

Artículo original

Recibido: septiembre 2014
Aceptado: noviembre 2014

Vol. 3, Núm. 3
Septiembre-Diciembre 2014
pp 95-104

Análisis tomoacústico de la voz e implantación coclear

Pedro Berruecos-Villalobos,^{†*} María de la Paz Hernández Pérez^{**}

Resumen

Introducción. El ser humano se distingue entre los seres vivos por su capacidad para intercambiar información a través del fino sistema comunicativo lingüístico. Para hablar, se requiere que los sonidos del lenguaje se acompañen de la envoltura sonora que proporciona el sistema de fonación. No hay intercambios de lenguaje cuando éste no está sonoro ni tampoco cuando la voz no se relaciona con fonemas articulados. La voz conforma un contexto psicológico, emocional y afectivo, tan indispensable como lo son el pensamiento y la inteligencia que contiene el lenguaje. No obstante, en el campo de los implantes cocleares (IC), se analiza ampliamente el desarrollo lingüístico pero muy poco o nada se ha tomado en cuenta a la voz. En este trabajo se estandarizaron los rangos normales de los parámetros vocales por medio del análisis digital computarizado. Al poder apreciar de manera objetiva su normalidad o sus desviaciones, quedan sentadas las bases de la atención integral de los usuarios de implantes cocleares, que involucran todos sus procesos expresivos. **Objetivos.** 1) Establecer, con bases objetivas y cuantificables, los rangos normales de los parámetros acústicos de la voz normal en la población mexicana adulta, por medio del estudio computarizado multidimensional de la voz (MDVP); 2) aplicar los conocimientos obtenidos para analizar los cambios favorables de los parámetros más importantes de la voz de pacientes implantados y para establecer los programas de terapéutica vocal, asociados a la terapia auditiva verbal, en los casos necesarios. **Material y métodos.** Se estudiaron 240 sujetos normales, 120 hombres y 120 mujeres, en seis grupos de 20 personas de cada sexo, de acuerdo con su edad: 20-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70 y > 70 años. Cada uno grabó la vocal /a/ por medio de un micrófono Shure sm dynamic 102, acoplado al equipo CSL Speech-Lab 4300B de Kay Elemetrics-Pentax y en particular al programa MDVP modelo 5105, versión 2. Estudiamos 13 de los 19 parámetros del programa, considerados como los más relevantes: seis relacionados con la frecuencia y siete con la intensidad de la voz. Los resultados se anotaron en una tabla de Excel para proceder al análisis con el programa SPSS de cada variable a partir de la media y de las medidas de dispersión de la desviación estándar. **Resultados.** Los resultados obtenidos que se presentan en este trabajo muestran claramente las diferencias por sexo y edad, y las similitudes y diferencias que existen para algunos parámetros vocales con estudios similares realizados en otros países y las bases para hacer ajustes de "normas" y "umbrales", con objeto de estandarizar los valores de los parámetros que deban tomarse en cuenta para estimar las condiciones vocales de sujetos normales o de pacientes implantados. **Discusión.** Nuestros resultados son equiparables a los de otros grupos de trabajo, pero la sistematización por grupos de edad y sexo establece valores diferentes. Un instrumento electroacústico produce sonidos sin variaciones, por lo que en teoría sus cambios de frecuencia e intensidad serían equivalentes a 0.000. El aparato vocal humano produce variaciones, pero dentro de cierto rango se consideran normales. No estudiamos niños normales en quienes sólo la Fo marca la diferencia con la voz adulta, pero las demás variables son similares a las de los adultos. Se muestran, al final, algunos resultados que comparan los parámetros de voz de pacientes antes de la implantación y a 24 meses de la misma, en los que se aprecian cambios que son consecuencia del mejor control de las emisiones vocales, al existir la nueva forma de ingreso auditivo prevista por el implante coclear. **Conclusiones.** El uso de un equipo computarizado para el análisis digital de la voz complementa la evaluación clínica, facilita la confirmación de diagnósticos y hace posible el seguimiento integral de los procesos de rehabilitación vocal, para definir los progresos del paciente tanto clínica y subjetivamente, como objetiva e instrumentalmente. La determinación de valores para los parámetros de la voz puede y debe convertirse en un referente para su uso clínico rutinario. La evaluación en paralelo de las funciones vocales con las articulatorias y lingüísticas debe ser seriamente considerada, en tanto la voz del ser humano es uno de los elementos de mayor importancia para alcanzar la mejor calidad de vida posible.

Palabras clave: Implante coclear, voz, frecuencia fundamental, jitter, shimmer.

Abstract

Introduction. The human being is superior because of the capacity to exchange information through the refined system of linguistic communication. Speech sounds are necessarily linked with the sonorous envelope provided by the vocal apparatus. There are not

* División de Estudios de Postgrado, Facultad de Medicina, UNAM.

