

# ANÁLISIS DEL LLANTO EN NIÑOS HIPOACÚSICOS Y NORMOYENTES DE 0 A 2 AÑOS DE EDAD

Emilio Arch-Tirado\*, Antonio Verduzco-Mendoza\*, Mario Mandujano Valdés\*\*, Carlos Alberto Reyes-García\*\*\*, Alfonso Alfaro-Rodríguez\*, María del Carmen Sánchez\*\*, Carlos Fabián Martínez-Cruz\*\*\*\*, Verónica Taboada-Picazo\*

## SUMMARY

Infant crying is a complex phenomenon that implies several functions: breathing, action of laryngeal and supra-laryngeal muscles under the control of the neurovegetative systems of the brainstem, and the limbic system, and the association of cortical areas and the cerebellum. Although it is a communication system different to babbling and language, it is related with the future development of phonation. Cry analysis provides information about the neurophysiologic and psychological states of newborns and the identification of perinatal abnormalities. It is necessary to discuss the subject extensively because there are new data on situations such as laringomalacia, congenital hypothyroidism, deafness and sleep apnea that seem to be associated to infantile crying behaviors.

Infant cries can be analyzed as behavioral conditions (hunger, anger and pain cries) allows knowing of mother-child relationship or the effect under diverse cultural conditions, such as stress, emotional deprivation or illness. A spectrographic analysis of the cries may identify several characteristics: threshold, latency, duration of phonation, maximum and minimum of the fundamental frequency (F0), occurrence and maximum pitch of shift, gliding, melody, biphonation, bifurcation, noise concentration, quality of the voice, double harmonic break, glottal plosives, vibratos, melody types, F0 stability and inspiratory stridor. To date, it has not been possible to establish alteration patterns. The best studied variables are F0, its harmonics and the duration of each emission; it is accepted that F0 varies between 400 and 600 Hz, during  $1.4 \pm 0.6$  s. Under such approaches, diverse alterations and risk factors have been studied: congenital alterations, malnutrition, sudden death, maternal exposition to drugs, prematurely born babies or perinatal asphyxia and disturbances of the central nervous system. Authors have reported F0 equal or less than 300 Hz in cases of sudden death or with high frequencies, near the 1000 Hz in the *Cri du chat* syndrome, perinatal asphyxia and other cases who died suddenly. During the cry, there is an increase of intra-abdominal pressure, heart rate and blood pressure, reduction of oxygen saturation, increase of the intra cranial-pressure, beginning of stress reactions, depletion of the energy and oxygen reserves, such as the found in the Valsalva's maneuver. Every event of prolonged cries

implies alteration of the breathing control like a Hering-Breuer reflex. Considering that some authors have proposed early vocalizations are a good predictor of deafness, in a previous paper we reported the characteristics of the cry of 20 deaf neonates. However, we were not able to demonstrate differences when comparing them with normal hearing neonates and infants, using only parametric methods. Still, we decided to go further and investigate the quality of infant cries of deaf neonates and infants.

**Material and methods.** Twenty zero-to two-year old cases were studied; they were deaf children of both sexes; all cases were included in a follow-up program on the Human Communication Department of the National Institute of Perinatology of Mexico and were compared with 20 normal hearing children. We recorded Brain Stem Evoked Auditory Responses (BEAR) and cry recording using a digital Sony recorder during the physical exploration. We analyzed the frequency (Hz) and duration of the expiratory cries, the duration of inspiration between two cry emissions and the characteristics of the spectrogram.

*Quantitative analysis.* The usual estimates of means and standard variation were obtained and they were compared with one way analysis of variance. We organized typologies of frequency by means of cluster techniques (Ward method). The distribution of the duration of the periods of crying and silence was explored with a contingency tables.

*Qualitative analysis.* Two standardized observers visually analyzed all the cries to determine any variation of F0 and of harmonic frequencies. Whenever a variation of F0 was observed, we obtained maximum and minimum frequencies, as well as average duration of each cry emission. The procedure was validated by means of the graphic comparison with a Fourier's analysis.

**Results.** Mean duration of cries in the deaf group was  $0.5845 \pm 0.6150$  s (range 0.08-5.2 s), while in the group of normal hearing cases was  $0.5387 \pm 0.2631$  (range 0.06-1.75 s). From the deaf group, five cases had very prolonged duration of cries, without statistical significance. The mean duration of the inspiration was  $0.3962 \pm 0.2326$ , with a range of 0.06 to 1.75 in the deaf group and of  $0.4083 \pm 0.1854$ , with a range of 0.21 to 0.96, in the controls, without difference among groups. There was no correlation between the time of expiratory cry and that of the inspira-

\*Instituto Nacional de Rehabilitación.

\*\* Laboratorio de Seguimiento del Neurodesarrollo. Universidad Autónoma Metropolitana-X /Instituto Nacional de Pediatría.

\*\*\* Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica-INAOE.

\*\*\*\* Instituto Nacional de Perinatología.

Correspondencia: Dr. Emilio Arch Tirado. Instituto Nacional de Rehabilitación. Torre de Investigación 2do piso. Laboratorio de Bioacústica. Calz. México-Xochimilco 289, col. Arenal de Guadalupe, Tlalpan, 14389 México DF. arch@infosel.net.mx Tel.59991000 ext. 19312.

