilidade da fala e comprometer decisivamente a integração social do indivíduo.

As alterações vocais mais encontradas no deficiente auditivo incluem tensão, sopro, aspereza, monotonia, ausência de ritmo, potência diminuída, qualidade desagradável¹, rouquidão, cansaço vocal, *pitch* elevado, redução da gama tonal, *loudness* com excessiva variação, desequilíbrio ressonantal, padrão respiratório alterado, ataque vocal brusco e articulação ininteligível². Essas características são justificáveis pela incapacidade dos falantes deficientes auditivos de controlarem seu desempenho vocal pela falta de monitoramento auditivo da própria voz, ocasionada pela perda de audição. Dessa forma, o desenvolvimento de uma fala inteligível com boa qualidade vocal para deficientes auditivos é um desafio, apesar dos avanços tecnológicos cada vez mais sofisticados dos aparelhos de amplificação sonora individual e dos implantes cocleares para otimizar o aproveitamento da audição residual.

O implante coclear é um dispositivo eletrônico que desempenha parcialmente as funções das células sensoriais da cóclea e estimula diretamente o nervo auditivo, promovendo ótimos resultados nas habilidades comunicativas e de percepção auditiva de seus usuários. Sua indicação em crianças cada vez mais jovens tem sido amplamente discutida pela importância de facilitar o acesso à linguagem oral durante os anos ou durante os períodos críticos de aquisição da linguagem, reduzindo os efeitos da perda auditiva³. Quando realizado precocemente, o implante coclear possibilita um desenvolvimento de linguagem semelhante a normalidade após certo período de uso⁴. Atualmente, a cirurgia de implantação já é realizada com crianças a partir de 12 meses de idade e em alguns serviços internacionais crianças ainda mais jovens têm sido implantadas. Os critérios de

seleção incluem a idade, grau de deficiência auditiva e os resultados com aparelhos de amplificação sonora⁵.

O implante coclear traz benefícios globais na linguagem receptiva e expressiva, incluindo a melhora da qualidade vocal. Resulta na otimização da percepção de fala, e conseqüentemente no desenvolvimento na comunicação oral de seus usuários, sendo que tem se mostrado uma das tecnologias mais efetivas e promissoras para remediar a perda auditiva.

Com intuito de avaliar aspectos específicos da percepção de fala, pesquisadores têm desenvolvido estratégias que utilizam diferentes tipos de estímulo de fala. Delgado e Bevilacqua⁶ propuseram um procedimento de avaliação de percepção dos sons da fala para crianças deficientes auditivas. O protocolo consiste em uma lista de 20 palavras dissílabas com estrutura silábica consoante-vogal/consoante-vogal, contendo todas as vogais e praticamente todas as consoantes nas posições inicial e medial das palavras. Os autores atribuíram escores para o acerto das palavras, acerto de fonemas (ambos vocálicos e consonantais) e acerto de consoantes. Essa subdivisão de palavras em fonemas e consoantes se deu pela tentativa de estabelecer quais os contrastes fonéticos que a criança é capaz de perceber, sendo que um alto índice de reconhecimento de fonemas e, dentre os fonemas as consoantes, sugere uma boa percepção de determinados sons da fala. Os traços distintivos de fonemas consonantais são mais difíceis de ser reconhecidos pelo deficiente auditivo do que os fonemas vocálicos, e por esse motivo é que foi proposta a análise do acerto de consoantes separadamente. Nos resultados do estudo que propôs este teste, foi concluído que o número de acerto de palavras inteiras foi significativamente menor do que o número de acerto de fonemas contidos nessas palavras, pois existem combinações que a criança não é capaz de reconhecer.

Diversos trabalhos, embora alguns sejam controversos, têm mostrado as principais características vocais de usuários de implante coclear, como diminuição significativa da frequência fundamental com uso do implante⁷, normalização do controle da intensidade de fala, mas não da frequência fundamental⁸, frequência fundamental e inteligibilidade de fala normais⁹, melhora no desvio de *pitch* e prosódia dos deficientes auditivos após

seis meses de implantação, porém com manutenção dos desvios de ressonância, ritmo, *loudness* e qualidade vocal¹⁰, diminuição da hipernasalidade¹¹, e melhora da articulação¹².