** Servicio de Audiología y Foniatría, Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga".

linguistic exchanges if speech has no sounds or when the voice is not linked with articulated phonemes. Speech and language are related with intelligence and thoughts but voice expresses the psychological and emotional context of the speaker. In spite of that, in the CI field it was privileged the analysis of speech development but very little or no attention has been paid to the voice parameters. In this paper we show the standardization of normal parameters of voice, according to a computerized digital analysis of its characteristics. The normality or deviations are the basis for the comprehensive intervention in all the expressive processes of implanted patients. **Objectives.** 1) To establish with objective and quantifiable basis the normal ranges of the acoustic parameters of normal voice in the adult Mexican population through the multidimensional digital voice program (MDVP); 2) to apply the obtained norms in the analysis of voice changes in implanted patients in order to establish the necessary association of auditory-verbal with voice therapy programs. **Material and methods.** 240 normal persons, 120 men and 120 women divided in six groups of 20 persons each one according with their age (20-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70 and > 70 years) were studied. Each participant registered the vowel /a/ with a microphone Shure sm dynamic 102, to proceed to the digital analysis in the MDVP 5105 program of the CSL Kay Elemetrix-Pentax Speech Lab 4300B. We studied 13 of the 19 parameters of the program, related with frequency and seven with intensity. All the results were plotted in Excel to have analysis with the SPSS program taking into account the average and the standard deviation. **Results.** The obtained results show clear differences related with age and sex and some similarities with studies carried out in other countries. Based on that, we are suggesting norms or thresholds to standardize the values of the parameters that must be taking in consideration to estimate the quality of voice in normal or as in this case, in implanted patients. **Discussion.** The uniformity of the groups and the consistency of the results allow us to their immediate clinical use. An electroacoustic equipment produce sounds without variations and so, in theory, the frequency and intensity changes could be equivalent to 0.000. The vocal system obviously produce variations that can be considered as normal if included within certain limits. We didn't studied children in this protocol but if we take into account that the main difference with the adult's voices is only related with the Fo, but no with the other frequency and intensity parameters, the results can be applied also to children. In the final part of this presentation we show some results of voices of implanted persons before the surgery and two years later, in which it is possible to appreciate the changes in most of the parameters studied, as a consequence of the better control of the vocal emissions that follows the new form of auditory input provided by the cochlear implant. **Conclusions.** The use of a computerized equipment for the digital voice analysis complements the clinical evaluation, make easier the diagnosis confirmation and make possible the comprehensive clinical/subjective and objective/instrumental follow-up of the implanted patients. We consider that the normal digital values of voice parameters obtained in our protocol, must be the basis of its use in a routine way. The assessment of the voice quality in parallel with and speech-language processes must be as comprehensive as possible, because voice is one of the most important features of the human being to achieve the best possible quality of life.

Key words: Cochlear implant, voice, fundamental frequency, jitter, shimmer.

Introducción

Las cuatro facetas más importantes de cualquier proceso de implantación coclear son bien conocidas: 1) selección de candidatos; 2) implantación quirúrgica; 3) activación del dispositivo y 4) rehabilitación y seguimiento. En todas ellas, el médico audiólogo/foniatra, tal y como están organizados los campos de las especialidades médicas en México, tiene un papel fundamental. Al actuar como coordinador de un grupo multidisciplinario de trabajo, en el que además de la intervención del ORL y el anestesiólogo en el acto quirúrgico participan el pediatra o el geriatra, el internista, el neurólogo, el genetista y muchos más, el terapeuta auditivo-verbal define candidaturas, participa en todo el proceso y colabora en el establecimiento del pronóstico. Antes de la cirugía y particularmente cuando se trata de niños con hipoacusias profundas o sordera, a los que hacemos especial referencia en este trabajo, el terapeuta auditivo-verbal es elemento fundamental para la definición del diagnóstico integral, pero además, guía e informa a los candidatos o a sus padres o tutores sobre todos los aspectos que comprende el procedimiento. Durante la cirugía, realiza pruebas electrofisiológicas para determinar si el implante coclear (IC), ya colocado, funciona correctamente, y finalmente, activa el dispositivo, asigna los parámetros

de estimulación convenientes, hace el seguimiento a corto, mediano y largo plazo de las respuestas frente a los sonidos que se presentan al sujeto implantado y realiza las modificaciones que se consideran necesarias en los mapas del IC, en estrecha colaboración con los terapeutas, quienes observan de manera sistemática la evolución de las habilidades perceptuales auditivas y el desarrollo del lenguaje oral.

Es precisamente en el seguimiento del proceso rehabilitatorio cuando debe hacerse la evaluación de los resultados de la manera más objetiva posible. En el caso de niños que reciben un IC, podemos no solamente esperar que oigan cada vez mejor y con mayor precisión, sino, sobre todo, que desarrollen su lenguaje oral. El IC en un niño sordo congénito que no desarrolla lenguaje oral, es en general un fracaso, porque si los niños que oyen al nacer desarrollan su lenguaje normalmente dentro de parámetros bien conocidos por los lingüistas y los terapeutas, un niño con sordera congénita debe lograr un desarrollo similar, salvo la diferencia de tiempo que corresponda al momento en el que su discapacidad empezó a ser compensada con el IC.

La evaluación integral debe comprender los cuatro puntos que se anotan en la *figura 1*: audición periférica, percepción auditiva central, desarrollo de características normales de voz y lenguaje oral y, finalmente, la apropiación del lenguaje escrito como segundo gran código comunica-

tivo lingüístico. Estos cuatro puntos se dan en secuencia: primero, el niño capta los estímulos sonoros o lingüísticos en el receptor periférico, que en el caso de los niños implantados es sustituido por el propio implante; a esto sigue la percepción central, cuando los estímulos adquieren significado por su altura tonal, su intensidad, su timbre, su secuencia y su contenido. Después de estas dos grandes etapas de ingreso o en forma paralela, se desencadena la expresión oral y luego se accede a la lectura y la escritura.

La evaluación postquirúrgica de los resultados del IC en niños, a nivel universal, se ha centrado en las habilidades perceptuales auditivas y en el desarrollo del lenguaje, pero tanto en niños como en adultos se ha estudiado muy poco el impacto que produce en las características de la voz. La ausencia congénita de la audición o la pérdida de la misma en edades adultas determina cambios en la calidad vocal. La voz es la envoltura del lenguaje y si bien éste manifiesta la capacidad intelectual y el pensamiento de quien lo produce, la voz expresa, específicamente, los afectos y las emociones de quien habla. El sordo difícilmente puede modular su

voz, controlar la intensidad o la altura tonal de la misma al faltarle el “piloto coclear”, o dar a sus emisiones las imprescindibles características de ritmo y melodía que debe tener el proceso comunicativo lingüístico. En la *figura 2* se compendian estos conceptos concluyendo, finalmente, que emociones y afectos, propios de la voz y pensamiento e inteligencia, propios del lenguaje, son los puntos de partida de la definición de la personalidad.

