

Análisis espectrográfico del llanto en recién nacidos con hipoacusia profunda y en productos de alto riesgo

Antonio Verduzco-Mendoza,* Emilio Arch-Tirado,** Carlos Alberto Reyes-García,***
Jaime Leybon-Ibarra,**** Juan Licon-Bonilla*****

Resumen

Introducción: el llanto es la primera manifestación neurofisiológica del recién nacido, el análisis acústico de los episodios de llanto puede proporcionar información útil en el diagnóstico temprano de diversas afecciones.

Material y métodos: se realizó el análisis espectrográfico de los llantos de 40 recién nacidos con diversos padecimientos tales como asfixia neonatal, inmadurez pulmonar, hipoacúsicos y trastornos neurológicos. Se utilizó la prueba "t" para comparar las medias de la frecuencia fundamental (F0) del llanto entre los padecimientos y se realizaron tablas de contingencia para variables cualitativas y forma melódica.

Resultados: no se encontraron diferencias significativas en la prueba *t* pareada para la F0 entre afecciones. En los trastornos respiratorios los tiempos de inspiración son mayores en comparación con los otros grupos. Los infantes hipoacúsicos y con trastornos neurológicos presentan escasas formas melódicas. En el análisis cualitativo se observaron los vibratos y las vibraciones glóticas con mayor frecuencia.

Conclusiones: el análisis del llanto es de utilidad clínica para la detección temprana de padecimientos ya que cuando existe alguna alteración en el sistema nervioso central ésta se ve reflejada en las funciones fonoarticulatorias y respiratorias para la emisión de sonidos.

Palabras clave: recién nacidos, análisis espectrográfico, llanto.

Abstract

Background: Crying is the first neurophysiological demonstration of the newborn. The acoustic analysis of crying episodes can provide useful information in the early diagnosis of several pathologies.

Methods: We carried out a spectrographic cry analysis of 40 infants with several diseases such as neonatal asphyxia, breathing disorders, deafness and neurological disorders. Statistical t-test was used in order to compare means of fundamental frequencies (F0) of cries among pathologies, as well as contingency tables for qualitative variables and melodic form.

Results: No significant differences of F0 were found by applying the t-test among pathologies. Time of inspiration in breathing disorders is higher compared with other groups. Infants with deafness and neurological disorders present poor melodic forms. Qualitative analysis revealed more often glottal roll and vibrato.

Conclusions: Cry analysis is clinically useful for early detection of diseases in newborns as a result of alterations in the central nervous system that are reflected in phono-articulatory and respiratory functions for sound emission.

Keywords: Newborn, spectrographic analysis, infant cry.

* Investigador Adscrito al Laboratorio de Bioacústica. Instituto Nacional de Rehabilitación.

** Jefe de Servicio. Laboratorio de Bioacústica del Instituto Nacional de Rehabilitación.

*** Investigador del Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y electrónica.

**** Ingeniero biomédico Adscrito al Laboratorio de Bioacústica. Instituto Nacional de Rehabilitación.

***** Técnico Adscrito al Laboratorio de Bioacústica. Instituto Nacional de Rehabilitación.

Correspondencia:

Dr. Antonio Verduzco Mendoza
Instituto Nacional de Rehabilitación. Laboratorio de Bioacústica
Calz. México-Xochimilco 289, Col. Arenal de Guadalupe
CP. 14389, Tlalpan, México D.F.
Tel.: 59991000, ext. 19312
Correo electrónico: cnrverduzco@hotmail.com

Recibido para publicación: 23-08-2010

Aceptado para publicación: 18-03-2011

Introducción

El estudio del llanto de los infantes recién nacidos ha tenido un crecimiento sobresaliente, Wasz-Höckert O y su grupo iniciaron, en los años 60 del siglo pasado, los primeros estudios espectrográficos del llanto y los categorizaron en llanto por enojo, por dolor y por hambre.¹⁻⁴ Michelsson et al. describieron el llanto de infantes con asfixia neonatal,^{5,6} con paladar hendido⁷ y con meningitis bacteriana,⁸ siendo las primeras descripciones importantes referidas al análisis espectral del llanto. Por su parte Lester, en 1976, estudió el llanto de infantes desnutridos,⁹ los efectos del uso materno de drogas como marihuana o cocaína y su efecto en la producción de llanto;¹⁰⁻¹² junto con Corwin describió el llanto de infantes cuyo diagnóstico *post mortem* fue muerte súbita.¹³ Diversos autores han enfocado sus investigaciones a la actividad vocal en infantes sanos desde su nacimiento y hasta un año de edad; también se han tratado de identificar diferencias entre el llanto de prematuros e infantes a término, así como con respecto al género.¹⁴⁻¹⁵ Pero no se han encontrado diferencias importantes con respecto a la frecuencia fundamental (F0), solamente se menciona que la F0 tiende a disminuir de frecuencia en el transcurso de las primeras dos semanas.¹⁶

