

MEDICION Y REGISTRO DE PATRONES DE PRESION DE SUCCION EN LACTANTES

A. P. Laquidara^{1,2}, L. M. Zerbino^{1,2,3}, Damián Gulich^{2,4}, Susan Cortez⁵, Silvia Jury⁵

- 1- Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Calle 1 y 47. (1900) La Plata - Buenos Aires - Argentina
- 2- Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp) (CONICET-CICBA) C.C. 3 (1897) Gonnet
- 3- Facultad Regional La Plata. Universidad Tecnológica Nacional (UTN).
- 4- Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), 1900 La Plata, Argentina
- 5- Servicio de Fonoaudiología Hospital de Niños "Sor María Ludovica" de La Plata. IDIP. Mrio. de Salud. CICBA
e-mail: damian.gulich@gmail.com

La deglución es un mecanismo complejo de delicada coordinación neuromuscular que permite el paso de alimentos de la boca al resto del aparato digestivo, evitando su ingreso a la vía aérea. Las alteraciones en este mecanismo, tanto funcionales como anatómicas pueden ocasionar diversas patologías, como cuadros respiratorios, otitis y otras disfunciones clínicas. En los primeros meses de vida, muchas alteraciones deglutorias pueden ser desencadenantes de diversas patologías. Para su evaluación y eventual tratamiento en el servicio hospitalario, los equipos de pediatría suelen derivar niños de 0 a 12 meses de vida a realizar una videodeglución, como único mecanismo para detectar o descartar posibles causales de esos trastornos. La videodeglución, estudio radiológico funcional dinámico, debe ser el paso siguiente a la evaluación clínica de la succión-deglución cuando el caso así lo requiera, y junto a la endoscopia suma datos que permiten ajustar el diagnóstico. Sin embargo, la videofluoroscopia se realiza mediante la ingesta de una sustancia radio-opaca (sulfato de bario) que se incorpora al contenido del biberón, y la duración promedio de exposición a la radiación es de unos 90 seg. Estos procedimientos no resultan particularmente placenteros y el paciente podría experimentar algún grado de incomodidad. Tratándose de lactantes, resultaría muy beneficioso controlar la cantidad de estudios radiológicos a las que se los somete, y encontrar una técnica alternativa previa que limite la cantidad de pacientes que sea necesario derivar a los mismos. En el Marco de los Proyectos 11/1130 y 11/1170 se concibió y desarrolló con financiamiento de subsidios de la CIC-BA el prototipo de un equipo electromédico sencillo e innovador para un diagnóstico inocuo y no invasivo de presiones de succión productiva y no productiva en lactantes y se validó su respuesta empleándolo en paralelo con estudios videofluoroscópicos. Los resultados preliminares indicaron una aceptable correlación entre determinados patrones de los registros temporales de presión obtenidos y los estudios radioscópicos simultáneos. Se determinaron los rangos de normalidad basados en los patrones de presión registrados con nuestro equipo durante la succión productiva en lactantes sanos. Habiéndose ya recabado datos de más de 130 casos, se trabajó en el desarrollo de un método de análisis semiautomático de los datos registrados, para agilizar la extracción de resultados. Las rutinas implementadas incorporan automáticamente los datos y los grafican eliminando errores de muestreo y le permiten al usuario extraer las amplitudes y frecuencias dominantes en la serie para su posterior interpretación. Se presentan ejemplos de resultados típicos. El equipo electromédico desarrollado en el CIOp consta de un transductor de presión y una conexión a computadora que permite observar y registrar las ondas de presión variable en el tiempo en el interior de un biberón. La lectura de presión se realiza a través de una computadora personal con un osciloscopio-registrador y su software asociado. El registrador se conecta a la PC por un puerto USB.

