

CARACTERIZACIÓN DE TENSIÓMETRO MULTICÁMARAS: protocolo

CHARACTERIZATION OF MULTICHAMBERS TENSIOMETER: protocol

L.E. Arena*, G.M. Caranti, R. Rodríguez Aranciva y N.F. Mac Garry

*Facultad de Matemática, Astronomía y Física-Universidad Nacional de Córdoba- Córdoba-Argentina

e-mail: arena@famaf.unc.edu.ar

Recibido 30/03/2012; aprobado 03/04/2012

La presión arterial, aun en un organismo sano, depende de múltiples factores que van desde las condiciones ambientales al estado emocional del sujeto. Por otro lado, la presión arterial es una herramienta clínica fundamental para complementar el diagnóstico de un sinnúmero de enfermedades. Es esencial contar con un muy buen instrumento de medición. En general, los métodos indirectos por auscultación son preferibles a los oscilométricos, pero aun los tensiómetros por auscultación tienen errores sistemáticos cuando se los compara con las mediciones directas de presión arterial realizados por el método invasivo (transductor de presión conectado a una línea arterial). Estudios realizados en los últimos años indican que los tensiómetros con brazaletes con cámaras múltiples, que se adecuan mejor al tamaño de brazo, son más exactos, es decir, los valores obtenidos con estos tensiómetros multicámaras son más representativos de la presión arterial medida por el método invasivo. En el presente trabajo se caracteriza la exactitud y precisión de un tensiómetro multicámara y se discute el protocolo implementado para estudiar su validez. Para ello se comparan las mediciones de presión arterial tomadas por auscultación con el tensiómetro multicámaras TMU-2, y un tensiómetro clásico de una cámara y por el método invasivo en 8 pacientes estabilizados (con un promedio de 10 registros cada uno). A partir del análisis estadístico realizado, tomando como patrón las presiones arteriales medidas por método invasivo, se tiene que las presiones sistólicas y diastólicas obtenidas con el tensiómetro multicámaras TMU-2 se apartan de los valores de presión invasivos unos 7 mmHg máximo, que es la mitad del apartamiento observado con tensiómetro clásico. Estos resultados indican que el TMU-2 cumple con los protocolos internacionales de validación de los dispositivos automáticos de medición de la presión arterial. A pesar de que el número de pacientes estudiado es bajo y que es importante ampliar el rango de las presiones arteriales a estudiar, los resultados dan mayor efectividad al tensiómetro multicámaras TMU-2 que al clásico de una única cámara.

Palabras Claves: presión arterial, esfigmomanómetro, tensiómetro, mango, multicámaras, intraarterial

Blood pressure, even in a healthy life depends on many factors ranging from environmental conditions at the subject's emotional state. On the other hand, blood pressure is a key clinical tool to complement the diagnosis of a number of diseases. It is essential to have a very good measuring instrument. In general, indirect methods are preferred to auscultation oscillometric blood pressure but by auscultation even have systematic errors when compared with direct measurements of blood pressure made by the invasive method (pressure transducer connected to an arterial line). Studies in recent years indicate that the option of tensiometers with multi chambers bracelets, to fit more exactly the type of arm, are more efficient, ie, are more representative of the blood pressure measured by invasive method. In this work, the accuracy and precision of a multichambers tensiometer are characterized and the protocol implemented to study the validity of multi tensiometer is discussed. The blood pressure measurements taken by auscultation by a TMU-2 multichambers tensiometer, and the blood pressure of a classical cuff are compared with the invasive method pressure in 8 patients stabilized (with an average of 10 entries each one) From statistical analysis, taking blood pressures measured by invasive method as the pattern, the systolic and diastolic blood pressure obtained with multichambers TMU-2 deviate from invasive pressure values around 7 mmHg maximum, which is half the observed with classic tensiometer. These results indicate that TMU-2 meets international validation protocols for blood pressure automatic devices measuring. Although the number of patients studied is low and that is important to extend the range of blood pressures studied, these results indicate that multichambers tensiometer TMU-2 is more effective than a classic tensiometer of only one chamber.

