

3er. Premio Nivel B

Hospitales II y III

**“Medición no invasiva transfontanelar
de presión intracraneal en
recién nacidos”**

Autores:

Dra. Yaqueline Jéssica Suaña Gómez

Dr. Carlos Eduardo Alvarez Peña

**Policlínico de Puno.
Gerencia Departamental Puno**

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un método no invasivo de medición de PIC, aprovechando la fontanela anterior de los recién nacidos, utilizando el principio del Tonómetro de Schiötz, instrumento que se encuentra a disposición en todos los hospitales. El tonómetro fue modificado para adaptarlo a las características de la fontanela anterior, realizando variaciones en el pie de apoyo corneal, se amplió la escala, estableciéndose una nueva calibración para el tonómetro y reproduciendo experimentos que realizan Schiötz y Friedenwald, se elaboró una nueva tabla de valores para PIC. Se tomó como muestra 120 recién nacidos aparentemente sanos. Las mediciones de PIC fueron realizadas con dos pesas, para disminuir el factor de rigidez de las "membranas fontanelares" inherente a este instrumento. Los valores hallados con el tonómetro de Schiötz Modificado, tiene como promedio: 7.96 ± 0.93 para la pesa de 5.5 gr y 6.47 ± 0.79 para la de 3.3 gr, los cuales se encuentran dentro de los límites mencionados con otros métodos. Se demuestra que si es posible adaptar el Tonómetro de Schiötz para medir la PIC en recién nacidos sin variar el principio físico, constituyendo una alternativa como método no invasivo.

Palabras clave: Presión, intracraneal, Fontanela anterior, Tonómetro de Shiotz, Recién nacidos.

SUMMARY

Non-invasive transfontanellar mensuration of intracranial pressure in newly born.

The objective of the present work was to develop a non-invasive method of mensuration of the intracranial pressure (PIC), taking advantage of the anterior fontanelle of the newly born ones, using the Schiötz tonometer, available instrument in all the hospitals.

The tonometer was modified to adapt it to the characteristics of the anterior fontanelle, carrying out variations in the corneal support, the scale was enlarged, settling down a new calibration for the tonometer and reproducing experiments that Schiötz and Friedenwald carry out, a new chart of values was elaborated for PIC.

Took like sample 120 newly born seemingly healthy. The mensurations of PIC were carried out with two weights, to diminish the factor of rigidity of those «membranes fontanell» inherent to this instrument. The values found with the tonometer of Modified Schiötz, has like average: 7.96 ± 0.93 for the weight of 5.5 g and 6.47 ± 0.79 for that of 3.3 g, which are inside the limits mentioned with other methods.

It is demonstrated that if it is possible to adapt the Tonómetro of Schiötz to measure the PIC in newly born without varying the physical principle, constituting an alternative as method no-invasivo.

Keywords: Intracranial pressure, Anterior fontanelle, Shiotz tonometer, Newly born.

INTRODUCCIÓN

La determinación de la Presión Intracranial (PIC) es de particular importancia en desórdenes neurológicos de los neonatos, ya que las alteraciones de esta presión tienen mayores implicancias para el diagnóstico y manejo; lo que conlleva a un incremento de la morbimortalidad. Las modificaciones de la PIC se reconocen mucho antes de las manifestaciones clínicas a través de su medición directa, así puede reconocerse a tiempo la elevación de la PIC antes que ocasionen por demanda de espacio, compromiso de las funciones encefálicas, diagnosticarse con precisión y tratarse específicamente con un control adecuado de los resultados.

Para medir la PIC existen varios métodos como la punción lumbar, el sensor epidural, subdural, subaracnoideo y la punción ventricular, que son bien reconocidos como medios de determinación de PIC, pero estas técnicas son invasivas y no están diseñados para monitorización continua o intermitente del recién nacido; resultan demasiado invasivas para utilización rutinaria, con riesgos de lesionar el cerebro y de infección, necesitan de una persona experimentada o especializada, son de alto costo, etc., lo cual ocasiona que no sean utilizadas en todos los hospitales. En los últimos años se prestó considerable atención al desarrollo de un método no invasivo para la evaluación de la PIC en recién nacidos y lactantes, todos estos instrumentos han sido utilizados aprovechando la fontanela anterior del cráneo. Sin embargo, estos dispositivos tienen poca aceptación por ser de difícil calibración y sobre todo de pobre reproductibilidad después de sucesivas reaplicaciones del sensor para una fontanela dada^{3,25}.