Os ajustes motores empregados para que uma determinada qualidade vocal seja produzida depende enormemente da audição. A avaliação de discriminação auditiva-fonêmica normalmente apresenta-se pobre em deficientes auditivos com alterações vocais, portanto é imprescindível que as habilidades auditivas estejam preservadas, dentre elas um bom reconhecimento de fala para uma boa produção vocal¹³.

A literatura mostra que o implante coclear, além de todos os benefícios auditivos, também traz grandes vantagens para a produção vocal. Entretanto, pouco tem sido estudado sobre a relação das habilidades auditivas com a voz de crianças implantadas.

Assim, esse estudo tem o objetivo de relacionar as habilidades de percepção de fala com características vocais de crianças usuárias de implante coclear.

Método

Este estudo recebeu aprovação prévia do Comitê de Ética em Pesquisas do Centro de Estudos da Voz (CEP-CEV 0115/07) e do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do HRAC-USP (ofício 297/2007).

Os pais/responsáveis foram contatados para que as crianças pudessem participar do estudo e, se de acordo, receberam a carta de informação e o termo de esclarecimento sobre o trabalho e a garantia de sigilo quanto a quaisquer informações da identificação da criança, segundo orientações da Resolução 169 de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde sobre estudos com seres humanos.

Participaram deste estudo 25 crianças deficientes auditivas pré-linguais de grau severo a profundo implantadas no HRAC/USP, com idade de cinco a dez anos na época de realização da pesquisa, usuárias do implante *Nucleus* 24K.

Os critérios de inclusão para a participação da pesquisa foram perda auditiva neurosensorial congênita de grau severo e/ou profundo bilateral, ausência de comprometimentos de natureza intelectual ou emocional, participação da criança em programa de (re) habilitação na cidade de origem e ser usuário de implante coclear há pelo menos três anos com média dos limiares auditivos de 500Hz, 1KHz, 2KHz e 4KHz menor ou igual a 30dB.

Foram coletadas de cada participante a emissão da vogal /a/ e da contagem de números de um a dez. A coleta foi realizada por meio de gravação de voz no laboratório de voz da Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Para a gravação, foi utilizado o programa de gravação *Sony Sound Forge - Sony Pictures Digital Inc. Version 7.0*, microfone de cabeça H 74 com plugue P10 - Leson, posicionado à 45° com distância de 3cm da boca do participante, e Pré-Amplificador *Voice Range Profile Preamplifier-Kay*. As amostras de voz foram gravadas com taxa de amostragem de 44.100Hz e canal Mono em 16 bit. A avaliação perceptivo-auditiva da voz foi realizada por três juízes especialistas em voz por meio de uma escala analógica linear em ordem crescente. Os parâmetros selecionados foram o grau geral do impacto negativo da voz, rugosidade, soproidade, tensão, instabilidade, presença de desvios de *pitch*, *loudness* e ressonância. Cada juiz recebeu um CD contendo as amostras das duas diferentes emissões de fala, que foram analisadas separadamente, de forma que não era possível identificar de qual sujeito pertencia cada emissão. A análise acústica da vogal /a/ e contagem de números utilizou os programas *Multi-Dimensional Voice Program Advanced*, e *Multi-Speech da Kay Lab*, e também foi realizada no laboratório de voz da Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo. Os parâmetros analisados para a análise da vogal /a/ foram a média da frequência fundamental, desvio padrão da frequência fundamental, *jitter*, *shimmer*, proporção harmônico-ruído (NHR), índice de fonação suave (SPI) e índice de turbulência vocal (VTI). Já os parâmetros analisados na contagem de números foram a frequência mínima, frequência máxima, média e desvio padrão da frequência, intensidade mínima, intensidade máxima, média e desvio padrão da intensidade. Além disso, foi realizada análise dos prontuários dos sujeitos participantes para extração de dados do teste de percepção de fala anteriormente descrito. Os dados extraídos foram a porcentagem de acerto de fonemas e consoantes, uma vez que esses escores dão informações suficientes para determinar o nível de reconhecimento auditivo da criança⁶.