Recibido primera versión: 30 de marzo de 2006. Segunda versión: 27 de junio de 2006. Aceptado: 20 de julio de 2006.

tion. Three cry topologies were organized: one of shorter duration (mean 0.30 s), with 111 spectrograms, an intermediate one (mean 0.73) with 85 spectrograms and one of prolonged duration (mean 4.5 s) with spectrograms of three cases. Three topologies of the inspiratory period were obtained: one of short periods (mean 0.33 s), with 171 spectrograms, one of intermediate duration (mean 0.80 s) with 18 spectrograms and one of prolonged duration (mean 1.60 s) with three cases. There were no statistical differences of topologies between the deaf groups and normal hearing cases. On the qualitative analysis of cries, we came across several variations which are interpreted as abnormalities: vibratos, poor melodic control, loss of fundamental frequencies, harmonic limited production, plosives, gliding, bi phonation, and a loss of intensity at end of cry emissions. These changes were also observed on the control cases, but only in a very limited number.

**Discussion.** Cry spectrogram analysis are non invasive indicators of the neonate's neurophysiologic organization. Although cry duration varies in healthy newborns, the accepted variation for a normal range is 1.1 to 2.8 s, with standard deviations around 0.6 s. Consistent differences have not been demonstrated between risk and control groups. However, abnormal cases such as Down syndrome or severe asphyxia have very short cries, whereas on the *Cri du chat* syndrome the duration of cries is prolonged. Extended cries imply cardiac and respiratory risks which have been associated with later outcomes as development retardation and sudden death. There are also some questions to solve, such as the regulation and control of cry, starting from breathing mechanisms or from a sensorial afferent, mediated by hearing. The deaf infants are constituted in a study model, considering that the auditory afference is suppressed and the control of the cry is restricted to the breathing environment. In the studied spectrograms, the duration of the cry was within reported normal limits by other authors, inasmuch in the normal hearing control cases as in the deaf, except the dissident cases, but without these reaching statistical significance. Further research of brainstem function is needed for the abnormal cases with prolonged cry periods, since such cries are interpreted as an alteration of the breathing reflexes of Hering-Breuer, which might have a pathological meaning in the sense of the sob's spasm or even more severe risk factors as sleep apnea and even sudden death.

The qualitative analysis in the deaf individuals demonstrated a poor quality and unstable character of melodic control, with a smaller number of harmonics. The deaf cases lost the relationship between the fundamental frequencies and their harmonics, mainly because of the participation of supraglottic structures that modulate pitch and due to the poorness of melodic control, either for monotony or due to the impossibility of returning to a normal pattern, following variations such as vibrato, plosives or noise concentration. In the cases of prolonged cries, starting from the third second, the sound intensity tends to diminish and the harmonics are lost, perhaps due to a decrease of the subglottal pressure of phonation. This finding supports the auditory control of crying related to breathing mechanisms.

**Conclusions.** In preliminary terms, by means of the melodic analysis of the spectrograms, differences are demonstrated between the cries of the deaf and of the normal hearing cases. The increase of the complexity of the melody of the cry, or their poverty, are indicative of the neuromuscular function and they may support the evaluation of phonation before language development. The study of the spectrograms of deaf individuals does not constitute an element for the detection or for diagnosis since, to date, estimators of sensibility or of specificity have not been

established, but they constitute a support for its integral evaluation, with the possibility of evaluating and of improving therapeutic rehabilitation.

**Key words.** Cry, deafness, language acquisition.

## RESUMEN

El llanto de los recién nacidos y lactantes es un fenómeno complejo que implica la producción de sonidos. Aunque no se sabe con certeza si el llanto constituye un sustrato para el lenguaje, los mecanismos fisiológicos de control del primero son similares a los que controlan el segundo. Así, el análisis del llanto provee información útil acerca del estado neurofisiológico y psicológico del neonato y del lactante, y permite la identificación de anomalías del llanto infantil. Asimismo, puede proveer información útil relativa al desarrollo del lenguaje. Por último, el llanto se puede estudiar desde diversos enfoques para obtener información importante en cuanto a sus características fonológicas y acústicas. El objetivo del presente trabajo fue profundizar sobre el estudio del llanto del niño hipoacúsico. Para ello se exploraron las diferencias cuantitativas y las posibles diferencias cualitativas respecto de un grupo de neonatos sin patología, bajo el supuesto del control auditivo de las características del llanto.

**Material y métodos.** *Sujetos.* Se estudiaron 20 niños de 0 a 2 años de edad, con hipoacusia profunda y 20 niños normoyentes. Se registró su llanto con una grabadora digital Sony durante la exploración física rutinaria. Los registros se analizaron en el Laboratorio de Bioacústica del Instituto Nacional de Rehabilitación, utilizando el software Cool Edit 96. El análisis se realizó comparando el grupo de hipoacúsicos con el de normoyentes. Para comparar los resultados entre grupos, se estimaron las medidas de tendencia central y dispersión y se contrastaron mediante análisis de varianza de una vía.

**Resultados.** El promedio de la duración del llanto en el grupo de hipoacúsicos fue de  $0.5845 \pm 0.6150$  seg, con un rango de 0.08 a 5.2 seg, en tanto que en el grupo control fue de  $0.5387 \pm 0.2631$ , con un rango de 0.06 a 1.75. En el grupo de los hipoacúsicos, se observaron cinco casos con una duración muy prolongada del llanto; en los análisis de varianza de una vía, las diferencias no alcanzaron significado estadístico. En el grupo control no se observaron casos con llanto prolongado. El promedio de los periodos inspiratorios fue de  $0.3962 \pm 0.2326$ , con un rango de 0.06 a 1.75, en los hipoacúsicos, y de  $0.4083 \pm 0.1854$ , con un rango de 0.21 a 0.96, en los controles. La exploración de datos mediante conglomerados se condujo con el método de Ward. La exploración de las tipologías con los grupos de hipoacúsicos y normoyentes no alcanzó significado estadístico.