I. INTRODUCCIÓN

En comunicaciones previas se presentaron resultados de medición y registro de valores de succión en lactantes de 0 a 6 meses de edad con el propósito de determinar parámetros de normalidad en succión productiva. Habitualmente, los pacientes sospechados de alteraciones deglutorias son examinados mediante estudios videofluoroscópicos, que en el caso de nuestro Hospital de Niños “Sor María Ludovico” de La Plata se realizan con un equipo Toshiba DCW-20A telecomandado con intensificadores de imágenes provisto de videograbadora. La duración promedio es de 90 segundos empleando como técnica radioscópica 0.5 MA y ajustando en cada paciente el KV adecuado y resultan particularmente invasivos cuando deben ser indicados en el caso de los lactantes de 0 a 6 meses de edad. Con la finalidad de investigar sobre la factibilidad de encontrar un método alternativo a la videofluoroscopia que permita el diagnóstico de patologías, o, que permita identificar los casos de deglución normal sin necesidad de indicar el estudio de videodeglución. Así se diseñó un equipo con el que se realizaron registros temporales de presión a lactantes para los que se había indicado estudios de videodeglución. Los resultados preliminares (I AFA-SUF 2008) indicaron una aceptable correlación entre determinados patrones de los registros temporales de presión obtenidos y los diagnósticos basados en los estudios radioscópicos simultáneos, que justificaron el diseño de un protocolo para su empleo en lactantes con presunción de trastornos deglutorios antes de un estudio videofluoroscópico. En otro trabajo posterior (RNF 2009) se intentaron encontrar los patrones de presión característicos para realizar un diagnóstico inocuo y no invasivo. Como siguiente etapa para el diseño del correspondiente protocolo se realizaron los estudios para la determinación de los rangos de normalidad basados en los patrones de presión registrados con nuestro equipo durante la succión productiva en lactantes sanos, que se presentaron en otra comunicación (RNF 2010), mostrando los resultados estadísticos para los rangos estimados de normalidad en frecuencia y amplitud de los diagramas de presión obtenidos para 137 casos de lactantes

sanos entre 0 y 6 meses de edad. Los últimos resultados presentados (RNF 2010) mostraron la importancia de automatizar el sistema de captura y análisis, de manera de que su uso resulte más amigable para el profesional médico. En esta ocasión describimos el equipo y detallamos el desarrollo de un método de análisis semiautomático de los datos registrados. Esto permite agilizar y sistematizar la extracción de resultados de las series temporales. Las rutinas implementadas incorporan automáticamente los datos y los grafican eliminando errores de muestreo, le permiten al usuario definir una región de interés de acuerdo a un protocolo, caracterizan la rampa de succión, normalizan los datos y extraen las amplitudes y frecuencias dominantes en la serie para su posterior interpretación. Se presentan ejemplos de resultados típicos.

II. EQUIPO ELECTRÓNICO DE EVALUACIÓN DEL MECANISMO DE SUCCIÓN

El equipo electrónico desarrollado en el Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP) consta de un transductor de presión y una conexión a computadora que permite observar y registrar las ondas de presión variable en el tiempo.

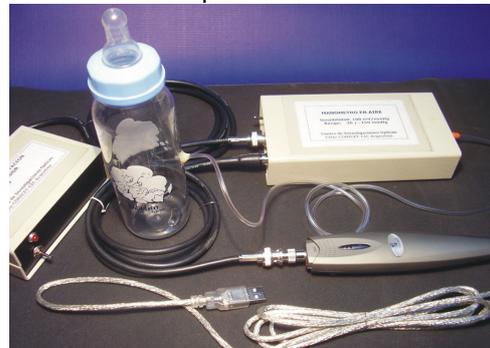


Figura 1. Elementos del equipo diseñado en el CIOP.

En nuestros estudios las ondas de presión se originan en el interior de un biberón para lactantes. La lectura de presión se realiza a través de un solo canal desde una computadora personal por medio de un osciloscopio-registrador y su software asociado. El registrador se conecta a la PC por un puerto USB.

La escala de representación de la onda de presión se ajusta desde el programa de

lectura y tiene como máximo 150 mmHg. y un mínimo de -100 mmHg.

La velocidad de respuesta en el tiempo del manómetro es desde la corriente continua hasta lo requerido por las ondas de succión, que no superan los 10 Hz.

No existe contacto eléctrico entre el paciente y el manómetro. El biberón que succiona el paciente sólo se conecta al equipo de medición a través de un catéter plástico que transmite la presión de succión al manómetro. El registro de succión generado se archiva en formato de texto para posteriormente ser procesado con el programa presentado en el presente trabajo.