Análisis de información bibliográfica

Al hacer en el 2009 una revisión sobre literatura médica internacional utilizando las palabras clave “Voice and CI”, entre varios miles de referencias solamente se encontraron 153 relacionadas con los procesos expresivos en pacientes implantados. De ellas, más del 95% se referían a la producción articularia, y las pocas restantes, a los parámetros vocales. En otro ejercicio similar, realizado recientemente, se buscaron artículos similares por medio de varios portales de búsqueda que comprenden las más importantes revistas en las que se publican trabajos relacionados con la implantación coclear, como se aprecia en el *cuadro 1*.

Las revistas comprendidas en todos los buscadores son más de 5,000 y abarcan más de 15 millones de artículos. Se hizo una revisión de 1976 a la fecha, con las claves “Voice and CI” o “CI and voice outcomes”. Los pocos trabajos que se encontraron relacionados con éste se repiten en varios de los buscadores, por lo que finalmente sólo pudimos seleccionar 20. De éstos, 13 estudiaban la articulación pero no la voz y en algunos casos, la correlación entre audición, voz y lenguaje, pero en sujetos no implantados o con prótesis auditivas pero no con IC.¹⁻⁸ En los restantes siete, uno hace un análisis sistemático de los beneficios del IC en la producción vocal;⁹ el siguiente, menciona los efectos del IC en la Fo de adolescentes implantados;¹⁰ el tercero relaciona la voz y la percepción con el IC;¹¹ el cuarto analiza el desarrollo de la entonación en niños con IC;¹² el quinto estudia los efectos del IC en la Fo de adultos postlingüísticos implantados;¹³ el sexto se refiere a la duración de las vocales en niños implantados de tres a cinco años de edad¹⁴ y el séptimo y último, describe la voz y la pronunciación en implantados.¹⁵ En ninguno de los siete artículos se alude a las características de la voz, sino sólo a la Fo en adolescentes o en adultos postlingüísticos implantados. Más aún, solamente en tres de esos trabajos se analiza la voz por medio del análisis acústico digital, de los cuales dos examinan únicamente la Fo, que en sentido estricto no requiere el uso de un laboratorio computarizado para realizar un análisis digital por existir otras formas más sencillas de determinar ese parámetro.

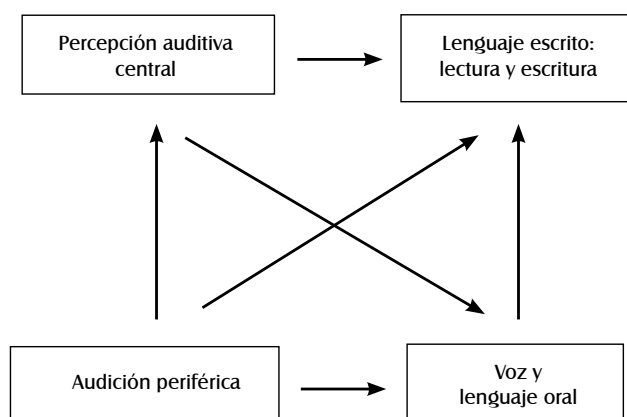


Figura 1. Mapa mental: evaluación integral audición-voz-lenguaje.

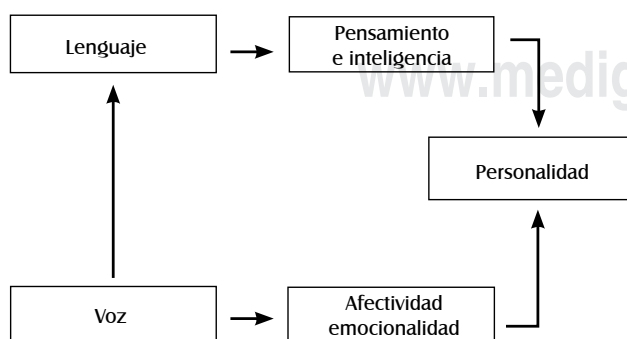


Figura 2. Mapa mental: emociones-personalidad.

Cuadro I. Guía de material documental.

Portales de búsqueda	Revistas comprendidas
Index Medicus de la NLM, USA	Audiology and Neurotology
Medline de Medlars NLM	Folia Phoniátrica et Logopédica
Lilacs-Bireme-OPS	Anales de ORL Mexicana
Excerpta Medica	Revista Mexicana de Comunicación, Audiología, Otoneurología y Foniatría
Artemisa	Gaceta Médica de México
Cenids-SSA	Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM
Bibliomexsalud	Acta Otolaryngológica
Journal Citation Reports	Advances in ORL
Latindex UNAM	American Annals of the Deaf
Informa Health Care	Journal of the ASHA
Karger.com	International Journal of Audiology
Medigraphic.com	Hearing, Balance and Communication
Bases.bireme.br	Clinical Linguistics and Phonetics
Web of Science	Logopedics, Phoniatrics and Vocology
Science Citation Index	Audiological Medicine
	Ear and Hearing
	International Journal of Pediatric Otolaryngology
	Journal of the American Academy of Audiology
	Journal of Speech, Language and Hearing Disorders
	Language and Communication Disorders
	Language and Speech
	Scandinavian Audiology
	British Journal of Audiology
	Seminars in Speech and Language

