

Detección de signos vitales en ratas mediante métodos no invasivos

A non-invasive methods to record vital signs in rats

Pedro L. Flores Chávez*
Oscar Infante Vázquez*
Gustavo Sánchez Torres**
Raúl Martínez Memije*
Genaro Rodríguez Rossini*

Abstract

Equipment designed to record plethysmographic pulse (PP), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR), respiratory rate (RR) and the electrocardiogram (ECG) in rats by a non-invasive method is described in this work. The system was adapted to a special commercial acrylic cage and modified with a flat acrylic platform embedded with four separate electrodes to take the monopolar or differential ECG, from which the heart rate is obtained. The PP was registered using an original pincer which can be adapted to the rat's tail and which holds two photo-emitter diodes and one photodetector using an inflatable chamber strapped around the tail and blood pressure and pulse oscillations are obtained. A photodetector unit placed on the cage and directed towards the dorsal thorax of the rat was used to record the respiratory rate. After amplification and filtration, all signals passed through an analog to digital converter and then to a personal computer programmed to present, process and save the data. This device has been tested in 22 rats, and the following mean parameters have been found: SBP = 113 mmHg, DBP = 91 mmHg, HR = 352 beats per minute, and RR = 105 breaths per minute; values which are in accordance with those that have been previously published.

Key words: PHYSIOLOGIC PARAMETERS, NON-INVASIVE METHODS, RATS.

Resumen

Se describe un equipo que permite obtener parámetros fisiológicos en ratas, por medio de métodos incruentos y minimizando las molestias al espécimen, aquéllos son: Electrocardiograma (ECG), pulso pletismográfico (PP), presión sistólica (PS), presión diastólica (PD), frecuencia cardíaca (FC) y frecuencia respiratoria (FR). El sistema se adapta a una caja especial de acrílico a la que se le añadió una base plana (de acrílico) que contiene cuatro electrodos separados para obtener el electrocardiograma monopolar o diferencial, de donde se extrae la frecuencia cardíaca. Para tomar el pulso pletismográfico se diseñó una pinza adaptable a la cola de la rata, que sirve de soporte a dos fotoemisores y un fotodetector. Mediante una cámara inflable que abraza la cola, se mide la presión arterial y se obtienen las oscilaciones del pulso sanguíneo. La frecuencia respiratoria se obtiene colocando una unidad fotodetectora sobre la jaula hacia la parte dorsotorácica de la rata. Cada señal, luego de amplificarse y filtrarse, pasa a un convertidor de analógico a digital, y de aquí a una computadora

Recibido el 14 de septiembre de 2001 y aceptado el 15 de enero de 2002.

* Departamento de Instrumentación Electromecánica, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", Juan Badiano 1, Col. Sección XVI, Tlalpan, 14080, México, D.F.

** Departamento de Farmacología, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", Juan Badiano 1, Col. Sección XVI, Tlalpan, 14080, México, D.F.

Correspondencia: Pedro Lorenzo Flores Chávez, Departamento de Instrumentación Electromecánica, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", Juan Badiano 1, Col. Sección XVI, Tlalpan, 14080, México, D. F. Tel. 5573-2911, ext 1386. Fax 5573-0926, E-mail: bautir@favet.inifap.conacyt.mx

personal, cuya programación permite presentar, procesar y almacenar los datos. El equipo se ha probado en 22 ratas, con las cuales se ha obtenido en promedio PS = 113 mmHg, PD = 91 mmHg, FC = 352 lat/min y FR = 105 resp/min, en concordancia con los valores que la literatura menciona.

Palabras clave: PARÁMETROS FISIOLÓGICOS, MÉTODOS NO INVASIVOS, RATAS.

Rats are the most frequently used experimental animals in research laboratories given that they offer several advantages.¹ These animals are frequently treated with different drugs to induce certain physiological variations, and the effects of such drugs are expected to provide data of interest for the researcher. However, these pharmacologically-induced physiologic parameters may be altered because of the direct effect of anesthetics or sedatives used to allow the recording or measurement of such parameters which are quite separate from the drug being investigated. Thus, the optimal situation would be to keep the animal as calm as possible during the experiment to be able to collect information on vital sign changes.³

To solve this problem, the Department of Electromechanical Instrumentation of the Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chavez" designed a cage to keep the animal still while recording the following parameters: Electrocardiogram (ECG), respiratory rate and arterial blood pressure. This cage has several appliances designed to adapt to the animals' body or the body part required to capture the signal of interest without disturbing the animal.^{2,4} Once the appliances are attached electronic circuits adjust the information to one to allow to register specific signals, which, with the aid of the analog to digital converter (A/D-C) are transferred to a personal computer (PC). The PC is equipped with a program specifically designed to supervise the data recorded, or to automatically or manually measure the parameters offline.^{5,6}

A special compact acrylic box was used as the base in the design of the appliances required to obtain the measurement. The rat's body easily fits into this type of cage avoiding excessive movement, allowing full visibility and includes easily accessible holes for the administration of drugs. Given that the rats were to remain face down in the cage, we designed an acrylic platform with four chlorinated silver-coated brass electrodes positioned so that each of the rat's extremities would make contact with the electrodes. The acrylic platform was placed on the cage floor to allow horizontal sliding and thus ensure appropriate contact with all extremities. With the electrodes properly positioned, we were able to derive the monopolar or differential electrocardiogram. The electrodes were connected to four terminals located out of the cage and designed to