El propósito del presente trabajo fue desarrollar un método no invasivo para medición de la presión intracranial en recién nacidos, aprovechando esta peculiaridad anatómica que es la fontanela anterior, que sea de fácil manejo, calibración y de bajo costo, para uso indeterminado, para rastreos rápidos de gran número de personas y sobre todo inocuo para los recién nacidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo es un estudio descriptivo, prospectivo y de corte transversal. Se tomó como muestra a 120 recién nacidos aparentemente sanos (que cumplieron los criterios de inclusión) de diciembre del 2000 a marzo del 2001 de los Hospitales de Puno y Juliaca de EsSalud, así como del Policlínico de Puno (EsSalud).

Recolección, procesamiento y análisis de datos:

Los datos obtenidos fueron obtenidos en fichas de datos, creadas para tal fin, de las fuentes de información mencionadas y de la toma directa de PIC de recién nacidos. Los resultados fueron expresados como media, desviación estándar e intervalo de confianza para la media. El análisis de significación estadística se halló mediante la prueba Z para definir el intervalo de normalidad de los valores de PIC con intervalo de confianza al 95%, la *prueba r de Pearson* para relacionar los valores encontrados con las dos mediciones que se realizó.

Metodología

Para la realización del presente trabajo se utilizó el tonómetro de Schiotz (modelo Skalar), el cual había que adaptarlo de acuerdo a las características de la fontanela anterior.

Uno de los primeros problemas que tuvimos que resolver fue la forma del pie de apoyo corneal, que es cóncavo diseñado para la forma de la córnea convexa; sin embargo, la forma de la fontanela anterior tiende a ser plana, por lo que se adaptó al pie de apoyo corneal un dispositivo plano circular delgado de 0.29 mm de grosor, con un orificio en el centro para permitir el deslizamiento del pistón, agregándose el tamaño del mismo que se había restado al colocar el dispositivo, el cual fue de 1 mm.

El segundo problema fue la escala de conversión de las unidades del tonómetro que originalmente es de "0 a 20", ya que al medir inicialmente la PIC sólo con las modificaciones mencionadas el yunque y la aguja marcadora no se movía y en algunos casos el movimiento era mínimo, por lo tanto salía de la escala. Es así que se amplió mediante prolongaciones, la escala de "0 a 30" incrementando 10 mm.

En relación a la ampliación en la escala del tonómetro de 10 mm se tuvo que incrementar con un dispositivo circular en la parte superior del pistón (rubí) que fue de 0.05 mm de altura.

En tercer lugar, las tablas de conversión que actualmente se utilizan para la presión intraocular no se pueden utilizar para la PIC, debido a que el tonómetro de Schiotz es un método indirecto, por lo cual introduce el factor de error que es la "rigidez de las membranas oculares" (el cual puede eliminarse al realizar mediciones con 2 pesas), en caso de la medición de la presión intra-ocular, y en nuestro caso la denominamos "*rigidez de las membranas fontanelares*", la que definitivamente es diferente, es así que se elaboró una nueva tabla para PIC.

Al tener que realizar dos mediciones utilizando las pesas ya fabricadas, las que tienen el peso nominal de 5.5 gr, 7.5 gr, 10 gr y 15 gr, ya que los pesos reales –los cuales fueron exactamente pesados en una balanza electrónica– son los siguientes:

Premio Kaelin 2000

Pesa de 5.5 gr = 2.2 gr

Pesa de 10 gr = 4.5 gr

Peso del pistón = 2.4 gr.

Pesa de 7.5 gr = 2.0 gr

Pesa de 15 gr = 9.5 gr

Completándose el peso total: sumamos el peso de la pesa a usarse, el peso del pistón, más el peso del momento del contacto del pistón con el yunque al realizar las lecturas.

