

Revisado *[Signature]*

11237



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

133

FACULTAD DE MEDICINA DE MEDICINA  
División de Estudios de Postgrado  
Instituto Mexicano del Seguro Social 27 1998  
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI DE SERVICIOS  
HOSPITAL DE PEDIATRIA ESCOLARES  
DEPARTAMENTO DE POSGRADO  
IMU

## EVALUACION CLINICA DE UN MICROSENSOR INTRAVENTRICULAR PARA LA MEDICION DE PRESION INTRACRANEANA CONTINUA EN PACIENTES PEDIATRICOS

287682

M. S. S. C. M. N.  
HOSPITAL DE PEDIATRIA  
FEB. 27 1998  
D. I. T. DE ENSEÑANZA  
E IN ESTUDIOS

T E S

Que para obtener el título de  
**PEDIATRIA MEDICA**

p r e s e n t a

**DONAJI MIRANDA GONZALEZ**



AUTORES: LUIS MIGUEL MARQUEZ ENRIQUEZ  
JAIME DIEGO PEREZ RAMIREZ  
MIGUEL ANGEL VILLASIS/KEEVER

México, D. F.

Febrero

REV. *[Signature]*

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **INDICE**

<b>Agradecimientos</b>	<b>2</b>
<b>Resumen</b>	<b>3</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>Objetivo</b>	<b>9</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>10</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>11</b>
<b>Material y métodos</b>	<b>12</b>
<b>Resultados</b>	<b>20</b>
<b>Discusión</b>	<b>22</b>
<b>Tabla y figuras</b>	<b>24</b>
<b>Referencias</b>	<b>28</b>

## **AGRADECIMIENTOS.**

*A mis Padres y hermanos por su amor y apoyo incondicional.*

*Al Dr. Luis M. Márquez y a la Dra. Edith Jara por su impulso y ejemplo.*

*A ti Luis por nuestro amor.*

## EVALUACION CLINICA DE UN MICROSENSOR INTRAVENTRICULAR PARA LA MEDICION DE PRESION INTRACRANEANA CONTINUA EN PACIENTES PEDIATRICOS.

**Introducción.** Objetivo: Evaluar la precisión en la medición de presión intracraneana (PIC) de un microsensor intraventricular (MSI) en pacientes pediátricos con hipertensión intracraneana (HIC).

**Material y métodos:** Se evaluaron tres MSI en tres pacientes; los valores de PIC del MSI fueron comparados con las mediciones de PIC del catéter de ventriculostomía externo (CVE).

**Resultados:** Se obtuvieron 650 mediciones pareadas simultáneas de los sistemas de medición de PIC. Las mediciones del CVE variaron entre 3 y 60 mmHg con un promedio de  $16.17 \pm 7.83$ . Con MSI el valor mínimo fue de 3 y máximo de 60 mmHg con un promedio de  $16.18 \pm 7.86$ . La comparación de ambos promedios no tuvo diferencia estadística ( $p=0.97$ ), con una  $r=0.99$ , ( $p<0.0001$ ); las diferencias entre los valores de las mediciones de PIC variaron entre -5 y 5 mmHg, el promedio fue de  $0.01 \pm 1.09$ ; éstas diferencias no tuvieron una distribución normal (sesgo 0.66 y curtosis 8.5).

**Conclusiones:** El MSI es seguro, confiable y exacto para la medición de PIC en pacientes pediátricos con HIC; y es una excelente alternativa al CVE.

**Palabras clave:** Lesión cerebral; hipertensión intracraneana; microsensor; niños.

## **ANTECEDENTES**

La hipertensión intracraneana (HIC) es una complicación común del trauma de cabeza grave (TCG), de las meningoencefalitis, las hemorragias y los tumores intracraneos, entre otras entidades<sup>(1,2)</sup>. Se conoce que la HIC tiene relación directa con una mayor morbimortalidad.<sup>(3,4)</sup> En las unidades de terapia intensiva y de neurocirugía de los centros hospitalarios de países desarrollados la medición de presión intracraneana (PIC) se efectúa en los pacientes que presentan HIC, esta intervención ha sido un factor determinante en la disminución de la mortalidad de este tipo de pacientes<sup>(5,6)</sup>.