En el análisis de contingencia, 57.49% de los llantos de los sordos fueron cortos, 40.72% de duración intermedia y 1.8% muy prolongados. La diferencia del promedio de los llantos prolongados con los de duración intermedia fue de 3.6 s, pero no alcanzó nivel significativo.

En el análisis cualitativo de los llantos se apreciaron cambios consistentes considerados anormales: vibrato, inestabilidad y deficiencia melódicas, consistentes en pérdida de la frecuencia fundamental (F0), pérdida o limitación en la producción de armónicos, llantos explosivos, deslizamientos, bifonación y pérdida de la intensidad del llanto al final del periodo. Aunque estos cambios pueden observarse en los controles, sólo llegan a presentarse de manera esporádica.

Análisis cualitativo de los espectrogramas. En primer término, se procedió a la estandarización del método. Dos observadores calibrados determinaron la presencia de características de variación de la F0 y de los armónicos, y se validó mediante el contraste gráfico con el análisis de Fourier en niños hipoacúsicos y normoyentes, todos ellos pacientes del Instituto Nacional de Rehabilitación.

#### Conclusiones

1. El análisis cuantitativo del llanto de los hipoacúsicos no permite apreciar diferencias estadísticas significativas con respecto de los casos normoyentes.
2. El análisis cualitativo de los espectrogramas del llanto de los hipoacúsicos es diferente de los normoyentes, por su deficiente control melódico y por la aparición de anomalías.
3. Se requiere profundizar en los estudios, especificando los detalles del método para mejorar la obtención y la comparabilidad de los datos.
4. El espectrograma del llanto de los hipoacúsicos podrá apoyar a la terapéutica con el propósito de mejorar su calidad de fonación.

**Palabras clave:** Llanto, hipoacusia, adquisición de lenguaje.

## INTRODUCCIÓN

El llanto de los recién nacidos y de los lactantes es un fenómeno complejo que implica la producción de sonido por el aparato fonoarticulador (cuerdas vocales, laringe, faringe y cavidad oral) y que ocurre fundamentalmente durante la fase espiratoria de la respiración. Este proceso presupone el funcionamiento de los músculos respiratorios, laríngeos y supralaríngeos, por lo que queda bajo el control de los sistemas de regulación neurovegetativa del tallo cerebral, especialmente el complejo vagal que incluye los pares craneales IX a XII (12). Es también un mecanismo innato de expresión conductual de estados funcionales que se consideran fases muy tempranas de naturaleza emocional o psicológica. Se considera asimismo como un medio de comunicación que permite alcanzar la satisfacción de necesidades básicas como: hambre, sueño, incomodidad y dolor durante los primeros meses de vida. El llanto es controlado por estructuras suprasegmentarias como el sistema límbico, las áreas corticales de asociación y el cerebelo (3, 24). Alrededor de los tres meses, el infante amplía su repertorio comunicativo; por una parte, modula su llanto (33) y es capaz de demandar atención, lograr cambios de actividad, posición y expresar sentimientos; por otra, surgen nuevas expresiones conductuales como el balbuceo (2). Rothganger (2003) postula que, en el desarrollo ontogenético, el llanto constituye un sistema de comunicación distinto del balbuceo y del lenguaje, aunque comparten el mismo canal acústico, conservando relaciones funcionales con el control respiratorio (27). Michelson (1999) describe la relación del llanto infantil con el desarrollo futuro de la fonación (20). De los seis a los

nueve meses de edad es frecuente que los lactantes pasen fácilmente del balbuceo al llanto y viceversa en el contexto de interacciones comunicativas con la madre. Los análisis conductual y espectrográfico de las emisiones sonoras de los recién nacidos y lactantes demuestran que en un solo episodio coinciden el llanto, la vocalización, la fonación inspiratoria, la producción de ruidos y aun la tos. Tales variaciones pueden corresponder a cambios en la regulación del comportamiento o a la compleja organización de los esquemas funcionales de producción sonora.

Aunque no se sabe con certeza si el llanto constituye un sustrato del lenguaje oral, los mecanismos fisiológicos de control del llanto son similares a los que controlan a aquél (11). Así, el análisis del llanto provee información útil acerca del estado neurofisiológico y psicológico del neonato y ayuda a la identificación de posibles anomalías perinatales (1). Si bien se acepta que la regulación de los aspectos aerodinámicos de la fonación se conforma de acuerdo con los patrones neurofisiológicos básicos, aún hay preguntas sin resolver, como la regulación auditiva de la presión respiratoria subglótica (18). El balbuceo y el desarrollo del lenguaje se relacionan con la audición, no sólo en lo relativo a la información aferente, sino en lo respectivo a la calidad de la voz. La obtención de datos neurofisiológicos motiva la proposición de nuevas teorías en relación con el estudio del llanto en niños con diferentes condiciones fisiopatológicas como: la laringomalacia, el hipotiroidismo, la hipoacusia y la apnea del sueño, entre otras (23).