Al ejecutar las mediciones con todas las modificaciones mencionadas y tratar de utilizar dos pesas, la de 5.5 gr y 10 gr, y eliminar de esta manera la rigidez fontanelar, observamos que sólo marcaba con la pesa menor, mas no así con las demás, nos encontramos frente a otro problema ya que no podríamos utilizar ninguna pesa excepto la menor de 5.5 gr, por lo cual se construyó una pesa menor a la de 5.5 gr. En conclusión, se elaboró una pesa de 0.75 gr y se adaptó la pesa del pistón (3.3 gr) sin la pesa de 5.5 gr, con la que normalmente va para realizar mediciones de PIC.

Debido a los cambios y adaptaciones mencionados se tenía que realizar una nueva calibración del tonómetro, por lo cual se reprodujo los experimentos que realizaron Schiotz y Friedenwald para la "Calibración del Tonómetro de Schiotz Modificado".

Se utilizó como modelo de dicho experimento globos medianos (en comparación a los ojos de cadáveres, conejos, gatos y cerdos que utilizaron Schiotz y Friedenwald), los cuales fueron llenados de agua conectados mediante un sistema tubular a un manómetro, entre ambos se colocó una llave de triple vía, la tercera vía fue conectada a un sistema de agua para realizar variaciones de volumen. El globo debe estar sin burbujas de aire, puesto que ello produce presiones adicionales a las reales.

Mediciones de PIC en los recién nacidos

Una vez terminado el estudio de factibilidad: cambios y adaptaciones al tonómetro de Schiotz, se procedió a realizar las mediciones de PIC en la muestra, previa calibración técnica del instrumento, es decir nivelar a cero en una superficie plana.

• TÉCNICA:

– *Posición del niño.* La técnica que se menciona a continuación fue desarrollada por los autores del presente trabajo adoptada al realizar mediciones de PIC. En vista de que el tonómetro de Schiotz debe colocarse en forma vertical y paralelo a la fontanela para que se obtenga una adecuada lectura, la cabeza del recién nacido debería encontrarse aproximadamente a 45° de un plano horizontal y de esta manera se lograba que la fontanela se encuentre en el mismo plano que el tonómetro. La angulación debe ser con todo el cuerpo para evi-

tar angulaciones entre la cabeza y el cuerpo, además de no comprimir el tórax ya que ello provoca incrementos de la presión intracranial.

El recién nacido fue colocado en posición erecta en ángulo aproximado de 30-45° con la cabeza frente a la persona que lo sostenía, tratando de encontrar un plano horizontal a la fontanela, colocando una mano en la parte superior, de tal manera que sostenga la cabeza, cuello y hombros, y otra en la parte inferior a nivel de las nalgas. El niño debe encontrarse tranquilo, sin realizar movimientos de la cabeza, maniobras de valsalva (estornudar, toser o pujar) para evitar incrementos de PIC.

El tonómetro de Schiotz debe ser mantenido en un plano perpendicular a la fontanela anterior, en un punto medio del área fontanelar, estabilizándolo, procediéndose a la lectura correspondiente en tres oportunidades para confirmar la lectura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• Primera Fase

a) *Reproducción del experimento*

– *Variaciones de volumen y rigidez de membranas*

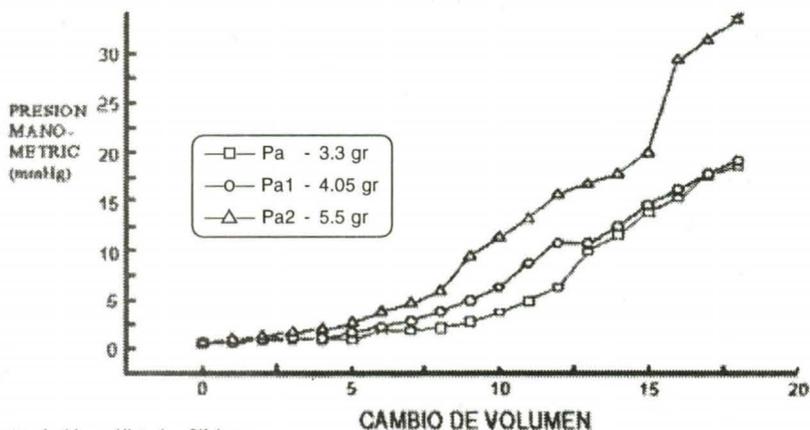
En la primera fase del experimento se realizaron cambios de volúmenes dentro del globo de agua y se tomó la presión directamente con el tonómetro de Schiotz modificado, colocándolo sobre el globo de agua (modelo utilizado). Se inyectó un volumen de líquido conocido en forma creciente de 1 ml y se midió la presión antes y después, repitiéndose la operación las veces necesarias.