Key Word: blood pressure cuff, esfigmomanometer, cuff, blood pressure, multichamber, intraarterial

I. INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial es uno de los problemas médico-sanitarios más importantes de la medicina moderna, puesto que es reconocida como uno de los principales factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, renal y del sistema nervioso central y periférico; por lo tanto, la medición de la presión arterial para su diagnóstico es fundamental a fin de adoptar las medidas terapéuticas necesarias para prevenir o disminuir la morbimortalidad debida a las enfermedades citadas. La presión arterial es influenciada por muchos factores que la modifican cuando se presentan durante su medición o pocos minutos antes, como la respiración profunda, las emociones, el ejercicio, las comidas, fumar, la distensión vesical, el dolor, el frío, que modifican la frecuencia cardíaca o el gasto cardíaco de los cuales depende; otros son la edad, la raza, la variación circadiana y situaciones fisiológicas (ej. embarazo) y patológicas (ej. arritmias). No es posible controlar todos estos factores, pero puede minimizarse su efecto teniéndolos en cuenta al momento de medir la presión arterial y siguiendo las recomendaciones de comités y asociaciones internacionales⁽¹⁻⁴⁾ respecto de las condiciones en que debe encontrarse el paciente y las del ambiente donde se efectúa la medición, independientemente de método elegido para hacerlo; y también las referidas a los distintos métodos que pueden elegirse para medir la presión arterial con la mayor exactitud posible⁵. Existen distintos métodos para medir la presión arterial: un método directo, que consiste en la medición de la presión intraarterial mediante un catéter provisto de un transductor, que es el considerado más exacto, pero es invasivo y generalmente está disponible sólo en unidades de terapia intensiva; y métodos indirectos, no invasivos, como el auscultatorio y el oscilométrico.

El método auscultatorio es el más usado y requiere de un esfigmomanómetro o tensiómetro que está compuesto por un estetoscopio, un manómetro y un brazalete que contiene una cámara inflable para aplicar presión al brazo. Una de las variables que afectan la medición de la presión utilizando este último método es el cubrimiento que el brazalete hace del brazo, ya que es conocido que el uso de un brazalete con una cámara inflable que sea demasiado pequeña en ancho o en longitud sobrestima la presión arterial, en tanto una cámara demasiado grande en ancho o en longitud la subestima⁴. Estudios realizados en los últimos años indican que los tensiómetros con brazaletes con cámaras múltiples, que se adecuan mejor al tamaño del brazo, son más exactos, es decir, son más representativos de la presión arterial medida por el método invasivo^(5,6). En el presente trabajo se caracteriza la exactitud y precisión de un tensiómetro multicámara y se discute el protocolo implementado para estudiar su validez.

II. TENSÍOMETRO MULTICÁMARAS TMU-2

El esfigmomanómetro multicámaras o tensiómetro multicámaras tipo TMU-2 ha sido desarrollado por el médico R. Rodríguez Aranciva⁽⁷⁾. Consta de dos mangos, niños y adultos, conformados cada uno con 3 cámaras de presión con diferentes tamaños. Está preparado para medir

presiones entre 0 y 300 mmHg, en brazos de 10 cm a 37,5 cm de perímetro braquial, PB, o contorno del brazo. Cada cámara tiene asignado un rango de PB para el cual es óptima de acuerdo estudios empíricos, sobre la base de un cubrimiento del 80% del perímetro braquial según comités internacionales⁽¹⁻⁴⁾. El TMU-2 adultos está diseñado con dimensiones que lo hacen adecuado para indagar la presión arterial en sujetos que van desde delgados hasta obesos, según la clasificación del Documento del consenso Español de 2007⁽¹⁾. Siguiendo las recomendaciones de la Asociación Americana de Cardiología⁽³⁾ el profesional, para asegurar la precisión de las mediciones de presión arterial, debería contar con 4 tipos de brazaletes: pequeño, estándar, grande y muy grande para cubrir desde un brazo delgado de 22 cm hasta un obeso de más de 33 cm. El TMU-2 cumple con estas especificaciones en un único mango de adultos, mejorando ampliamente las prestaciones de los tensiómetros clásicos comerciales de Argentina, que tienen una dimensión estándar de 12cm x22 cm y que, por lo tanto, son adecuados para sujetos de PB menor de 28cm. Respecto del tensiómetro TMU-2 de niños, las cámaras estándares de Argentina son de 7cm x14 cm que se corresponden con brazos de un mínimo de 12 cm de PB, los que no resultan adecuados para niños muy pequeños y/o delgados. El TMU-2 niños cubre esta franja ya que su cámara más pequeña es adecuada para medir PB menor a 10 cm.