A análise estatística das variáveis estudadas foi realizada por meio da Correlação de Spearman com nível de significância de 5%. O teste foi utilizado para a comparação dos dados acústicos e perceptivos da voz com o escore de reconhecimento de fonemas e de consoantes do teste de percepção de fala proposto⁶.

Resultados

Na análise perceptivo-auditiva dos dados foi observado que quanto maior o escore de consoantes, maior o desvio de *loudness* ($p = 0,030$) e menor o desvio geral da qualidade vocal ($0,037$) e da ressonância ($p = 0,049$). Além disso, vale comentar

alguns dados próximos à significância estatística, como quanto maior o reconhecimento de consoantes e fonemas, menor o desvio geral da fala encadeada ($p = 0,055$) e quanto maior o reconhecimento de consoantes, menor tensão ($p = 0,061$) e *pitch* ($p = 0,072$) do /a/ sustentado (Tabela 1).

TABELA 1. Correlação entre análise perceptivo-auditiva da qualidade vocal da vogal sustentada e fala encadeada com o escore de fonemas e consoantes do teste de percepção de fala.

Material de Fala	TPF Fonemas		TPF Consoantes	
	Correlação	P-Valor	Correlação	P-Valor
vogal /a/				
grau geral	26,1%	0,207	39,9%	0,037*
rugosidade	25,5%	0,219	24,6%	0,236
soprosidade	-18,3%	0,380	-5,6%	0,789
tensão	24,2%	0,244	38,0%	0,061
<i>pitch</i>	43,4%	0,030*	36,6%	0,072
<i>loudness</i>	30,5%	0,138	43,4%	0,030*
ressonância	21,3%	0,308	39,8%	0,049*
instabilidade	11,2%	0,593	12,1%	0,563
fala encadeada				
grau geral	38,8%	0,055	33,7%	0,100
rugosidade	8,3%	0,695	21,2%	0,308
soprosidade	3,3%	0,877	12,6%	0,547
tensão	27,6%	0,182	14,9%	0,478
<i>pitch</i>	9,8%	0,641	-4,8%	0,821
<i>loudness</i>	14,7%	0,484	-9,1%	0,667
ressonância	15,9%	0,447	12,9%	0,538
instabilidade	24,1%	0,246	20,8%	0,319

Os dados acústicos encontrados, quando comparados com os valores de normalidade fornecidos pela *Kay Elemetrics* para análise pediátrica¹⁴ sugeriu que todos os parâmetros acústicos estudados com exceção da média da frequência fundamental e índice de fonação suave encontram-se alterados, com valores acima da normalidade (Tabela 2).

Na correlação entre os dados acústicos e as habilidades de percepção de fala, observou-se que quanto maior o reconhecimento de consoantes, maior a frequência máxima ($p = 0,026$), o desvio padrão da frequência fundamental ($0,011$) e a média de intensidade durante a fala encadeada ($0,014$), assim como frequência fundamental ($p = 0,020$) e média da frequência fundamental ($p = 0,020$) na análise da emissão da vogal /a/ (Tabela 3).

TABELA 2. Comparação entre os achados acústicos com os valores de referência de normalidade da F_0 moda, média e DP (em Hz), do *jitter* (%), *shimmer* (%), do VTI (%), do SPI (%) e do NHR (%).

Parâmetros Acústicos	Normalidade	Média dos Valores Encontrados
F_0 média	279,05	261,93
F_0 DP	4,86	7,00
<i>jitter</i>	1,24	1,32
<i>shimmer</i>	3,35	3,73
VTI	0,05	0,06
SPI	9,8	4,99
NHR	0,11	0,13

Legenda: F_0 = frequência fundamental; VTI = índice de turbulência vocal; SPI = índice de fonação suave; NHR = proporção harmônico-ruído.