De los datos obtenidos del experimento fueron correlacionadas las variaciones de volumen con la presión interna, obteniéndose como resultado la figura con tendencia a una curva, igual a la que encontró Friedenwald³⁰, como lo muestra el Gráfico 1.

Este experimento lo realizó Friedenwald para estimar las variaciones de volumen que indica variaciones de presión que llevados a un gráfico obtuvo una curva, además de observar que si en lugar de tomar la presión tomaba el logaritmo de la misma, la curva se transformaba en una recta³⁰, Gráfico 2 (en la cual los datos representados mediante puntos se encuentran dentro o cercanos a las rectas correspondientes).

Posteriormente demostró que la pendiente o inclinación de esta recta es una medida de resistencia a la distensión de la envoltura ocular (rigidez ocular) y que es un factor constante e individual para cada ojo que denominó con la letra $E^{9,10,30}$.

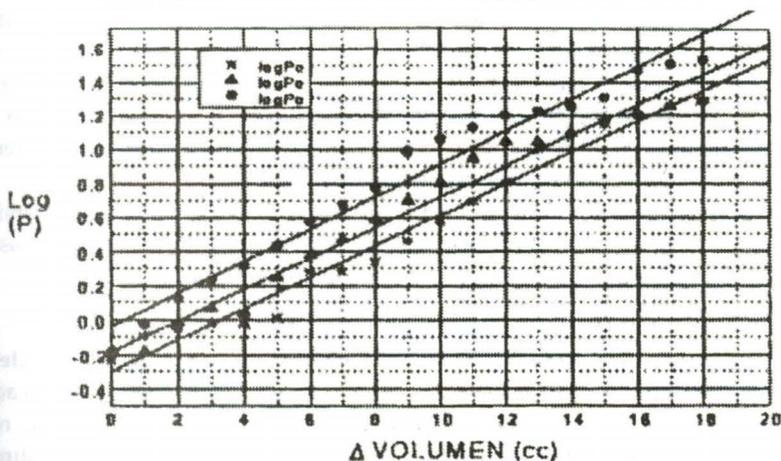
Gráfico 1
 PUNO. POLICLÍNICO. VARIACIONES DE VOLUMEN Y PRESIÓN INTERNA
 CON EL TONÓMETRO DE SCHIOTZ MODIFICADO



Fuente: Archivo e Historias Clínicas.

De esta manera se reprojuo y se demostró con el tonómetro de Schiotz modificado los experimentos que realizó Friedenwald, con las tres pesas mencionadas (3.3, 4.05 y 5.5 gr).

Gráfico 2
 PUNO. POLICLÍNICO. VARIACIÓN DE VOLUMEN Y LOGARITMO
 DE PRESIÓN CON EL TONÓMETRO DE SCHIOTZ MODIFICADO



Fuente: Archivo e Historias Clínicas.

La reproducción de los experimentos de variación de volumen, correlacionados en los Gráficos 1 y 2, se efectuaron para demostrar y no variar el principio físico del tonómetro de Schiötz al realizar las modificaciones mencionadas y de esta manera adaptarla en la medición de la PIC a través de la fontanela anterior; igualmente se demostró la presencia de la *rigidez de las membranas* que interviene al realizar las mediciones de presión con el tonómetro de Schiötz^{6,9,10,20,30}, lo cual pudimos comprobarlo en nuestro modelo (globo), ya que obtuvimos los gráficos encontrados por ellos (curva y recta) con la que demostraron la presencia de este factor.

