

J. Concha, L. Oyarzún y B. Norris
Departamento de Fisiología
Escuela de Medicina
Universidad de Concepción

FLUJOMETRO FOTOELECTRICO SENSIBLE

Resumen

Se presenta un método sencillo de respuesta lineal y de buena sensibilidad para registro de flujo en sistemas hidráulicos o hemodinámicos. El aparato se basa en el registro de las diferencias de presión que se crean por una pequeña resistencia colocada en el circuito hemo o hidrodinámico. Las variaciones de presión son registradas por una célula fotoeléctrica cuyas señales son amplificadas por un transistor. La salida del aparato es de baja impedancia y puede acoplarse fácilmente a cualquier amplificador de corriente continua de baja amplificación o directamente a un galvanómetro. Se presentan registros de flujo renal obtenidos con dicho aparato.

Summary

A simple method for measuring flow in hydraulic and hemodynamic systems is introduced in this paper. The response is linear and the sensitivity is good. The flowmeter is based on the recording of the differences of pressure created by a resistance placed in the hemodynamic or hydraulic circuit. The variations in pressure are registered by a photoelectric cell whose signals are amplified by a transistor. The out-put is characterized by low impedance and can be connected easily to a direct current amplifier of low amplification or directly to a galvanometer. Records of renal outflow obtained by use of such a flow-meter are shown.

Introducción

Muchos son los métodos que se han desarrollado con el objeto de medir flujos en circuitos hemo e hidrodinámicos. Los más sencillos lo hacen por el simple conteo de las gotas que caen de una cánula conectada al vaso sanguíneo o a la cañería del sistema

en estudio. Los más elaborados permiten practicamente la medida en el vaso ranguíneo cerrado aprovechando cambios de conductancia sanguínea en unos; cambios de temperatura en otros; cambios de potencial o de frecuencia en un campo magnético, etc. Todos presentan sus ventajas y desventajas. Los más elaborados son bastante seguros y de aceptable precisión pero son muy caros, inalcanzables para laboratorios pobres. Los más sencillos, como los basados en el goteo del líquido, p. e. el reotacógrafo, están al alcance de cualquier laboratorio pero, su sensibilidad y precisión dejan que desear.

En nuestro laboratorio de Fisiología hemos empleado hasta ahora el reotacógrafo de Palmer que nos permite buenos registros de variaciones de flujos sin pedir mucho en sensibilidad. El registro no es lineal. Tiene aceptable sensibilidad para los flujos muy bajos pero mala sensibilidad para los flujos mayores (ver figura 1).

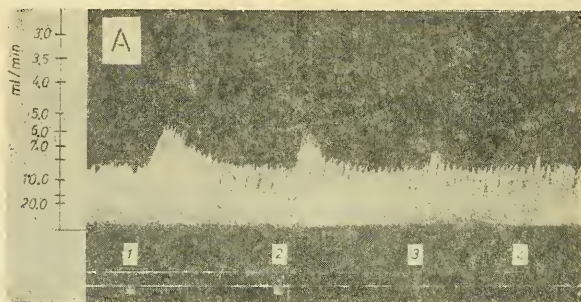


Figura 1.—Registro del efecto vasoconstrictor de la acetilcolina. Flujo registrado con el Reotacógrafo de Palmer. Nótese la escala no lineal de flujo.

Ante la necesidad de disponer de un instrumento de mayor sensibilidad y de registro lineal comenzamos a trabajar en el desarrollo de un método que estuviera al alcance de cualquier laboratorio y que tuviese las características antes señaladas.

Material y Método

Para la construcción del flujómetro definitivo se usó material de radio corriente, una célula fotoeléctrica G. E. Type PV-1 de las que usan los fotocolorímetros, alambres aislados y blindados de tipo corriente, un cilindro de lucita de 1 cm. de diámetro como lente convergente, tubos de vidrio corriente y tubos de plástico para la conexión a la vena o la arteria.

Con el material antes enumerado se construyó el flujómetro de acuerdo al esquema de la figura 2.

En la figura 3-A se observa el circuito eléctrico de amplificación de la señal entregada por la célula fotoeléctrica. Las señales de la salida de este preamplificador que es de baja impedancia (1000 ohms) se llevan mediante un cable largo al instrumento de registro, que en el caso nuestro es un "driver amplifier Grass" de un polígrafo Grass".

Una vez unido el flujómetro al aparato de registro se conecta su cánula de entrada con la vena del órgano en estudio, para el caso nuestro, la vena renal.