Es interesante que en la *Web of Science*, con la clave "*Cochlear Implants*" se encontraran entre 1976-1980 sólo 12 artículos, entre 1981 y 1990, 119 y entre 1991 y 2013, 1,882. En el primer grupo encontramos los primeros trabajos sobre IC de Pialoux, House, Kiang y Keidel y el promedio es de 2.4 artículos/año: en el siguiente de 10 años, los trabajos de Burian, House, Clark, Aran, Eisenberg, Hochmair, y muchos más, tuvieron un promedio de 12/año, y en el último periodo, de 1991 a 2013, un promedio de 82/año. Evidentemente, del total de 2,013 artículos, el 0.59% de los primeros, el 5.9% del segundo periodo y el 93% entre 1991 y 2013, hace evidente el incremento del interés en el campo de los IC a nivel mundial en las últimas décadas. En el *Index Medicus* y *Medline de la NLM*, se encontraron 121 artículos sobre "IC y voz" entre 1993 y 2014. De éstos, 17 (14%) fueron sobre resultados del IC en el desarrollo del lenguaje y sólo 3 (2.47%) se relacionaron con los efectos del IC en las características de la voz. En *Informa health care* se localizaron 2,016 referencias sobre "CI" pero solamente 457 sobre "*CI and Voice Outcomes*", que en todos los casos se relacionaron específicamente con articulación y lenguaje.

La carencia de referencias en este campo no corresponde a su importancia. Los artículos encontrados están sobre todo en revistas de fonética o lingüística y no de audiología y foniatría. No basta que un niño articule bien, sino además, que imprima a su lenguaje la carga afectiva que sólo se logra con la modulación de la voz que lo envuelve. Es aquí en donde interviene el audiólogo/foniatra con funciones específicas que no realiza ningún otro especialista:¹⁶ estudia los antecedentes clínicos, evalúa el rendimiento y el funcionamiento vocal y establece las bases para realizar objetivamente el análisis acústico digital de las ondas sonoras que produce la voz humana.¹⁷ Para esto último, debe elaborar y seguir programas de trabajo específicos, sistematizar la grabación de las voces, analizar las características de las transferencias analógico-digitales, proponer parámetros de normalidad, comprender sus variables y, finalmente, correlacionar el análisis subjetivo clínico con el estudio objetivo digitalizado, para obtener de los resultados un significado integral.¹⁸

Objetivos

- Establecer con bases objetivas y cuantificables los rangos normales de los parámetros acústicos

de la voz normal en la población mexicana adulta, por medio del análisis computarizado multidimensional de la voz (MDVP) y analizar sus similitudes y diferencias con otros grupos poblacionales.

- Estudiar las características de la voz en pacientes implantados, antes y después de la implantación quirúrgica.

Material y métodos

El registro de las muestras de voz se realizó con el Computerized Speech Lab (CSL) modelo 4300B, de Kay Elemetrics. Este equipo, por medio de sistemas de cómputo, permite el análisis acústico, la visualización y reproducción digitalizada de

Cuadro II. Parámetros de frecuencia del MDVP (análisis computarizado multidimensional de la voz).

Tipo de alteraciones	Alteración	Descripción	Equivalente en español
Alteraciones de la frecuencia (Fx)	JITA (jitter absoluto)	Expresa la variabilidad absoluta de la Fx entre un periodo y otro	Tremor absoluto (TA)
	JITT (% de jitter)	Evalúa la variabilidad de la Fx en %	Tremor relativo (TR)
	PPQ (cociente de perturbación)	Evaluación relativa de la variabilidad de la Fx, periodo a periodo en 5 ciclos	Cociente relativo de perturbación (CRP)
	RAP (promedio relativo de perturbación)	Mide los cambios relativos de la Fx	Promedio relativo de perturbación (PRP)
	SPPQ (cociente de perturbación lineal del periodo de la frecuencia)	Evalúa ciclos alternados que causan trastornos en ciclos largos pero no cortos	Cociente de perturbación lineal (CPL)

Cuadro III. Parámetros de amplitud del MDVP (análisis computarizado multidimensional de la voz).

Tipo de alteraciones	Alteración	Descripción	Equivalente en español
Alteraciones de la amplitud	ShdB (shimmer en dB)	Evaluación en dB periodo a periodo (tiempos cortos) de la variabilidad de la amplitud de pico a pico	Centelleo en dB
	Shimm (% de shimmer)	Evaluación relativa periodo a periodo (tiempos cortos) de la variabilidad de la amplitud expresada en %	Centelleo en %
	APQ (cociente de perturbación de amplitud)	Evaluación relativa de la variabilidad de la amplitud de pico a pico con exclusión de periodos en donde se interrumpe la voz	CPA cociente de perturbación de amplitud
	SAPQ (cociente de perturbación lineal de la amplitud %)	Evaluación relativa de corto o largo término de la variabilidad de la amplitud con base en un factor lineal, generalmente de 55 periodos	CPLA cociente de perturbación lineal de amplitud %
	VTI (índice de turbulencia de la voz)	Promedio del rango de energía del espectro de altas frecuencias no armónicas	ITV índice de turbulencia de la voz
	SPI (índice de fonación suave)	Promedio del rango de energía armónica de baja frecuencia en el rango de 1,600 a 4,500 Hz	IFS índice de fonación suave
	NHR (relac. ruido/armónicos)	Medición de la relación entre la energía acústica de los armónicos y la energía del ruido agregado del tracto vocal durante la emisión	Relación S/R Relación señal/ruido armónicos/ruido

esas muestras y puede funcionar con PC Pentium III, Windows 98, tarjeta gráfica de 4 MB de video RAM, 512 MB de RAM mínimo, y un sistema de CD-ROM con sus accesorios.^{19,20}

Para cubrir el primer objetivo de este trabajo se estudiaron 240 sujetos sanos, sin antecedentes de patología laríngea o foniátrica. Se distribuyeron en seis grupos etarios divididos por décadas: 20 hombres y 20 mujeres de 20-30 años, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70 y > 71 años. Las tres muestras de grabación de cada voluntario se procesaron con el programa (MDVP) 5105, versión 2.0. Se grabó la vocal /a/ en forma sostenida y confortable por 5". Con las muestras se comprobó la consistencia de la emisión y se seleccionó la mejor. Se analizaron 13 parámetros vocales: la frecuencia fundamental (Fo), cinco relacionados con alteraciones de la frecuencia (*Cuadro II*) y siete relacionados con alteraciones de la amplitud (*Cuadro III*).