III. DESARROLLO

Se analizaron los registros de presión durante el proceso de succión-deglución obtenidos en una muestra de 139 lactantes normales que concurren a su control pediátrico de rutina a los Consultorios Externos del Hospital de Niños Sor María Ludovica de La Plata y que cumplían con las condiciones requeridas en el protocolo:

- Edad entre 0 y 6 meses
- Lactancia con biberón
- Ayuno de al menos 3 horas

Para cada uno de los lactantes de la muestra se analizaron comparativamente las curvas presión-tiempo, y algunas variables que las caracterizan. Dichos registros permiten identificar patrones completamente distintos asociables al menos a dos categorías: La succión-deglución productiva y la succión no productiva.

En la figura 2 se muestran imágenes típicas de videofluoroscopia y los resultados manométricos para un mismo niño normal en los casos de biberón y de chupete. Este último sería comparable a la situación en la que, por distintas causas la succión es no productiva.

Las curvas manométricas, la regularidad de sus oscilaciones y los valores de Amplitud pico a pico de succión, Período máximo de cada succión resultaron ser variables importantes con rangos suficientemente diferentes asociables a cada una de esas categorías.

A partir de los registros se identificaron los períodos correspondientes a succión productiva, y de allí se determinaron los

valores promedio de amplitud en [mmHg] y frecuencia [Succ/seg] para cada caso.

El gráfico de la Figura 3a resume los resultados obtenidos en Amplitud y Frecuencia de las succiones para tres categorías agrupadas por Edad y el de la Figura 4a hace lo propio para tres categorías agrupadas por Peso. A partir de esos resultados se puso de manifiesto la conveniencia de calcular regiones de normalidad relativas a frecuencia-amplitud conjuntas. Como ambas distribuciones son asimétricas, y al aplicar la función logaritmo se normalizan, se calcularon regiones de normalidad de referencia conjunta para $\log(\text{AMPLITUD})$ y $\log(\text{FRECUENCIA})$ para cada una de las categorías. El cálculo de las regiones de referencia se basa en la suposición de que la distribución conjunta de datos es normal, y eso se consigue en nuestro caso aplicando la función logaritmo.

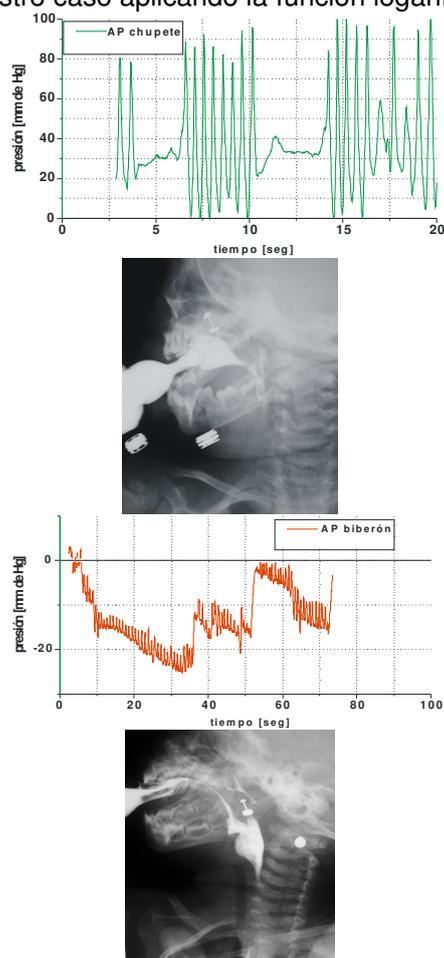


Figura 2. Curvas típicas de presión para succión no productiva (chupete) y productiva (biberón), y sus imágenes radiológicas.

