

Parâmetros acústicos e perceptivoauditivos da voz de usuários de dispositivos auditivos

Acoustic and auditory-perceptual parameters of the voice of hearing device users

Jaqueline Cardoso Estácio¹ , Maria Madalena Canina Pinheiro² , Ana Carolina de Assis Moura Ghirardi² 

RESUMO

Objetivo: Analisar e comparar os parâmetros vocais de usuários de dois tipos de dispositivos auditivos, IC e AASI, com perda auditiva pré e pós-lingual, a fim de verificar a influência desses dispositivos auditivos no feedback auditivo e na qualidade vocal. **Métodos:** participaram dez adultos usuários de IC e oito adultos usuários de AASI, sendo nove com perda auditiva pré-lingual e nove com pós-lingual. Realizou-se avaliação perceptivoauditiva por meio do protocolo Consenso da Avaliação Perceptivoauditiva da Voz e análise acústica da voz pelo software PRAAT. A análise estatística utilizou testes não paramétricos, como Mann Whitney U e correlação de Spearman, com nível de significância de $p < 0,05$. **Resultados:** Observou-se diferença nas características sociodemográficas entre os grupos. Apesar de resultados semelhantes nos achados vocais, observou-se significância ao comparar os grupos de IC e AASI, em relação às frequências dos três primeiros formantes de algumas vogais e tensão vocal. Os sujeitos com perda auditiva pré-lingual apresentaram maior grau geral de desvio vocal e hipernasalidade. **Conclusão:** Houve semelhança nos parâmetros vocais de ambos os grupos, não sendo possível inferir o impacto dos diferentes tipos de dispositivos auditivos analisados nos parâmetros acústicos da voz.

Palavras-chave: Perda auditiva; Qualidade da voz; Implante coclear; Auxiliares de audição; Acústica da fala

ABSTRACT

Purpose: To analyze and compare the voice parameters of users of two types of hearing devices (CI and HA) with prelingual and postlingual hearing loss, and verify the influence these hearing devices have on the auditory feedback and voice quality. **Methods:** The sample comprised 10 CI-using adults and eight HA-using adults – nine with prelingual and nine with postlingual hearing loss. The auditory-perceptual assessment was conducted with the Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice protocol, as well as acoustic analysis of the voice, with the PRAAT software. The statistical analysis used nonparametric tests, such as the Mann-Whitney U and the Spearman correlation, with a $p \leq 0.05$ significance level. **Results:** A difference was observed in the sociodemographic characteristics between the groups. Despite the similar results in the voice findings, a significance was observed when comparing the CI and HA groups, regarding the frequencies of the first three formants of some vowels and voice strain. The subjects with prelingual hearing loss had a higher general degree of deviation in the voice and hypernasality. **Conclusion:** There was a similarity in the voice parameters of both groups. Hence, it was not possible to infer the impact of the different types of hearing devices analyzed in the acoustic parameters of the voice.

Keywords: Hearing loss; Voice quality; Cochlear implant; Hearing aids; Speech acoustics

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC), Brasil.

¹Curso de Graduação em Fonoaudiologia, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC), Brasil.

²Departamento de Fonoaudiologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis (SC), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: JCE e ACAMG contribuíram com a concepção, delineamento, coleta e interpretação dos dados e redação do artigo; MMCP contribuiu com a interpretação dos dados, redação e revisão crítica do artigo. Todas as autoras aprovaram a versão final do artigo.

Financiamento: Nada a declarar.

Autor correspondente: Jaqueline Cardoso Estácio. E-mail: jaquelinestacio@gmail.com

Recebido: Maio 22, 2020; **Aceito:** Agosto 13, 2020

INTRODUÇÃO

A fala e a voz de uma pessoa dependem de fatores individuais, muitos deles derivados ou relacionados a características físicas e/ou de saúde. A perda auditiva (PA), por exemplo, é identificada como um dos fatores responsáveis por uma série de adaptações que definem alguns marcadores vocais, considerados típicos da voz do sujeito com essa perda, como tempo máximo de fonação reduzido, quebras de sonoridade devido à incoordenação pneumofônica ou pela presença de tensão vocal, frequência fundamental elevada e/ou de extensa variabilidade, pitch e loudness aumentados e articulação imprecisa. Dessa maneira, esses marcadores vocais fazem com que o sujeito possa ser imediatamente reconhecido como tal, por meio da fala, causando impactos sociais e psicológicos em sua vida^(1,2).

Sendo assim, visando à reabilitação dos sujeitos com PA, a aquisição de linguagem oral e a sua inserção na comunidade oralizada, diversos dispositivos auditivos foram desenvolvidos, como o aparelho de amplificação sonora individual (AASI) e o implante coclear (IC). O AASI é um aparelho de amplificação externo, que permite a habilitação ou reabilitação do indivíduo com PA de grau leve a profundo. Já em caso de sujeitos com PA sensorineurais severas e profundas, bilateralmente, o ganho acústico com AASI pode ser limitado, restrito somente à detecção de sons de alta intensidade. Em alternativa, o IC é um dispositivo eletrônico implantável, que, por sua vez, é capaz de enviar estímulos elétricos ao nervo auditivo, possibilitando ao indivíduo o recebimento de estímulos sonoros e compreensão da fala⁽³⁾.

O sujeito com PA apresenta prejuízo no feedback auditivo, ou seja, menor ou ausente percepção auditiva dos estímulos sonoros produzidos pela sua própria voz ao falar, em virtude da PA. Uma vez que a ausência do feedback auditivo impacta o controle vocal, o sujeito que não o possui cria padrões de produção vocal inadequados, bem como dificuldade de restabelecer ou melhorar sua qualidade vocal e, até mesmo, no processo de reabilitação vocal⁽⁴⁾.

Estudos descreveram que a privação do feedback auditivo influencia o controle da frequência fundamental, a precisão articulatória da fala, além de parâmetros acústicos, como shimmer (variação de amplitude da onda sonora), jitter (variação de frequência da onda), proporção harmônico-ruído e formantes, quando comparada aos padrões estabelecidos para indivíduos ouvintes^(4,6).