Se sabe que las ratas son de los animales de experimentación más utilizados en los laboratorios de investigación porque presentan muchas ventajas sobre otras especies animales.¹ En ciertos casos se requiere que estos especímenes sean tratados con algún fármaco para inducirles determinadas variaciones en su estado fisiológico. De esas perturbaciones se obtienen datos de interés para el investigador, pero si al animal se le introduce un anestésico o tranquilizante, sus valores fisiológicos se alteran por efecto de este tratamiento, además del fármaco de la investigación, por lo que durante el experimento es conveniente mantener al animal lo más tranquilo posible, para que permita recabar información sobre los cambios en algunos de sus signos vitales.

Por lo anterior, en el Departamento de Instrumentación Electromecánica del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", se planteó la necesidad de elaborar una jaula para mantener al animal tranquilo mientras se registra el electrocardiograma (ECG), la frecuencia respiratoria y la presión arterial de la rata, a la cual se le han colocado los dispositivos diseñados para que se amolden al cuerpo del espécimen o a la parte que se va a utilizar durante la captura de la señal de interés sin causarle mayor molestia.^{2,4} Una vez colocados los dispositivos, se obtienen los registros con la ayuda de circuitos para la adecuación de las señales; mediante un convertidor analógico a digital, las señales se trasladan a una computadora personal en la que, bajo un programa de diseño específico, se pueden supervisar los datos conforme se capturan, o bien medirse automática o manualmente fuera de línea.^{5,6}

Una caja especial compacta hecha en acrílico sirvió de base para el diseño de los dispositivos, con los cuales se obtuvieron los registros, aprovechando que el cuerpo de la rata se amolda con facilidad a este tipo de jaulas, que evitan el movimiento excesivo del animal, permiten su visibilidad completa y disponen de orificios que facilitan la aplicación de fármacos. Como en estas jaulas las ratas permanecen en posición plantar, se diseñó una placa de acrílico a la que se le agregaron cuatro electrodos laminares hechos de latón y bañados en plata clorurada, que fueron colocados de tal forma que las extremidades del espécimen quedaban en contacto con los electrodos; la placa de acrílico se colocó en el piso de la jaula para poder desplazarla horizontal-

be plugged into a conventional three or four terminal electrocardiography cable (or plates) in order to pass the electrical activity of the body surface to an electronic card amplifier for electrocardiography.

The signals were acquired and processed in a compatible PC equipped with an analog to digital converter card, which captures the physiological signals above mentioned. The A/D-C used was modified from that described by Rodríguez *et al.*⁷ This new version has eight channels with 30 μ s time resolution and 10 bits amplitude per channel. The circuits used to register the electrocardiogram have a resistive net8 (Wilson's net) that sends the signal through an instrumentation amplifier with a common-mode rejection ratio of 86 dB at 60 Hz and a gain of 25. The signal then goes through a pass band filter with a cutoff frequency of 0.05 to 150 Hz and is amplified 40X, yielding a final amplification of 1 000 for the electrocardiogram signal.

The plethysmographic pulse photodetection unit was adjusted to a special curve-shaped pincer designed to adapt to the rounded shape of the rat's tail. The respiratory movement detector unit was mounted on the cage and directed towards the dorsal thorax of the rat. In both cases, the signal obtained was the light reflected from the skin by two light emitting-diodes: one red (665 nm) and the other infra-red (940 nm). The light reflected was detected by a phototransistor whose outlet was connected to an amplifier and filter similar to those described for the ECG.^{9,10}

Figure 1 shows the components used to detect signals and Figure 2 shows the appliances mounted on the cage. To measure the blood pressure, we used a chamber built with a rigid 13mm diameter tube and a central outlet for a hose connected to a manual air pump. A rubber latex chamber was placed inside the rigid tube and held in place with two ring shaped caps on both ends of the tube. When this chamber is inflated, the latex walls adhere to the tail momentarily occluding local blood flow. The signal can then be registered with a pressure transducer* obtaining two derived signals: one amplified signal that measures blood pressure, and the other filtered to a 1.5 to 30 Hz band width. The latter signal allows one to register the oscillometric pulses produced by the pulse beating and blood flow through the chamber.^{2,10} The appliances used to obtain the above mentioned parameters were adapted to an amplification electronic card that processes the signals displayed on a personal 386, 33 MHz compatible personal computer with a previously described arterial evaluation system program.¹⁰ This program offers several menus to help make the measurements.

The rats were warmed at 36°C for 15 minutes with two 60W light bulbs before the procedure in order to dilate the caudal arteries and this better detect the

mente y asegurar así el contacto con cada una de las extremidades del animal, de tal forma que con los electrodos así dispuestos se pudiera derivar el electrocardiograma monopolar o diferencial, de acuerdo con lo dispuesto por la electrónica respectiva. Los electrodos se conectan a cuatro postes terminales situados fuera de la caja, colocados y contruidos de manera que faciliten la conexión a un cable de tres o cuatro puntas de los de uso convencional en electrocardiografía (de broche o de placa) para pasar la actividad eléctrica de la superficie corporal a una tarjeta amplificadora para electrocardiografía.