En nuestro país la primer causa de mortalidad entre los grupos etarios de 1 a 65 años son los accidentes, no se informa de la frecuencia del TCG en estos casos<sup>(7)</sup>. Sin embargo, en países desarrollados como los Estados Unidos de Norteamérica, la principal causa de mortalidad entre los grupos comprendidos entre 1 y 40 años son los accidentes, y los pacientes presentan TCG hasta en un 50%<sup>(8)</sup>.

Los efectos del aumento de la PIC y la función cerebral fueron estudiados por primera vez en 1824 por Cooper, utilizando modelos animales<sup>(8)</sup>. Fue hasta el año de 1916 cuando se midió la PIC en forma indirecta, al medir la presión del líquido cefalorraquídeo (LCR) por punción lumbar<sup>(9)</sup>. Jackson

en 1922 informó sobre la relación que existe entre el TCG y la HIC; así mismo, enfatizó la importancia de determinar en forma exacta la presión del LCR, para poder lograr un tratamiento adecuado de los pacientes con *"lesión craneal aguda"*<sup>(10)</sup>. La medición directa de la PIC se realizó por medio de la colocación de un catéter de ventriculostomía externo (CVE) en el año de 1951, por Guillaume y Janny<sup>(11)</sup>. Lundberg en 1960, confirmó la exactitud de este sistema, en pacientes en condiciones normales y patológicas. Ambos estudios documentaron que los signos clínicos neurológicos no eran útiles para la estimación de la HIC<sup>(11,13)</sup>. Desde entonces el CVE es considerado como el estándar de oro en la medición de PIC, tanto en pacientes adultos como pediátricos con HIC<sup>(1,8,12,14,15)</sup>.

En la actualidad se han desarrollado una variedad de sistemas de medición de PIC; de 1970 a 1980 se crearon los siguientes dispositivos: tornillo subaracnoideo, catéter subdural, monitores epidurales. Todos ellos como alternativas al sistema de medición con CVE, cuando este sistema no podía ser utilizado, debido a patología que provocaba que en los ventrículos no se pudiera colocar el catéter de ventriculostomía (edema cerebral grave, colapso ventricular, desplazamiento de la línea media, etc.)

(5,6,8,16)

Los sistemas de medición de PIC de microsensar fueron creados en la década de 1980. El primer microsensar comercial fue el Honeywell Microtransducer Catheter MTC-P5F (en la actualidad Drager MTC), inicialmente diseñado para medición de presión intraparenquimatosas, con resultados clínicos similares cuando se le utilizó en región subaracnoidea, intraparenquimatosas e intraventricular <sup>(17,18)</sup>. El sistema de microsensar que más se utilizó inicialmente fue el de fibra óptica Camino OLM (Camino Laboratories, San Diego, CA), que requiere de un sistema de microprocesador específico que despliega en una pantalla el valor numérico de la medición de PIC y/o el tipo de curva en forma continua. Sin embargo, este tipo de microprocesador tiene dos desventajas: que no pueden ser reajustados en su calibración una vez insertados en el cerebro y el costo elevado; lo que ha limitado su adquisición en los diferentes centros donde se atienden pacientes con problemas neuroquirúrgicos <sup>(16,19)</sup>. Los microsensares para medición de PIC fueron clasificados en dos tipos: estado sólido y de fibra óptica. Los microsensares de estado sólido están constituidos por un microprocesador y un preamplificador digital. Los de fibra óptica poseen un transductor de presión en la punta y fibra óptica que se conecta del paciente al monitor a través de una sencilla interface <sup>(16,18,19,20)</sup>.