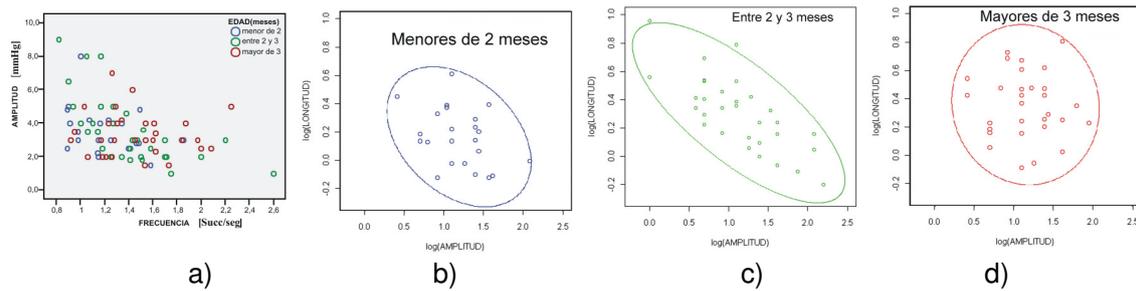


Figura 3

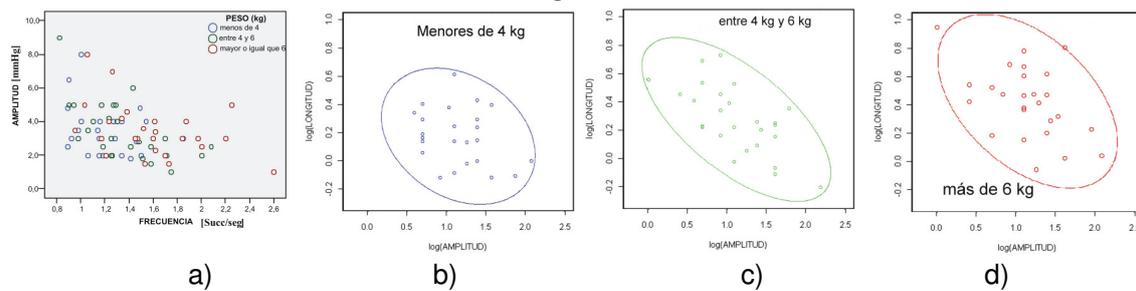


Figura 4

Las Figuras 3b, c y d y 4b, c y d permiten visualizar las regiones de normalidad para las categorías elegidas por edad y peso, respectivamente. Estas regiones contienen, en cada caso el 95% de la población bajo estudio, es decir que equivale a decir que la probabilidad de que un caso cualquiera de la población esté en esa región es 0.95.

El análisis comparativo de las elipses que representarían la frontera de cada región de normalidad, indicaría que existe una mejor correlación cuando se eligen categorías por peso que cuando se categoriza por edad. Sin embargo, sería necesario ampliar la muestra para mejor definir estas regiones.

De todos los estudios preliminares realizados pudo concluirse:

- 1) La factibilidad de implementar estudios manométricos que permitan identificar los casos que están dentro de los parámetros normales de la succión-deglución productiva, y los de succión agotable, de aquellos en los que intervienen otras patologías.
- 2) Que de ello se desprende la necesidad de continuar las investigaciones sistemáticas a fin de ajustar los rangos de valores en los que las variables identificadas pueden considerarse en límites normales, para cuyos casos no sería necesario indicar un estudio radiológico de los mecanismos de succión-deglución.
- 3) Que sería conveniente continuar el relevamiento amplio que implique analizar

estadísticamente las curvas manométricas de respuesta de lactantes normales en cuanto al mecanismo de succión-deglución productiva a fin de diseñar y validar el estudio que estamos presentando como una técnica alternativa y complementaria de diagnóstico que pueda indicarse previamente a solicitar el estudio radiológico correspondiente.

4) Que sería muy importante lograr la automatización del proceso de análisis, para lo cual se diseñó la rutina que aquí presentamos.

IV. RUTINAS DE PROCESAMIENTO

Se han hecho tres rutinas programadas en Matlab para la importación de datos de registros de succión con el nombre genérico "suc".

La primera de ellas (suc0) tiene como finalidad importar los datos originales del registro al espacio de Matlab convirtiendo automáticamente los valores originales a s y mmHg.

La segunda (suc1) toma estos datos y los representa gráficamente, para que el usuario pueda elegir la zona en la que se calcularán los parámetros de rampa de succión.

