

## Método manométrico alternativo de calibración de transductores de presión para la monitorización hemodinámica invasiva

### Alternative manometric method of calibration of pressure transducers for invasive hemodynamic monitoring

Dr. Alberto Hernández González, Lic. Lázaro Edel Sánchez Escalona, Dra. C. Caridad de Dios Soler Morejón, Dra. Mirtha López Ramírez, Dr. Agustín Mulet Gómez

Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

**Introducción:** La calibración de los transductores tiene gran importancia para la medición precisa de las presiones, durante la monitorización hemodinámica invasiva de los pacientes que requieren observación estrecha en las unidades de atención al grave y en el quirófano.

**Objetivo:** Desarrollar y validar un método de calibración para transductores de presión, sencillo, eficaz y de bajo costo.

**Métodos:** Se desarrolló un método manométrico alternativo, basado en la ley de Pascal, para la calibración de los transductores de presión durante la monitorización hemodinámica invasiva que se realiza en la Unidad de Cuidados Intensivos de Cirugía Cardiovascular del Hospital Clínico-Quirúrgico Hermanos Ameijeiras. Este método fue validado mediante la comparación con el estándar recomendado en un total de 215 pacientes que requirieron monitorización hemodinámica invasiva entre los meses de enero y junio del 2015.

**Resultados:** Con el método manométrico alternativo creado se obtiene el mismo resultado que con el método hidráulico recomendado por la literatura.

**Conclusiones:** El método alternativo creado es preciso, eficaz y costo-efectivo.

**Palabras clave:** Transductor de presión; monitorización hemodinámica invasiva; calibración de transductores.

## ABSTRACT

**Introduction:** Transducer calibration is very important for the accurate measurement of pressures during invasive hemodynamic monitoring of patients requiring close observation in the primary care units and in the operating room.

**Objective:** To develop and validate a method of calibration of pressure transducers, which is simple, efficient and low-cost.

**Methods:** An alternative manometric method, based on Pascal's law, was developed for the calibration of pressure transducers during invasive hemodynamic monitoring performed at the intensive care unit of the cardiovascular surgery department at Hermanos Ameijeiras Clinical-Surgical Hospital. This method was validated by its comparison with the recommended standard in a total of 215 patients who required invasive hemodynamic monitoring between January and June 2015.

**Results:** With the alternative manometric method created, the same result was obtained as with the hydraulic method recommended by the literature.

**Conclusions:** The alternative method created is accurate, efficient and cost-effective.

**Key words:** Pressure transducer; invasive hemodynamic monitoring; transducer calibration.

---

## INTRODUCCIÓN

A pesar que la palabra "monitor" proviene de fuentes anglosajonas, se deriva de la raíz latina *monere* que significa recuerdo, señal y advierto. En el significado técnico más actual del término se denomina monitoreo, monitoraje o monitorización a la acción de operar mediante un monitor.<sup>1</sup> El monitoreo electrónico ha constituido un notable adelanto de la tecnología médica desde que la revolución científico-técnica fue capaz de construir un equipo con posibilidades de observar las funciones vitales (biometría) del enfermo grave.<sup>2</sup> En el lazo intensivista-máquina-paciente solo las decisiones que toma el intensivista no están monitorizadas, mientras que los otros dos elementos que conforman la retroalimentación del sistema, sí lo están. Se configura, de este modo, una doble modalidad de la monitorización. Una, dedicada a los signos vitales de los pacientes, en la cual se destacan los dispositivos para la monitorización de la función cardíaca, ya que la vitalidad biológica está íntimamente relacionada con la eficacia del corazón como centro del aparato circulatorio y otra, no menos importante, dirigida específicamente al control del funcionamiento de los equipos aplicados al paciente en estado crítico.

La implementación de la monitorización hemodinámica invasiva (MHI) para un paciente en estado crítico es el resultado del compromiso entre la tecnología disponible, las normas o convenciones habituales y las reales necesidades del paciente. La calibración del sistema de transducción es fundamental para el correcto funcionamiento del equipo durante el proceso de las mediciones en la MHI. Resulta, por tanto, atractiva la idea de crear e implementar un método de calibración preciso, sencillo, eficaz y de bajo costo utilizando materiales disponibles en las unidades de cuidados al paciente crítico, como el que se propone en este informe.

Constituye el objetivo de este artículo crear e implementar un método de calibración preciso, sencillo, eficaz y de bajo costo con materiales disponibles en las unidades de cuidados al paciente crítico y en los quirófanos.