Alguns estudos realizados com essa população específica, além dos achados supracitados, também inferiram que há correlação entre os dados de detecção auditiva com a capacidade para manutenção da frequência de fala, demonstrando que o dispositivo auditivo, responsável por promover a reabilitação do limiar auditivo, possui forte relação com a qualidade da voz^(4,6).

Pesquisas que englobam a análise vocal de sujeito com PA e seus dispositivos de reabilitação auditiva, bem como a investigação sobre quais os possíveis impactos do uso de dispositivos auditivos na qualidade vocal, são escassas, uma vez que mostram-se inconclusivas, no que diz respeito às evoluções no processo terapêutico⁽⁷⁾.

Considerando o exposto, esta pesquisa visou contribuir com a comunidade científica e com a terapêutica fonoaudiológica, no que se refere à reabilitação vocal dos sujeitos com PA, em uso de tecnologias auditivas, e quais os seus impactos reais na qualidade vocal daqueles, que, evidentemente, apresentam

melhorias comprovadas na audição, mas que ainda são imprecisas quanto à qualidade vocal.

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar os parâmetros vocais de usuários de dois tipos de dispositivos auditivos, examinando a possibilidade da influência do IC e do AASI no feedback auditivo e quais seus possíveis impactos na qualidade vocal, bem como verificar se, ao separar os sujeitos em PA pré-lingual e pós-lingual, houve impacto dessas tecnologias na qualidade vocal.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo do tipo transversal, observacional, quantiquantitativo, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina, sob parecer número 2.054.587 e CAAE 65513617.4.0000.0121. Todos os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, consentindo com a sua participação na pesquisa.

Sujeitos

Trata-se de uma amostra não probabilística, por conveniência. Participaram do estudo dez usuários de IC e oito usuários de AASI exclusivo, bem como dois sujeitos ouvintes, para gravação de referência, totalizando 20 participantes, sendo 15 do sexo feminino e cinco do sexo masculino, com idade entre 18 e 45 anos, incluindo os dois sujeitos referência (um do sexo masculino e um do sexo feminino). Entre os sujeitos com PA de ambos os grupos de estudo, nove possuíam PA pré-lingual e nove, PA pós-lingual.

No primeiro momento, os sujeitos foram apresentados em grupo IC e grupo AASI, visando diferenciá-los, principalmente pelo tipo de dispositivo utilizado. Em um segundo momento, todos os sujeitos foram separados em dois grupos, de acordo com a época do momento da instalação da PA e se pré-lingual ou pós-lingual, a fim de analisar a influência desses aspectos na qualidade vocal, independentemente do dispositivo utilizado.

Os dados referentes à idade, tempo de PA e média tritonal dos limiares auditivos (utilizando-se as frequências de 0,5 KHz, 1 KHz e 2 KHz, obtidas por audiometria em campo livre), que caracterizam os sujeitos dos dois grupos estudados, estão descritos na Tabela 1.

Os dados relativos ao tempo de uso do dispositivo, etiologia da PA e período de aquisição da PA dos grupos AASI e IC, respectivamente, distribuídos por sujeito, estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Definiram-se como critérios de inclusão sujeitos adultos, usuários de IC em seguimento no serviço de referência em que a pesquisa foi desenvolvida e usuários de AASI em avaliação inicial com equipe multidisciplinar (otorrinolaringologistas, fonoaudiólogos, psicólogos e assistentes sociais), para entrada na fila de espera para a realização da cirurgia do IC. Além disso, os sujeitos de ambos os grupos deveriam ter idade entre 18 anos e 45 anos, a fim de se respeitar o limite do período de máxima eficiência vocal⁽⁸⁾. Os sujeitos do grupo de IC deveriam utilizar o dispositivo por, no mínimo, 12 meses para contemplar o período de ativação do dispositivo, assim como o início da reabilitação e estabilização dos limiares auditivos elétricos. Já os sujeitos do

Tabela 1. Dados sociodemográficos de idade (em anos), tempo de perda auditiva (em anos) e média tritonal do limiar auditivo (em decibéis) dos grupos de amplificação sonora individual (n=8) e de implante coclear (n=10)

	AASI			valor de p	IC		
	M	DP	MED		M	DP	MED
Idade	32,2	8,14	36	0,799	32,8	9,04	35
Tempo de perda auditiva	25,7	7,18	26,5	0,293	23,4	9,6	22
Média tritonal* do limiar auditivo	50	13,3	50	0,012	25,66	3,6	25

Valor de p: teste de Mann-Whitney U; *Média com os limiares de 0,5 KHz, 1 KHz e 2 KHz

Legenda: n = Número de sujeitos; AASI = Aparelho de amplificação sonora individual; IC = Implante coclear; M = Média; DP = Desvio Padrão; MED = Mediana

Tabela 2. Dados sociodemográficos distribuídos por sujeitos do grupo de aparelho de amplificação sonora individual, com tempo de uso do dispositivo auditivo, etiologia da perda auditiva e classificação da época de aquisição da perda auditiva

Sujeitos	Idade	Sexo	Orelha	Tempo de uso do dispositivo auditivo (em meses) D/E	Etiologia da perda auditiva	Período de aquisição da perda auditiva
1	41	F	E/D	60/60	Genética	Pós-lingual
2	28	M	E/D	12/12	Desconhecida	Pós-lingual
3	29	F	E/D	348/12	Congênita	Pré-lingual
4	30	F	E/D	240/240	Desconhecida	Pós-lingual
5	31	F	E	144/0	Meningite	Pré-lingual
6	32	F	E/D	36/36	Desconhecida	Pós-lingual
7	33	F	E/D	84/336	Desconhecida	Pós-lingual
8	34	F	E/D	264/264	Rubéola materna	Pré-lingual

Legenda: E = Esquerda; D = Direita; F = Feminino; M = Masculino

Tabela 3. Dados sociodemográficos distribuídos por sujeitos do grupo de implante coclear, com tempo de uso do dispositivo (em anos e meses, respectivamente), etiologia da perda auditiva e classificação do período de aquisição da perda auditiva