Resultados

El programa MDVP del equipo CSL 4300B analiza digitalmente 19 parámetros de la voz. En este estudio decidimos estudiar solamente 13 de ellos, por considerar que son los que representan mayor interés clínico de la misma y, además, por la posibilidad de establecer algún tipo de comparación con estudios de otros paí-

ses a partir de los datos del manual del equipo de Kay Elemetrics.²⁰

Nuestros resultados son más comparables con los del estudio de España²¹ que con otros reportes de Turquía,²² Italia y Brasil,²³⁻²⁵ porque estos últimos son sólo parcialmente comparables por las diferencias de parámetros o por el sexo o las edades de los sujetos estudiados. No encontramos referencias de otros países de habla hispana, aunque existen publicaciones relacionadas con el análisis de la voz que no fueron de utilidad para establecer comparaciones con este estudio.²⁶⁻²⁸

En el *cuadro IV* se anotan los resultados obtenidos en sujetos del sexo masculino y la comparación con los datos de otros estudios. Se anotan también, siempre que existió la información, el número de pacientes y las edades de los sujetos de cada uno de ellos. Además, se consigna la información normativa que plantea el protocolo del equipo en el programa de análisis multidimensional de la voz (PAMV o MDVP, por sus siglas en inglés) del CSL 4300B. Para los de este estudio se anotan, en diferentes columnas, el número de sujetos según los diferentes rangos de edad considerados.

En el *cuadro V* se consignan los mismos datos del cuadro anterior, obtenidos en sujetos del sexo femenino.

A partir de los resultados obtenidos y de la comparación realizada, decidimos proponer valores globales de umbrales

Cuadro IV. Comparación de parámetros del MDVP en hombres, por edad.

Parámetro		Hombres								
País		Brasil	Brasil Belhau	Turquía	Italia	MDVP	España	México	México	México
Núm. pacientes		20	30	26	11	Masc. y Fem.	62	40	60	80
Edades (años)		20-45			19-59		20-43	20-4	20-50	20-60
Perturbación de frecuencia	JITA			79.88		83.20	57.53	64.23	67	66
	JITT	0.49	4.1	1.61		1.04	0.68	0.8	0.873	0.88
	PPQ			0.97		0.84	0.4	0.45	0.51	0.51
	RAP			0.96		0.68	0.39	0.46	0.506	0.532
	SPPQ					1.02	0.68	0.74	1.03	0.98
Perturbación de amplitud	ShdB			0.48	0.269	0.35	0.33	0.27	0.32	0.33
	Shimm	0.23	4.3	5.42	2.892	3.81	3.82	3.19	3.7	3.84
	APQ				2.611	3.07	3.06	2.38	2.68	2.87
	SAPQ			3.99	3.433	4.23	4.87	4.44	4.56	4.74
	VTI					0.06	0.05	0.03	0.03	0.05
	SPI					14.12	8.78	14.61	13.4	12.49
	NHR			0.14		0.19	0.14	0.12	0.13	0.13
Frecuencia fundamental	Fo	120	113				120	125	131	133

Cuadro V. Comparación de parámetros del MDVP en mujeres, por edad.

Parámetro		Mujeres								
País		Brasil	Brasil Belhau	Turquía	Italia	MDVP	España	México	México	México
Núm. pacientes		20	30	21	24	Masc. y Fem.	86	40	60	80
Edades		20-45			19-59		20-43	20-40	20-50	20-60
Perturbación de frecuencia	JITA			79.88		83.20	48.61	36.95	43	50
	JITT	0.62	1.5	1.61		1.04	0.94	0.8	0.963	1.07
	PPQ			0.97		0.84	0.55	0.5	0.576	0.635
	RAP			0.96		0.68	0.57	0.48	0.576	0.645
	SPPQ					1.02	0.75	0.58	0.673	0.802
Perturbación de amplitud	ShdB			0.48	0.2	0.35	0.34	0.26	0.293	0.32
	Shimm	0.22	2.3	5.42	2.22	3.81	3.89	3.16	3.46	3.77
	APQ				1.75	3.07	2.87	2.06	2.266	2.5
	SAPQ			3.99	3.3	4.23	5.13	3.46	3.63	3.9
	VTI					0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
	SPI					14.12	8.36	8.88	8.11	8.79
	NHR			0.14		0.19	0.13	0.12	0.12	0.12
Frecuencia fundamental	Fo	206	236	229			200	215	220	218

para hombres y mujeres de cualquier edad. Si partimos de la base de que la absoluta normalidad corresponde a 0.000, los valores que proponemos constituyen el límite después del cual puede considerarse como anormal el parámetro en estudio. Estos valores se anotan en el *cuadro VI*.

Análisis digital de la voz en pacientes implantados

En relación con el segundo objetivo de este trabajo, se analizaron cuatro parámetros básicos en pacientes con implante coclear (IC). Se estudiaron 39 personas con edades comprendidas entre 2 y 58 años. A todos se les hizo grabación de la vocal /a/ con el equipo CSL de manera similar a la de los sujetos normales, antes de la implantación con dos tipos de IC (Cochlear y Medel) con los que se usaron estrategias ACE y CIS.

Con las voces registradas se estudiaron solamente los valores de cuatro parámetros de la voz y se analizó la evolución de esos valores después de la implantación. Los parámetros estudiados fueron la frecuencia fundamental (Fo), el tremor o jitter, el centelleo o shimmer y la relación señal/ruido.