• Segunda Fase

– Calibración del Tonómetro

La calibración absoluta de los tonómetros requiere la correlación entre la lectura del instrumento y la simultánea medición de la lectura del manómetro; dos métodos de calibración fueron descritos: con manómetro cerrado y manómetro abierto^{6,9,10,21,30}. Para esto se utilizó el mismo modelo que en el experimento de variación de volumen. Los resultados hallados en la calibración con el tonómetro de Schiötz modificado, producto de la relación entre la lectura del manómetro en centímetros de agua (cmH_2O) y la escala del tonómetro modificado, con las tres pesas, las cuales fueron expresadas en milímetros de mercurio (mmHg), para ello se utilizó la siguiente equivalencia: $1\text{mmHg} = 1.35\text{ cm H}_2\text{O}$. Dicha tabla de conversión ahora para PIC, se muestra en la Tabla 1.

Estos experimentos fueron hechos porque Schiötz, primero y luego Friedenwald, quisieron calibrar el tonómetro, es decir relacionar la presión ocular que existía dentro del ojo, con la división que marcaba la escala de su tonómetro al colocarlo sobre la córnea. Los experimentos que le dieron mejores resultados fueron las experiencias con *manómetro abierto*, ya que en ella no intervenía el factor "*rigidez*"; por lo tanto las lecturas realizadas en el manómetro se correspondían con la presión interna³⁰. En esta fase de nuestro trabajo se reprodujo dicho experimento con el *tonómetro de Schiötz modificado*, para su correspondiente calibración, obteniéndose valores de medición directa.

Los valores que obtuvimos para la PIC no son iguales a la tabla de conversión para la presión intraocular, debido a que las presiones entre ambas estructuras es diferente, al igual que las características de las membranas que las recubren.

Rigidez fontanelar

Para estimar el factor de *rigidez* de las membranas, en las mediciones de la presión intraocular, el Comité de Estandarización de Tonómetros de la Academia Americana de Oftalmología y Otorrinolaringología estableció que debe realizarse siempre lecturas con dos diferentes pesas ya que el método de estimación de la rigidez ocular por múltiples pares de lecturas tonométricas apuntan a

Tabla 1
PUNO. POLICLÍNICO. VALORES PIC CON EL TONÓMETRO DE SCHIOTZ MODIFICADO

Scala	PIC-5.5 gr (mmHg)	PIC-3.3 gr (mmHg)
0	23,75	14,7
1	19,85	12,13
2	17,2	11,47
3	16,76	10,29
4	15,44	9,77
5	13,97	9,55
6	13,01	8,67
7	12,72	8,45
8	11,69	8,38
9	11,25	8,01
10	11,02	7,72
11	10,29	7,5
12	10,22	7,42
13	9,7	7,27
14	9,4	7,13
15	9,33	7,05
16	9,11	6,91
17	8,75	6,76
18	8,67	6,47
19	8,38	6,25
20	8,23	6,17
21	7,94	6,02
22	7,64	5,73
23	7,5	5,36
24	7,37	3,23
25	7,2	3,16
26	6,91	2,86
27	5,88	2,83
28	3,97	2,72
29	3,89	2,72
30	3,66	2,72

Fuente: Archivo e Historias Clínicas.

La reducción del error inherente en una simple medida tonométrica^{6,10,20,30}. Para ello elaboramos una pesa adicional de 0.75 gr (junto al pin y yunque se tiene un peso total de 4.05 gr) además de utilizar solamente el peso del pin (3.3 gr) y la pesa de 5.5 gr que normalmente contiene el tonómetro, con los cuales se realizó lecturas en un mismo recién nacido; sin embargo, para elaborar las tablas de PIC sólo se consideró los pesos totales de 5.5 gr y 3.3 gr, porque la diferencia de peso con 4.05 gr en relación a las otras mencionadas era pequeña, además de ser necesario sólo dos lecturas; del mismo modo con la posibilidad de que las modificaciones hechas en el tonómetro puedan ser reproducidas sin mayores cambios, debido a que elaborar una pesa necesita de una máquina y precisión en su elaboración.

• Tercera Fase

– PIC con tonómetro de Schiotz modificado en 120 recién nacidos.