Sujeitos	Idade	Sexo	Orelha	Tempo de uso do dispositivo (em meses)	Etiologia da perda auditiva	Período de aquisição da perda auditiva
1	38	F	D	22	Perda auditiva súbita	Pós-lingual
2	45	F	D	26	Rubéola materna	Pré-lingual
3	35	M	D	30	Otosclerose	Pós-lingual
4	45	F	D	18	Desconhecida	Pós-lingual
5	22	F	D	36	Desconhecida	Pré-lingual
6	23	M	D	26	Rubéola materna	Pré-lingual
7	20	F	D	36	Prematuridade	Pré-lingual
8	29	F	E	46	Rubéola materna	Pré-lingual
9	35	M	E	65	Rubéola materna	Pré-lingual
10	36	F	D	33	Desconhecida	Pós-lingual

Legenda: E = Esquerda; D = Direita; F = Feminino; M = Masculino

grupo AASI, deveriam possuir PA de grau severo a profundo, bilateral, e utilizar o dispositivo por, no mínimo, seis meses.

Foram excluídos de ambos os grupos de estudo os sujeitos com histórico de doenças neurológicas, dificuldade para compreender as instruções fornecidas durante a coleta e/ou dificuldade de leitura. Além disso, especificamente no grupo de AASI, foram excluídos aqueles que compareceram à avaliação multidisciplinar sem utilizar o dispositivo em questão por ao menos seis meses.

Dois sujeitos ouvintes foram selecionados como referência de comparação no estudo, após cumprirem os critérios de inclusão e exclusão.

Nesse caso, os sujeitos ouvintes deveriam ser naturais da região de realização da pesquisa, a fim de não haver interferência do regionalismo local na avaliação vocal, bem como deveriam ter idade entre 18 e 45 anos, a fim de também respeitar o limite do período de máxima eficiência vocal⁽⁸⁾, além de não possuírem

alterações vocais. Os critérios de exclusão adotados para os sujeitos controle foram os mesmos do grupo de estudo.

Procedimentos

Inicialmente, foram coletados dados sociodemográficos, por meio de questionário elaborado pelas autoras e por consulta de prontuários, visando à captação de dados, como idade atual, tempo de PA, média tritonal dos limiares auditivos (utilizando-se as frequências de 0,5 KHz, 1 KHz e 2 KHz obtidas por audiometria em campo livre), tempo de uso de dispositivo, etiologia da PA e período de aquisição da PA (sendo considerada PA pós-lingual aquela adquirida após os 3 anos de idade). Posteriormente, como protocolo de gravação de amostra vocal, aplicou-se o protocolo Consenso da Avaliação Perceptiva Auditiva da Voz (CAPE-V)⁽⁹⁾, constituído por vogal /a/ sustentada e produção das sentenças padronizadas no

instrumento, além de amostra da fala espontânea. As gravações foram realizadas em cabina acusticamente tratada, utilizando-se um notebook e um microfone unidirecional, modelo Headset P2 Office 10 Bright BT, posicionado a, aproximadamente, seis centímetros da boca do paciente, sem uso de interface. As gravações realizadas diretamente no computador, no software AUDACITY(R), versão 2.0.3. e armazenadas em formato .wav, em taxa de amostragem de 44100 Hz e resolução de 16 bits. Os procedimentos tiveram duração aproximada de 15 minutos.

As análises dos sinais de fala foram captadas por meio do software PRAAT⁽¹⁰⁾, versão 6.1.10. Analisaram-se os parâmetros vocais de curta duração, como a frequência fundamental (f_0), shimmer (sh) e jitter (jit), proporção harmônico-ruído (PHR), frequências dos três primeiros formantes (F1, F2 e F3) das vogais /a/, /i/ e /u/ e medidas de longo termo, como declínio espectral, intensidade máxima e frequência máxima, estas últimas a partir de trechos de um minuto de fala espontânea. A análise das medidas de longo termo foi realizada considerando-se que a voz é produto da interação fonte-filtro e essas medidas podem refletir melhor o uso do trato vocal durante a fala, no cotidiano⁽¹¹⁾.

A f_0 foi extraída da vogal /a/ em tom habitual de fala, a partir de trecho estável da emissão sustentada, analisando-se cerca de 30 ciclos (média e desvio padrão). A medida foi confirmada a partir da análise do traçado do formato de onda, da demarcação dos pulsos pelo extrator automático e pelo posterior traçado do espectro por Fast Fourier Transform (FFT), a partir de um ponto estacionário da mesma onda. Após confirmação da f_0 , as medidas de shimmer (sh) e jitter (jit) e proporção harmônico-ruído (PHR) foram obtidas por meio do extrator automático.

As medidas acústicas das frequências formânticas de três vogais orais do português /a/, /i/, /u/ foram obtidas por meio da análise de emissões semiespontâneas, a partir de frases-veículo que constam do protocolo CAPE-V. Foram selecionadas e demarcadas para serem analisadas as vogais em posição tônica das frases “Sônia sAbe sambar sozInha” e “Érica tomou sUco de pera e amora”. De forma similar à análise da frequência fundamental, a vogal demarcada foi analisada a partir do formato do traçado de onda, da geração de um espectrograma de banda larga e seleção de um ponto estacionário, para que as medidas fossem geradas pelo extrator automático. A confirmação das medidas também foi realizada pela análise do traçado do espectro por FFT do mesmo ponto e posterior análise dos respectivos picos espectrais.

A análise perceptivoauditiva da voz foi realizada utilizando-se o protocolo anteriormente citado, possibilitando a classificação da qualidade vocal em grau geral de desvio, rugosidade, sopro, tensão, pitch, loudness e classificação da ressonância hipernasal - acrescentada pelos autores - por meio de uma escala visual analógica, representada por uma régua de 100 milímetros, em que zero (0) corresponde à ausência de desvio e 100, ao grau máximo de desvio. Graduou-se a nasalidade como um parâmetro complementar do CAPE-V, devido a sua presença frequente em sujeitos com PA. Realizou-se apenas uma avaliação para cada amostra, sendo esse resultado baseado na primeira impressão causada pela voz, no avaliador. Os focos de ressonância oferecidos como opções para o avaliador foram: equilibrado, laringofaríngeo, oral, posterior, hipernasal e hiponasal. No entanto, após a avaliação, observou-se que todos os sujeitos apresentaram hipernasalidade como classificação de foco ressonantal. Dessa forma, foi solicitado ao avaliador que graduasse esse foco em uma escala visual analógica de 100 mm, como parâmetro complementar do protocolo utilizado.