También existen diversos trabajos cuyo objetivo es demostrar la importancia que tiene el llanto para el desarrollo del lenguaje, describiendo el momento en el que el llanto se vuelve intencionado.¹⁷ Rothganger, en un estudio de seguimiento durante el primer año de vida, señaló un incremento de la F0 de 441.8 a 502.9 Hz; por el contrario, durante el balbuceo la F0 disminuye de 389.3 a 336.9 Hz, con lo que se concluye que el llanto y el balbuceo tienen una tendencia contraria en el desarrollo ontogénico durante el primer año de vida.¹⁸ Desde el punto de vista funcional se han señalado las teorías contemporáneas de la fisiología de la producción de sonidos, explicando la categorización de los llantos y su análisis.¹⁹⁻²⁰ En el caso de los infantes recién nacidos, producto de alto riesgo perinatal, se han reportado niveles excesivos en la producción de llanto correlacionado con bajas puntuaciones en las Escalas de Comportamiento Neonatal Asistido (ECNA), observándose además alta irritabilidad, inestabilidad fisiológica y retardo en los umbrales de respuesta.²¹ Por otra parte, Maunu et al.²² demostraron que en infantes prematuros, con o sin daño cerebral, no se afecta la duración y la intensidad de los llantos emitidos. En los neonatos con hiperbilirrubinemia los núcleos del tallo cerebral se ven afectados alterando la vía auditiva, provocando un aumento en la producción del llanto y en los valores de la F0 y del primer formante.²³⁻²⁵ Aunque se ha demostrado la importancia de la retroalimentación auditiva para la adquisición y desarrollo del lenguaje son pocos los trabajos donde se

describen las características del llanto como actividad prefonatoria y su relación con el desarrollo del lenguaje en pacientes hipoacúsicos.²⁶ Arch-Tirado et al. estudiaron las características cuantitativas y cualitativas del llanto en infantes con hipoacusia profunda sin encontrar diferencias significativas en comparación con oyentes normales para los valores de la F0, formantes y tiempos de duración (inspiración y espiración); en el análisis cualitativo mencionan que los hipoacúsicos tienen alteraciones en el control melódico, en comparación con los oyentes normales, debido a la falta de retroalimentación auditiva y sugieren que es necesaria una descripción cualitativa más detallada para encontrar las posibles diferencias entre llantos.²⁷ El valor clínico del llanto utilizado en las actuales escalas de valoración pediátrica ha permitido correlacionar el llanto excesivo, la irritabilidad y la presentación de padecimientos de manera temprana. Por ejemplo, el llanto por cólico se ha descrito como excesivo, paroxístico, súbito y de larga duración durante los primeros meses de vida;^{28,29} en estos niños se observa un alto porcentaje de disfonía y un incremento en la F0 hasta los 708 Hz según lo reportado por Zeskind.³⁰ En la enfermedad por reflujo gastroesofágico, presente en 30% de los infantes recién nacidos de sociedades occidentales, se describe de igual forma un llanto excesivo, prolongado e intenso³¹ que presenta patrones semejantes al llanto por cólico. La asfixia perinatal es una de las principales causas de alto riesgo, los infantes que cursan con asfixia presentan mediciones elevadas para la F0, excediendo los 1 000 Hz y llantos de corta duración, arrítmicos y con bifonación.⁶ El análisis del llanto por métodos cuantitativos se ha enfocado al estudio de la frecuencia fundamental demostrando que no existe variación de la F0 con respecto al género y edad gestacional, se describen valores promedio para F0 de 450 Hz (rango entre los 400 y 600 Hz)^{15,32-34} con armónicos sobrepuestos simétricamente y duración de las señales de llanto entre 1 y 1.5 segundos en promedio;^{14,15,32} se hace mención de una disminución del valor de la F0 del nacimiento hasta el día 15 de vida.¹⁶ La descripción cualitativa del llanto es importante como parte complementaria del análisis cuantitativo para demostrar variación o semejanzas entre los llantos normales y patológicos. Para Wermke la complejidad de la forma melódica es un buen indicador de la maduración neuromuscular, la variación de las frecuencias de resonancia o formantes permite una estimación de la actividad articular de las vocalizaciones prehabla. La forma melódica que prevalece durante las primeras semanas de vida en infantes sanos es ascendente-descendente,^{33,35} mientras que en niños sanos con dolor se reporta como descendente.²⁵ Koivisto et al. encontraron, en niños sanos, que la ocurrencia de vibratos disminuye conforme aumenta la edad.²⁵ En los infantes prematuros los llantos son de corta duración, alta F0

y bifonación, mientras que los infantes a término presentan más deslizamientos.²⁵ La importancia que ha cobrado el análisis del llanto continúa siendo su posible valor diagnóstico temprano debido a que es una manifestación conductual innata que refleja un estado neurofisiológico. Aunque algunos estudios del llanto mencionan diferencias estadísticamente significativas entre infantes enfermos y sanos se han generado controversia y dificultades para la estandarización del llanto debido, principalmente a: 1) las cualidades fonoarticulatorias propias de cada individuo, 2) la edad de registro (madurez fisiológica), 3) desarrollo y crecimiento laríngeo, 4) intencionalidad del llanto, 5) capacidad de control en la producción de llanto, 6) métodos de registro, 7) clasificación del llanto (espontáneo o inducido), 8) tipo de análisis: cuantitativo o cualitativo, y 9) en el caso de infantes de alto riesgo el análisis se complica debido a la gran cantidad de variables clínicas que se presentan. Koivisto M²⁵ y Sirviö P³⁶ describen algunas características acústicas del llanto:

1. *Duración de la fonación*: longitud de la espiración del llanto audible después del estímulo hasta el inicio de la inspiración. Este llanto espiratorio es llamado fonación y puede ser interrumpido, los segmentos son referidos como señales, la fonación puede contener una o más señales. 2. *Deslizamiento*: cambio súbito en la frecuencia fundamental (F0), alrededor de los 600 Hz o mayor y por un tiempo mínimo de 0.1 segundos. 3. *Forma melódica*: cambios en la frecuencia fundamental durante la fonación que forman diferentes tipos de melodía: ascendente, descendente, ascendente-descendente, descendente-ascendente, plana, sin forma melódica. 4. *Bifonación*: son dos frecuencias fundamentales con diferentes tipos de forma melódica y tono. La bifonación se distingue cuando la duración es de 0.1 segundos o más. 5. *Concentración de ruido*: alto pico energético audible, usualmente entre los 2 000-2 500 Hz durante cada expresión fonatoria. 6. *Doble rompimiento armónico*: presentación de otras series simultáneas de armónicos con forma semejante a la F0 o a los armónicos pero de baja intensidad. Éstas son perceptibles si exceden los 0.1 segundos de duración. 7. *Oclusivas glotales*: todos los “golpes” o “explosiones”, como sonidos de tos, son clasificados como oclusivas glotales. 8. *Vibrato*: serie de ondas con notables variaciones de frecuencia. 9. *Vibración glótica*: fonación de intensidad débil y baja F0, por debajo de la medición promedio normal del tono. A menudo ocurre al final de la fonación. La vibración glótica se considera si su duración continua excede los 0.1 segundos. 10. *Cambio*: es un desplazamiento repentino de la F0, hacia

arriba o hacia abajo, de 100 Hz o más. Puede estar al inicio, en medio o al final de la fonación.

El objetivo del presente trabajo es describir de manera cualitativa y cuantitativa el llanto de infantes de alto riesgo perinatal y de hipoacúsicos.

Material y métodos

El estudio se realizó en el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), en el Instituto Nacional de Perinatología (INPer) y en el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE).

Se registraron los llantos de 40 infantes egresados de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) en el INPer del 2 de febrero al 30 de abril de 2009 y que cursaron con diversas alteraciones al nacimiento, entre las más importantes se encuentra la asfixia neonatal, que se determinó por la presencia de acidosis metabólica (pH < 7.00), Apgar de 0 a 3 a los 5 minutos, así como manifestaciones neurológicas como: convulsiones, coma o hipotonía y evidencia de disfunción multiorgánica, con daño celular y alteraciones bioquímicas (aumento en los valores de radicales libres y lactato, hipoxia, acidosis metabólica, pérdida de homeostasis iónica, etcétera) y circulatorias; otras alteraciones de los neonatos que fueron elegidos para el estudio fueron inmadurez pulmonar, enfermedad de membrana hialina, taquipnea transitoria, displasia broncopulmonar y otros factores asociados con estas alteraciones, entre los más frecuentes se encontraban problemas neurológicos como hemorragia interventricular, hidrocefalia y espasticidad. Así mismo, se incluyeron pacientes hipoacúsicos diagnosticados por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral: infantes que no presentaban respuesta a los 40 dB. A los sujetos elegidos en el estudio se les grabó el llanto durante las sesiones de exploración clínica en el consultorio de Comunicación Humana del INPer. Los niños que no lloraron durante la exploración fueron excluidos del estudio.

El rango de duración de las grabaciones fue de 30 segundos a 1 minuto. Se procedió al registro vocal con una grabadora digital marca Sony®, modelo ICD-B500, y se tomaron los registros cuando el niño acudía a consulta colocándolo en posición supina. El equipo se orientó dirigiendo el micrófono hacia la boca con una separación de 30 cm del rostro del infante; de esta manera se obtuvieron grabaciones de llantos espontáneos sin manipulación. Para el análisis acústico se midieron los siguientes parámetros: el comportamiento de la frecuencia fundamental a lo largo del registro y las duraciones de la inspiración y de la espiración.

Análisis acústico

Los registros se analizaron en el laboratorio de bioacústica del INR y el INAOE con el programa Cool Edit® 2000 (Syntrillium) que genera espectrogramas de los registros de audio. Se seleccionaron señales acústicas de las grabaciones originales, con una duración de 10 segundos, que fueron filtradas por encima de los 5 hercios y digitalizadas a 10 kHz en una computadora HP® Pavillon t617m, Pentium 4.

Para cada unidad de llanto seleccionada en el espectrograma, definida como el llanto que ocurre durante la fase espiratoria, se utilizó la transformación de Fourier para analizar la magnitud del espectro para cada segmento en unidades de llanto de 25 milisegundos.