El microprocesador de más reciente fabricación para la medición de PIC, es el microsensar Codman (Codman/Johnson & Johnson Professional, Inc; Randolph, MA) <sup>(16)</sup> el cual está constituido por un sensor de presión que esta cubierto por una funda de titanio; el sensor de presión está formado por dos semiconductores calibradores de presión que son conectados sobre el extremo de un diafragma delgado, el cual se pliega o se flexiona en proporción a la presión aplicada. Los cables de los calibradores van en el interior de una cubierta de nilón flexible de 0.7 mm de diámetro, que en su extremo tiene un resistor para cerrar el circuito. El cable mide 100 cm de longitud, puede doblarse y moverse sin alterar la función del transductor. La respuesta de frecuencia normal del transductor es mayor de 10 kHz. El microsensar se puede instalar intraventricular o en el parénquima cerebral, (cuando los ventrículos cerebrales se encuentren colapsados o desplazados de la línea media). El microprocesador ha sido evaluado en animales así como en pacientes adultos y pediátricos, en Europa y los Estados Unidos de Norteamérica con resultados excelentes:  $r = 0.99$ , con el estándar de oro. <sup>(16,17,18,20,21)</sup>.

Los sistemas microsensar de estado sólido (Codman Microsensor (Codman/Johnson & Johnson Professional, Inc; Randolph, MA), y los de fibra óptica Camino OLM (Camino Laboratories, San Diego, CA), fueron

comparados en un estudio reciente. El resultado fue satisfactorio para ambos sistemas, pero el microsensor de estado sólido (Codman Microsensor ICP Transducer; Codman & Shurtlef inc., Randolph, MA), obtuvo una mejor calificación que el de fibra óptica Camino OLM (Camino Laboratories, San Diego, CA) en: frecuencia de respuesta, precisión en medición de presión estática y en medición de presión de pulso <sup>(16)</sup>.

En nuestro país no se han realizado investigaciones sobre la medición de PIC con este método, (se revisó el sistema de información medica computada, *medline*, de enero de 1993 a junio de 1997).

## **OBJETIVO**

**Comparar las mediciones de PIC del microsensor intraventricular (MSI) contra las mediciones de PIC del CVE.**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los informes en la literatura internacional con respecto a la medición de la PIC intraventricular con el dispositivo de MSI en pacientes pediátricos son escasos. En nuestro país no existe experiencia publicada acerca de este tema, por lo tanto es necesario conocer el comportamiento de este nuevo dispositivo para la medición de PIC.

1 ¿El sistema de medición del MSI es tan útil como el CVE para medir la PIC en pacientes pediátricos con HIC?

## **HIPOTESIS**

**Las mediciones de la PIC con el MSI correlacionan aproximadamente en el 0.95 con las mediciones de PIC obtenidas con el CVE.**

## **MATERIAL y METODOS**

### **Lugar de realización**

El estudio se realizó en la Unidad de cuidados intensivos del Hospital de Pediatría CMN Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social, que es un hospital de referencia de tercer nivel de atención médica, al que se envían pacientes del área sur del Distrito Federal y de los hospitales generales de zona de los estados de Chiapas, Querétaro, Guerrero y Morelos.

### **Tipo de estudio**

Observacional, prospectivo, transversal y comparativo.

## **CRITERIOS DE SELECCION**

### **Criterios de inclusión**

- 1.- Pacientes de un mes a 16 años 11 meses 29 días de edad.
- 2.- De ambos sexos.
- 3.- Con enfermedad subyacente que requiera medición de PIC en forma continua con fines diagnósticos y terapéuticos.

### **Criterios de no Inclusión**

- 1.- Pacientes con colapso ventricular total y/o desplazamiento de la línea media que impidan la colocación de un catéter intraventricular.
- 2.-Pacientes con alteraciones en pruebas de coagulación: Tiempo parcial de tromboplastina y/o tiempo de protrombina prolongados de más de 9 segundos con relación al testigo, y/o plaquetopenia menor de 150, 000 mm<sup>3</sup>.

### **Criterios de Exclusión**

- 1.- Pacientes en quienes las mediciones de PIC no fueron pareadas.