Se ajusta la llave R (figura 2) hasta que el nivel superior de la columna de solución coloreada del tubo T queda en la mitad de la ranura que corre a lo largo de la célula fotoeléctrica, a través de la cual pasa la luz de la lámpara L concentrada por el cilindro de lucita P.

Una vez en función, el aparato se calibra haciendo pasar flujos de diferente magnitud con cuyos valores fueron construídas las curvas de calibración de la figura 3-B. Al aumentar la amplificación del "5 Driver amplifier Grass" aumenta la sensibilidad del registro (curva 2 y curva 3 de la figura 2-B).

Si se desea trabajar en flujos mayores o menores al rango que aparece en la figura 3-B será necesario, solamente, ajustar la llave R de la figura 2. Para flujos mayores se aumentan el paso de dicha llave R y para flujos menores se reduce. En cada caso será necesario hacer una nueva calibración.

Resultados

Como se dijo más arriba el objeto que nos llevó a buscar un método diferente al reotacógrafo que estábamos usando en nuestros trabajos sobre flujo renal fue el de disponer de un aparato de mayor sensibilidad y de respuesta lineal (fig. 3-B).

En la figura 4 se puede observar respuestas a la inyección de cloruro de sodio por vía arterial. En 1 se aprecia una gran vasodilatación renal producida por la inyección de 5 ml. de una solución de NaCl de 18 mg/ml (doble concentración que la del Tyrode). En 2 la concentración fue de 9 mg/ml. En 3 de 4,5 mg/ml; en 4 de 2,25 mg/ml y en 5 fue de 1,25 mg/ml.

La sensibilidad del aparato nos permite apreciar claramente que el flujo renal no es continuo. Como se aprecia en la figura, el flujo renal presenta una ritmicidad que tiende a desaparecer durante la vaso dilatación. Hay que hacer notar que el riñón está perfundido con Tyrode desde un frasco de Mariotte que le da una presión de perfusión constante de 90 milímetros de mercurio.

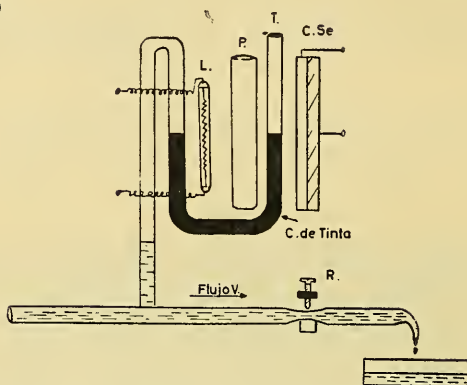
En la figura 5-A se observa una ritmicidad aumentada del flujo renal. La frecuencia que alcanza esta actividad es de alrededor de 8 ciclos por minuto.

En el momento que aparece la marca se inyectan 200 γ de acetilcolina en Tyrode. Se aprecia que dicha sustancia provoca una vasodilatación que va acompañada de una inhibición de la ritmicidad del flujo renal.

En la figura 5-B está representado el efecto de la inyección arterial de 5 gamas de hipertensina en la primera curva y 0,5 gamas de noradrenalina en la segunda. En este riñón no se aprecia actividad rítmica. Se observa claramente que la respuesta a la hipertensina es diferente de la provocada por noradrenalina. En la primera ocurre una vasodilatación después de la vasoconstricción primaria.

FLUJO METRO FOTO ELECTRICO
(VENOSO)

A



B

ARTERIAL

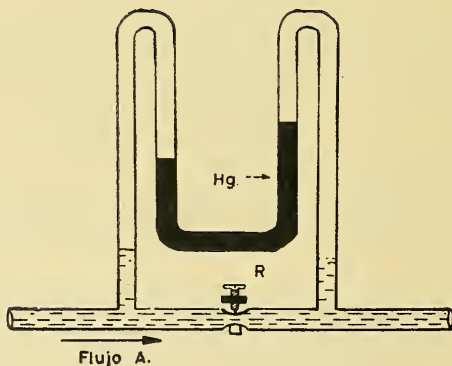


Figura 2

- A.—Esquema del flujómetro dispuesto para registrar flujo venoso.
La vena se conecta al extremo izquierdo del tubo horizontal.
B.—Esquema para registro de flujo arterial.