## **MÉTODOS**

Se realizó un estudio de innovación tecnológica, en la Unidad de Cuidados Intensivos Cardiovasculares del Hospital Hermanos Ameijeiras, desde enero hasta junio del 2015 para el desarrollo de un método alternativo de calibración de transductores de presión.

Los materiales empleados en la preparación de la técnica y para el montaje del circuito de calibración fueron:

- Porta suero.
- Llave de tres vías.
- Equipo de venoclisis.
- Esfigmomanómetro.
- Porta rampa.
- Bolsa o frasco presurizado.
- Transductor hemodinámico de presiones invasivas.

### **Descripción de la técnica**

Para la realización de esta técnica se requiere porte estéril y el estricto cumplimiento de las medidas de asepsia y antisepsia que garanticen la seguridad del paciente (Figs. 1 y 2):

1. Selección del transductor que se utilizará para la técnica, comprobando la su hermeticidad, la fecha de esterilización y su caducidad.
2. Preparación del frasco o bolsa presurizada, con la administración de heparina sódica ½ cc cada 500 mL, con el objetivo de mantener de forma muy lenta un aporte de 3 mL/h para la prevención de la obstrucción de la vía, y evitar el flujo retrógrado de sangre hacia el transductor.
3. Se realizará el cebado del sistema con la estricta observación de que no queden burbujas de aire dentro del transductor ni en las líneas de conexión, ya que puede producir mediciones erróneas y provocar embolismo aéreo al paciente.
4. Se conecta el transductor al módulo de presiones seleccionado en el monitor.
5. Se conecta el transductor a la línea arterial mediante la llave de tres vías. La vía residual se utilizará para acoplar el manómetro mediante un conector adecuado y estéril.
6. El manómetro es conectado a la bolsa inflable del equipo por una vía, y por otra se adapta a la vía del transductor.
7. Se equilibran presiones en el transductor abriendo paso a la atmósfera, de manera que en el monitor se obtenga la lectura de cero (0).



**Fig. 1.** Vista general del sistema de calibración manométrica.  
1. Bolsa presurizada; 2. Conexión del conector al monitor;  
3. Transductor de presión; 4. Conexión a la línea arterial;  
5. Manómetro; 6. Bolsa inflable.



**Fig. 2.** Detalle de la conexión del manómetro al transductor de presión. Obsérvese la llave de color blanco que conecta el transductor a la atmósfera.

A continuación, se realiza una primera calibración a bajas presiones, insuflando el manguito del esfigmomanómetro hasta obtener la lectura deseada y de igual magnitud, tanto en el manómetro como en la pantalla del monitor. (Nota: antes de ser insuflado, el manguito debe estar firmemente fijado al portasueros para evitar variaciones bruscas de presión).

Se restablece el cero (0) y se repite la maniobra descrita en el acápite 7 y posteriormente se realiza una nueva calibración a altas presiones, insuflando el manguito del esfigmomanómetro hasta obtener la lectura deseada y de igual magnitud tanto en el manómetro como en la pantalla del monitor.

Si ambas comprobaciones (a bajas y altas presiones) se ejecutan sin dificultad, el transductor está apto para realizar las mediciones de presión.

### Validación del método

La medición obtenida mediante el método alternativo fue comparada con la obtenida por el método recomendado en un total de 203 oportunidades, previo a la recepción del total de pacientes que recibieron MHI en la Unidad de Cuidados Intensivos de Cirugía Cardiovascular del Hospital "Hermanos Ameijeiras" entre los meses de enero y junio de 2015.

En cada ocasión, una vez montado el circuito para la MHI, según lo explicado anteriormente, se procedió a ejercer una presión de 80 mmHg al transductor de presiones mediante insuflación de aire al esfigmomanómetro. La lectura obtenida en el monitor fue igual a la obtenida en el manómetro (Fig. 3).



**Fig. 3.** Obsérvese la coincidencia entre la presión medida en el manómetro y la registrada en la pantalla del monitor.

Posteriormente se procedió a realizar la calibración mediante el método hidráulico, mediante el empleo de una columna de agua de 108,8 cmH<sub>2</sub>O, para obtener el valor de 80 mmHg en el monitor (el valor obtenido al dividir la altura entre el peso específico del mercurio, es decir, 1,36).

Ambas técnicas fueron desarrolladas por personal de enfermería bajo la supervisión del autor principal de este informe.