## **VARIABLES**

**Edad:** Pacientes de un mes a 16 años 11 meses 29 días.

**Sexo:** masculino o femenino.

**Enfermedad subyacente:** Hallazgos clínicos, radiológicos y de laboratorio compatible con cualquier enfermedad que pueda ocasionar HIC.

## **INDICACIONES DE MEDICION DE PIC**

Pacientes con escala de coma de Glasgow igual o menor de 8, y/o con datos clínicos de HIC (bradicardia, hipertensión arterial sistólica y presión de pulso amplia). Datos de focalización neurológica en pupilas, miembros pélvicos o torácicos, crisis convulsivas generalizadas o focalizadas, posturas de decorticación, descerebración; secundario a enfermedad subyacente: trauma de cabeza, hidrocefalia, poscraneotomía, encefalopatía hipóxico isquémica, encefalitis, hemorragia intracraneal, falla hepática fulminante, tumores, etc.



## **MEDICION DE PIC**

Se llevó a cabo por medio del CVE y el MSI en forma simultánea y continua. El MSI (descrito en los antecedentes) se colocó dentro de un catéter de silicona, de tal manera que el sensor de presión se localizó a 1cm de la punta del catéter. Un transductor de presión externo lleno de líquido se conectó a la línea externa del catéter intraventricular por medio de una llave de tres vías, para registrar la PIC del mismo sitio que del MSI. La colocación de los dispositivos en el ventrículo lateral, izquierdo o derecho, se efectuaron por médico neurocirujano.

### **Tiempo de las mediciones**

Una vez colocados los sistemas de medición de PIC, el CVE y MSI se conectaron a sus respectivos transductores para el registro de la PIC continua. Las mediciones se efectuaron en intervalos de 15 minutos, para su correlación posterior.

## **ANALISIS ESTADISTICO**

- 1.-Análisis descriptivo con cálculo de medidas de tendencia central y de dispersión según la distribución de las variables.
- 2.- Análisis de Correlación con  $r$  de Pearson para la comparación de las determinaciones de la PIC.
- 3.- Comparación de promedios con prueba de  $t$ .

## **TAMAÑO DE LA MUESTRA**

El cálculo de la muestra se determinó de acuerdo a una  $r$  de 0.9, alfa de 0.05 y beta de 0.20, con un total de 616 mediciones pareadas.

## **DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO**

Una vez seleccionado (s) el (los) paciente(s) se procedió a la realización de la colocación de los dispositivos de medición de PIC por médico neurocirujano, a través de ventriculostomía, en el ventrículo izquierdo o derecho. El CVE es, una sonda de silicona de 3.2 mm de diámetro interno en el cual se introdujo el MSI de 0.7 mm de diámetro quedando un espacio de 2.5 mm en el CVE para la medición de PIC y extracción de LCR. En el extremo externo del CVE se le colocó una llave de tres vías, la cual se unió a un transductor de presión externo y se registró la PIC en milímetros de mercurio en la pantalla del monitor. Se compararon las mediciones registradas con el CVE y las del MSI.

## **FACTIBILIDAD**

**El estudio es factible ya que en el hospital se maneja pacientes pediátricos que requieren por su enfermedad subyacente la colocación de CVE para diagnóstico y tratamiento de HIC. Se cuenta con el personal médico capacitado, así como los recursos técnicos para el manejo del paciente pediátrico con HIC. En cuanto a los recursos materiales se tienen ambos tipos de dispositivos intraventriculares.**

**Recursos financieros no son necesarios.**

## **ASPECTOS ETICOS**

Para la colocación de los dispositivos en el espacio intraventricular en los pacientes, se informó a los padres de beneficios y riesgos; se solicitó el consentimiento en la hoja de autorización de cirugía. Como los dispositivos para extracción de LCR y medición de PIC, son parte del tratamiento establecido de este tipo de pacientes en la unidad de cuidados intensivos; sin realizarse maniobras de instrumentación diferentes a las habituales se considera que no existen implicaciones éticas para el estudio.