El llanto se puede analizar desde el punto de vista conductual: llanto básico, por hambre, llanto de enojo y llanto de dolor, lo que permite conocer ciertos aspectos de la relación madre-hijo o estudiarlos en diversas condiciones culturales, de entorno médico asistencial, de estrés, privación emocional o enfermedad (31).

Fisiológicamente se pueden analizar diversas características del espectrograma del llanto: umbral, latencia, duración de la fonación, máximo y mínimo de la frecuencia fundamental (F0), máximo timbre de cambio, deslizamiento, estructura melódica, bifonación, bifurcación, concentración de ruido, calidad de la voz, doble ruptura de armónicos, explosiones glóticas, vibrato, anomalía de la melodía, estabilidad de la F0 y estridor inspiratorio (31).

Diversos trastornos laríngeos y alteraciones del Sistema Nervioso Central han sido estudiados en pacientes con patologías congénitas, con desnutrición, prematuridad o asfixia perinatal, o que posteriormente presentaron muerte súbita, y en pacientes con antecedentes de exposición materna a cocaína o marihuana. Fort (1998) propuso analizar el llanto de los niños recién nacidos como un primer filtro de detección (5, 6, 9).

A su vez, Robb y Goberman (1997) compararon grupos de infantes recién nacidos pretérmino con problemas respiratorios o neurológicos, y llantos de recién nacidos normales, con lo que demostraron que no existen diferencias significativas entre ambos grupos. Así concluyeron que el control neurológico del llanto entre los grupos es similar (25, 26).

La mayoría de los autores aceptan que la F0 normalmente varía entre 400 y 600 Hz y la duración de cada emisión de llanto varía entre  $1.4 \pm 0.6$  seg (19). Para estimar la anormalidad de la F0, se han reportado alteraciones en ambas direcciones, es decir, variaciones a la baja, con F0 igual o menor que 300 Hz, como en algunos casos de muerte súbita, o con frecuencias altas, cercanas a los 1000 Hz, como en el *Cri du chat*. La duración del llanto puede variar en ciertas condiciones de riesgo como el labio y paladar hendido, la asfixia perinatal, la prematuridad y la muerte súbita (4, 21, 22, 32).

Lester y cols. realizaron estudios del llanto en diversas condiciones de riesgo y morbilidad como la desnutrición, el consumo materno de marihuana y cocaína, retardo del desarrollo futuro, asfixia neonatal y prematuridad. Con ello demostraron variaciones como llanto inicial prolongado, tono alto, baja amplitud, arritmia, latencia prolongada para el siguiente llanto y disfonía, que se relacionaron con alteraciones del Sistema Nervioso Central. Los estudios de las características del llanto continuaron en niños recién nacidos con asfixia perinatal, y las alteraciones y secuelas se relacionan con el grado de asfixia (6, 12-16).

En cuanto al estudio de casos con hipoacusia, Eilers (1994) refiere que las vocalizaciones emitidas por infantes a edades tempranas pueden servir para establecer un diagnóstico precoz en las deficiencias auditivas (7). Schonweiler y cols. (1996), empleando sistemas de redes neurales para el análisis espectrográfico del llanto, encontraron diferencias que calificaron como obvias entre infantes hipoacúsicos y normales (30). Por su parte, Wermke (2002) señala el problema para el control melódico del llanto de los hipoacúsicos (33). Según esta hipótesis, Arch-Tirado y cols. (2004) analizaron las características del llanto de 20 neonatos hipoacúsicos sin demostrar diferencia al compararlos con un grupo de lactantes con audición normal. Para ello emplearon métodos paramétricos, en correspondencia con los hallazgos de otros autores (1, 10, 28).

Con respecto a los métodos de estudio existe una amplia variación, no sólo entre programas de software, sino en estrategia de métodos: coeficiente de predicción lineal (LPC), coeficientes cepstrales de frecuencia Mel (MFCC) y con transformación CZT y métodos de redes neurales, entre otros. No obstante, por una parte los resultados tienden a ser similares;

por otra, en la mayoría de las investigaciones se realiza comparación con grupos control (8, 9, 29, 30).

Se ha tratado de determinar la correlación entre las características del llanto y las respuestas auditivas provocadas del tallo cerebral para casos de hiperbilirrubinemia (12). Así, Zeskind (1996) estudió casos de las frecuencias más elevadas en el llanto. Encontró que los infantes con frecuencias altas tienen además latencias más prolongadas, duración más corta del primer llanto y episodios más cortos del mismo. Concluyó que un umbral elevado para llanto se asocia con alteraciones de la regulación autonómica sobre sistemas rítmicos, lo cual afecta el funcionamiento (34, 35).

Además, es relevante señalar que en el llanto, como en la maniobra de Valsalva, la secuencia a corto y a mediano plazo incluye aumento de la presión intraabdominal, de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial, reducción de la saturación de oxígeno, aumento de la presión intracraneana, inicio de respuestas de estrés, depleción de las reservas energéticas y de oxígeno (17). En caso de llanto prolongado, implica alteración del control respiratorio por el reflejo cardíaco de Hering-Breuer (35).

El objetivo del presente trabajo fue profundizar en el estudio del llanto del niño hipoacúsico para explorar posibles diferencias cuantitativas y cualitativas, en comparación con un grupo de neonatos sin patología, bajo el supuesto del control auditivo de las características del llanto.

## MATERIAL Y MÉTODOS

*Sujetos.* Se estudiaron 20 niños normoyentes y 20 niños con hipoacusia profunda de 0 a 2 años de edad, con un promedio de ocho meses. Los participantes fueron de uno y otro sexos en ambos grupos, ya que la muestra fue pareada en función a los hipoacúsicos.