## **RESULTADOS**

Las mediciones obtenidas por ambas técnicas fueron iguales, de forma invariable en el total de los procedimientos evaluados. Los resultados no fueron afectados por elementos subjetivos relacionados con el observador, independientemente de quién ejecutara la técnica.

## **DISCUSIÓN**

Según la ley física de Pascal, la presión ejercida sobre la superficie de un líquido contenido en un recipiente cerrado se transmite a todos los puntos de este con igual intensidad.<sup>3</sup> A partir de este principio se desarrolló un método alternativo para la calibración del sistema de transducción/amplificación en la MHI.

Frecuentemente, para la calibración de un transductor de presión se considera suficiente establecer el cero (0), cuando se abre a la atmósfera la llave del transductor y se comprueba en el monitor ese valor. Sin embargo, en la literatura sobre el tema se considera que la calibración requiere de "la verificación de que el sistema de transducción/amplificación lee una presión conocida en forma exacta". De acuerdo con lo recomendado, después de establecer el cero, se debe verificar que el monitor muestre la misma presión que la generada por una columna líquida con un peso y altura conocidos. Según Lovesio,<sup>4</sup> si se emplea una columna de agua de 76,2 cm para obtener el valor en milímetros de mercurio (mmHg), se debe dividir por el peso específico de este: 1,36, cuyo resultado es 56 mmHg. Este método, sin dudas, resulta laborioso para el personal asistencial y el montaje del circuito consume tiempo que se necesita dedicar a la atención del paciente que requiere el MHI, sobre todo en situaciones críticas, en las que se precisa de un tratamiento precoz. Este procedimiento debe realizarse cuando se utiliza el transductor por primera vez y luego cada 48 h o cuando se produzca algún cambio de posición del paciente, por lo que en escenarios de recursos humanos y materiales limitados puede ser difícil de implementar.

El método alternativo propuesto consume menor tiempo y esfuerzo y es preciso, similar en eficacia al método tradicionalmente empleado con un costo equivalente en cuanto a elementos desechables (cuadro), y los elementos necesarios están fácilmente disponibles en las unidades donde se realiza el MHI.

Como se puede apreciar el método contribuye a la calidad de la atención médica y la seguridad del paciente al permitir una calibración correcta, fiable, precisa, que favorece la toma de decisiones. Es fácil de implementar, reproducible, poco influido por la variabilidad interobservador y requiere menos esfuerzo del personal responsable de su aplicación. La técnica es costo-efectiva, aun si se compara con lo

---

que se gastaría ante consecuencias derivadas de la no calibración adecuada del sistema, como: registro incorrecto de las presiones, empleo inadecuado de drogas vasoactivas, complicaciones hemodinámicas, estadía hospitalaria prolongada, hasta llegar al fracaso de la cirugía cardiaca con la muerte del paciente.

**Cuadro.** Costo estimado de los materiales necesarios para la calibración\*

Llave de tres vías	1,22 CUP**
Equipo de venoclisis	0,39 CUP
Bolsa o frasco presurizado	1,77 CUP
Total	3,38 CUP

\* No se incluye el costo del esfigmomanómetro. Su uso es cotidiano con cada paciente. No se considera desechable.

\*\* 1 CUP equivale a 0,80 USD al cambio actual en Cuba, según datos del Banco Nacional de Cuba.

Se concluye que el método manométrico alternativo, propuesto para la calibración de los transductores durante la MHI, es preciso y confiable, por lo que contribuye a la seguridad del paciente, de fácil implementación y costo-eficaz.

## **AGRADECIMIENTO**

Los autores reconocen la contribución a este estudio del colectivo de médicos y enfermeros de la Unidad de Cuidados Intensivos Cardiovascular del Hospital Hermanos Ameijeiras.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Caballero López A. Terapia Intensiva. Tomo II. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2007.
2. Colectivo de Autores. Texto para la especialización de enfermería en cuidados intensivos. Tomo I. La Habana; 2010.
3. Oliver X, Agelet C. Mecánica de medios continuos para ingenieros. Barcelona: Ed. UPC; 2000.
4. Lovesio C. Medicina Intensiva. 6ta. ed., Editorial Corpus; 2008.

Recibido: 9 de febrero de 2017.

Modificado: 13 de febrero de 2017.

Aprobado: 31 de marzo de 2017.

*Alberto Hernández González.* Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". La Habana, Cuba.

Correo electrónico: [lamerced@infomed.sld.cu](mailto:lamerced@infomed.sld.cu)

---