Se solicitó evaluación por el comité de investigación del Hospital de Pediatría CMN Siglo XXI.

## RESULTADOS

Se evaluaron tres MSI en tres pacientes, un MSI por paciente; un paciente femenino y dos masculinos, con edades de nueve, ocho y cinco años respectivamente, en quienes la medición de la PIC estuvo indicada por datos clínicos. Las causas de lesión cerebral fueron: encefalopatía hipóxico en un paciente y TCG en dos (cuadro 1). Los sistemas de medición se utilizaron de 4 a 7 días con una mediana 5. No se presentaron problemas durante la inserción, utilización de los sistemas de monitorización de PIC y no se presentaron datos clínicos de infección. Los cultivos bacteriológicos (diarios) del LCR y de las puntas de los catéteres fueron negativos.

El número de mediciones simultáneas de la PIC fue de 650. Los valores de la medición de la PIC con el CVE variaron entre 3 y 60 mmHg, con un promedio de  $16.17 \pm 7.83$ . Con el MSI el valor mínimo fue de 3 y el máximo de 60 mmHg, promedio de  $16.18 \pm 7.86$ ; la comparación de ambos promedios no tuvo diferencia estadística ( $p= 0.97$ ). Cuando se compararon cada una de las mediciones se obtuvo una correlación de 0.99 ( $p < 0.0001$ ) (Figura 2). Las diferencias entre las mediciones (las obtenidas con el CVE menos las del MSI) variaron entre - 5 y 5 mmHg, el promedio fue de  $0.01 \pm 1.09$  mmHg. Se observó que las diferencias fueron igualmente positivas

que negativas en 424 de 650 mediciones (65%); en 105 (16.1 %) de los valores de PIC registrados la diferencia fue negativa y en 121 (18.6 %) la diferencia fue positiva (Figura 2). Las diferencias de las mediciones no mostró una distribución normal, sesgo de 0.66 y curtosis de 8.5 (Figura 3).

## DISCUSION

El MSI mostró una excelente estabilidad en la medición de PIC intraventricular en los pacientes pediátricos con HIC que se estudiaron, resultados que concuerdan con los informes previos<sup>(15,17,21)</sup>.

La mayoría de las unidades de terapia intensiva, incluyendo la nuestra, miden la PIC en forma rutinaria con el método del CVE; esta técnica no siempre es posible de realizar en los pacientes con afectación neurológica, debido a la dificultad de localizar los ventrículos laterales, que en ocasiones se encuentran comprimidos o colapsados <sup>(22)</sup>. Por lo que es importante contar con alternativas, como la del MSI, para la medición de PIC. Nosotros encontramos una correlación excelente ( $r=0.99$ ,  $p < 0.0001$ ) entre las PIC registradas por el MSI y CVE (estándar de oro <sup>(1,8,12,14,15)</sup>).

Las ventajas del MSI incluyen su tamaño pequeño, diámetro nominal 1.2 mm, comparado con el diámetro de el CVE de 3.2 mm y con el transductor de fibra óptica de 3.5 mm de diámetro <sup>(23)</sup>; fácil de instalar en las unidades de terapia intensiva a la cama del paciente, esto tiene implicaciones de un costo menor cuando se compara con los sistemas de monitorización por CVE <sup>(24)</sup>; el cable flexible permite al catéter su instalación subcutánea, lo que disminuye el riesgo de infecciones; la excelente respuesta de



frecuencia de 10 kHz, comparado con 30 Hz del transductor de fibra óptica<sup>(23)</sup>, y la interface de precio bajo, que permite a los médicos adaptar el microsensar a cualquier tipo de monitor de presión disponible<sup>(17)</sup>. Estas características hacen del microsensar una alternativa útil al CVE.

Concluimos que el MSI es una excelente alternativa al CVE, por ser seguro, exacto y confiable para la medición de PIC en pacientes pediátricos con HIC.