Posteriormente a su detección, los casos con hipoacusia profunda se incluyeron en un programa de seguimiento longitudinal en el Instituto Nacional de Perinatología (INPer) de la ciudad de México. Se les realizó un registro de potenciales provocados auditivos de tallo cerebral (PPATC) para corroborar, en un grupo, la pérdida auditiva y, en el otro, la audición normal. Se grabó el llanto con una grabadora digital Sony durante la exploración médica. Los registros fueron analizados en el Laboratorio de Bioacústica del Instituto Nacional de Rehabilitación utilizando el software Cool Edit 96. Se analizó la frecuencia y duración del llanto espiratorio (actividad acústica, periódica o aperiódica, que puede ocurrir durante la fase espiratoria del ciclo del llanto). Cualquier llanto espiratorio de menos de 50 ms de duración se consideró como actividad no

acústica. Se analizó la duración del periodo de inspiración, sin llanto, entre dos emisiones de llanto espiratorio.

*Análisis cuantitativo de los datos.* Se realizó comparando el grupo de los hipoacúsicos y los normoyentes. Para esto, se estimaron las medidas de tendencia central y dispersión, y se compararon mediante análisis de varianza de una vía. Para analizar la posible variación de los periodos de llanto y de silencio (no llanto), se organizaron tipologías de frecuencia mediante la técnica de conglomerados según el método de Ward. Mediante análisis de contingencia se exploró la distribución de la duración de los periodos inspiratorios y de llanto con respecto de los grupos de hipoacúsicos y normoyentes estudiados.

*Análisis cualitativo de los espectrogramas.* Para la estandarización del método, dos observadores calibrados determinaron la presencia de características de variación de la F0 y los armónicos se validaron mediante el análisis de Fourier en niños hipoacúsicos y normoyentes, todos ellos pacientes del Instituto Nacional de Rehabilitación. Se analizaron visualmente los llantos registrados para señalar los cambios de la F0 y de los armónicos. Al observar alguna variación de la F0, se obtuvieron las frecuencias máxima y mínima, así como el promedio durante cada emisión de llanto. Se realizó el mismo procedimiento en los controles (niños normoyentes).

## RESULTADOS

El promedio de la duración del llanto en el grupo de hipoacúsicos fue de  $0.5845 \pm .6150$  seg, con un rango de 0.08 a 5.2 seg, en tanto en el grupo control fue de  $0.5387 \pm 0.2631$ , con un rango de 0.06 a 1.75. En el grupo de hipoacúsicos se observaron cinco casos con duración del llanto muy prolongada. En los análisis de varianza de una vía, las diferencias no alcanzaron significado estadístico. En el grupo control no se observaron casos con llanto prolongado. El promedio de los periodos inspiratorios fue de  $0.3962 \pm 0.2326$ , con un rango de 0.06 a 1.75, en los hipoacúsicos, y de  $0.4083 \pm 0.1854$ , con rango de 0.21 a 0.96, en los controles. No hubo diferencia entre los grupos. No hubo correlación entre el tiempo de llanto espiratorio y el de silencio inspiratorio. En la exploración de los datos, mediante conglomerados con el método de Ward, se conformaron tres tipologías de llanto: una de duración más corta (promedio 0.30 seg), con 111 espectrogramas, una intermedia (promedio 0.73) con 85 espectrogramas y una de duración prolongada (promedio 4.5 seg) con sólo tres casos. Se obtuvieron tres tipologías del periodo inspiratorio (sin llanto): una de periodos cortos (promedio 0.33 seg), con 171 espec-

trogramas, uno de duración intermedia (promedio 0.80 seg) con 18 espectrogramas y uno de duración prolongada (promedio 1.60 seg) con tres casos. La exploración de las tipologías con los grupos de hipoacúsicos y de normoyentes no alcanzó significado estadístico.

En el análisis de contingencia, 57.49% de los llantos de los hipoacúsicos fue corto; 40.72%, de duración intermedia, y 1.8%, muy prolongada. La diferencia del promedio de los llantos prolongados con los de duración intermedia fue de 3.6 s, pero no alcanzó nivel significativo. De los normoyentes, 46.88% fue corto, 53.13%, intermedio, y no se observaron llantos prolongados. El 89.44% de los periodos inspiratorios de los hipoacúsicos fue corto; 8.7%, intermedios, y 1.8%, prolongados. La diferencia entre los periodos prolongados y los intermedios fue de 0.8 s. De los oyentes, 87.10% fue corto, 12.9%, intermedios, y no se observaron casos con periodos prolongados. La distribución no cumplió con las condiciones para evaluar el significado estadístico.