A análise perceptivoauditiva foi realizada por apenas um avaliador fonoaudiólogo, especialista em voz, com 20 anos de experiência em análises vocais. As vozes foram entregues em formato .wav ao avaliador, de maneira aleatória e sem a identificação dos sujeitos.

Devido à não normalidade na distribuição de todos os dados, observada a partir de histogramas e do teste de Shapiro-Wilk, utilizaram-se, para a análise estatística, os testes não paramétricos de Mann-Whitney U e o teste de correlação de Spearman, sendo considerados significantes aqueles com valores de $p < 0,05$. Além disso, os dados relativos às frequências dos formantes produzidos pelos sujeitos dos grupos de estudo foram comparados com os dados dos sujeitos-referência e analisados de forma descritiva. Quanto aos valores para a correlação, foram considerados, para a interpretação dos dados, os valores de R de 0,20 a 0,39 como correlação fraca, 0,40 a 0,69, correlação moderada e 0,70 a 0,89, correlação forte.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 4 sujeitos do sexo masculino e 14 do sexo feminino, distribuídos em dois grupos, grupo AASI e grupo IC, além de dois sujeitos-referência, uma mulher e um homem, totalizando 18 sujeitos no grupo de estudo e 2 sujeitos no grupo de referência.

Observou-se que as medianas de idade ($p=0,799$) e tempo de PA dos dois grupos foram semelhantes ($p=0,293$), havendo diferença apenas entre as medianas dos limiares auditivos ($p=0,012$). O grupo AASI apresentou mediana de limiar auditivo (50 dBNA), em relação ao grupo com IC (25 dBNA) (Tabela 1).

No que diz respeito ao sexo, verificou-se houve uma predominância de sujeitos do sexo feminino no grupo IC. Quanto à orelha, houve predominância de implantação à direita, enquanto que, para o grupo AASI, os sujeitos utilizavam dispositivo auditivo em ambas as orelhas. O tempo de uso do dispositivo auditivo foi contrastante entre os grupos, sendo a média do grupo IC de 2 anos e do grupo AASI de 12 anos, para a orelha esquerda, e 10 anos para a orelha direita. Em relação às etiologias da PA, observaram-se diferenças de causas entre os dois grupos, uma vez que o grupo IC apresentou mais sujeitos com diagnóstico de rubéola materna, enquanto no grupo AASI, mais sujeitos tinham diagnóstico desconhecido. No grupo IC, 4 sujeitos tiveram aquisição da PA no período pós-lingual e 6 no período pré-lingual, enquanto o grupo AASI apresentou 3 dos sujeitos com PA pré-lingual e 5 com PA pós-lingual (Tabelas 2 e 3).

Os valores de frequência fundamental (f_0), jitter, shimmer e PHR não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, conforme observado na Tabela 4.

Foi possível observar, no entanto, que, em valores absolutos, os grupos AASI e IC apresentaram semelhanças na maioria dos parâmetros pesquisados e que, além disso, quando comparados aos sujeitos de referência, não houve diferenças estatisticamente significativas em relação a esses dados.

Em relação às frequências de formantes F1, F2 e F3 das vogais /a/, /i/ e /u/, extraídos a partir das frases do protocolo CAPE-V, constatou-se que as médias entre os grupos AASI e IC foram semelhantes em sua grande maioria, havendo diferença estatística significativa entre os dois grupos apenas para F1 da vogal /u/ ($p=0,013$). Quanto às frequências formânticas das vogais analisadas na fala os sujeitos-referência, foi possível

Tabela 4. Comparação das médias totais, e segundo sexo, dos valores de frequência fundamental (em hertz), desvio padrão de frequência fundamental (em hertz), jitter (em percentuais), shimmer (em percentuais) e proporção harmônico-ruído (em percentuais), com respectivos valores de p, entre os grupos aparelho de amplificação sonora individual (n=8) e de implante coclear (n=10) e referências masculina (n=1) e feminina (n=1), obtidas a partir das emissões de fala extraídas do protocolo Consenso da Avaliação Perceptivoauditiva da Voz

	AASI	IC	valor de p	AASI Masculina	AASI Feminina	IC Masculina	IC Feminina	Referência Masculina	Referência Feminina
f0	199,5	193,5	0,999	127,9	209,8	144,0	214,8	122,7	220,0
DPf0	0,65	0,95	0,929	0,24	0,71	0,80	1,01	0,35	0,24
Jitter	0,48	0,44	0,505	0,65	0,45	0,58	0,38	1,21	0,04
Shimmer	7,80	4,80	0,534	1,67	8,69	2,67	5,79	6,78	2,06
PHR	14,5	16,5	0,131	12,4	14,8	16,6	16,4	12,3	21,9

Teste de Mann-Whitney U

Legenda: n = Número de sujeitos; f0 = Frequência fundamental; DPf0 = Desvio padrão da frequência fundamental; PHR = Proporção harmônico-ruído; IC = Implante coclear; AASI = Aparelho de amplificação sonora individual

Tabela 5. Comparação das medianas das frequências dos formantes F1, F2 e F3 (em hertz) das vogais /a/, /i/ e /u/, entre os grupos de aparelho de amplificação sonora individual (n= 8) e de implante coclear (n=10) e referências masculina (n=1) e feminina (n=1), obtidas a partir das emissões de fala extraídas do protocolo Consenso da Avaliação Perceptivoauditiva da Voz