Cabe mencionar que el análisis de la Fo en este grupo de personas implantadas sólo se realizó en 16

adultos, 3 mujeres y 13 hombres, por considerar que en niños no deberían encontrarse cambios sustanciales por efecto de sexo. El jitter, el shimmer y la relación armónicos/ruido se estudió en 39 pacientes.

En la *figura 3* pueden apreciarse los resultados de los cambios en la Fo obtenidos en tres mujeres adultas y 13 hombres adultos implantados. Se observa con claridad que, salvo los dos casos marcados con flecha, una mujer y un hombre, la Fo disminuyó de manera significativa. La altura tonal elevada, propia de la carencia de control del Corti en las personas sordas, desciende a niveles de normalidad una vez que se restablece el canal auditivo con el IC.

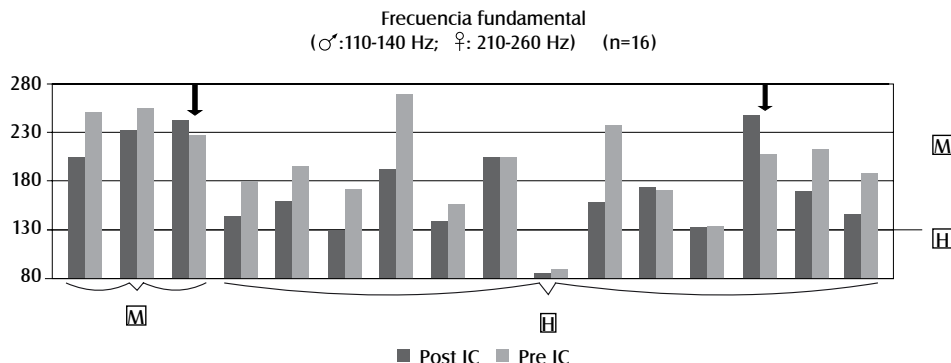
En la *figura 4* se aprecia que en relación con el jitter, antes de la implantación solamente estaba dentro de la norma el 13% de los 39 casos estudiados. Después de la implantación, el jitter queda dentro de valores de normalidad en el 90% de los casos.

En cuanto al shimmer, se puede observar en la *figura 5* que estaba fuera de la norma antes de la cirugía en aproximadamente el 50% de los casos (19/39). Después de la implantación, sólo permaneció afectado en el 35% de los casos (10/39).

Finalmente, se muestran en la *figura 6*, los datos relacionados con la relación señal/ruido, parámetro de gran

Cuadro VI. Propuesta de “umbrales” normales para 13 parámetros de la voz.

		Hombres	Mujeres	MDVP	
		120	120	Valores indistintos para hombres y mujeres	
Parámetro		> 20 años	> 20 años		
Perturbación de frecuencia	JITA	86.00	85.00	83.20	85.00
	JITT	1.05	1.15	1.04	1.15
	PPQ	0.85	0.85		0.84
	RAP	0.70	0.70		0.68
	SPPQ	1.02	1.02		1.02
Perturbación de amplitud	ShdB	0.38	0.35	0.35	0.40
	Shimm	4.10	4.05		3.81
	APQ	3.10	3.00		3.07
	SAPQ	4.90	4.30		4.23
	VTI	0.06	0.06		0.06
	SPI	14.50	14.10		14.12
	NHR (%)	0.13	0.12		0.13
Frecuencia fundamental	Fo	125	220	No valorable	

**Figura 3.**

La Fo disminuye de manera significativa después de la Cx. Las voces de tonalidad elevada tuvieron una evidente tendencia a migrar hacia tonalidades más bajas.

importancia que fue anormal en todos los casos antes de la implantación, pero que se normalizó en más del 50% de los casos después de ella, con una clara tendencia a la normalización en todos los demás casos.

Discusión y conclusiones

Los parámetros acústicos que encontramos son similares a los de estudios realizados en otros países, pero en este primer reporte de valores para la población mexicana hay claras diferencias, por edad y sexo, que deben tomarse en cuenta al estudiar hombres o mujeres de diferentes edades. El estudio de España es el más cercano al nuestro, pero sólo comprendió a 148 adultos sanos, 62 hombres y 86 mujeres,

con edades de 20 a 43 años. En este estudio, con propósitos de utilidad y aplicabilidad clínica se proponen “umbrales” generales para considerar valores de normalidad.

Con base en lo anterior, analizamos los datos de pacientes implantados en quienes mejora evidentemente la calidad vocal. Resulta evidente que la Fo, generalmente más aguda que lo normal en las personas sordas, hombres o mujeres, desciende a niveles normales al ser implantada. Igualmente, se puede apreciar que el shimmer, pero sobre todo el jitter y la relación señal/ruido mejoran al abrirse el canal auditivo con el IC.

El IC restablece funciones auditivas y propicia el desarrollo del lenguaje, pero la voz es un elemento fundamental de las funciones expresivas. La implantación coclear permite un mejor control de las emisiones vocales, al existir una

nueva forma de aferentación auditiva, y si bien debemos preocuparnos por la maduración de la percepción de los sonidos y por el desarrollo del lenguaje oral en los niños sordos implantados, es necesario tener conciencia de que

la voz del sordo no debe ser áspera, estridente, aguda o monótona. En tanto la voz envuelve al lenguaje, debemos prestarle atención y cuidar su total restablecimiento como parte importante de la labor (re) habilitatoria.