La adquisición y procesamiento de las señales se realizan en una computadora personal a la que se le agrega una tarjeta convertidora de analógico a digital; con ella se capturan las mencionadas señales fisiológicas de la rata. Dicha tarjeta fue modificada para este fin, de la que Rodríguez *et al.*⁷ mencionan esta nueva versión, cuenta con ocho canales, cada uno con resolución de 30 μ s en tiempo y 10 bits de amplitud por canal. Los circuitos para la toma del electrocardiograma cuentan con una red resistiva⁸ (o de Wilson), que pasa la señal a un amplificador de instrumentación con rechazo a modo común de 86 dB a 60 Hz y ganancia de 25. De ahí se pasa la señal a un filtro pasa-banda con frecuencia de corte de 0.05 a 150 Hz y a un amplificador por 40, que da finalmente una amplificación por 1 000, para la señal del electrocardiograma. La unidad de fotodetección del pulso pletismográfico se acopla a una pinza especial en forma curva que se amolda a la forma redonda de la cola de la rata.

La otra unidad montada sobre la caja se coloca en la parte dorsal de la región torácica de la rata; esta unidad detecta los movimientos respiratorios. En ambos casos, las señales se obtienen de la luz reflejada por la piel iluminada por dos diodos emisores de luz, uno rojo (665 nm) y otro infrarrojo (940 nm). La luz reflejada es recogida por un fototransistor, cuya salida pasa a una etapa de filtrado y amplificación de características similares a las descritas para el ECG.^{9,10}

En el diagrama a bloques que se presenta en la Figura 1 se muestran los componentes que se usaron para la detección de las señales. En la Figura 2 se aprecian los dispositivos montados en la rata. La pieza utilizada para medir la presión arterial está contruida por una cámara compuesta de un tubo rígido, de aproximadamente 13 mm de diámetro. En la parte media de éste, se coloca una toma para la conexión de una manguera, en donde se conecta la perilla insufladora. Se coloca una cámara de hule látex detenida con dos tapas huecas en los extremos; ésta, al inflarse, hace que las paredes de látex se adhieran a la cola, de manera que se ocluye la circulación momentáneamente en la parte en que se ejerce la presión. La señal que se obtiene se registra mediante un

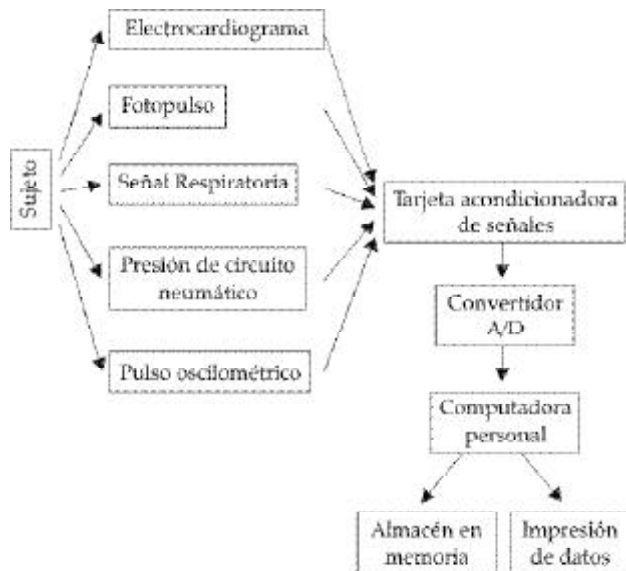


Figura 1. Componentes del equipo para la detección de los signos vitales de las ratas.
Equipment components used to detect vital signs in rats.

plethysmographic and oscillometric pulses.²⁻¹¹ After warming, the plates were covered with conductive gel, the rats were placed in the cages, and the pressure detection chambers, tail pincers and photodetection units were properly positioned. A few seconds may be needed for the rat to become calm and be ready for the data recording process to begin.

The PC should be ready, with the arterial system evaluation program running, before recording the parameters. To measure the blood pressure, a 5 to 8 second baseline recording was obtained. After pausing, the manual air pump was used to apply pressure to the system (300 mmHg) and the pressure was recorded once again while gradually decreasing the chamber pressure with a special linear deflation valve. Once recorded and saved in the computer, the data were recovered to determine the systolic and diastolic blood pressures by the sphygmomanometric method described by Infante-Vazquez *et al.*¹² using 3 channels: the electrocardiogram channel 0, the caudal pulse channel 1 and the arterial blood pressure channel 3. Channels 1 and 3 are used to determine systolic blood pressure. When the blood pulse is momentarily interrupted it is registered again by channel 1. The chamber pressure is measured through the pressure channel 3 (Figure 3), and the disappearance of the Q-pP delay (time elapsed between the ECG Q wave and the associated pulse) is considered as an indicator of the diastolic blood pressure (Figure 4).