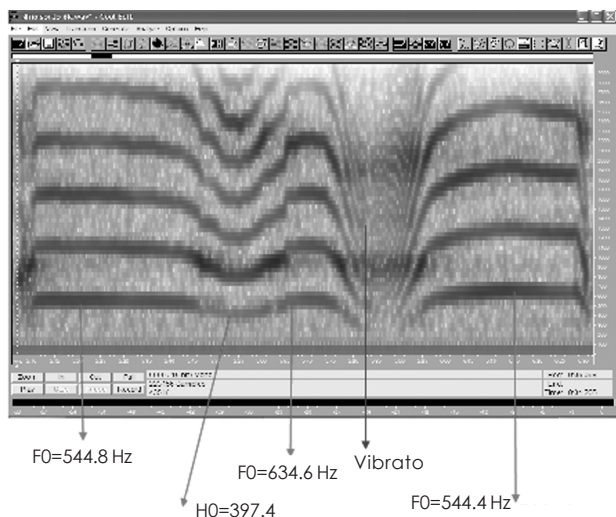
En el análisis cualitativo, se apreciaron cambios consistentes considerados anormales: vibrato, inestabilidad y pobreza melódicas, consistentes en pérdida de la F0, pérdida o limitación en la producción de armónicos, llantos explosivos, deslizamientos, bifonación y pérdida de la intensidad del llanto al final del periodo. Aunque estos cambios pueden observarse en los controles, sólo llegan a presentarse de manera esporádica (figuras 1 y 2).

## DISCUSIÓN

En la actualidad, se ha considerado el análisis del llanto como una herramienta no invasiva y de utilidad neurofisiológica para el diagnóstico de disfunciones en neonatos y lactantes.

La mayoría de los promedios de tiempo reportados varía de 1.1 a 2.8 seg, con desviaciones estándar de alrededor 0.6 s.

No se ha demostrado diferencia al analizar casos de riesgo comparados con grupos control, en tanto que se ha encontrado acortamiento del llanto en los casos anormales (síndrome de Down o asfixia grave). En contraposición, también se ha reportado prolongación del periodo de llanto espiratorio (síndrome del *cri du chat*). Del análisis de los datos publicados, hemos inferido que las alteraciones que involucran el Sistema Nervioso Central, y de éste, el tallo cerebral, se asocian con periodos de llanto más prolongados. Estos implican riesgos cardiorrespiratorios asociados también con desenlaces posteriores, como retardos del desarrollo y muerte súbita.

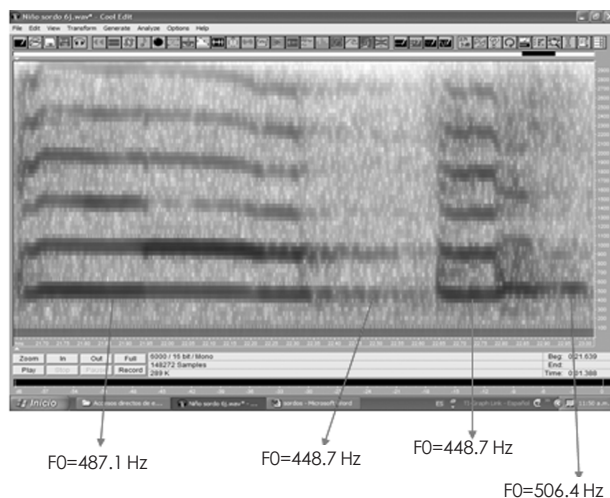


**Fig. 1.** Niño hipoacúsico. Espectrograma del llanto de un lactante hipoacúsico. Se observan inestabilidad de la frecuencia fundamental (F0), un vibrato prolongado, deficiencia del control melódico. El promedio de la F0 se encuentra dentro del rango de la normalidad.

Los casos de hipoacúsicos se constituyen en un modelo de estudio, considerando que se encuentra suprimida la aferencia auditiva y que el control del llanto se restringe al ámbito respiratorio. En los espectrogramas estudiados, la duración del llanto fue más corta, tanto en los normoyentes como en los hipoacúsicos, excepto en los casos disidentes, pero sin alcanzar significado estadístico. Los casos con llanto prolongado fueron cinco por análisis percentilar (PC 90) y tres por análisis de conglomerados (26, 33). Se ha reportado que la primera fonación es a menudo la más larga en el ciclo del llanto posterior a un estímulo doloroso (23). Dentro del grupo estudiado, la duración del periodo de llanto espiratorio no discrimina a los hipoacúsicos de los normoyentes. Los casos anormales por periodos prolongados, requieren profundizar los estudios en el sentido de investigar alteraciones del tallo cerebral, ya que el llanto prolongado se interpreta como alteración del reflejo respiratorio de Hering y Breuer y puede tener significado patológico en el sentido del espasmo del sollozo o aun de factores de riesgo de mayor peso, como los casos reportados de muerte súbita del recién nacido (muerte de cuna). Ello obliga a postular el riesgo potencial de los casos que tienen tal prolongación del periodo de llanto.

Dado que los casos de hipoacusia presentaron factores de riesgo, resta determinar cuáles y qué comorbilidad afectó a los casos disidentes. Para ambos grupos, la duración del periodo inspiratorio es corta y consistente, en tanto que el control respiratorio es muy prolongado, aun en los casos de llanto.

Durante el análisis cualitativo se demuestra una deficiente calidad del control melódico y un menor número



**Fig. 2.** Niño hipoacúsico. Se observan cambios de la F0 e inestabilidad y deficiencia de armónicos que desaparecen en el segmento central del espectrograma. La F0 se considera dentro de la normalidad.

de armónicos e inestabilidad. Se pierde la relación entre las frecuencias fundamentales y los armónicos, sobre todo por la participación de las estructuras supraglóticas que modulan el timbre y por deficiencia del control melódico, ya sea por monotonía o por la imposibilidad de regresar a un patrón normal ante las variaciones de deslizamiento, vibrato, plosiones, etc.