	AASI	IC	valor de p*	AASI Masculina	AASI Feminina	IC Masculina	IC Feminina	Referência Masculina	Referência Feminina
F1/a/	847,09	813,33	0,534	961,04	830,81	786,92	824,65	705,95	868,10
F2/a/	1629,79	1545,50	0,248	1007,3	1718,72	1420,00	1599,29	1273,61	1691,96
F3/a/	2727,39	2537,81	0,241	1985,19	2833,42	2496,68	2555,44	2621,25	3226,33
F1/i/	337,31	359,76	0,722	291,82	343,81	283,85	239,29	327,90	388,70
F2/i/	2314,84	2192,84	0,594	1992,6	2360,88	2089,63	2237,07	1947,15	2358,22
F3/i/	2910,82	2792,12	0,131	3048,53	2891,15	2797,80	2789,69	2689,66	2849,09
F1/u/	314,48	396,19	0,013*	320,5	313,62	318,65	429,43	411,02	317,53
F2/u/	1202,61	1163,20	0,657	1209,97	1201,56	902,75	1274,82	2151,20	1002,66
F3/u/	2844,27	2694,56	0,424	3481,77	2753,2	2646,76	2715,04	3574,09	2792,91

Teste de Mann-Whitney U; *p<0,05

Legenda: n = Número de sujeitos; AASI = Aparelho de amplificação sonora individual; IC = Implante coclear

observar grande semelhança entre os números absolutos destes e os do grupo de estudo (Tabela 5).

Ao correlacionar os dados da análise acústica, como shimmer, jitter, proporção harmônico-ruído (PHR) e frequência fundamental, todos extraídos a partir da emissão sustentada dos sujeitos, foi possível observar, em sua grande maioria, semelhança nos valores encontrados entre o grupo IC e o grupo AASI. No entanto, o jitter apresentou correlação tendenciosa, inversa moderada, com a PHR ($p=0,051$ e $r=-0,466$), ou seja, houve uma tendência a maiores PHR, mediante menores valores de jitter. Houve, ainda, correlação direta moderada ($p=0,032$ e $r=-0,518$) entre F2/i/ e F1/a/ e correlação inversa moderada ($p=0,027$ e $r=-0,521$) entre F2/a/ e F2 /u/, demonstrando diferenciação articulatória entre as vogais realizadas pelos sujeitos do estudo.

Na avaliação perceptivoauditiva da voz, não se observaram diferenças entre os grupos IC e AASI. No entanto, ao analisar as diferenças entre os sujeitos, de acordo com o período de aquisição da PA (pré e pós-lingual), verificou-se diferença estatisticamente significativa entre o período pré-lingual, com maior grau geral de desvio, e a nasalidade, conforme observado na Figura 1. Os parâmetros de pitch e loudness não apresentaram desvio à avaliação perceptivoauditiva e, sem marcações no protocolo CAPE-V, não foram incluídos para análise no estudo.

Foram correlacionados os dados da análise acústica com os dados da análise perceptivoauditiva, entre os dois grupos. Observou-se, novamente, grande semelhança entre os achados, com relação ao tempo de PA, ao ganho acústico, idade dos sujeitos, jitter, shimmer e frequência fundamental. Todavia, constatou-se diferença estatisticamente significativa entre os

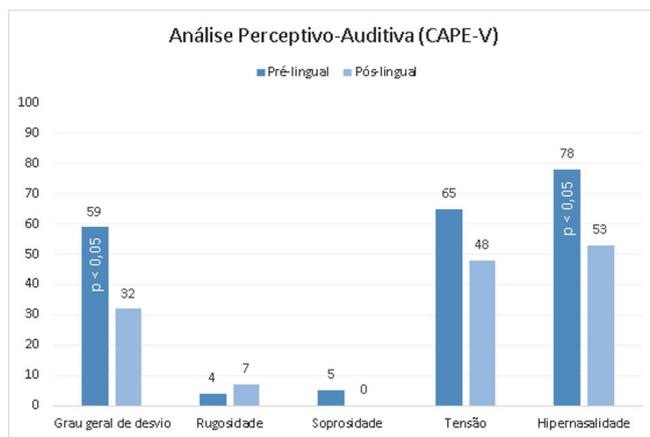


Figura 1. Descrição dos percentuais obtidos no protocolo Consenso da Avaliação Perceptivoauditiva da Voz, considerando-se o máximo de 100 milímetros na escala visual analógica, a partir da análise perceptivoauditiva da qualidade vocal, comparando todos os sujeitos, divididos em grupos de período de aquisição de perda auditiva, pré ou pós-lingual (n=18) Teste de Mann Whitney U

formantes F1 /a/, F2 /i/, /u/ e F3 /a/, /u/, quando correlacionados com a presença de tensão vocal e com o grau geral de desvio da qualidade vocal, sendo que, quanto maiores as frequências dos formantes citados, maior a alteração vocal.

Ao analisar a correlação entre o declínio espectral ($p=0,009$; $r=0,595$) e a frequência máxima da análise de longo termo

($p=0,012$; $r=0,579$) com os dados de tensão vocal de ambos os grupos (IC e AASI), foi possível observar a presença de valores estatisticamente significativos, com correlação moderada direta, bem como nos valores de curto e longo termo correlacionados entre as frequências de formantes e declínio espectral e o grau geral de desvio, nasalidade e tensão ($p > 0,05$).

DISCUSSÃO

É essencial a reflexão sobre as diversas formas de reabilitação auditiva e o grande avanço nos algoritmos presentes nos dispositivos auditivos, quando relacionados a fatores como tempo de PA, ganho acústico e parâmetros vocais, com a intenção de entender quais os impactos e benefícios desses dispositivos auditivos para a comunicação e, conseqüentemente, para a qualidade vocal dos usuários. Um estudo constatou a escassez de pesquisas sobre a qualidade vocal do sujeito com PA e salientou que, quando existentes, não demonstraram com precisão os efeitos do IC na melhoria da qualidade vocal dos usuários, sendo necessárias, nesses casos, intervenções além do dispositivo auditivo tão somente, como reabilitação auditiva e terapia vocal⁽¹²⁾.

Os sujeitos usuários de IC que participaram deste estudo apresentaram menor média do limiar auditivo nas frequências de 0,5, 1 e 2 KHz, quando comparados ao grupo de AASI, concordando com estudos que demonstraram que o IC possui tecnologia superior de restabelecimento dos limiares auditivos, comparado ao AASI⁽³⁾.