TABELA 3. Correlação entre os parâmetros acústicos da F_0 moda, média e DP (em Hz), do *jitter* (%), *shimmer* (%), do VTI (%), do SPI (%) e do NHR (%) na vogal sustentada e da F_0 média, mínima, máxima e DP (em Hz) e da amplitude média, mínima, máxima e DP (em dB) na fala encadeada com os escores de fonemas e consoantes do teste de percepção de fala.

Material de Fala	TPF Fonemas		TPF Consoantes	
	correlação	P-Valor	Correlação	P-Valor
vogal /a/				
F_0 média	38,2%	0,059	46,1%	0,020*
F_0 DP	36,1%	0,076	28,8%	0,162
<i>jitter</i>	4,7%	0,822	15,5%	0,460
<i>shimmer</i>	16,8%	0,422	18,1%	0,386
VTI	23,3%	0,261	23,2%	0,265
SPI	-17,2%	0,411	-28,7%	0,165
NHR	11,4%	0,587	18,9%	0,366
fala encadeada				
F_0 min	-32,9%	0,108	-16,2%	0,440
F_0 max	36,8%	0,070	44,4%	0,026*
F_0 média	-18,0%	0,389	-27,0%	0,191
F_0 DP	39,0%	0,054	49,9%	0,011*
amplitude mínima	-14,4%	0,491	6,0%	0,776
amplitude máxima	6,6%	0,756	8,1%	0,701
amplitude média	27,5%	0,184	48,7%	0,014*
amplitude Dp	18,3%	0,382	-5,5%	0,794

Legenda: F_0 = frequência fundamental; VTI = índice de turbulência vocal; SPI = índice de fonação suave; NHR = proporção harmônico-ruído.

Discussão

Foi observado que quanto maior o escore de consoantes, maior o desvio de *loudness*, como encontrado em outros estudos¹⁰, além de menor o desvio geral da qualidade vocal e da ressonância (Tabela 2). Além disso, dos dados próximos da significância estatística, temos que quanto maior o escore de consoantes e fonemas, menor o grau geral de desvio da fala encadeada. Esses achados sugerem que além dos benefícios para a percepção de fala, o implante coclear promove também o feedback auditivo necessário para uma produção equilibrada da voz¹¹, estando esses dois fatores interligados. Além disso, os resultados mostram que quanto maior o reconhecimento de consoantes, menor tensão e *pitch* do /a/ sustentado, o que também fala a favor da maior estabilidade vocal com o uso do implante, porém esse achado entra em contradição com alguns autores⁷, que não encontraram correlações entre reconhecimento de fala e produção de fala.

A comparação dos dados acústicos encontrados na emissão da vogal /a/ com os valores

de referência da normalidade fornecidos pelo programa de análise acústica sugeriu que todos os parâmetros estudados, com exceção da média da frequência fundamental índice de fonação suave (SPI), encontram-se alterados, com valores acima da normalidade, indicando que deficientes auditivos, mesmo usuários de implante coclear ~~apresentam desvio de~~ *jitter*, *shimmer*, proporção harmônico-ruído e índice de turbulência vocal.

Observou-se que quanto maior o reconhecimento de consoantes, maior a frequência máxima, o desvio padrão da frequência fundamental e maior média de intensidade durante a fala encadeada, o que pode significar que as crianças que possuem melhor reconhecimento dos sons da fala apresentam melhores condições para apresentarem uma entonação de mais rica em termos de frequência e intensidade durante a fala. Além disso, as crianças com maior reconhecimento de consoantes apresentaram maior média da frequência fundamental e menor desvio padrão da

freqüência fundamental na análise da emissão da vogal /a/, sugerindo que os sujeitos com maior reconhecimento dos sons fala, apesar de apresentarem emissão mais aguda da vogal sustentada, apresentam maior estabilidade desta (Tabela 1). Esses achados entram em concordância com alguns autores⁷ e em contraposição com outros, que não encontraram nenhuma influência do implante na freqüência fundamental, sendo que apenas o controle de intensidade foi normalizado com seu uso⁸.