**Cuadro 1**  
**Características de los pacientes**

<b>EDAD (AÑOS)</b>	<b>SEXO</b>	<b>DIAGNOSTICO (ECG)</b>	<b>TIEMPO DE MEDICION DE PIC (DIAS)</b>	<b>INFECCION SNC</b>
<b>8</b>	<b>F</b>	<b>EHI (6)</b>	<b>4</b>	<b>NO</b>
<b>9</b>	<b>M</b>	<b>TCG (7)</b>	<b>4</b>	<b>NO</b>
<b>5</b>	<b>M</b>	<b>TCG (5)</b>	<b>7</b>	<b>NO</b>

ECG = Escala de coma de Glasgow. PIC = Presión intracraneana SNC = Sistema nervioso central. EHI = Encefalopatía hipóxico-isquémica.  
TCG = Trauma de cabeza grave. F = Femenino. M = Masculino

Fig 1. Correlación de los valores de la PIC, en mmHg, entre el catéter de ventriculostomía y el microsensor intraventricular.

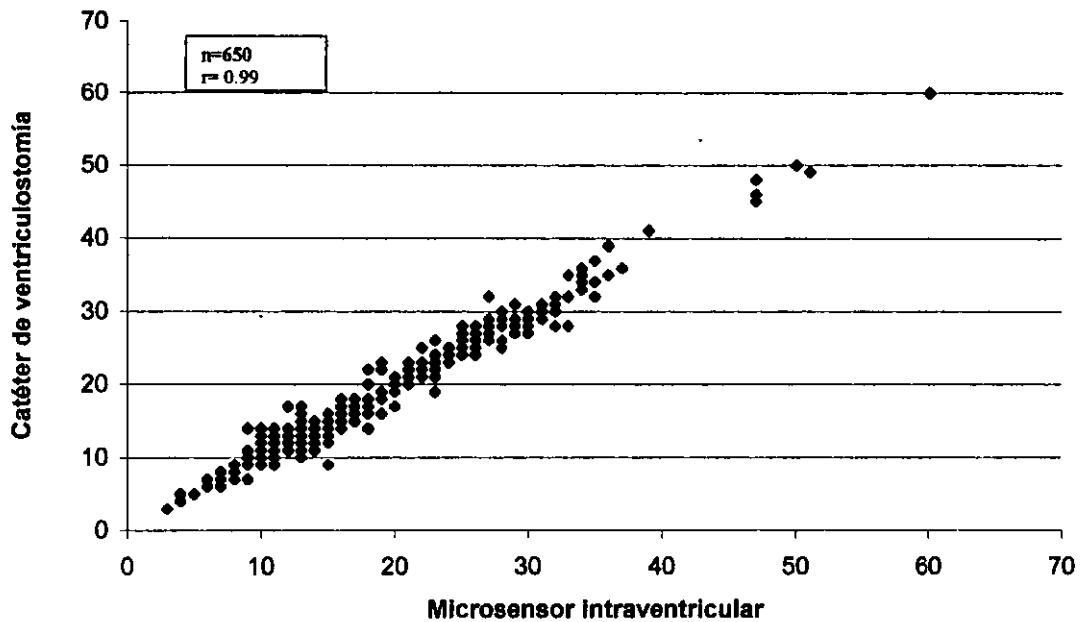


Fig.2. Distribución de las diferencias de las mediciones entre la sonda de ventriculostomía y el microsensor