Figura 1. Sistema multicámaras del tensiómetro TMU-2 con selector de cámaras por robinete

El tensiómetro multicámaras TMU-2, que puede observarse en la figura 1, tiene las siguientes ventajas⁽⁷⁾:

- permite su uso en individuos con distintos estados nutricionales, y distintos tamaños de miembros.
- facilita el registro de presión para profesionales que atienden distintos grupos etarios.
- permite registros más exactos.
- posee un sistema de elección de la cámara adecuada en forma automática, rápida y práctica.
- el sistema de fijación es adecuado para los diferentes tamaños de brazos

•permite que la medición de la presión arterial sea rutinaria y fácil de realizar ya que posee un brazalete adaptable a todo tipo de esfigmomanómetro del mercado.

4. Se consideró válida la cámara del TMU-2 que por cálculo daba al menos el 80% cobertura del PB.

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para estudiar la precisión y exactitud del TMU-2 se utilizó como patrón la medición de la presión arterial mediante método invasivo. Las medidas de presión con el TMU-2 se realizaron auscultando los ruidos de Korotkoff⁽⁸⁾ y el manómetro utilizado fue el de mercurio, Hg. Además, con el fin de cotejar el comportamiento del TMU-2 con un tensiómetro estándar, se realizaron mediciones de presión arterial con tensiómetro clásico, por auscultación con manómetro de Hg. Por lo tanto se midió la presión en tensiómetro clásico, la presión en TMU-2, en al menos tres cámaras y se registró la presión arterial monitoreada por método invasivo (MI). Se tomaron las siguientes consideraciones para evitar errores sistemáticos, como el fenómeno de guardapolvo blanco⁽⁴⁾, las variaciones temporales de las presiones arteriales, etc :

1. Las tomas de mediciones con los diferentes instrumentos se realizaron en orden aleatorio
2. En los estudios comparativos sólo se correlacionaron los valores de presión temporalmente consecutivos
3. Se tomó más de un par de mediciones con cada instrumento, siguiendo los protocolos internacionales⁽¹⁻⁴⁾

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios se realizaron en 8 pacientes estabilizados en una unidad de terapia intensiva (UTI) de cardiología (con un promedio de 10 registros cada uno). Se correlacionaron los valores medios de las presiones medidas con tensiómetros TMU-2 y clásico y las obtenidas por el método invasivo. Las presiones arteriales (PA) diastólicas estudiadas resultaron en el rango entre 55 y 75 mmHg y las sistólicas entre 100 y 160 mmHg.

En la figura 2, se muestran superpuestas las curvas de interpolación lineal para los valores de PA medidos con tensiómetros por auscultación (TMU-2 y Clásico) en función de las presiones arteriales obtenidas por el método invasivo PAMI. En la gráfica global se incluyeron valores de presiones sistólicas y diastólicas. Claramente, los valores obtenidos con el TMU-2 están un 12% más cerca de la recta identidad que los obtenidos por el tensiómetro clásico.

Si se estudian, con el mismo método, por separado las presiones sistólicas y diastólicas se obtienen los resultados de la figura 3. Para las presiones diastólicas, las pendientes para ambos tensiómetros clásico y TMU-2 son muy similares (difieren entre sí sólo un 5%); sin embargo, resultan un 40% menores que la identidad. Además, las ordenadas al origen son positivas, por lo tanto ambos tensiómetros sobreestiman los valores de presión diastólica. El tensiómetro clásico lo hace en hasta 25% en los rangos estudiados, mientras el TMU-2 se aparta un 8% como máximo.