In the present study, all measurements were performed by the authors displaying the traces onscreen and using an electronic cursor to identify (click on) the last heart beat during which the Q-pP interval delay

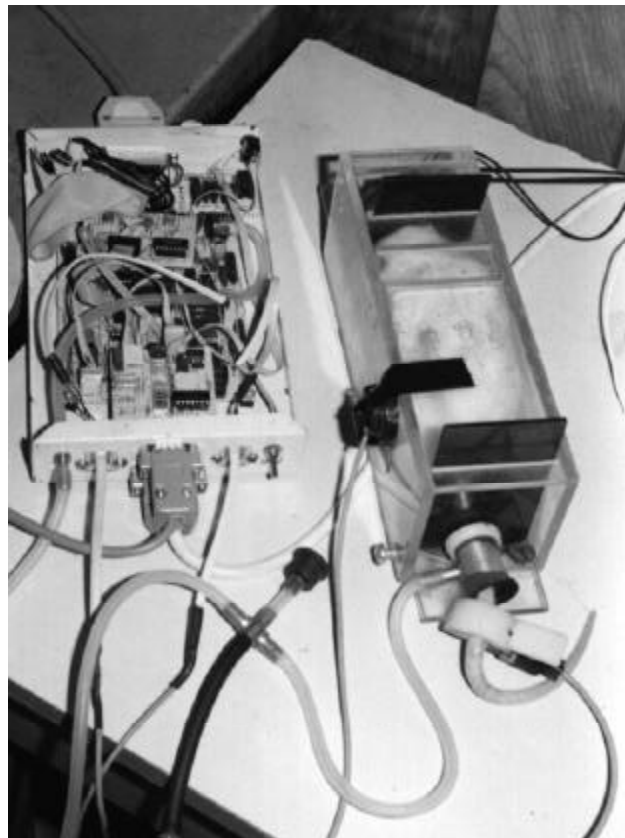


Figura 2. Se presenta a una rata dentro de una caja especial de prueba con los dispositivos conectados,⁴ que se derivan de un sistema electrónico de captura que permite obtener las señales fisiológicas de interés y que serán capturadas, amplificadas, filtradas y procesadas para su presentación en pantalla por medio del programa "sistema de evaluación arterial".
Rat in the experimental cage. The four appliances are connected to an electronic system which records the physiological signals of interest. These signals will be detected, amplified, filtered and processed to be displayed on a screen using an "arterial evaluation system" program.

transductor de presión* cuya salida, por una parte, sólo se amplifica para cuantificar la presión, y, por otra, se filtra para dejar la señal en un ancho de banda de 1.5 a 30 Hz, lo que permite obtener los pulsos oscilométricos, causados por el golpeteo y el paso de la sangre en la cámara.^{2,10} Los dispositivos que permiten la obtención de los parámetros anteriormente descritos se acoplan a una tarjeta amplificadora que procesa las señales desplegadas en una computadora personal 386 compatible a 33 Mhz, con el programa "sistema de evaluación arterial",¹⁰ y que presenta en pantalla una serie de menús para hacer las mediciones.

Antes de hacer las determinaciones se tuvo que proporcionar calor a las ratas a 36°C durante 15 min

* Motorola MPX 2052.

occurred. The chamber pressure line (channel 3) facilitated this determination during the linear deflation phase of said chamber. Both heart rate and respiratory rate can be determined using the menus of the arterial evaluation system program developed at our institution. The morphology of the ECG pulse and oscillometric pulse traces can also be observed^{4,9,13} (Figure 5).

Once the electronic circuit design, programs and the device were deemed bug-free, appropriate

(con dos focos de 60 W), con la finalidad de provocar una vasodilatación en las arterias caudales para una mejor detección de los pulsos pletismográficos y oscilométricos.²⁻¹¹ Después que las ratas recibieron calor, se preparan los dispositivos colocando gel conductivo en las placas; se introduce a la rata dentro de la jaula, se le coloca la cámara de detección de presión y la pinza en la cola y en la parte superior de la jaula (en la región dorsotorácica de la rata), la unidad