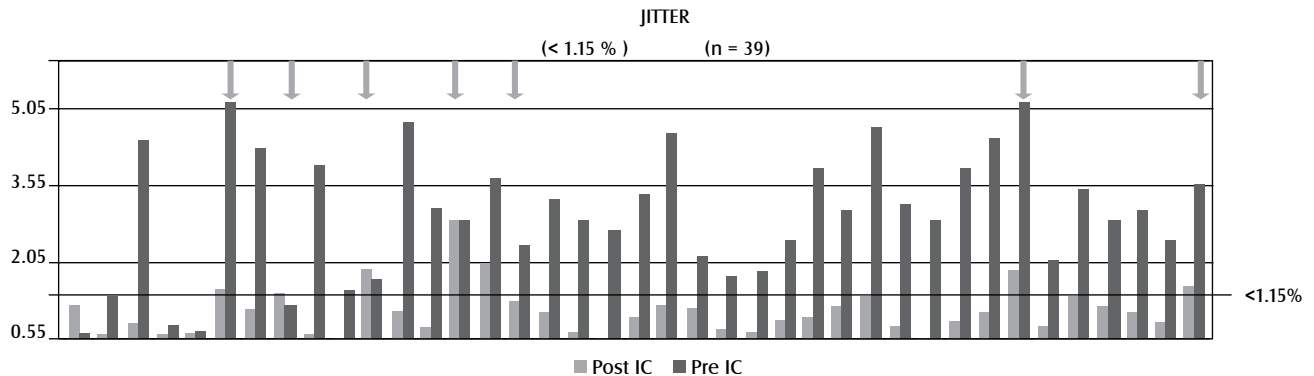


Figura 4. Jitter: antes del IC, solamente el 13% de los casos estaba dentro de la norma; después del IC, el jitter es normal en el 90% de los casos.

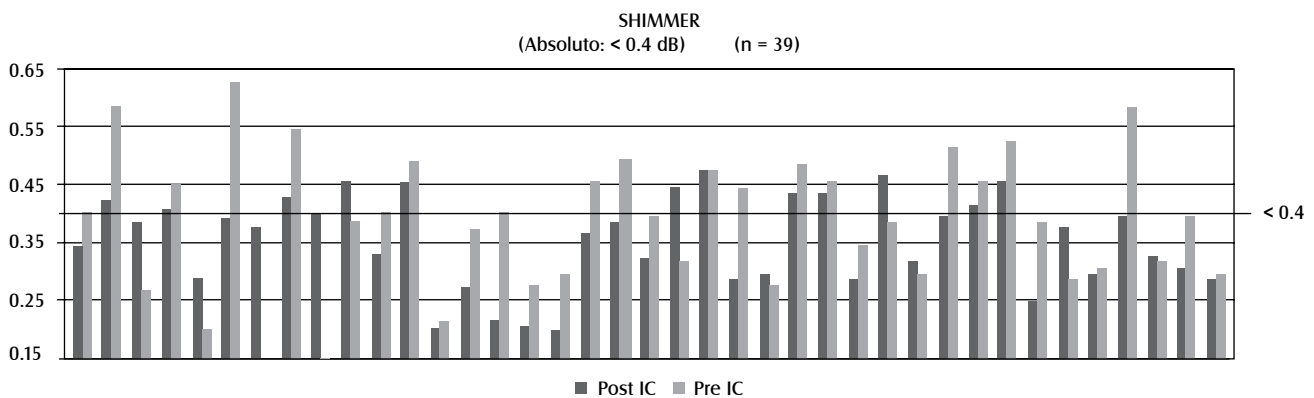


Figura 5. Shimmer: estuvo fuera de la norma en el periodo preoperatorio en la mitad de los casos. Después de la cirugía, sólo permaneció afectado en alrededor del 25% de los casos.

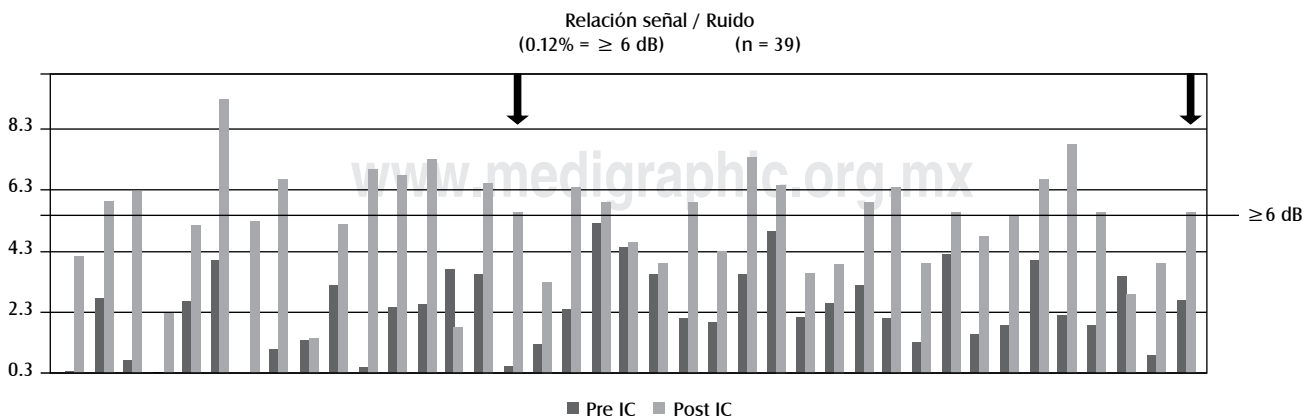


Figura 6. Relación señal/ruido: antes de la Cx, la RSR fue anormal en todos los casos. Después de la Cx se observó la normalización en casi el 60% de los casos y una clara tendencia hacia la normalización en el resto de ellos.

Este estudio sienta las bases del análisis de las características de la voz en pacientes con patología vocal pero también en implantados, tanto para observar su normalización por efectos del IC, como para hacer el seguimiento objetivo de cambios que lleven a ella, con la participación de la necesaria terapéutica vocal. En estudios complementarios, tanto en personas con audición normal como en personas implantadas deberá estudiarse el comportamiento de las formantes, la articulación de las vocales, las transiciones consonante-vocal-consonante y muchas facetas más del fenómeno lingüístico.