Con los datos obtenidos, en tanto que el llanto funciona bajo controles automáticos, la melodía debería ser estable. En condiciones de comunicación, podrían esperarse cambios melódicos bien estructurados en el sentido de variaciones “suaves” y acompañadas de armónicos. En los casos de llanto prolongado disminuye la intensidad de la frecuencia fundamental y se pierden los armónicos por disminución de la presión subglótica para la fonación, por lo cual para estos casos se postula un doble mecanismo de alteración: auditivo y respiratorio.

Desde el enfoque de la física, tanto la F0 como los armónicos se asocian con los segmentos sonoros a las cuasiperiodicidades presentes en ellos. No ocurre lo mismo con los segmentos sordos o ruidosos, por lo que no deben esperarse F0 asociadas a regiones sin estructura formántica y viceversa. A semejanza del habla adulta, el llanto infantil se compone de dos tipos básicos de sonidos: sordos y sonoros. En los segundos, los pliegues vocales (músculo laríngeo) se mueven en respuesta a una alteración rápida de fuerzas aerostáticas y aerodinámicas generadas por el flujo de aire de los pulmones. Esto genera el tren de impulsos acústicos en la onda (cuasiperiodicidad) que, proveniente de la laringe, llega al tracto vocal supralaríngeo del infante. En el tracto vocal, las cavidades suprala-

ríngas actúan como filtro variable de frecuencias capaz de transformar la energía acústica, según los cambios asociados a la forma del tracto vocal. Lo anterior genera los puntos, o las vecindades, donde alcanza su mayor valor esa energía acústica, o sea los formantes armónicos. A su vez, los sonidos sordos se producen con una cantidad de aire espirado significativamente mayor que la de los sonidos sonoros. El contenido energético es mínimo y por supuesto con ausencia de estructura formántica y de cuasiperiodicidades. Esto explica las diferencias observadas en los hipoacúsicos. Para mejorar la posibilidad de comparación con lo reportado por otros autores, habrá que precisar los detalles del método para producir el espectrograma, es decir, mejorar al máximo la precisión de la banda del filtro (con filtro con banda de paso de alrededor de 45 Hz pueden observarse los armónicos, F0 y sus múltiplos). Si se trata de banda ancha (filtro con banda de paso de alrededor de 300 Hz), las estructuras armónicas sobresalen en las zonas de frecuencia reforzadas en las cavidades supraglóticas (formantes).

En términos preliminares, mediante el análisis melódico de los espectrogramas se demuestran diferencias entre el llanto de los hipoacúsicos y de los normoyentes. El aumento de la complejidad de la melodía del llanto, o su deficiencia, son indicadores de la función neuromuscular y pueden apoyar la evaluación del desarrollo de la fonación previa al lenguaje.

## CONCLUSIONES

1. El análisis cuantitativo del llanto de los hipoacúsicos no permite apreciar diferencias estadísticas significativas con respecto de los casos normoyentes.
2. El análisis cualitativo de los espectrogramas del llanto de los hipoacúsicos es diferente de los normoyentes por su deficiente control melódico y por la aparición de anormalidades.
3. Se requiere profundizar en los estudios y especificar los detalles del método para mejorar la obtención y la comparabilidad de los datos.
4. El espectrograma del llanto de los hipoacúsicos podrá apoyar la terapéutica con el propósito de mejorar la calidad de la fonación de los hipoacúsicos.

## REFERENCIAS

1. ARCH-TIRADO E, MANDUJANO M, GARCIA-TORICES L, MARTINEZ-CRUZ CF, REYES-GARCIA CA, TABOADA-PICAZO V: Análisis del llanto del niño hipoacúsico y del niño normo oyente. *Cirugía Cirujanos*, 72(4):271-276, 2004.
2. BELL RQ: A congenital contribution to emotional response in early infancy and the preschool period. *Ciba Found Symp*, (33):201-12, 1975.