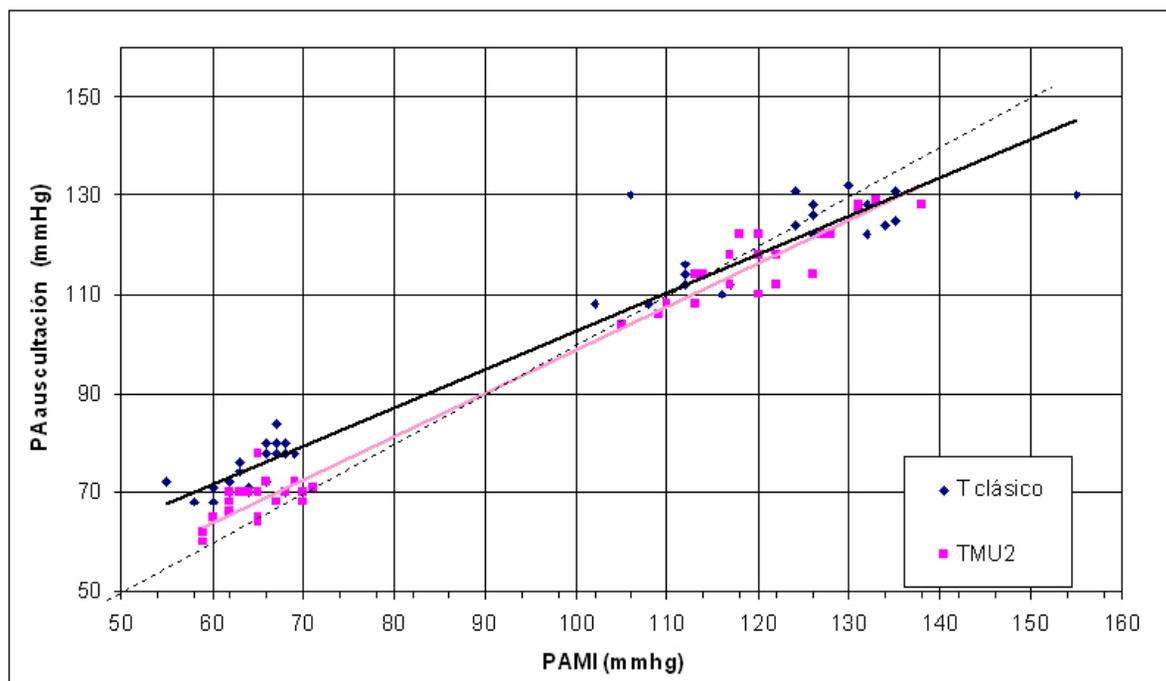


Figura 2. Gráfico de la presión arterial medida por auscultación, con tensiómetro clásico y multicámaras TMU-2 vs la obtenida por método invasivo (PAMI). Las rectas continuas son el ajuste lineal de los datos del mismo color. La recta cortada es la identidad

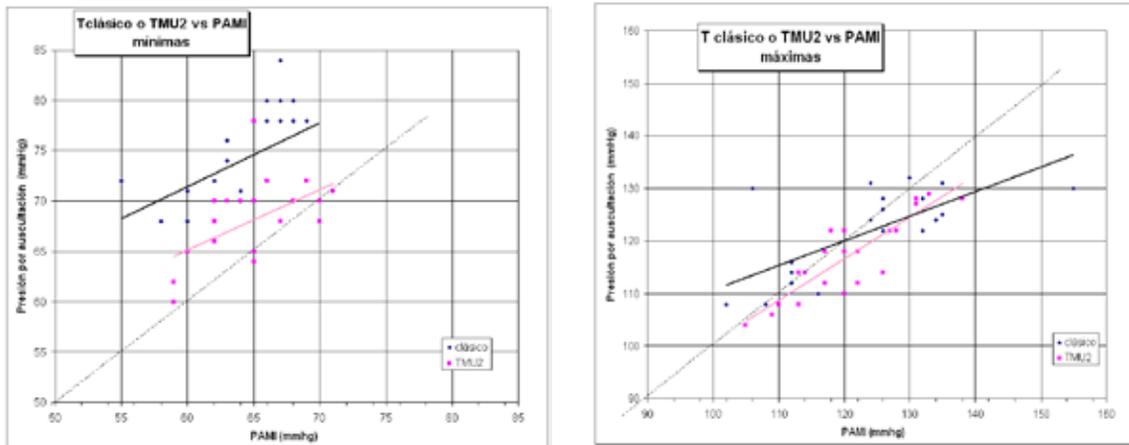


Figura 3. Gráfico de la presión arterial medida por auscultación, con tensiómetro clásico y multicámaras TMU-2 vs la obtenida por método invasivo (PAMI) para diastólicas (mínimas) y sistólicas (máximas). Las rectas continuas son el ajuste lineal de los datos del mismo color. La recta cortada es la identidad