CIRCUITO DEL FLUJO METRO

A

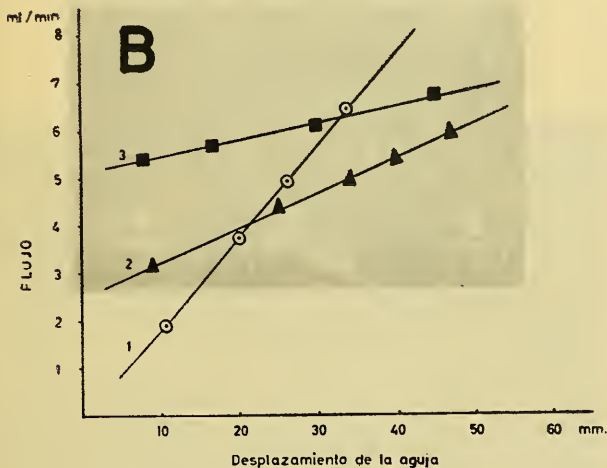
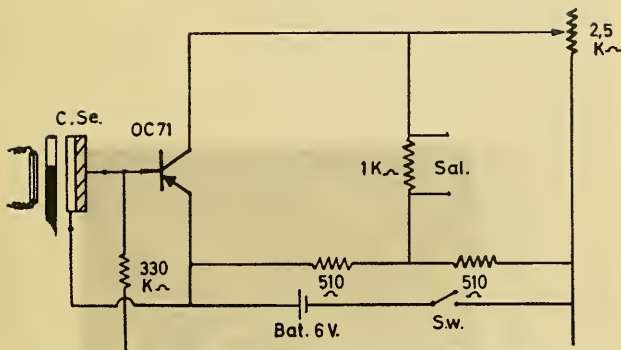


Figura 3

A.—Circuito eléctrico del flujómetro con una etapa de amplificación.
 B.—Rectas correspondientes a la calibración del aparato usando diferentes amplificaciones.

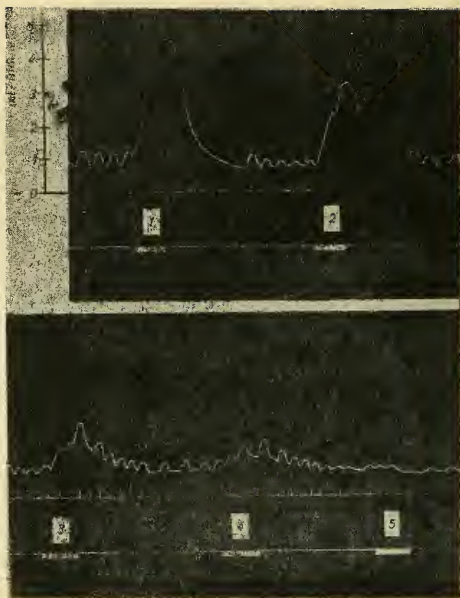
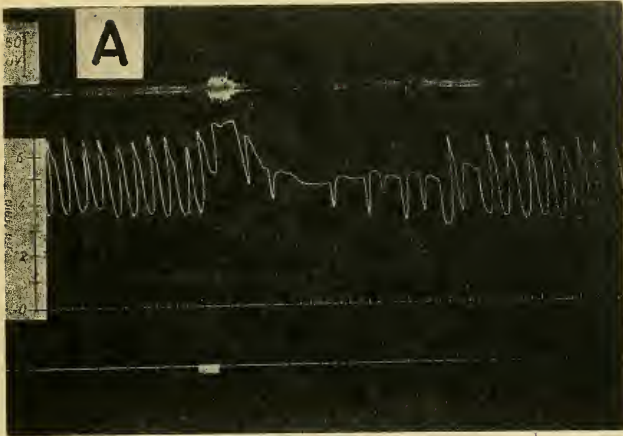
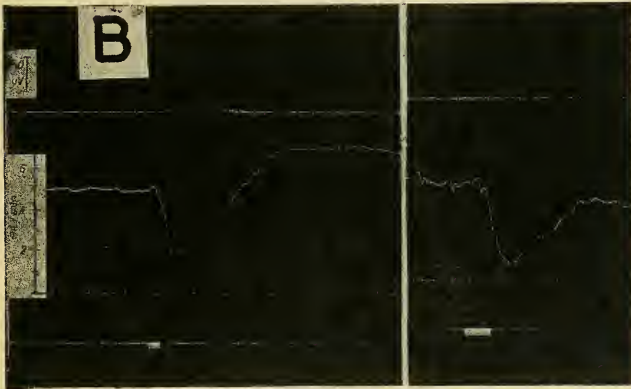


Figura 4.—Respuestas vasodilatadoras obtenidas por inyección de NaCl en concentraciones decrecientes.

Figura 5



A.—Flujo renal rítmico que se altera por la inyección de un vasodilatador.



B.—Acción vasoconstrictora de sustancias como hipertensina y noradrenalina. En a y B el registro corresponde a la actividad de los nervios renales.