Cada sesión de llanto fue digitalizada con un rango de 16 kHz con 16 bits de resolución en formato monoaural. Una vez editado el registro a analizar se midió la duración de las frecuencias fundamentales así como las características cualitativas y cuantitativas de la F0. Los parámetros cualitativos que se evaluaron fueron: deslizamientos, forma melódica, bifonación, concentración de ruido, doble rompimiento armónico, vibrato, oclusivas glotales, vibración glótica y cambio de la F0.

Análisis estadístico

Para el análisis se formaron 4 grupos: Grupo 1) trastornos respiratorios; Grupo 2) hipoacúsicos; Grupo 3) asfixia y Grupo 4) trastornos neurológicos. Se realizó una tabla de contingencia para los datos cualitativos por grupo de estudio (cuadro I). Para los datos obtenidos en las frecuencias fundamentales se realizó estadística paramétrica y no paramétrica.

Resultados

Se obtuvieron la media y la desviación estándar de la F0 en los 4 grupos. La F0 en los trastornos respiratorios tuvo un valor de 445.11 ± 53.98 Hz, para los hipoacúsicos 431.85 ± 60.70 Hz, para los pacientes con asfixia neonatal 449.51 ± 83.24 Hz y para trastornos neurológicos 415.21 ± 94.56 Hz. Se observó uniformidad en cuanto a los valores de la media; sin embargo, las desviaciones estándar en asfixia y en trastornos neurológicos fueron muy amplias, indicando una mayor variabilidad de los datos (figura 1).

Tiempos de espiración e inspiración

Para los tiempos de espiración y de inspiración los resultados muestran que, en los trastornos neurológicos y en los

hipoacúsicos, las medias de los tiempos de espiración son más prolongadas: 1.98 s y 1.74 s, respectivamente. La inspiración de los hipoacúsicos fue de 0.44 s y en el grupo de asfixia de 0.38 s. La capacidad inspiratoria y espiratoria está relacionada con la duración y con la intensidad de la fonación; llama la atención la duración de los llantos en la enfermedad neurológica y, en los hipoacúsicos, el tiempo muy corto de inspiración (figura 2).

Se realizó un análisis de medianas para determinar el comportamiento de la F0 en los cuatro grupos (figura 3): existe uniformidad en las medianas y en el primer y tercer cuartil. En los trastornos neurológicos y en la asfixia se presentan datos atípicos, los hipoacúsicos también presentan datos atípicos tanto máximos como mínimos.

Se realizó la prueba “t” para comparar los valores de las medias entre grupos: trastornos respiratorios contra hipoacúsicos ($p = 0.95$); trastornos respiratorios contra asfixia ($p = 0.43$); trastornos respiratorios contra trastornos neurológicos ($p = 0.14$); hipoacúsicos contra asfixia ($p = 0.95$); hipoacúsicos contra trastornos neurológicos ($p = 0.85$) y asfixia contra trastornos neurológicos ($p = 0.71$). Aunque no existió diferencia estadísticamente significativa la mayor diferencia se encontró al comparar el grupo de trastornos respiratorios contra el de trastornos neurológicos ($p = 0.14$).

Forma melódica

La evaluación de la forma melódica se realizó con base en la morfología de la F0, cabe mencionar que en algunos casos la F0 no estaba bien definida o en ocasiones no aparecía, también se consideró que mientras más corta era la unidad de llanto la forma melódica tendía a ser plana (cuadro II).

En los trastornos respiratorios la forma melódica predominante es la plana, aunque se presentan los otros 5 tipos de forma melódica; en los hipoacúsicos la forma melódica predominante es plana, también está presente la forma descendente y sin forma melódica; en el grupo con asfixia neonatal puede observarse forma melódica plana principalmente seguida, en menor proporción, de la forma descendente. En los trastornos neurológicos sólo se observan tres tipos de formas melódicas predominando la melodía plana, la descendente y la ascendente.

Discusión

Se analizaron los llantos de infantes por grupo de afección con la finalidad de establecer posibles diferencias en las mediciones cualitativas y cuantitativas. Para el análisis cualitativo del llanto se realizó una tabla de contingencia en la que se puede observar que, en los trastornos respiratorios

Cuadro I. Tabla de contingencia con los 4 grupos de infantes con diferentes afecciones

	Trastornos respiratorios	Hipoacúsicos	Asfixia	Trastornos neurológicos	Total
Número de infantes	(16)*	(13)*	(4)*	(7)*	
Deslizamiento	4	-	-	-	4
Bifonación	1	2	-	-	3
Concentración ruido	6	-	1	2	9
Doble rompimiento armónico	6	-	4	3	13
Vibrato	11	3	3	4	21
Oclusivas glotales	4	-	4	2	10
Vibración glótica	8	7	2	6	23
Cambio	6	10	1	1	18
Total	46	22	15	18	101

* Total de infantes por grupo.

El grupo de trastornos respiratorios es el que presenta mayor frecuencia de características cualitativas y los vibratos son la característica más recurrente en este grupo.