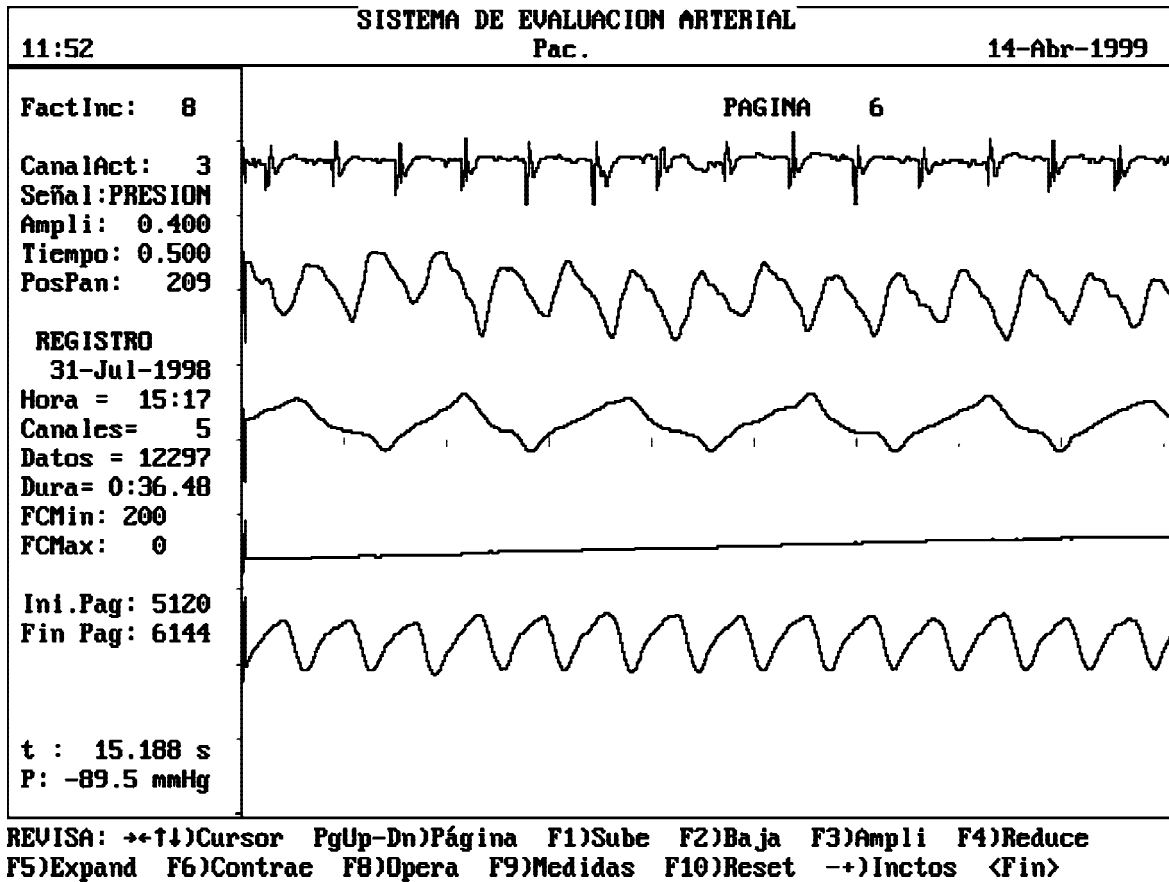


Figura 3. Se indica con una línea vertical, la aparición del pulso caudal y sobre el canal de presión neumática el cursor indica para esta posición la presión que se aprecia en la parte inferior izquierda (p: 89.5 mmHg).

Vital signs recorded and displayed on the PC screen using the arterial evaluation system program. A vertical line indicates the appearance of the caudal pulse. The cursor on the pneumatic pressure channel indicates the pressure displayed at the bottom of the left column (pressure 89.5 mmHg).

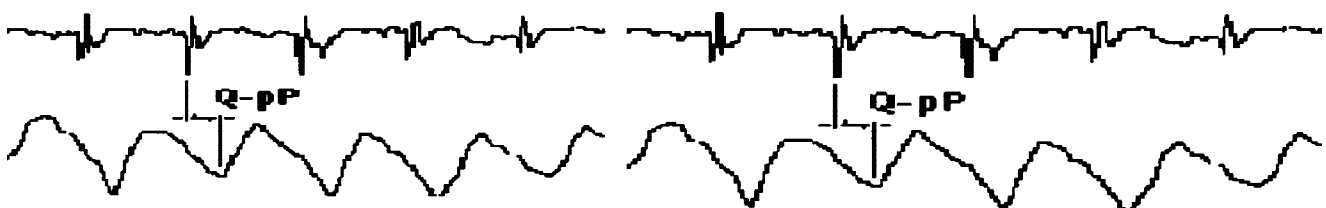
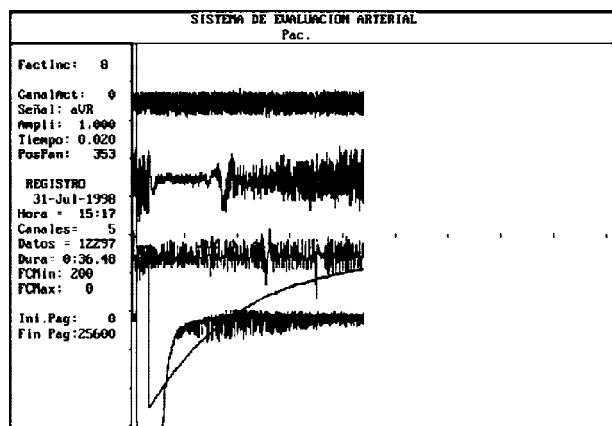
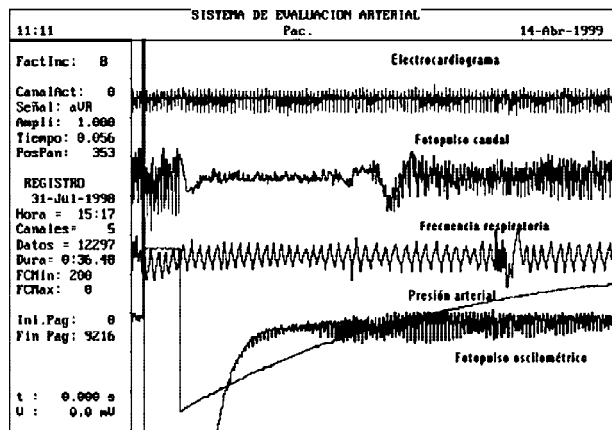


Figura 4. En esta porción de trazos se aprecia el segmento Q-pP, entre el electrocardiograma y el pulso caudal de la rata, en el primero es normal y el segundo está aumentado.