Os demais parâmetros acústicos, embora alterados, não foram sensíveis para se fazer uma relação precisa com as habilidades de percepção de fala.

De forma geral, os resultados encontrados demonstram que existe uma relação positiva entre o reconhecimento de fala e uma boa produção vocal, assim como afirmam outros autores¹³, que referem que crianças com alterações vocais apresentam pobre habilidade de percepção de fala. Implantes

cocleares oferecem benefícios significantes para crianças deficientes auditivas em termos vocais e prosódicos¹⁰. Além disso, algumas colocações¹⁻² sobre as características da voz de deficientes auditivos não se aplicam a crianças implantadas precocemente.

Conclusão

Existe uma relação direta entre alguns parâmetros vocais com as habilidades de percepção de fala, a saber, o grau geral da alteração vocal, o desvio de ressonância, desvio da tensão e desvio do *pitch*. Assim, crianças com implante coclear e melhor habilidade de percepção de sons da fala apresentam menores desvios perceptivo-auditivos na qualidade vocal. É importante que as habilidades auditivas estejam preservadas, dentre elas um bom reconhecimento de fala para uma boa produção vocal.

Referências Bibliográficas

- Wirz SL, Subtelny JD, Whitehead RL. Perceptual and spectrographic study of tense voice in normal hearing and deaf subjects. *Folia Phoniatr.* 1981;33(1):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 dec;69(12):1635-40.
- Frederigue NB, Bevilacqua MC. Otimização da percepção da fala em deficientes auditivos usuários do sistema de implante coclear multicanal. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2003 mar-abr;69(2):227-33.
- Stuchi RF, Nascimento LT, Bevilacqua MC, Brito Neto RV. Linguagem oral de crianças com cinco anos de uso do implante coclear. *Pró-fono.* 2007 abr-jun;19(2):167-76.
- Moret AML, Bevilacqua MC, Costa OA. Implante coclear: audição e linguagem em crianças deficientes auditivas pré-linguais. *Pró-Fono - Barueri (SP).* 2007 jul-set;19(3):295-304.
- Delgado EMC, Bevilacqua MC. Lista de palavras como procedimento de avaliação da percepção dos sons da fala para crianças deficientes auditivas. *Pró-fono.* 1999;11(1):59-64.
- Hamzavi J, Deutsch W, Baumgartner WD, Bigenzahn W, Gstottner W. Short-term effect of auditory feedback on fundamental frequency after cochlear implantation. *Audiology.* 2000 mar-apr;39(2):102-5.
- 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 jun;115(4):1046-50.
- Perrin ME, Berger-Vachon C, Le Dissez C, Kauffmann I, Morgon A. The normality of the voice of cochlear implant children. *Advances in Otorhinolaryngology.* 1995;50(2):167-73.
- Lenden JM, Flipsen Jr P. Prosody and voice characteristics of children with cochlear implants. *Journal of Communication Disorders.* 2006 jan-feb;40(1):66-81.
- Nguyen LH, Allegro J, Low A, Papsin B, Campisi P. Effect of cochlear implantation on nasality in children. *Ear, nose throat J.* 2008 mar;87(3):140-3.
- Kunisue K, Fukushima K, Nagayasu R, Kawasaki A, Nishizaki K. Longitudinal formant analysis after cochlear implantation in school-aged children. 2006 dec, *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 70(12):2033-42.
- Buosi MMB. A interdependência entre habilidades auditivas e produção vocal. *Fono Atual.* 2002 abr-jun;5(20):54-7.
- Campisi P, Tewfik TL, Manoukian JJ, Schloss MD, Pelland-Glais E, Sadeghi N. Computer-Assisted Voice Analysis: Establishing a Pediatric Database. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2002 feb;128:156-60.