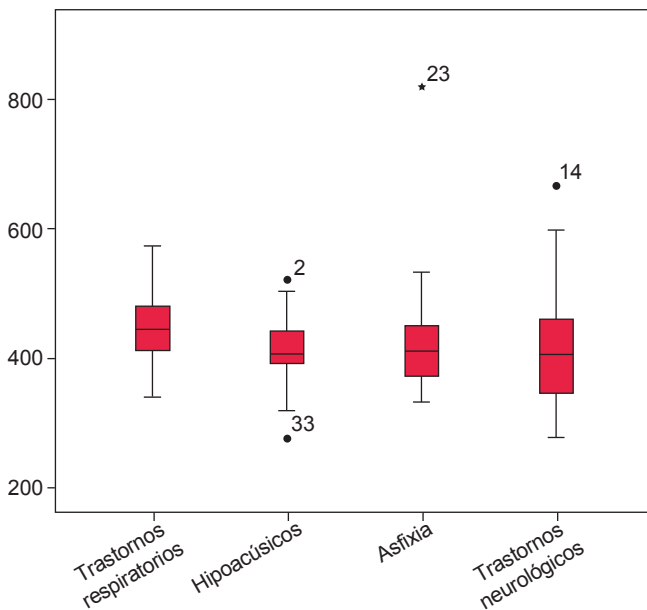


Figura 1. Media y desviación estándar de la F0. Obsérvese el comportamiento de la F0 en los cuatro grupos de estudio: las medias son semejantes, principalmente en los hipoacúsicos, asfixia y trastornos neurológicos, las frecuencias oscilan en los rangos de normalidad (400-600 Hz).

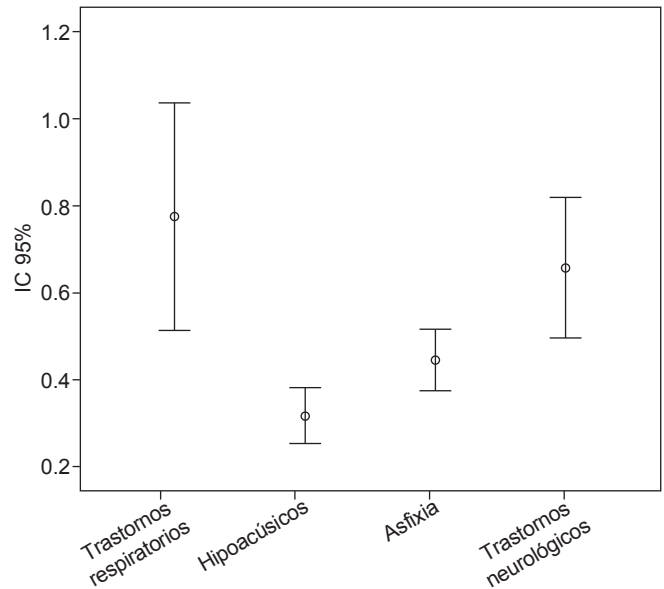


Figura 2. Media y desviación estándar de los tiempos de inspiración. Tiempos de inspiración con mayor duración en los infantes con trastornos respiratorios y neurológicos. Los tiempos fueron significativamente más cortos en el grupo de los hipoacúsicos.

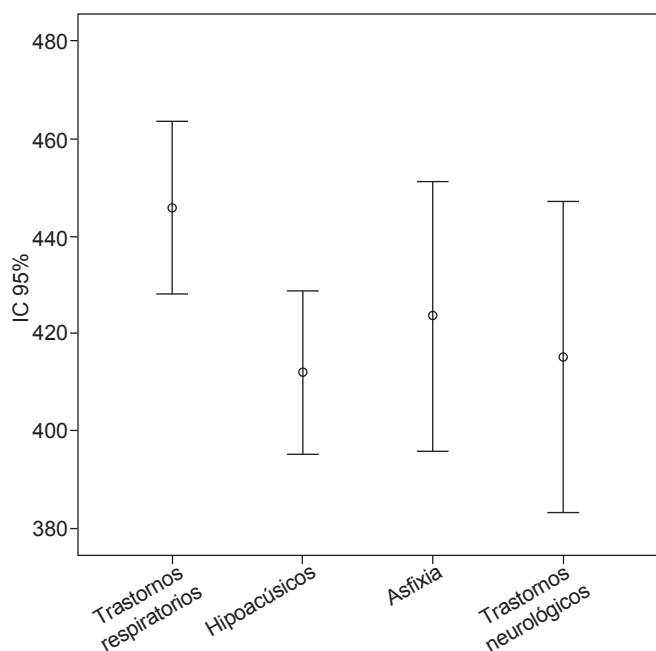


Figura 3. Gráfica de caja para evaluar la F0 en infantes con diferentes afecciones. Las medianas se comportan con uniformidad en todas las enfermedades. Los hipoacúsicos presentan datos atípicos.