Tabla 2
PUNO. POLICLÍNICO.
ESTADÍSTICAS BÁSICAS DE VALORES NORMALES DE PIC

	Límite inferior	Límite superior	Media aritmética	Desviación estándar	Varianza (S ²)	Prueba "Z" (Zc)
PIC 5 gr	7.72	8.09	7.96	0.93	0.87	11.9767
PIC 3.3 gr	6.36	6.65	6.47	0.79	0.63	

Fuente: Archivo e Historias Clínicas.

En cada paciente se realizó mediciones de PIC con dos pesas (5.5 y 3.3 gr). De 120 recién nacidos, las estadísticas básicas en el que se estima un promedio de 7.96 mmHg con una dispersión o variabilidad de 0.93 y un intervalo de confianza para la media de 7.72 – 8.09 con un nivel de significancia del 5%, para las lecturas realizadas con la pesa de 5.5 gr. Mientras que las lecturas con la pesa de 3.3 gr la estimación del promedio es de 6.47 mmHg. Con una variabilidad de 0.79 de intervalo de confianza de 6.36 – 6.65 con el mismo nivel de significancia (Tabla 2).

Las lecturas entre ambas pesas difieren significativamente, obteniéndose una "Z calculada" (Zc = 11.97). Evaluando el valor promedio final de la lectura de PIC con la pesa de 5.5 gr.: 7.96 mmHg están altamente relacionados con los valores referidos por Menke: 7.0 ± 1.75^{16} y Salmón: 7.37 ± 1.45^{20} , y dentro de los límites que citan Haslam: 7.4–20 mmHg y Cerda: <12 mmHg, mientras que difieren con los otros autores. De igual manera las lecturas de PIC con la pesa de 3.3 gr se encuentran casi en relación con los valores encontrados por Menke y Salmón (Tabla 3).

Los trabajos de mediciones de PIC realizados con métodos no invasivos transfontanelar por los autores mencionados, son resultado de adaptaciones de tonómetros oftálmicos tales como el de aplanación y el neumático, los cuales son reconocidos y establecidos como los de mayor precisión por ser métodos directos de medición de presión intraocular.

El promedio hallado por nosotros tiene mayor relación a los encontrados por Menke y Salmón, quienes realizaron mediciones con el tonómetro neumático y de aplanación, respectivamente, los mismos que lo correlacionaron con métodos invasivos o directos. Además de que la muestra que utilizaron son aceptables: Menke: 72 recién nacidos y Salmón: 35 recién nacidos, en contraste con Walsh quien realizó mediciones sólo en 17 pacientes. Haslam, Cerda, Oyesiku y Volpe

Tabla 3
PUNO, POLICLÍNICO – MEDICIONES DE PIC
UTILIZADOS CON MÉTODOS NO INVASIVOS POR DIFERENTES AUTORES

Autores	PIC	Pacientes	Métodos utilizados
SALMON (1977)	7.37 ± 1.45 mmHg	35	Tonómetro de aplanación y catéter intraventricular.
MENKE (1982)	7.0 ± 1.75 mmHg	72	Pneumanómetro y catéter intraventricular.
WALSH (1983)	3.5 mmHg	14	Sensor fibróptico y catéter intraventricular.
OYESIKU (1990)	5 mmHg	–	Métodos invasivos.
VOLPE (1995)	40–50 mmH2O (2.96–3.70 mmHg)	–	Sensor fibróptico pneumático.
CERDA (996)	<12 mmHg	–	Método invasivo.
HASLAM	100 – 280 mmH2O (7.40 – 20.7 mmHg)	–	Punción lumbar.
(*)	7.9 ± 0.93	120	Tonómetro de Schiotz modificado.

(*) Autores del presente trabajo de investigación.

no reportan el estudio y sólo dan valores refiriéndose a Lactantes, mas no especifican para recién nacidos (Tabla 3).