Podemos afirmar entonces que el IC permite mejorar la percepción auditiva pero que debe también propiciar un mecanismo expresivo normal, por lo que la evaluación de voz y lenguaje debe ser parte fundamental de cualquier programa de implantación. A la finura de la evaluación audiológica y del análisis foniatrico clínico subjetivo se puede y se debe sumar la evaluación instrumental digital objetiva, con lo que la apertura de esta línea de investigación permitirá consolidar los frutos de los campos audiológico y foniatrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Blamey P, Barry J, Bow C, Sarant J, Paatsch RW. The development of speech production following cochlear implantation. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2001; 15 (5): 363-382.
- Bouchard MEG, Normand MT, Cohen H. Production of consonants by prelinguistically deaf children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2007; 21 (11-12): 875-884.
- Hildesheimer M, Teitelbaum R, Segal O, Tenne S, Rabin LK, Ironenberg Y et al. Speech perception results-the first 10 years of a CI program. *Scandinavian Audiology*. 2001; 30 (1): 39-41.
- Liker M, Mildner V, Sindija B. Acoustic analysis of the speech of children with cochlear implants: a longitudinal study. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2007; (21): 1-11.
- Miyamoto RT, Kirk KI, Robbins AM, Todd S, Riley A. Speech perception and speech production skills of children with multichannel cochlear implants. *Acta Otolaryngologica*. 1996; 116 (2): 240-243.
- Snow DP, Ertmer DJ. Children's development of intonation during the first year of cochlear implant experience. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2012; 26 (1): 51-70.
- Snow DP, Ertmer DJ. The development of falling intonation in young children with cochlear implants: a 2-year longitudinal study. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2013; 27 (6-7): 447-458.
- Tobey EA, Wiessner N, Lane J, Sundarajan M, Buckley KA, Sullivan J. Phoneme accuracy as a function of mode of communication in pediatric cochlear implantation. *Audiological Medicine*. 2007; 5 (4): 283-292.
- Coelho AC, Brasolotto AG, Bevilacqua MC. Systematic analysis of the benefits of cochlear implants on voice production. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012; 24 (4): 395-402.
- Márquez ACS, Madrazo CMJ, Ibarra GD, Olvera GJL. La muda vocal del adolescente con implante coclear. *Rev Mex Com Audiol Oton Foniatr*. 2012; 1 (3): 158-162.
- Coelho AC, Bevilacqua MC, Oliveira G, Behlau M. Relationship between voice and speech perception in children with cochlear implant. *Pró-fono*. 2009; 21 (1): 7-12.
- Snow D, Ertmer D. The development of intonation in young children with cochlear implants: a preliminary study of the influence of age at implantation and length of implant experience. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2009; 23 (9): 665-679.
- Langereis MC, Bosnian AJ, Adriaan van Olphen AF, Smoorenburg GF. Effect of cochlear implantation on voice fundamental frequency in post-lingually deafened adults. *Int J Audiol*. 1998; 37 (4): 219-230.
- Vandam M, Helvie DI, Moeller MP. Point vowel duration in children with hearing aids and cochlear implants at 4 and 5 years of age. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2011; 25 (8): 689-704.
- Horga D, Liker M. Voice and pronunciation of CI speakers. *Clinical Linguistics & Phonetics*. 2006; 20 (2-3): 211-217.
- Tarneau J. *Précis de thérapeutique vocale*. Paris: Masson; 1955. pp. 21-52.
- Arauz JC. Laboratorio de voz. *Otolaringológica*. 1995; 17: 17.
- Berruecos VP. Voice changes in cochlear implant users. Proc. XXVIII Int. Congress of Audiology. Innsbruck, Austria. 2006. Available in: www.isa-audiology.org.
- Kay Elemetrics corp. Software instruction manual Multi-Dimensional Voice Program (MDVP), model 5105, Versión 2.0 USA. 1999.
- Kay Pentax. Multi Dimensional Voice Program (MDVP), model 5105. Software instruction Manual, Appendix D: Extracted Parameters. Lincoln Park, NJ, USA. 2008.
- González J. Fiabilidad de los parámetros de la voz. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2002; 53: 256-268.
- Haldun O, Mehmet A, Mustafa A. Comparison of results in two acoustic analysis programs: PRAAT and MDVP. *Turk J Med Sci*. 2011; 41 (5): 835-841.
- Nicastri M, Chiarella G. Multidimensional voice program and amplitude variation parameters in euphonic adult subjects. Normative study. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2004; 24: 337-341.
- Behlau M. Voz: libro del especialista. Revinter. Brasil 2001; 1: 138-151 y 172-176.
- Naufel FA, Marottu M. Standardization of acoustic measures for normal voice patterns. *Rev Bras ORL*. 2006; 72 (5): 659-664.
- Coster O, Marx B. Cualitativa and cuantitativa analysis of voice. *J Voice*. 1999; 13 (3): 355-374.
- Morente JC et al. Estudio objetivo de la voz en población normal y en la disfonía por nódulos y pólipos vocales. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2001; 52: 476-482.
- Saracco MF. *Quality of the voice, resonance and modalities phonatories in children deafness with different auditive prothesis* [dissertation]. Fac. Ciencias Médicas. Escuela de Fonoaudiología; 2002.

Correspondencia:

Dra. María de La Paz Hernández Pérez

Audióloga Foniatra.

Clínica de Prevención del Riesgo Coronario.

Mollendo Núm. 617 Col. Lindavista, Gustavo A. Madero.

55860204 y 55867201

E-mail: hptaz2@hotmail.com