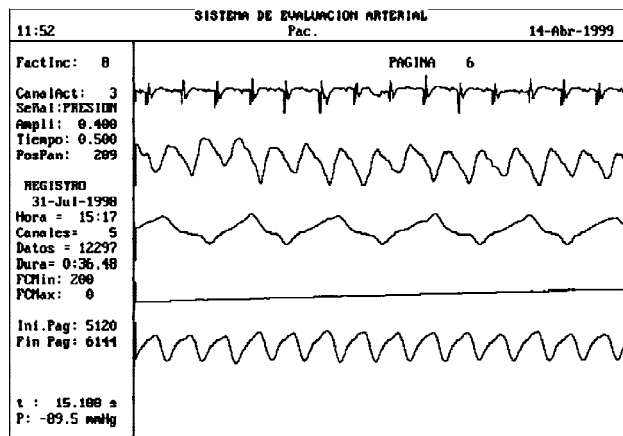
ECG and caudal pulse traces obtained using the experimental device. The Q-pP segment recorded between the caudal pulse and the ECG are indicated. The first Q-pP segment is normal, the second is delayed.



INICIAL: F1)Monitor F2)Revisa F3)Salva F4)Carga F5)Archivos
F6)Imprime F7)DOS F10)Reinicia C)Ceros <Fin>



REVISAR: --F1)Cursor PgUp-Dn)Página F1)Sube F2)Baja F3)Ampli F4)Reduce
F5)Expand F6)Contrae F8)Opera F9)Medidas F10)Reset --)Inctos <Fin>



REVISAR: --F1)Cursor PgUp-Dn)Página F1)Sube F2)Baja F3)Ampli F4)Reduce
F5)Expand F6)Contrae F8)Opera F9)Medidas F10)Reset --)Inctos <Fin>

Figura 5. Registro de señales fisiológicas. En los cuadros superior, central e inferior se muestran los trazos comprimidos, semidesglosados y desglosados, respectivamente, de las señales de ratas. Se aprecian los detalles del electrocardiograma, el pulso pletismográfico caudal, la frecuencia respiratoria, la presión arterial y el pulso oscilométrico.

Physiological parameter registers. The upper block shows compressed traces, the central block shows half-extended traces, and the lower block shows the fully extended traces. ECG details, plethysmographic caudal pulse, respiratory rate, blood pressure and oscillometric pulse are displayed.

de fotodetección. Posteriormente se espera unos segundos para que la rata se tranquilice, antes de proceder a la captura de datos.

La PC debe tener el programa sistema de detección arterial listo. Para la toma de presión se hace primeramente un registro basal de 5 a 8 segundos, se da una pausa, se aplica presión al sistema por medio de la perilla insufladora hasta 300 mmHg, se quita la pausa y se cuida que el registro sea satisfactorio; mientras tanto se reduce la presión en la cámara por medio de una válvula de desinflado lineal especial. Una vez obtenido el registro, se guarda en memoria y se procede a desglosar los datos para hacer las determinaciones de presión sistólica y diastólica por el método esfigmomanométrico descrito por Infante-Vázquez *et al.*,¹² que utiliza tres canales; de electrocardiograma (0), de pulso caudal (1) y de presión arterial (3). Los dos últimos se utilizan para determinar la presión arterial sistólica, cuando el pulso sanguíneo al ser interrumpido momentáneamente, vuelve a registrarse en el canal (1) y la lectura de presión se hace en el canal de presión (3) (Figura 3), mientras que la desaparición del retardo en el Q-pP (tiempo entre la onda Q del ECG y su pulso sanguíneo asociado), se considera como indicador de la presión arterial diastólica (Figura 4).

Para este trabajo, las mediciones fueron realizadas por los autores desplegando los trazos en la pantalla y midiendo con un cursor electrónico que identifica el último latido en que ocurre el retraso del intervalo Q-pP. La aparición en el monitor de la línea de presión intrabrazal (canal 3) facilitó la determinación, todo ello durante la fase de desinflado del brazal. La frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria se determinan por medio de las opciones presentadas en los menús del programa "sistema de evaluación arterial" desarrollado en el Instituto Nacional de Cardiología. Se observa además la morfología de los trazos del ECG, pulso y el pulso oscilométrico^{4,9,13} (Figura 5).

Una vez depurado el equipo en cuanto a diseño electrónico y programas, se hicieron los ajustes ergonómicos a los dispositivos usados, con el fin de facilitar su colocación en la jaula y en el espécimen.

Las ratas utilizadas en este proyecto se adaptaron rápidamente a la jaula y a los dispositivos; aunque en ocasiones algunas de ellas se alteraban, después de cierto tiempo en la jaula se tranquilizaban.