No que diz respeito ao tipo de dispositivo, observou-se que o grupo AASI destacou-se com tempo elevado de uso, em relação ao IC. Acredita-se que o fato tenha ocorrido em razão da concessão de AASI ter sido estabelecida no estado de Santa Catarina há mais tempo a partir da Portaria nº 1.278 de 20 de Outubro de 1999 referente ao IC⁽¹³⁾. Além disso, observou-se grande variedade de etiologias de PA nos sujeitos deste estudo, porém, com predominância de causas envolvendo o período gestacional e/ou idiopáticas. Esses fatores podem estar associados à baixa frequência de realização de testes diagnósticos, como o mapeamento genético, uma vez que são diversos os genes envolvidos no sistema auditivo que podem estar alterados⁽¹⁴⁾.

Quanto aos parâmetros acústicos da voz avaliados neste estudo, extraídos a partir da emissão sustentada, os valores de frequência fundamental (f_0), jitter, shimmer e PHR apresentaram grande semelhança entre os grupos. Todavia, estudos demonstraram que sujeitos com PA que utilizavam dispositivos como IC ou AASI, apresentaram alterações nesses parâmetros, quando comparados a sujeitos normo-ouvintes^(4,15-19). Ademais, um estudo constatou redução nos valores de f_0 em sujeitos com PA, após a cirurgia de IC, quando comparados ao grupo pré-cirurgia⁽²⁾. Destaca-se, ainda, que a população de estudo do grupo IC apresentou mais sujeitos com PA pré-lingual, fator que pode ter influenciado os valores achados na análise acústica. As comparações com os sujeitos-referência foram realizadas apenas para análise descritiva, uma vez que o objetivo principal foi comparar os usuários de dois dispositivos diferentes e, portanto, não foi utilizado grupo controle.

Ao comparar os grupos IC e AASI, observou-se ausência de diferenças estatísticas no que se refere aos parâmetros vocais analisados a partir das tarefas de fala extraídas do protocolo CAPE-V. Esse fator possui forte relação com a heterogeneidade da amostra e dos seus aspectos, como sexo, tempo de privação

auditiva, período de aquisição da perda auditiva, tempo de uso de dispositivo auditivo, etiologia da perda, entre outros, uma vez que essas informações demonstram influenciar diretamente a qualidade vocal do sujeito, pois cada um se comporta de maneira específica diante do tipo de dispositivo auditivo utilizado.

Na análise dos três primeiros formantes (F1, F2 e F3) das vogais /a/, /i/ e /u/, extraídas a partir do protocolo CAPE-V, foi possível observar frequência mais elevada de F1 /u/ no grupo IC, quando comparado ao grupo AASI, indicando que, nesses sujeitos, a posição de língua, durante a produção da vogal em questão, apresentava-se mais anteriorizada, impactando o aumento do espaço da cavidade faríngea. Um estudo observou que F1 da vogal /a/ estava alterado nos usuários de AASI, em comparação aos usuários de IC, sugerindo que o dispositivo pode, indiretamente, melhorar a capacidade de manutenção do formato do trato vocal, em especial na posição da língua⁽²⁰⁾. Esse achado concorda com os desta pesquisa, porém, é válido ressaltar que a comparação do estudo citado realizou-se entre crianças.

Ainda sobre os formantes, uma vez que F2 é determinado pelo tamanho da cavidade oral, a sua diminuição permite inferir que a língua encontrava-se em posição mais anteriorizada durante a articulação das vogais, em ambos os grupos de estudo. Há, de fato, dados que demonstram que indivíduos com PA apresentam F2 comumente alterado, quando comparados a sujeitos com audição normal, indicando a anteriorização de língua durante a fala⁽²¹⁾.

Na presente pesquisa, entretanto, a frequência de F2 da vogal /i/ apresentou correlação inversa com a frequência de F2 da vogal /u/ nos dois grupos ($p=0,027$). Ou seja, quanto maior o valor de F2 da vogal /i/, menor a frequência de F2 da vogal /u/, indicando que, em ambos os grupos, os sujeitos realizaram movimentos articulatórios suficientes para a discriminação fonética entre as vogais, fator de extrema importância para inteligibilidade de fala, uma vez que essas vogais possuem pontos articulatórios muito diferentes entre si⁽²²⁾, principalmente no que diz respeito ao arredondamento dos lábios e posicionamento da língua durante a fala.

Com relação à idade dos sujeitos de ambos os grupos, foi possível observar correlação direta ($p=0,033$) com o F2 da vogal /a/, extraída a partir das tarefas de fala do protocolo CAPE-V. Sendo assim, quanto maior a idade do sujeito, maior a frequência de F2 /a/, possivelmente relacionada à diminuição do tônus, característica do avançar da idade. Essa eventual diminuição poderia causar um espalhamento da língua e, conseqüentemente, diminuir o espaço na cavidade oral. No entanto, ressalta-se que essa é uma hipótese que não foi testada na presente pesquisa, pois avaliações de força muscular não foram realizadas. Ainda assim, um estudo que analisou os efeitos da idade na produção dos formantes, demonstrou alterações nas frequências de formantes, principalmente F2, relacionando a idade à redução de tônus de língua dos participantes⁽²³⁾.

Em relação ao período de aquisição da PA, observou-se que houve, no grupo IC, mais sujeitos com PA no período pré-lingual, enquanto no grupo AASI, a predominância foi de sujeitos com PA pós-lingual. Todavia, mesmo com essa diferença, os valores absolutos obtidos no teste de análise perceptivoauditiva da voz foram semelhantes, demonstrando não haver influência dessa informação na amostra vocal de ambos os grupos. Embora esses tenham sido os resultados obtidos na presente pesquisa, sabe-se que adultos com PA pré-lingual, implantados tardiamente, na fase adulta, podem apresentar alterações importantes da qualidade

vocal e de produção de fala⁽¹⁵⁾. Dessa forma, sugerem-se estudos complementares, que confirmem esse dado.