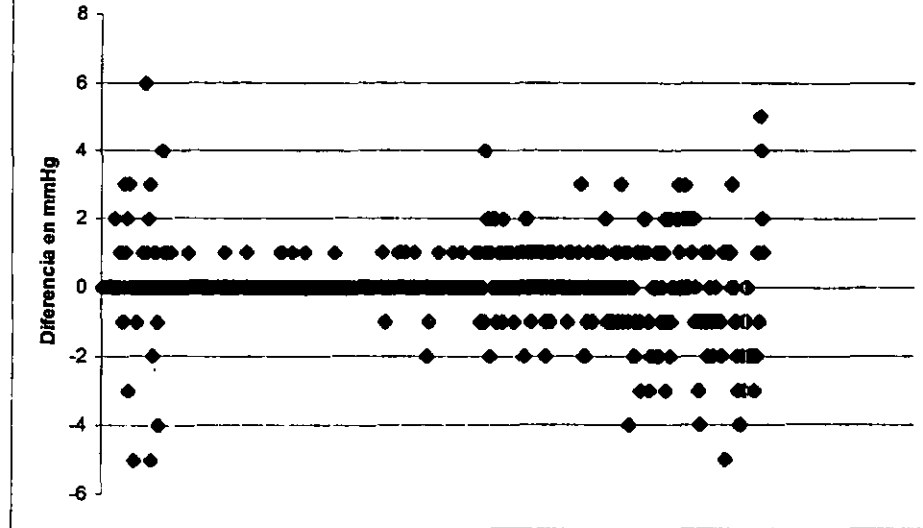
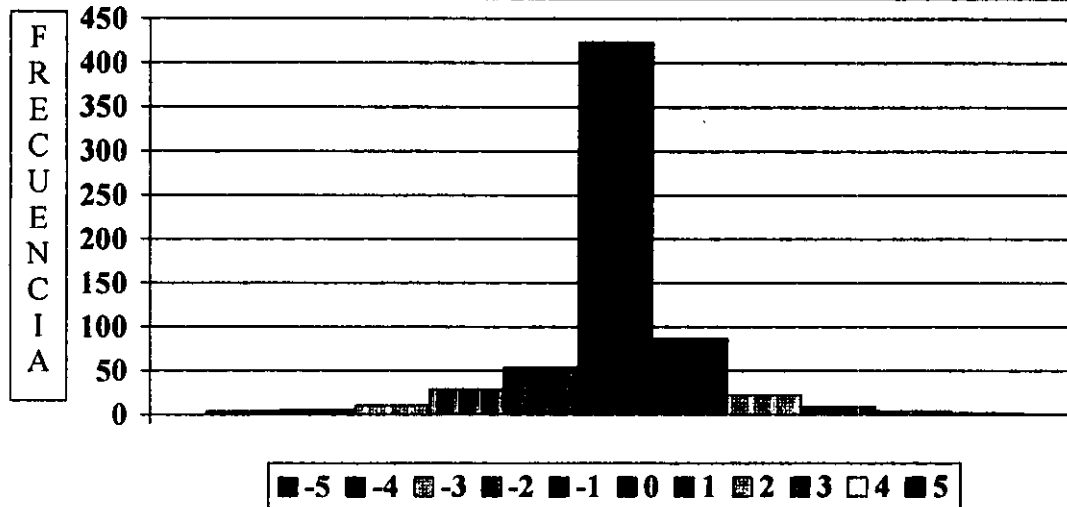


Fig. 3. Histograma de frecuencia de las diferencias de los registros simultáneos de la PIC, con el microsensor intraventricular y el catéter de ventriculostomía externo.