Relación entre lecturas con la pesa de 5.5 y 3.3 gr:

La Tabla 4 muestra el promedio de la diferencia de presiones por las lecturas efectuadas con dos pesas, estimándose una media de 1.5 mmHg con una variabilidad de 0.42 e intervalo de confianza para la media de 1.3 – 1.48. Las mediciones de PIC en un recién nacido se hicieron primero con la pesa de 5.5 gr e inmediatamente se le medía con la pesa menor, lo cual sugiere una relación entre la primera y segunda lectura del mismo niño; efectuando el análisis de correlaciones entre PIC 5.5 gr y PIC con 3.3 gr, resulta una elevada correlación ($r = 0.8961$) del 89.5%. La diferencia de valores entre las dos lecturas en un mismo niño tomados casi simultáneamente no son iguales debido a que los pesos aplicados (5.5 y 3.3 gr) son diferentes; sin embargo ambas lecturas se encuentran altamente correlacionadas.

Tabla 4
PUNO. POLICLÍNICO. MEDIA DE DIFERENCIA DE PRESIONES

	PIC 5.5 gr	PIC 3.3 gr	Diferencia	Límite superior	Límite inferior
X	7.9	6.4	1.5	1.48	1.32
S	0.93	0.79	0.42	-	-

Fuente: Archivo e Historias Clínicas.

CONCLUSIONES

1. El tonómetro de Schiotz puede ser adaptado para medir la presión intracraneal a través de la fontanela anterior sin variar el principio físico.
2. Es necesario que siempre se realice mediciones de PIC con dos pesas para reducir el factor de rigidez fontanelar.
3. La nueva tabla de valores de PIC transfontanelar son el resultado de mediciones directas en el modelo experimental (globo de agua) en la que se correlacionó directamente la escala del tonómetro con la presión interna.
4. Los valores de PIC encontrados con este método se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura.
5. La diferencia entre ambas lecturas (la pesa de 5.5 gr y 3.3 gr) no debe ser mayor a 1.48 mmHg.
6. Es necesario hallar el factor *rigidez* de las membranas fontanelares para poder realizar la corrección y obtener valores con mayor precisión.
7. La posición del niño y la técnica de medición de PIC transfontanelar se deben realizar cuidadosamente para evitar error de lectura por mala posición en la colocación del tonómetro.
8. El tamaño de la fontanela debe ser mayor o igual a 1.5 cm, para permitir una adecuada lectura.

REFERENCIAS

1. BEHRMAN R, KLIEGMAN R, ARVIN A. Nelson Tratado de Pediatría. Décimoquinta edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. 1997:2082-2094.
2. BRUCE O. BERG. Child Neurology. Secund edition. J.B. Lippincott Company, 1994:319-327.
3. BUNEGIN L, ALBIN MA, RAUSCHUBER R, MARLIN A. Intracranial Pressure Measurement from the Anterior Fontanelle Utilizing a Pneumoelectronic Switch. Neurosurgery. 1987; 20:726-731.
4. CERDA M, PARIS E. Cuidados intensivos en pediatría. Publicaciones Técnicas Mediterráneo. 1996:412-419.
5. DAVIDOFF LM, CHAMLIN M. "The Fontanometer" Adaptation of the Schiotz Tonometer of Intracranial Pressure in the Neonatal and early periods of infancy. Pediatrics 1959; 24:1065-1068.