Ao dividir os sujeitos em grupos por época de aquisição de PA, observaram-se valores significativos, com $p < 0,05$, em relação aos formantes F2 /a/ e F3 /u/, ambos relacionados ao grupo com PA pós-lingual, sendo possível inferir que esse grupo encontrava-se com a língua mais anteriorizada na produção da vogal /a/ e realizando maior elevação laríngea para a produção da vogal /u/⁽¹⁷⁾. Dessa maneira, é importante que se reflita sobre o tipo de PA de cada sujeito, uma vez que sujeitos com PA adquirida no período pré-lingual, por vezes apresentam mais alterações na qualidade vocal, devido ao maior tempo de ausência de feedback auditivo, enquanto os sujeitos com PA pós-lingual apresentam alguma experiência auditiva e linguagem oral por vezes estabelecida, gerando, conseqüentemente, melhor desempenho de fala e melhor qualidade vocal⁽¹¹⁾.

Em relação à avaliação perceptivoauditiva da voz, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de IC e AASI, no que diz respeito aos parâmetros avaliados. Os dados encontrados demonstram grande semelhança com relação aos grupos e o que pareceu influenciar fortemente esses achados foi a época da aquisição da PA, pré e pós-lingual, uma vez que os sujeitos com PA pré-lingual tiveram aquisição do IC tardiamente, além de que, mesmo o grupo com PA pós-lingual, adquiriu-a ainda na primeira infância (6 anos) e não necessariamente demonstrou a influência do dispositivo, uma vez que eram poucos sujeitos por grupo de estudo.

Ao realizar a comparação dos parâmetros vocais de ambos os grupos, com relação ao período de aquisição da PA, observou-se pouca diferença entre os parâmetros específicos de rugosidade, sopro e tensão. No entanto, no grupo pré-lingual, foi possível observar valores excepcionalmente elevados de grau geral de desvio vocal e tensão, reforçando achados que indicaram que esses sujeitos têm, no geral, pior qualidade vocal que grupos com PA pós-lingual⁽²¹⁾.

Além disso, foi notório o maior grau de nasalidade e de tensão no grupo com PA pré-lingual, fator que pode estar associado à incorreta coordenação velofaríngea durante a produção vocal. Acredita-se, ainda, que o grau de nasalidade pode ter interferido na impressão global sobre a qualidade vocal, visto que a nasalidade é um aspecto comumente citado como marcador distintivo da voz do sujeito com PA^(1,2,15,16) e que os sujeitos com maior grau de nasalidade foram aqueles que, neste estudo, tiveram maior grau geral de desvio da qualidade vocal. Esse achado relaciona-se, possivelmente, com a diferença no tempo de privação auditiva e ausência de feedback nos dois grupos, uma vez que são diversos os estudos que apresentam esse fator como uma grande influência na qualidade vocal do sujeito com PA^(4,18,24).

Quando comparados os achados da análise acústica de curto e longo termo com os dados da análise perceptivoauditiva dos grupos, foi possível observar correlação entre as frequências de formantes e declínio espectral com o grau geral de desvio, nasalidade e tensão. As frequências de F1, F2 e F3 apresentaram correlação com a tensão na qualidade vocal. Esse dado pode estar relacionado com os movimentos de língua, que podem resultar na percepção de tensão na produção vocal do indivíduo, bem como associação à presença de constrição labial, faríngea e palatal, que também pode estar relacionada à presença de tensão e/ou hipernasalidade. Dessa forma, uma vez que os dados mostram alteração nas estruturas do trato vocal do sujeito com PA, durante a produção da fala, essa condição reflete uma percepção pior da

qualidade vocal, resultando na voz “característica” do sujeito com PA e tornando-a tão marcante para o ouvinte⁽²¹⁾.

A medida do declínio espectral refere-se à medida de diferença de energia entre bandas de frequências em uma amostra maior de fala. O seu resultado diz respeito não somente à onda glotal, mas ao produto final da interação entre a fonte e o filtro. A realização dessa avaliação no grupo de estudo deveu-se à notória associação dos sujeitos com PA com a presença de tensão vocal⁽²⁵⁾. Neste caso, não foi possível observar diferença significativa entre os valores do declínio espectral nos grupos IC e AASI, porém, em valores absolutos, o grupo AASI apresentou declínio aparentemente mais acentuado, o que poderia indicar presença de hipofunção laríngea. Sugere-se que futuros estudos investiguem o declínio espectral da emissão de sujeitos com PA pré e pós-lingual, considerando-se os achados anteriormente expostos no presente estudo, com relação à qualidade vocal.

A partir dos resultados deste estudo, é imprescindível que se reflita sobre a importância do processo de reabilitação vocal nos sujeitos com PA, uma vez que ficou claro que a ausência do adequado feedback auditivo em decorrência da presença da PA gera padrões alterados de produção vocal que, conseqüentemente, impactam a efetividade da comunicação oral e a qualidade de vida.

Além disso, os achados do presente estudo podem trazer conhecimentos que auxiliem os profissionais na atuação clínica da reabilitação, pois informações específicas, como os valores obtidos, tanto na análise acústica da voz, como na análise perceptivoauditiva, podem proporcionar dados direcionais para a terapêutica mais eficiente.

Observou-se, neste estudo, dificuldade no recrutamento e adesão dos sujeitos, uma vez que grande parcela da população advinha de regiões distantes do local de realização da coleta. Além disso, nem todos os parâmetros vocais foram avaliados no estudo, o que pode ser encarado como uma limitação da pesquisa. Outra limitação relacionou-se ao fato de a análise perceptivoauditiva da voz ter sido realizada por apenas um avaliador. Embora as amostras vocais não tenham sido submetidas a uma banca julgadora, a análise foi feita por avaliador especialista, com ampla experiência nesse tipo de avaliação. Dessa forma, sugere-se, para estudos futuros, uma amostra total maior e mais homogênea, no que diz respeito a aspectos como tempo de surdez, sexo e demais informações sociodemográficas, uma vez que esses fatores podem influenciar as análises.

CONCLUSÃO

Houve grande semelhança nos parâmetros vocais de ambos os grupos, não sendo possível inferir o impacto dos tipos de dispositivos auditivos analisados, no que diz respeito a sua interferência na qualidade dos parâmetros acústicos da voz, por consequência do restabelecimento de feedback auditivo. No entanto, o período de aquisição da perda demonstrou influenciar a qualidade vocal, uma vez que os sujeitos com PA pós-lingual apresentaram qualidade vocal com menor grau de hipernasalidade e menos desviada, de forma geral. Ambos os grupos, AASI e IC, apresentaram presença frequente de tensão na qualidade vocal, ocasionada por adaptações nas estruturas e nos órgãos do trato vocal.