Una vez determinado el rango de tiempo para el análisis la tercera rutina (suc2) realiza las siguientes tareas:

1. Toma de la serie original los datos del rango temporal especificado.

2. Identifica máximos locales y con ellos genera una línea de base con un polinomio de grado igual a la cantidad de máximos identificados automáticamente. La vitalidad es tomada como la pendiente de la recta que une al primer punto con el último de la línea de base.
3. Genera una nueva serie restándole la línea de base y la media a los valores del punto 1.
4. Calcula el valor absoluto de la transformada rápida de Fourier (FFT) de la serie del punto 3 e identifica los picos registrando su frecuencia y amplitud.
5. Genera un gráfico de los resultados de los puntos 1 a 4, indicando valores relevantes: vitalidad, picos de ajuste de la serie original y picos de la FFT (indicando sus frecuencias y amplitudes). Asimismo devuelve en forma matricial para su archivo la vitalidad y las frecuencias y amplitudes de los picos de la FFT.

Estas rutinas pueden ser empleadas en scripts que semiautomatizan y agilizan el análisis y registro de resultados relevantes de grandes bases de datos. El usuario puede incluso discriminar las series que no son aptas para el análisis de modo de omitir su procesamiento. También pueden grabarse las figuras.

La Fig. 5 muestra los gráficos y valores obtenidos en la etapa 5. para un caso típico.

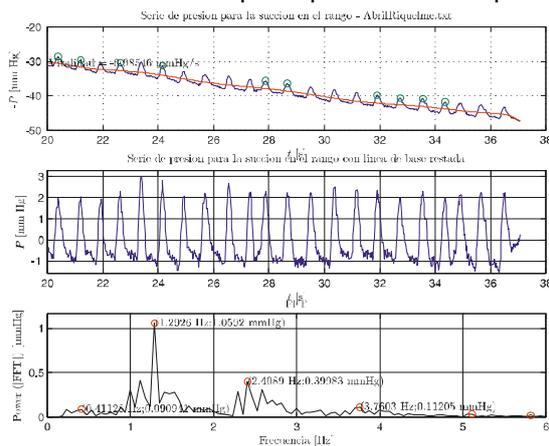


Figura 5. Arriba, serie de presión original y línea de base. Centro, serie de presión con línea de base restada. Abajo, FFT calculada y los valores de frecuencia y amplitud de los picos.

V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En los gráficos de la Fig. 6 puede observarse la comparación de los resultados obtenidos utilizando la rutina semiautomática y los obtenidos previamente mediante un análisis manual para unos 50 casos de succión normal.

Se verifica que la apreciación de las frecuencias de succión resulta aproximadamente coincidente en la mayoría de los casos.

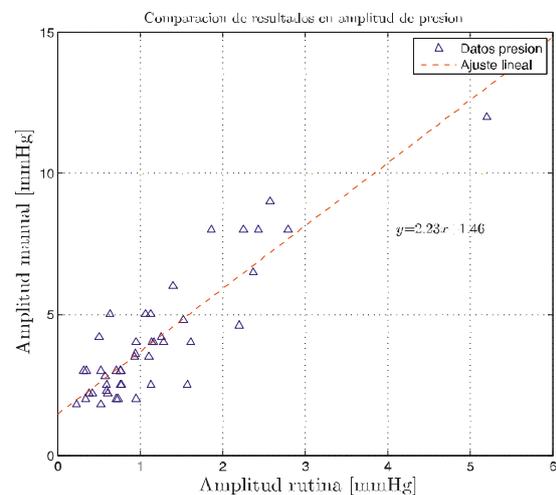
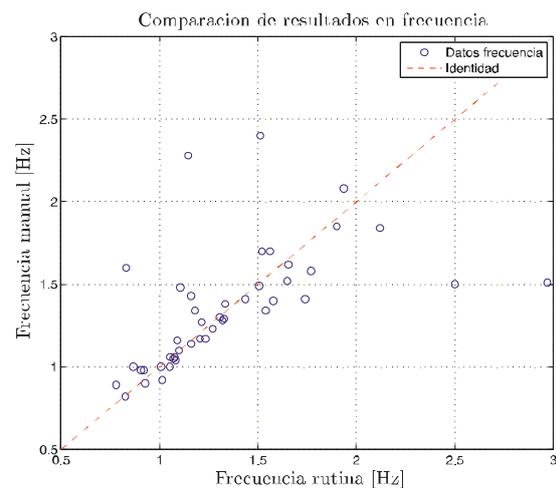


Figura 6. Comparación entre métodos Manual versus Rutina, en frecuencia y en amplitud

En cuanto a la comparación de amplitudes de presión, se encuentra que entre los resultados obtenidos para ambos métodos resulta aproximadamente existir un factor 2, y un corrimiento sistemático de 1,45. El

primero se explica por el hecho de que las medidas manuales consideran la diferencia entre picos y valles. El corrimiento sistemático se explica por el hecho de que las medidas manuales se realizan respecto de la rampa sostenida de descenso de presión, y las obtenidas a partir de la rutina corresponden a la nueva serie, una vez restada la línea de base y la media a los valores del punto 1.