y neurológicos, los vibratos y las vibraciones glóticas son las frecuencias modales. Koivisto²⁵ reportó que los vibratos, los dobles rompimientos armónicos, las vibraciones glóticas y las oclusivas glotales son variables que aparecen comúnmente en el llanto de infantes sanos; sin embargo, cuando estas características exceden 30% de aparición se consideran como una posible alerta de enfermedad debido a una inestabilidad neurofisiológica relacionada con algún grado de inmadurez. Todo esto considerando que el control

del llanto se lleva a cabo en varios niveles del sistema nervioso, tanto a nivel periférico (inervación de la musculatura laríngea) como a nivel central (núcleos de nervios craneales, amígdala e hipotálamo). En el caso de los infantes hipoacúsicos las variaciones súbitas de la F0 alrededor de los 100 Hz (cambios de la F0) se presentaron en mayor número de ocasiones, la falta de retroalimentación auditiva en los hipoacúsicos puede ocasionar que se presenten alteraciones en el control de la frecuencia e intensidad, por lo que la melodía puede estar alterada.

En los pacientes con asfixia neonatal algunas características, como los dobles rompimientos armónicos, los vibratos y los deslizamientos, se presentaron con frecuencia. Boero et al.³⁷ mencionan que, al igual que los hipotiroideos, los prematuros y los infantes con daño cerebral tienen un patrón frecuente de vibratos en sus llantos. En nuestro estudio en el grupo con trastornos neurológicos predominaron las vibraciones glóticas y los vibratos, como se menciona en la literatura. Maunu et al.²² reportaron que en infantes con daño cerebral y bajo peso relacionado con la prematuridad no se modifica la duración ni la frecuencia del llanto. Sin embargo, en nuestro estudio, al analizar la F0 se pudo observar que en los grupos de asfixia y trastornos neurológicos se presenta un rango de mayor variabilidad de la F0; esto puede estar asociado con un deterioro más severo donde puede estar afectado directamente el sistema nervioso central. En los infantes que cursaron un periodo de asfixia transitorio el daño neurológico es manifiesto. Así lo demostraron Robb et al.³⁸ al estudiar el llanto de infantes que fueron sometidos a resucitación tras experimentar episodios frecuentes de apnea, sus hallazgos comprenden tiempos de latencia prolongados y F0 disminuida, lo que demuestra un déficit neurofisiológico (figuras 4 y 5).

Con respecto a los valores de la F0 ésta se encuentra dentro de los rangos establecidos en infantes sanos (400-

Cuadro II. Formas melódicas en las diferentes afecciones

	Ascendente	Descendente	Plana	Ascendente- descendente	Descendente- ascendente	Sin forma melódica	Total
Trastornos respiratorios	5	18	79	2	5	5	114
Hipoacúsicos	1	12	35	-	-	6	54
Asfixia	2	9	54	-	-	1	66
Trastornos neurológicos	4	9	23	-	-	-	36
Total	12	48	191	2	5	12	270

La forma melódica más frecuente fue la melodía plana. Los trastornos respiratorios muestran mayor diversidad de formas melódicas comparados con los hipoacúsicos y con los trastornos neurológicos donde las formas melódicas son escasas.

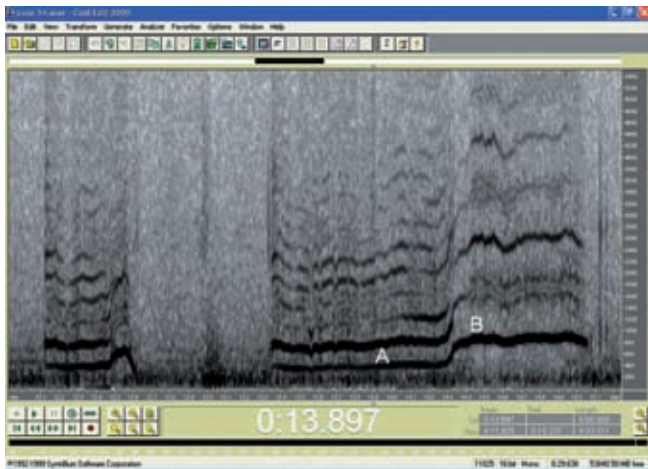


Figura 4. Espectrograma representativo de la variable cualitativa “cambio” en la F0. El valor en el punto (a) es de 360 Hz y en (b) de 875.8 Hz. Cuando la diferencia es mayor a 100 Hz se denomina “cambio” de la F0 y si es mayor a 600 Hz se denomina deslizamiento.

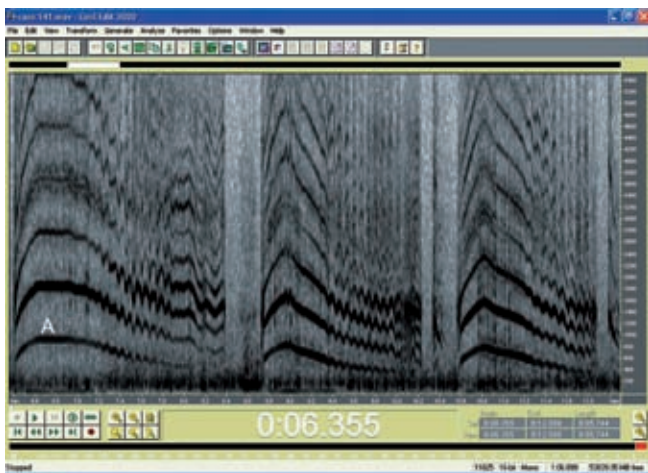


Figura 5. Espectrograma representativo de vibratos. Espectrograma de un recién nacido que presenta un llanto melódico en forma descendente con vibratos tanto en la F0 como en los formantes. La F0 es muy alta: 914 Hz (a).