AGRADECIMENTOS

Ao Serviço de Implante Coclear do Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Tiago da Universidade Federal de Santa Catarina, pela disponibilidade e apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Monsen RB, Engbretson AM, Vemula NR. Some effects of deafness on the generation of voice. *J Acoust Soc Am*. 1979;66(6):1680-90. <http://dx.doi.org/10.1121/1.383640>.
- Mozzanica F, Schindler A, Iacona E, Ottaviani F. Application of Ambulatory Phonation Monitoring (APM) in the measurement of daily speaking-time and voice intensity before and after cochlear implant in deaf adult patients. *Auris Nasus Larynx*. 2019;46(6):844-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anl.2019.03.009>.
- Qiu J, Yu C, Ariyaratne TV, Foteff C, Ke Z, Sun Y, et al. Cost-effectiveness of pediatric cochlear implantation in rural china. *Otol Neurotol*. 2017;38(6):1-10. <http://dx.doi.org/10.1097/MAO.0000000000001389>.
- Coelho AC, Brasolotto AG, Bevilacqua MC, Moret ALM, Bahmad FB Jr. Hearing performance and voice acoustics of cochlear implanted children. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2016;82(1):70-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.11.002>.
- Souza LB, Bevilacqua MC, Brasolotto AG, Coelho AC. Cochlear implanted children present vocal parameters within normal standards. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012;76(8):1180-3. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2012.04.029>.
- Sebastian S, Sreedevi N, Lepcha A, Mathew J. Nasalance in cochlear implantees. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2015;8(3):202-5. <http://dx.doi.org/10.3342/ceo.2015.8.3.202>.
- Bittencourt A, Torre A, Bento R, Tsuji R, Brito R. Prelingual deafness: benefits from cochlear implants versus conventional hearing aids. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2012;16(3):387-90.
- Behlau MS, Azevedo R, Pontes P. Conceito de voz normal e classificação das disfonias. In: Behlau M, editor. *Voz: o livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter; 2001. p. 53-84.
- Behlau M. Consensus Auditory – Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V). *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2004;9:187-9.
- Boersma P, Weenick D. Praat manual [Internet]. Amsterdam: Phonetic Sciences Department, University of Amsterdam; 2006 [citado em 2000 Maio 22]. Disponível em: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
- Kent RD, Read C. *Análise acústica da fala*. 1. ed. São Paulo: Cortez; 2015. 504 p.
- Coelho AC, Brasolotto AG, Bevilacqua MC. An initial study of voice characteristics of children using two different sound coding strategies in comparison to normal hearing children. *Int J Audiol*. 2015;54(6):417-23. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2014.998784>.
- Brasil. Portaria nº 1.278, de 20 de outubro de 1999. Aprova os critérios de indicação e contra-indicação de implante coclear. *Diário Oficial da União*; Brasília; 20 out 1999.
- Naz S, Friedman TB. Growth factor and receptor malfunctions associated with human genetic deafness. *Clin Genet*. 2020;97(1):138-55. <http://dx.doi.org/10.1111/cge.13641>.
- Cysneiros HRS, Leal MC, Lucena JA, Muniz LF. Relação entre percepção auditiva e produção vocal em implantados cocleares: uma revisão sistemática. *CoDAS*. 2016;28(5):634-9. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20162015165>.
- Fabron EMG, Garcia YS, Delgado-Pinheiro EMC. A voz do deficiente auditivo: revisão bibliográfica. *Rev Dist Comunic*. 2017;29(1):55-67. <http://dx.doi.org/10.23925/2176-2724.2017v29i1p55-67>.
- Upadhyay M, Datta R, Nilakantan A, Goyal S, Gupta A, Gupta S, et al. Voice quality in cochlear implant recipients: an observational cross sectional study. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019;71(S2):1626-32. <http://dx.doi.org/10.1007/s12070-019-01700-3>.
- Tejeda-Franco CD, Valadez-Jimenez VM, Hernandez-Lopez X, Ysunza PA, Mena-Ramirez ME, Garcia-Zalapa RA, et al. Hearing aid use and auditory verbal therapy improve voice quality of deaf children. *J Voice*. 2020;34(2):301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.08.007>.
- Knight K, Ducasse S, Coetzee A, Van der Linde J, Louw A. The effect of age of cochlear implantation on vocal characteristics in children. *S Afr J Commun Disord*. 2016;63(1):142-8. <http://dx.doi.org/10.4102/sajcd.v63i1.142>.
- Jafari N, Yadegari F, Jalaie S. Acoustic analysis of persian vowels in cochlear implant users: a comparison with hearing-impaired children using hearing aid and normal-hearing children. *J Voice*. 2016;30(6):763.e1-e7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.10.006>.
- Jafari N, Drinnan M, Mohamadi R, Yadegari F, Nourbakhsh M, Torabinezhad F. A comparison of persian vowel production in hearing-impaired children using a cochlear implant and normal-hearing children. *J Voice*. 2016;30(3):340-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.04.012>.
- Eichhorn J, Kent RD, Austin D, Vorperian HK. Effects of aging on vocal fundamental frequency and vowel formants in men and women. *J Voice*. 2017;32(5):644.e1-e9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.003>.
- Ubrig MT, Tsuji RK, Weber R, Menezes MHM, Barrichelo VMO, Cunha M, et al. The Influence of auditory feedback and vocal rehabilitation on prelingual hearing-impaired individuals post cochlear implant. *J Voice*. 2019;33(6):947.e1-e9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.07.004>.
- Melo TM, Moret ALM, Bevilacqua MC. Avaliação da produção de fala em crianças deficientes auditivas usuárias de implante coclear multicanal. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2008;13(1):45-51. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342008000100009>.
- Marusso AS. Princípios básicos para a teoria acústica de produção de fala. *Rev Est Ling*. 2005;13(1):19-43.