## REFERENCIAS

- 1.- Piek J, Bock WJ. Continuous monitoring of cerebral tissue pressure in neurosurgical practice experience with 100 patients. *Int Care Med* 1990; 16:184.
- 2.-Lewitt W, Jenkins LW, Miller JD. Autoregulation of cerebral blood flow after experimental fluid percussion injury of the brain. *J.Neurosurgery* 1980; 53:500-11.
- 3.- Adams JH, Graham DI. The relationship between ventricular fluid pressure and the neuropathology of raised intracranial pressure. En: Brock M, Dietz H, (eds.). *Intracranial pressure: Experimental and clinical aspects*. Berlin: Springer-Verlag 1972: 250-3.
- 4.-Teppas JJ, DiScala C, Ramenofsky ML, Bartow B. Mortality and head injury: The pediatric perspective. *J Pediatr Surg* 1990; 25:92-6.
- 5.-Ghajar J. Intracranial pressure monitoring techniques. *New Horizons* 1995; 3:395-9.
- 6.- Saul T, Ducker T. Effect of intracranial pressure monitoring and aggressive treatment on mortality in severe head injury. *J.Neurosurg* 1982; 56:498-503.
- 7.- Dirección General de Estadística e Informática. Principales causas de mortalidad general. México. SSA; 1996.
- 8.- Poss B, Brockmeyer DL, Dean M. Pathophysiology and management of the intracranial vault. Rogers MC, Nichols DG (eds.). En: *Textbook of Pediatric Intensive Care 3ª ed*, Williams & Wilkins, Baltimore 1996: 645-65.
- 9.-Queckenstedt H. Zur diagnose der rückenmark kompression. *deutsche zeitschrift für nervenheilkunde* 1916; 55:325-33.
- 10.-Jackson H. The management of acute cranial injuries by the early exact determination of intracranial pressure and its relief by lumbar dranaige. *Sur Gynecol. Obstet.* 1922; 34:494-508.

- 11.-Guillaume J, Janny P. Manometrie intracranienne continue. *Neurol* 1951; 84:131-42.
- 12.-Lundberg N. Continuous recording and control of ventricular fluids pressure in neurosurgical practice. *Acta Psychiatr Neurol Scand* 1960; 36:7-63.
- 13.-Lundberg N. The saga of the Monro-Kellie doctrine. En: Ishii S, Nagai H, Brock M (eds.): *Intracranial pressure V*. Berlin, Springer-Verlag 1983: 68-76.
- 14.-Marmarou A, Maset AL, Ward JD. Contribution of CSF and vascular factors to elevation of ICP in severely head injured patients. *J.Neurosurg* 1987; 43:883.
- 15.- Marmarou A, Shulman K, LaMorgese J. Compartment analysis of compliance and outflow resistance of the cerebrospinal fluid system. *J Neurosurg* 1975; 43:523-34.
- 16.- Czosnyka M, Czosnyka Z, Pickard JD. Laboratory testing of the three intracranial pressure microtransducers: Technical Report. *Neurosurgery* 1996; 38:219-24.
- 17.- Gopinath PS, Robertson SC, Contant FC, Narayan KR, Grossman GR. Clinical evaluation of a miniature strain-gauge transducer for monitoring intracranial pressure. *Neurosurgery* 1995; 36:1137-41.
- 18.-Piper IR, Miller DJ. The evaluation of the wave-form analysis capability of a new strain-gauge intracranial pressure microsensor. *Neurosurgery* 1995; 36:1142-5.
- 19.- Ostrup RC, Luerssen TG, Marshall LF, Zornow MH. Continuous monitoring on intracranial pressure with a miniaturized fiberoptic device. *J Neurosurg* 1987; 67:206-9.
- 20.-Gray PW, Palmer DJ, Gill J, Gardner M, Lannotti F. A Clinical study of parenchymal and subdural miniature strain-gauge transducers for monitoring intracranial pressure. *Neurosurg* 1996; 39: 927-31.
- 21.-Gopinath PS, Cherian L, Robertson SC, Narayan K, Grossman GR. Evaluation of a microsensor intracranial pressure transducer. *J Neurosci Methods* 1993; 49:11-5.

- 22.- Johnston IH, Rowan JO: Raised intracranial pressure and cerebral blood flow: 4 – intracranial pressure gradients and regional cerebral blood flow. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 37: 585- 92, 1974
- 23.- Luerssen TG, Shields PF, Vos HR, Marshall LF: Clinical experience with a fiberoptic paracanthal pressure monitor. En: Hoff JT, Betz AL (eds): *Intracranial pressure*. Berlin: Springer-Verlag 1989, 7: 35-7.
- 24.- Levy ML: Clinical evaluation of a miniature strain-gauge transducer for monitoring intracranial pressure. *Neurosurgery* 1995; 36:1142-5. (comentario).