Por otro lado, en las medidas de amplitud de presión manual, influyen las amplitudes de las componentes de altas frecuencias, y en el caso de la rutina se considera solamente la amplitud de la fundamental a partir de hacer la Transformada de Fourier de la serie normalizada.

Además, los valores de vitalidad obtenidos a partir de la pendiente de la curva de base, resultan tener una adecuada correspondencia para los casos en los que se encontró succión productiva.

A partir de estos resultados se comenzó a utilizar sistemáticamente la rutina para analizar las nuevas muestras de succión normales que se están realizando y se procesaron de manera similar las más de 200 estudiadas desde 2008 de manera que próximamente se espera llegar a tener datos suficientes como para definir las regiones de normalidad que permitirán utilizar este método como alternativa previa a indicar estudios de videodeglución.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la CIC-BA el subsidio para la concreción de este proyecto y al equipo médico del Hospital de Niños de La Plata por su apoyo y asesoramiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jury, S. - Alteraciones deglutorias y sus implicancias clínicas. Actas de la Jornada Internacional "Palabra, voz y deglución". Fundación Alberto J. Roemmers. Buenos Aires. Argentina. Academia Nacional de Medicina. 12 de Septiembre de 1996. Pag. 61-86.
- [2] Dantas, Kern, Massey, Dodds, Kahrilas, Bresseur, Cook & Lang. "Effect of swallowed bolus variables on oral and pharyngeal phases of swallowing" American Journal of Physiology, Vol 258 (Gastrointest. Liver Physiol. 21), pp G675-81, 1989
- [3] Donner, Silbiger & Cooley. "Cinefluorographic analysis of pharyngeal swallowing in neuromuscular disorders" American Journal of Medical Science, Vol 251, pp 600-16, 1966.
- [4] Ekberg, "Radiologic evaluation of swallowing" Dysphagia: Diagnosis and Management, ed. M.E. Groher, Stoneham, Butterworth-Heinemann, pp 163-95, 1992.
- [5] Kahrilas, Lin, Spiess, Bresseur, Joehl & Manka, "The impact of fundoplication on bolus transit across the gastroesophageal junction" Amer. J. Physiology, Vol 275 pp G1386-G1393, 1998.
- [6] Leder "Videofluoroscopic evaluation of aspiration with visual examination of the gag reflex and velar movement" Dysphagia, Vol 12, pp21-23, 1997.
- [7] 93ava Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina y XIa Reunión de la Sociedad Uruguaya de Física. AFASUF I. Evaluación del mecanismo de succión productiva y no productiva L. M. Zerbino, S. Jury, A. P. Laquidara. Asociación Física Argentina. Buenos Aires. 2008.
- [8] 94ava Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina. AFA 2009. Evaluación de patrones de presión normales en el mecanismo de succión productiva en lactantes. Zerbino L. M., Jury S., Laquidara A. P., y Cortes S. Asociación Física Argentina. Rosario. 14 al 18 de septiembre 2009.
- [9] 95a Reunión Nacional de Física de la Asociación Física Argentina. 95a RNF AFA 2010. Parámetros de normalidad en frecuencia y amplitud de patrones de presión en la succión productiva de lactantes. Zerbino L. M., Laquidara A. P., Jury S., Cortes S., Apezteguía M. C. Malargüe, Mendoza. 28 de Setiembre al 01 de Octubre de 2010.
- [10] 97a Reunión Nacional de Física de la Asociación Física Argentina. 97a RNF AFA 2012. Método de captura y análisis de datos de succión en bebés de 0 a 6 meses. Aníbal Pablo Laquidara, Damián Gulich, Lía Zerbino, Silvia Jury. Aceptado para su presentación. P257. 25 al 28 de septiembre 2012. Villa Carlos Paz, Córdoba.