Se hicieron registros en 22 ratas, cuyos pesos oscilaban entre 200 y 350 g en todos los casos. Los resultados que se obtuvieron se muestran en los Cuadros 1 y 2. En el Cuadro 1 se presentan los valores en promedio para los cuatro parámetros indicados (PS = 113 mmHg, PD = 91 mmHg, FC = 352 lat/min y una FR = 105 resp/min), además de la desviación estándar (para la PS de 13.7 mmHg, 13.6 para la PD, 50.8 lat/min para la FC y 19.8 resp/min para la FR), y los valores mínimos y

ergonomic adjustments were made on the devices used in order to facilitate their placement in the cage and on the specimen.

The rats used for this project quickly adapted to the cage and the appliances, and even though some of them were initially disturbed, after spending some time in the cage they became calm.

We obtained registers from 22 rats weighing between 200 and 350 grams. The results obtained are in Tables 1 and 2. Table 1 shows the mean values and standard deviations obtained for the 4 indicated parameters: SBP=113±13.7mmHg (range 92.6-148 mmHg), DBP=91±13.6mmHg (range 76 to 127 mmHg), HR=352±50.8 beats/min (range 222 to 447 beats/min), and RR=105±19.8 breaths/min (range 75 to 142 breaths/min). Figure 6 shows the blood pressure data only. The morphology of both systolic and diastolic pressure traces was very similar.

After reviewing the literature, we found that commercially available cages (with special expensive appliances) can only record physiological parameters such as pulse, blood pressure, heart rate and respiratory rate in rats without requiring the use of sedatives or anesthetics. Such devices, however, cannot register the electrocardiogram, which can be easily obtained using the system described here. In addition to the intrinsic utility of the ECG, it can be used to determine blood pressure in a non-invasive manner using the method described by Infante-Vazquez *et al.*¹²

This new system can be used to record vital signs in both healthy untreated and treated rats. It is most useful in the latter, given that in advanced protocols the health status of the rats is more problematic and the care, treatment and time invested can be lost if their health is severely compromised.

Moreover, the appliances worked efficiently as shown by the good quality of the traces in Figure 5. All the physiological parameters could be obtained from all specimens studied, although some of the animals had to go through a previous adaptation stage.

The electronic module and the programs allowed us to obtain results without major operational problems or routine adjustments.

This system must be further assessed to compare the results with those of other similar systems and to establish the reliability of the parameters obtained in rats. Table 2 shows that concordance with the data of those of other studies was excellent, given that no significant differences were observed with the results presented here.

Acknowledgments

The authors wish to thank MVZ Veronica Graullera Rivera for her help in carrying out this protocol.

Cuadro 1
VALORES DE LOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS
OBTENIDOS DE 22 RATAS
PHYSIOLOGICAL PARAMETERS RECORDED IN 22 RATS

	Presión sistólica Systolic pressure	Presión diastólica Diastolic pressure	Frecuencia cardíaca Cardiac rate	Frecuencia respiratoria Respiratory rate
	105	80	385	76
	122	88	349	137
	115.2	87	297	109
	98	83	303	75
	111	91	447	96
	109	76	425	121
	118	100	410	110
	124	91	382	101
	137	113	382	112
	97	83	222	82
	92.6	76	368	95
	112	98	350	100
	148	127	397	78
	108	95	357	142
	110	91	330	120
	99	76	348	136
	116	107	363	119
	123	88	329	97
	105	84	281	81
	112	83	309	104
	97	78	368	118
	<u>130</u>	<u>112</u>	<u>327</u>	<u>115</u>
Promedio	113.12	91.22	351.31	105.63
Desviación estándar	13.73	13.56	50.78	19.81
Máximo	148	127	447	142
Mínimo	92.6	76	222	75

máximos (92.6 y 148 para la PS, 76 y 127 para la PD, 222 y 447 para la FC y 75 y 142 para la FR, respectivamente). En la Figura 6 se observan sólo los datos de la presión arterial en ambos trazos, la forma fue muy similar.

Hasta donde se revisó, en las jaulas para ratas actualmente disponibles en el mercado, sólo se pueden registrar (con dispositivos especiales de costo elevado) parámetros fisiológicos como pulso, presión arterial y frecuencias cardíaca y respiratoria de las ratas ahí colocadas, sin que para esto se requiera de un agente tranquilizante o anestésico, pero no así el electrocardiograma, el cual, además de los otros parámetros, se puede obtener con relativa facilidad haciendo uso del sistema aquí propuesto. El ECG, además de su utilidad



Cuadro 2

COMPARACIÓN DE LOS VALORES PROMEDIO (DE 22 RATAS) Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR, CON LOS DATOS DE LA LITERATURA
COMPARISON OF THE PHYSIOLOGIC PARAMETER VALUES (MEAN AND STANDARD DEVIATION) OBTAINED WITH THE NON-
INVASIVE DEVICE WITH THOSE PREVIOUSLY REPORTED IN THE LITERATURE

Parámetros Parameter	Comparación de valores de presión arterial en ratas Comparison of pressure arterial values in rats	
	Evaluados Evaluated	Obtenidos Observed
Presión sistólica, mmHg	116	113.12 ± 13.73
Presión diastólica, mmHg	90	91.22 ± 13.56
Frec. cardiaca, lat/min.	300-500	351.31 ± 50.78
Frec. respiratoria, resp/min.	85	105.63 ± 19.81

Comparación entre valores de presión arterial en ratas.