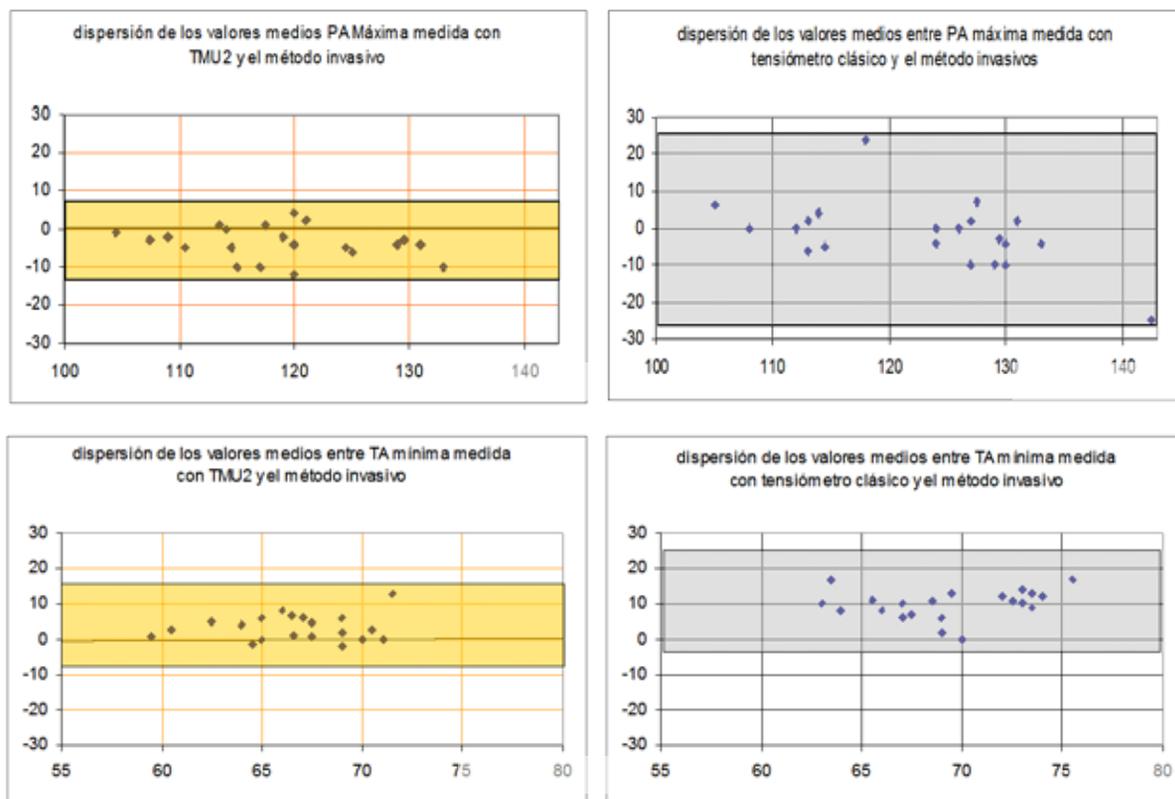


Figura 4. Dispersión de los valores de presión arterial medidos por auscultación (con tensiómetro clásico o multicámaras TMU-2) respecto de los obtenidos por el método invasivo, para presiones sistólicas (máximas) y diastólicas (mínimas). Todos los datos están en mmHg.

Este resultado indica un error sistemático que da un máximo de 7 mmHg de sobreestimación de la presión para el TMU-2, en el rango diastólico estudiado y, al menos, 14 mmHg para el clásico. Por lo cual el TMU-2 resulta, claramente más exacto que el clásico para la medición de presiones diastólicas.

Ahora bien, en el caso de las presiones sistólicas, como puede observarse en la figura 3, la pendiente del tensiómetro clásico es un 53% menor que la identidad, mientras la del TMU-2 es sólo un 20% menor. Además, ambas ordenadas al origen son positivas y la del clásico es 3 veces mayor que la del TMU-2 de manera tal que en este último los valores sistólicos resultan siempre subestimados en un error sistemático máximo del 6% para el rango estudiado. Por otro lado, los valores de PA en el rango de interés para diagnóstico de hipertensión, por ejemplo para 140 mmHg, la subestimación del tensiómetro clásico es mayor de 10 mmHg, mientras es menor que 7 mmHg para el TMU-2. Estos resultados de presión sistólica hablan nuevamente de la exactitud del tensiómetro TMU-2 que resulta mejor que para el clásico.