3. CHRISTENSSON K, CABRERA T, CHRISTENSSON E, UVNAS-MOBERG K, WINBERG J: Separation distress call in the human neonate in the absence of maternal body contact. *Acta Paediatr*, 84(5):468-73 1995.
4. COLTON RH, STEINSCHNEIDER A: The cry characteristics of an infant who died of the sudden infant death syndrome. *J Speech Hear Disord*, 46(4):359-63, 1981.
5. CORWIN MJ, LESTER BM, SEPKOSKI C, MCLAUGHLIN S, KAYNE H, GOLUB HL: Effects of in utero cocaine exposure on newborn acoustical cry characteristics. *Pediatrics*, 89(6 Pt 2):1199-203, 1992.
6. CORWIN MJ, LESTER BM, SEPKOSKI C, PEUCKER M, KAYNE H, GOLUB HL: Newborn acoustic cry characteristics of infants subsequently dying of sudden infant death syndrome. *Pediatrics*, 96(1 Pt 1):73-7, 1995.
7. EILERS R, OLLER DK: Infant vocalizations and the early diagnosis of severe hearing impairment. *J Pediatr Psychol*, 124(2):199-203, 1994.
8. FORT A, ISMAELLI A, MANFREDI C, BRUSCAGLIONI P: Parametric and non-parametric estimation of speech formants: application to infant cry. *Med Eng Phys*, 18(8):677-91, 1996.
9. FORT A, MANFREDI C: Acoustic analysis of newborn infant cry signals. *Med Eng Phys*, 20(6):432-42, 1998.
10. GARBARUK V: The acoustic characteristics of the vocalizations of hypoacusic children. *Vestn Otorinolaringol*, 4:62-4, 1998.
11. GOBERMAN AM, ROBB MP: Acoustic examination of preterm and full-term infant cries: the long-time average spectrum. *J Speech Lang Hear Res*, 42(4):850-61, 1999.
12. LESTER BM, ANDERSON LT, BOUKYDIS CF, GARCIA-COLL CT, VOHR B, PEUCKER M: Early detection of infants at risk for later handicap through acoustic cry analysis. *Birth Defects Orig Artic Ser*, 25(6):99-118, 1989.
13. LESTER BM, BOUKYDIS CF, LAGASSE L: Cardiorespiratory reactivity during the Brazelton Scale in term and preterm infants. *J Pediatr Psychol*, 21(6):771-83, 1996.
14. LESTER BM, CORWIN MJ, SEPKOSKI C, SEIFER R, PEUCKER M, MCLAUGHLIN S y cols.: Neurobehavioral syndromes in cocaine-exposed newborn infants. *Child Dev*, 62(4):694-705, 1991.
15. LESTER BM: Developmental outcome prediction from acoustic cry analysis in term and preterm infants. *Pediatrics*, 80(4):529-34, 1987.
16. LESTER BM: Spectrum analysis of the cry sounds of well-nourished and malnourished infants. *Child Dev*, 47(1):237-41, 1976.
17. LUDINGTON-HOE SM, CONG X, HASHEMI F: Infant crying: nature, physiologic consequences, and select interventions. *Neonatal Nrm*, 21(2):29-36, 2002.
18. METZ D, WHITEHEAD R, WHITEHEAD B: Mechanics of vocal fold vibration and laryngeal articulatory gestures produced by hearing-impaired speakers. *J Speech Hear Res*, 27(1):62-69, 1984.
19. MICHELSSON K, EKLUND K, LEPPANEN P, LYYTINEN H: Cry characteristics of 172 healthy 1-to 7-day-old infants. *Folia Phoniatr Logop*, 54(4):190-200, 2002.
20. MICHELSSON K, MICHELSSON O: Phonation in the newborn, infant cry. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 49 (Supl 1):S297-301, 1999.
21. MICHELSSON K, SIRVIO P, KOIVISTO M, SOVIJARVI A, WASZ-HOCKERT O: Spectrographic analysis of pain cry in neonates with cleft palate. *Biol Neonate*, 26(5-6):353-8, 1975.
22. MICHELSSON K, SIRVIO P, WASZ-HOCKERT O: Sound spectrographic cry analysis of infants with bacterial meningitis. *Dev Med Child Neurol*, 19(3):309-15, 1977.
23. MÖLLER S, SCHÖNWEILER R: Analysis of infant cries for the early detection of hearing impairment. *Speech Commun*, 175-193, 1999.

24. PARVIZI J, ANDERSON SW, MARTIN CO, DAMASIO H, DAMASIO AR: Pathological laughter and crying: a link to the cerebellum. *Brain*, 124(Pt 9):1708-19, 2001.
25. ROBB MP, CACACE AT: Estimation of formant frequencies in infant cry. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 32(1):57-67, 1995.
26. ROBB MP, GOBERMAN AM, CACACE AT: An acoustic template of newborn infant crying. *Folia Phoniatr Logop*, 49(1):35-41, 1997.
27. ROTHGANGER H, UEBERSCHAR R: The infant cry and its diagnostic significance. *Z Arztl Fortbild*, 74(11):537-40, 1980.
28. SCHEINER E HK, JURGENS U, ZWIRNER P: The influence of hearing impairment on preverbal emotional vocalizations of infants. *Folia Phoniatr Logop*, 56(1):27-40, 2004.
29. SCHONWEILER R, KAESE S, MOLLER S, RINSCHIED A, PTOK M: Use of self-organizing neural networks (Kohonen maps) for classification of voice acoustic signals exemplified by the infant voice with and without time-delayed auditory feedback. *Hno*, 44(4):201-6, 1996.
30. SCHONWEILER R, KAESE S, MOLLER S, RINSCHIED A, PTOK M: Neuronal networks and self-organizing maps: new computer techniques in the acoustic evaluation of the infant cry. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 38(1):1-11, 1996.
31. WASZ-HOCKERT O, MICHELSSON K, LIND J: Twenty-five Years of Scandinavian Cry Research. En: Lester BM, Boukydis CF (eds.). *Infant Crying. Theoretical and Research Perspectives*. Plenum Press, Nueva York, 1985.
32. WERMKE K, HAUSER C, KOMPOSCH G, STELLZIG A: Spectral analysis of prespeech sounds (spontaneous cries) in infants with unilateral cleft lip and palate (UCLP): a pilot study. *Cleft Palate Craniofac J*, 39(3):285-94, 2002.
33. WERMKE K, MENDE W, MANFREDI C, BRUSCAGLIONI P: Developmental aspects of infant's cry melody and formants. *Med Eng Phys*, 24(7-8):501-14, 2002.
34. ZESKIND PS, LESTER BM: Analysis of cry features in newborns with differential fetal growth. *Child Dev*, 52(1):207-12, 1981.
35. ZESKIND PS, MARSHALL TR, GOFF DM: Cry threshold predicts regulatory disorder in newborn infants. *J Pediatr Psychol*, 21(6):803-19, 1996.

**RESPUESTAS DE LA SECCION  
AVANCES EN LA PSIQUIATRIA  
Autoevaluación**

1. C
2. D
3. B
4. E
5. C
6. A
7. B
8. A
9. E
10. B
11. A
12. A
13. D
14. E
15. C