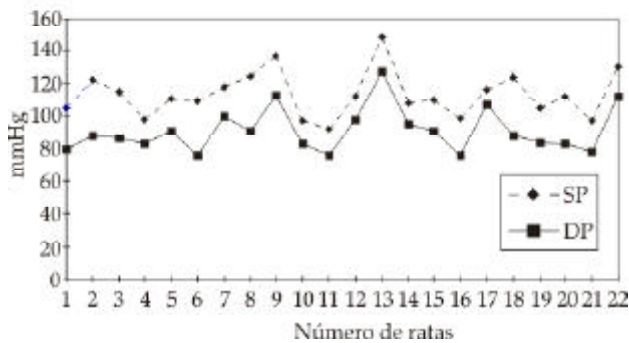


Figura 6. Valores de la presión arterial de las ratas (PS y PD).
Comparison of systolic and diastolic arterial blood pressure values (SBP and DBP) in rats obtained with the non-invasive device.

intrínseca, puede emplearse para obtener la presión sanguínea en forma no invasiva mediante el uso del método propuesto por Infante-Vázquez *et al.*¹²

El sistema aquí descrito se puede utilizar tanto en ratas sanas como en ratas con algún tratamiento inducido, para el registro de signos vitales, teniendo más ventajas sobre estas últimas, pues en los protocolos avanzados la salud de estos sujetos es más delicada y los cuidados, tratamientos y tiempos invertidos se pueden perder.

Los dispositivos diseñados funcionan eficientemente, como se deja ver en la buena calidad de los trazos mostrados en la Figura 5. Además en todos los especímenes estudiados se pudieron obtener los parámetros fisiológicos requeridos, si bien algunos animales debieran pasar por una etapa previa de acondicionamiento.

La parte de electrónica y los programas aportaron resultados sin presentar mayores problemas en cuanto a la operación y los ajustes de rutina.

Cabe mencionar que este sistema necesita ser valorado para comparar los resultados con otros sistemas similares y establecer su confiabilidad con respecto a los valores obtenidos en cada uno de los parámetros fisiológicos de las ratas al comparar el sistema aquí descrito con los mencionados en la literatura. En el Cuadro 2 se observa una concordancia excelente, ya que no hubo diferencia significativa entre aquellos resultados y los que se mencionan en este trabajo.

Agradecimientos

Se agradece a la MVZ Verónica Graullera Rivera el apoyo que brindó para la realización de este trabajo.



References

1. Fox JG. Laboratory animal medicine. New York: Academic Press, 1984.
2. Bunag RD. Measuring blood pressure in laboratory animals. In: O'Brien E, O'Malley K, editors. Handbook of hypertension, blood pressure measurement. Vol. 14. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, 1991.
3. Guide for the human use of animals in research. Orlando (Fl): Niehs Handbook for Investigators & Technicians, 1988.
4. Geddes LA. The direct and indirect measurement of blood pressure. Chicago (Ill): Year Book Medical Publishers, 1979.
5. Infante O, Sánchez G, González M, Porter F. Medición del retardo entre la onda Q del electrocardiograma y el pie de ascenso del pulso sanguíneo; reporte preliminar. *Rev Mex Ing Bioméd* 1994;15:124-126.
6. Infante O, Valenzuela F, Polo S. Algoritmo que utiliza la segunda derivada para identificar el complejo QRS en tiempo real. *Rev Mex Ing Bioméd* 1992;13:23-32.
7. Rodríguez G, Infante O, Valenzuela F, Espinosa L, González C. Sistema de adquisición de señales fisiológicas. *Rev Mex Ing Bioméd* 1988;9:25-35.
8. Neuman RM. Biopotential amplifiers. In: Webster JB, editor. Blood pressure and sound. Medical instrumentation application and design. 2nd ed. Boston (Ma): Houghton Mifflin, 1992.
9. Infante O, Rodríguez G, Pérez J, Espinoza L, Valenzuela F, Rojas M. Terminal de electrocardiografía. *Rev Mex Ing Bioméd* 1988;9:87-95.
10. González M, Infante O, Sánchez G, Flores P. Medición experimental no invasiva de la presión arterial sistémica y de la transmisión del pulso. Reporte preliminar. *Rev Mex Ing Bioméd* 1994;15:128-129.
11. Borg E, Viberg A. Role of heating in non-invasive blood pressure measurement in rats. *Acta Physiol Scand* 1980;108:73-75.
12. Infante-Vázquez O, Sánchez-Torres G, Martínez-Memije R, Flores-Chávez P, Pastelin-Hernández G, Sánchez-Miranda M. Medición de la presión arterial utilizando el retardo en el pulso distal. *Rev Bras Eng Bioméd* 1997;13:81-92.
13. Chiueh C, Kopin IJ. Hyperresponsivity of spontaneously hypertensive rat to indirect measurement of blood pressure. *Am J Physiol* 1978;234:690-695.