600 Hz);^{15,32,33,38} no obstante, en los grupos con asfixia y con trastornos neurológicos se observaron desviaciones estándar considerablemente mayores: 449.51 ± 83.24 y 415.21 ± 94.56 , respectivamente, en comparación con los grupos con trastornos respiratorios e hipoacúsicos: 445.11 ± 53.98 y 431.85 ± 60.70 , lo que indica una mayor variabilidad e inestabilidad de la F0.

En el estudio de medianas, al realizar las gráficas de caja, puede verse como el valor de las medianas es más uniforme comparado con la gráfica de medias. En los trastornos respiratorios el comportamiento de la F0 es el más equilibrado; la conducta más atípica se presenta en los grupos

de los afectados neurológicamente y en los hipoacúsicos: mayor amplitud en la gráfica. Esto se debe, posiblemente, a la severidad del daño neurológico, especialmente a nivel del tallo cerebral y, en el caso de los hipoacúsicos, a la falta de retroalimentación auditiva.

Por lo que respecta a los tiempos de duración del llanto hay que considerar que estos valores se van incrementando debido a que el infante va madurando y aumentando su capacidad respiratoria. En nuestro estudio es notable que la capacidad inspiratoria en el grupo de los infantes con trastornos respiratorios sea mayor (0.63 s) que en los demás grupos (figura 2); esto se debe, probablemente, a un ajuste del sistema respiratorio para compensar los problemas de intercambio gaseoso debido a la inmadurez pulmonar de estos infantes. Algo semejante ocurre con los infantes del grupo con trastornos neurológicos, que presentan el promedio más alto de espiración: 1.98 s.

La forma melódica está relacionada con aspectos de maduración neurológica;³⁴ se ha mencionado que los llantos arrítmicos y monótonos pueden ser indicadores de una afección neurológica. Se ha reportado que la forma melódica en infantes sanos durante los primeros meses de vida es la forma ascendente-descendente.³³⁻³⁴ En nuestro trabajo encontramos que la forma melódica plana fue la que preponderó y, en segundo lugar, la forma ascendente-descendente.

Nuestros hallazgos sientan las bases para reconsiderar la importancia del llanto como un tamiz importante en la detección temprana de algunas afecciones en virtud de las variaciones reportadas en este trabajo.

Conclusiones

El llanto es la primera forma de comunicación del recién nacido y se genera a partir de estímulos externos e internos tales como dolor, hambre, miedo, frío, calor, etcétera. El análisis del llanto es de utilidad para la detección temprana de ciertas enfermedades porque sus características son modificadas por elementos fisiológicos, principalmente los relacionados con el sistema nervioso central, por factores mecánicos relacionados por el aparato fonoarticulador y por la fuerza del aire espirado. Se deben realizar más investigaciones con tamaños de muestra más grandes con la finalidad de estandarizar parámetros que ayuden en la detección temprana de afecciones en niños de alto riesgo o con hipoacusia profunda.

Referencias

1. Wasz-Höckert O, Vuorenkoski V, Valanne E, Michelsson K. Sound spectrographic studies of the cry of newborn infants. *Experientia* 1962;18:583-584.