6. DUANE'S. Clinical Ophthalmology: Tonometry, London, JB. Lippincott, vol 3, chap 47. Pag 1-7. 1991.
7. FEJERMAN, FERNANDEZ A. Neurología Pediátrica, 2da. edición, Editorial Médica Panamericana. 1997:173-181.
8. FENICHEL G. Clinical Pediatric Neurology, 3ra. ed., W.B. Saunders Company 1997; 4:91-116.
9. FRIEDENWALD JS. Tonometer Calibration, Tr-Am. Acad. Ophth. 1957, 108-122.
10. FRIEDENWALD JS. Some Problems in the Calibration of Tonometers. Am. J. Ophth. 1948; 31:935-944.
11. FOUYAS P, CASEY A, THOMPSON D and et al. Use of Intracranial Pressure Monitoring in the Management of Childhood Hydrocephalus and Shunt-related Problems. Neurosurgery 1996; 38:726-731.
12. GAMBARELLA G, DOMENICO D', TOMASELLO F. Monitoring of Brain Tissue Pressure with a Fiberoptic Device Neurosurgery. 1992; 31:918-922.
13. GRAY W, PALMER J, GILL J, y col. A Clinical Study of Parenchymal and Subdural Miniature Strain-Gauge Transducer for Monitoring Intracranial Pressure. Neurosurgery. 1996; 39:927-932.
14. GUILIONI M, URSINO M. Impact of Cerebral Perfusion Pressure and Autoregulation on Intracranial Dynamics: A Modeling Study. Neurosurgery. 1996; 39:1005-1013.
15. GUYTON H. Tratado de Fisiología Médica, 9a. ed. Mc Graw Hill Interamericana. 849-856.
16. HILL A, VOLPE J. Measurement of Intracranial Pressure USING the Ladd Intracranial Pressure Monitor. J. Pediatrics. 1986; 98:974-976.
17. HIRSCH JF, LACOMBE J, PIERR-KAHN A, RENIER D. Mesure de la Presion Intracranienne par Palpeur de Fontanelle. Neurochirurgie. 1978; 24:89-93.
18. HON CHAN K, MARK N, DOUGLAS J, et al. Multimodality Monitoring as a Guide to Treatment of Intracranial Hypertension after severe brain injury. Neurosurgery. 1993; 32:547-553.
19. KRONFELD P. The Clinical Estimation of the Ocular Rigidity, Am J Ophth, 1957; 47:147-154.
20. KRONFELD P. Tonometer Calibration. Tr. Am. Acad. Ophth. Jan-Feb 1957:123-126.
21. LEBENSOHN J. Standardization of Tonometers. Am. J. Ophth. 1954; 38:863-866.
22. MACMILLAN C, WILD J, ANDREWS P, et al. Accuracy of a Miniature Intracranial Pressure Monitor, Its Function during Magnetic Resonance Scanning and Assessment of Image Artifact Generation Neurosurgery. 1999; 45:188-193.
23. MARK C, MARK A. Cuidados intensivos en pediatría. 2da. ed. Mc Graw Hill Interamericana. 1997:401-402.
24. MENKE JA, MILES R, Mc LLHANY M, et al. The Fontanelle Tonometer: A Noninvasive Method for Measurement of Intracranial Pressure. J. Pediatrics. 1982; 100:960-965.
25. MYERBERG DZ, YORK C, CHAPLIN ER, GREGORY GA. Comparison of Noninvasive and Direct Measurements of Intracranial Pressure. pediatrics. 1980; 65:473-476.
26. OYESIKU NM, AMACHER AL. Patient care in Neurosurgery, Third editon. Little Brown and Company, Boston/Toronto/London. 1990; 25-29.
27. PITLYK P, PIANTANIDA TP, POEGER DW. Noninvasive Intracranial Pressure Monitoring Neurosurgery. 1985; 581-584.
28. RAABE A. Reliability of Epidural Pressure Measurement in Clinical Practice: Behavior of Thre Modern Sensors during Simultaneous Ipsilateral Intraventricular or Intra Parenchymal Pressure Measurement. Neurosurgery. 1998; 43:306-311.
29. SALMON JH, MAJAR W, BADA HS. The Fontogram: A Noninvasive Intracranial Pressure Monitor. Pediatrics. 1997; 60:721-725.
30. SAMPAOLESI R. 1991: Glaucoma - Tonometría, 2da. edición. Editorial Médica Panamericana S.P. Buenos Aires, pag. 93-120.
31. SUAREZ J. Neurointensivismo en pacientes con aumento de la presión intracraneal, Neurosciences Critical Care Unit. 1999.
32. SUGIURA K, HAYAMA N, TACHISAWA T, et al. Intracranial Pressure Monitoring by a Subdurally Placed Silicone Catheter: Technical Note. Neurosurgery. 1985; 16:241-244.
33. VILLANUEVA PD. Simplified Technique for Subdural Pressure Monitoring: Technical Note. Neurosurgery. 1985; 6:238-240.
34. VOLPE J. Neurology of the Newborn, Third edition; W.B. Sounders Company. 1995; 4:147-149.
35. WALSH P, LOGAN WJ. Continuous and Intermittent Measurement of Intracranial Pressure by Ladd Monitor. J. Peediatrics. 1983; 102:439-442.
36. WELCH K. The Intracranial Pressure in Infants. J. Neurosurgery. 1980; 52:693.