El estudio de la precisión del TMU-2 se hace a analizando la dispersión de cada valor de PA medido por auscultación respecto del obtenido por método invasivo. En la figura 4 se muestran bandas indicadoras de las dispersiones encontradas para las presiones diastólicas y sistólicas

Los resultados indican que los valores medios de presiones arteriales, tanto diastólicas como sistólicas, medidas en el tensiómetro TMU-2 tienen una mejor correspondencia con la PAMI que las presiones medidas con tensiómetro clásico de una única cámara. Efectivamente, usando como patrón la PAMI, la presión media diastólica obtenida con el TMU-2 tiene un 5% dispersión, mientras con el tensiómetro con cámara clásica la dispersión es casi tres veces mayor (14%). Comparando las presiones sistólicas el tensiómetro TMU-2 tiene una dispersión de 7 mmHg que es 3 veces menor que la observada en el clásico. Por lo tanto el TMU-2 resulta con una precisión 3 veces mejor que la del tensiómetro clásico.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se caracterizan la exactitud y precisión de un tensiómetro multicámaras y se discute el protocolo implementado para estudiar su validez.

A pesar de que el número de pacientes estudiado es bajo y que es importante ampliar el rango de las presiones arteriales a estudiar, los resultados muestran que el tensiómetro multicámaras TMU-2 es unos 7 mmHg, (dependiendo del rango de presiones consideradas), más exacto para la medición de PA que el tensiómetro clásico de una única cámara. Además, resulta 3 veces más preciso que dicho tensiómetro clásico. Los errores encontrados están en el rango de lo recomendados para un aparato por las comisiones internacionales de Hipertensión arterial⁽⁹⁾ La metodología de trabajo implementada, que se ajusta a los protocolos de las convenciones internacionales resulta adecuada para caracterizar el nuevo tensiómetro multicámaras TMU-2. En trabajos posteriores se espera aumentar el número de individuos estudiados, siempre tomando como patrón la presión intraarterial, aunque es una

tarea, claramente, muy difícil de implementar ya que requiere la toma de datos en pacientes en terapia intensiva.

Referencias

1. A. Coca¹, V. Bertomeu², A. Dalfoz³, E. Esmatjes⁴, F. Guillén⁵, L. Guerrero⁶, J. L. Llisterri⁷, R. Marín-Iranzo⁸, C. Megía⁹, L. Rodríguez Mañas¹⁰ y C. Suárez¹¹ "Automedida de la presión arterial. Documento de Consenso Español 2007" ARTÍCULO ESPECIAL NEFROLOGÍA. Volumen 27. Número 2. 2007
2. O'Brien E, Petrie J, Littler WA, De Swiet M, Padfield PD, Dillon MJ y cols.: Blood pressure measurement: recommendations of the British Hypertension Society, 3rd ed. London: BMJ Publishing Group 1997.
3. Perloff D, Grim C, Flack J, Frohlich ED, Hill M, McDonald M y cols.: American Heart Association. Special Report. Human blood pressure determination by sphygmomanometry. *Circulation* 88; 2460-70, 1993.
4. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, et al. National Heart, Lung, and Blood Institute Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA*. 2003;289(19):2560-2572
5. O'Brien E, Asmar R, Beilin L, et al.; European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring. European Society of Hypertension recommendations for conventional, ambulatory and home blood pressure measurement. *J Hypertens*. 2003;21(5):821-848
6. Perloff D, Grim C, Flack J, Frohlich ED, Hill M, McDonald y cols.: "American Heart Association, special report Human blood pressure determination by sphygmomanometry." *Circulation* 88; 2460-70, 1993. Stolt M, Sjönell G, Aström H, Rössner S, Hansson L. Improved accuracy of indirect blood pressure measurement in patients with obese arms. *Am J Hypertens*. 1993 Jan;6(1):66-71.
7. Patente R. Rodríguez Aranciva (I+D+I) EP-P 2123218-PI 0503972-0- P 090101710 - PI 0901787-9 -US-P 12-465499- P- 080102034, P050101482, P040103230
8. Rudy S.F. (1987), Haga una lectura fiable de la tensión arterial, *Nursing* nº2, vol-5
9. J.L. Llisterri Caro, G.C. Rodríguez Roca, F.J. Alonso Moreno, L.M. Artigao Ródenas Protocolos de validación de los dispositivos automáticos de medición de la presión arterial, *SEMERGEN* 2004;30(2):72-81

Agradecimientos

CT-FAMAF-UNC, Innovaciones tecnológicas y educativas
SECYT-UNC