2. Wasz-Höckert O, Valanne E, Vuorenkoski V, Michelsson K, Sovijarvi A. Analysis of some types of vocalization in the newborn and in early infancy. *Ann Paediatr Fenn* 1963;9:1-10.
3. Wasz-Höckert O, Partanen TJ, Vuorenkoski V, Michelsson K, Valanne E. The identification of some specific meanings in infant vocalization. *Experientia* 1964;20:154.
4. Wasz-Höckert O, Partanen T, Vuorenkoski V, Valanne E, Michelsson K. Effect of training on ability to identify preverbal vocalizations. *Dev Med Child Neurol* 1964;89:393-396.
5. Michelsson K. Cry analyses of symptomless low birth weight neonates and of asphyxiated newborn infants. *Acta Paediatr Scand Suppl* 1971;216:1-45.
6. Michelsson K, Sirviö P, Wasz-Höckert O. Pain cry in full-term asphyxiated newborn infants correlated with late findings. *Acta Paediatr Scand* 1977;66:611-616.
7. Michelsson K, Sirviö P, Koivisto M, Sovijarvi A, Wasz-Höckert O. Spectrographic analysis of pain cry in neonates with cleft palate. *Biol Neonate* 1975;26:353-358.
8. Michelsson K, Sirviö P, Wasz-Höckert O. Sound spectrographic cry analysis of infants with bacterial meningitis. *Dev Med Child Neurol* 1977;19:309-315.
9. Lester BM. Spectrum analysis of the cry sounds of well-nourished and malnourished infants. *Child Dev* 1976;47:237-241.
10. Lester BM, Dreher M. Effects of marijuana use during pregnancy on newborn cry. *Child Dev* 1989;60:765-771.
11. Lester BM, Corwin MJ, Sepkoski C, Seifer R, Peucker M, McLaughlin S, et al. Neurobehavioral syndromes in cocaine-exposed newborn infants. *Child Dev* 1991;62:694-705.
12. Corwin MJ, Lester BM, Sepkoski C, McLaughlin S, Kayne H, Golub HL. Effects of in utero cocaine exposure on newborn acoustical cry characteristics. *Pediatrics* 1992;89(6 Pt2):1199-1203.
13. 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* 1995;96(1 Pt1):73-77.
14. Michelsson K, Eklund K, Leppanen P, Lyytinen H. Cry characteristics of 172 healthy 1-to 7-day-old infants. *Folia Phoniatria Logop* 2002;5:190-200.
15. Lind K, Wermke K. Development of the vocal fundamental frequency of spontaneous cries during the first 3 months. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2002;64:97-104.
16. Baeck HE, de Souza MN. Longitudinal study of the fundamental frequency of hunger cries along the first 6 months of healthy babies. *J Voice* 2007;5:551-559.
17. Harding CG, Golinkoff RM. The origins of intentional vocalizations in prelinguistic infants. *Child Dev* 1979;50:33-40.
18. Rothganger H. Analysis of the sounds of the child in the first year of age and a comparison to the language. *Early Hum Dev* 2003;75:55-69.
19. Pinyerd BJ. Infant cries: physiology and assessment. *Neonatal Netw* 1994;13:15-20.
20. Ludington-Hoe SM, Cong X, Hashemi F. Infant crying: nature, physiologic consequences, and select interventions. *Neonatal Netw* 2002;21:29-36.
21. Ohgi S, Gima H, Akiyama T. Neonatal behavioural profile and crying in premature infants at term age. *Acta Paediatr* 2006;95:1375-1380.
22. Maunu J, Kirjavainen J, Korja R, Parkkola R, Rikalainen H, Lapinleimu H, et al. Relation of prematurity and brain injury to crying behavior in infancy. *Pediatrics* 2006;118:57-65.
23. Vohr BR, Lester B, Rapisardi G, O'Dea C, Brown L, Peucker M, et al. Abnormal brain-stem function (brain-stem auditory evoked response) correlates with acoustic cry features in term infants with hyperbilirubinemia. *J Pediatr* 1989;115:303-308.
24. Rapisardi G, Vohr B, Cashore W, Peucker M, Lester B. Assessment of infant cry variability in high-risk infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1989;17:19-29.
25. Koivisto M. Cry analysis in infants with Rh haemolytic disease. *Acta Paediatr Scand Suppl* 1987;335:1-73.
26. Várallyay G, Benyó Z, Illényi A, Farkas Z, Kovács L. Acoustic analysis of the infant cry: classical and new methods. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2004;1:313-316.
27. Arch-Tirado E, Mandujano M, García-Torices L, Martínez-Cruz CF, Reyes-García CA. Cry analysis of hypoacoustic children and normal hearing children. *Cir Cir* 2004;72:271-276.
28. Barr RG, Paterson JA, MacMartin LM, Lehtonen L, Young SN. Prolonged and unsoothable crying bouts in infants with and without colic. *J Dev Behav Pediatr* 2005;26:14-23.
29. Zwart P, Vellema-Goud MG, Brand PL. Characteristics of infants admitted to hospital for persistent colic, and comparison with healthy infants. *Acta Paediatr* 2007;96:401-405.
30. Zeskind PS, Barr RG. Acoustic characteristics of naturally occurring cries of infants with "colic". *Child Dev* 1997;68:394-403.
31. Douglas PS. Excessive crying and gastro-oesophageal reflux disease in infants: misalignment of biology and culture. *Med Hypotheses* 2005;64:887-898.
32. Hirschberg J. Dysphonia in infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1999;49(suppl 1):S293-S296.
33. Michelsson K, Michelsson O. Phonation in the newborn, infant cry. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1999;49(suppl 1):S297-S301.
34. Gilbert HR, Robb MP. Vocal fundamental frequency characteristics of infant hunger cries: birth to 12 months. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1996;34:237-243.
35. Wermke K, Mende W, Manfredi C, Brusciaglioni P. Developmental aspects of infant's cry melody and formants. *Med Eng Phys* 2002;24:501-514.
36. Sirviö P, Michelsson K. Sound-spectrographic cry analysis of normal and abnormal newborn infants. A review and a recommendation for standardization of the cry characteristics. *Folia Phoniatria* 1976;28:161-173.
37. Boero DL, Weber G, Vigone MC, Lenti C. Crying abnormalities in congenital hypothyroidism: preliminary spectrographic study. *J Child Neurol* 2000;15:603-608.
38. Robb MP, Crowell DH, Dunn-Rankin P. Cry analysis in infants resuscitated for apnea of infancy. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2007;71:1117-1123.