

Desarrollo y Construcción de un Torniquete Electroneumático

*Dr. Jose J. Bernal, **Dr. Diego Arias Serna, ***Dr. J. Wilson Marin

Resumen

El torniquete es un elemento fundamental e indispensable, en los procedimientos quirúrgicos de las extremidades, con el fin de obtener en forma temporal un campo exangüe que facilite la operación. Los torniquetes convencionales utilizados en nuestro medio son rudimentarios y poco confiables y su utilización puede dar origen a complicaciones serias.

Teniendo en cuenta esta limitante se decidió desarrollar y construir un torniquete neumático electrónico de alta confiabilidad y que nos garantice una mayor seguridad durante los procedimientos quirúrgicos en los cuales se utilice. Este proyecto fue una labor conjunta e interdisciplinaria de la Sección de Ortopedia de la Universidad del Quindío y el Programa de Electrónica de la misma Universidad. El Torniquete producto de este proyecto lleva dos años funcionando en forma satisfactoria en las salas de Cirugía del Hospital Universitario de Armenia.

Palabras Clave: Torniquete, Neumático, Electrónico

Introducción

En la práctica de Cirugía Ortopédica y de la Traumatología Quirúrgica, está universalmente aceptado el uso del torniquete, con el fin de obtener en forma temporal un campo exangüe que facilite y garantice el éxito de la operación.

Desafortunadamente en nuestro medio solamente contamos con un torniquete muy rudimentario y elemental, compuesto fundamentalmente de un brazalete, un tubo de conducción del aire, un manómetro y una bomba manual; el cual no ofrece confiabilidad al ser utilizado y su uso puede dar origen a complicaciones serias, como parálisis transitorias o permanentes, y a veces isquemia.

Con el fin de minimizar estos riesgos, decidimos desarrollar y construir un Torniquete Neumático Electrónico, de alta confiabilidad, y provisto de válvulas de seguridad y alarmas audiovisuales, que nos permita realizar procedimientos quirúrgicos con un amplio margen de seguridad.

*Profesor titular, Cirugía Ortopedia, Facultad Ciencias de la Salud Universidad del Quindío. Armenia.

**Profesor asociado, programa de Electrónica Universidad del Quindío Armenia.

***Licenciado en Electrónica, Universidad del Quindío Armenia.

Este proyecto fue una labor conjunta de la Sección de Ortopedia, Facultad de Medicina de la Universidad del Quindío y el Programa de Electrónica de la misma Universidad.

Revisión Histórica

La revisión de la literatura sobre este tema, pone en evidencia que el torniquete fue utilizado desde la época de Hipócrates, sin embargo las primeras descripciones de su utilización fueron hechas en la época de Celsus, usando cintas de tela. La primera persona que describió la utilización regular del Torniquete en Cirugía Ortopédica fue Ambrosio Pare, cirujano Frances en 1550.

El término torniquete fue acuñado por Jean Louis Petit, quien presentó un trabajo y un diseño ante la Academia Real de Ciencias de Paris en 1718. El uso correcto del torniquete con vaciamiento mediante vendas elásticas, se le debe a J. B. Lister, 1864.

El primer Torniquete Neumático fue diseñado y utilizado por Harvey Cushing, 1904. El Torniquete Neumático actual sigue básicamente los mismos planteamientos teóricos de siglo, y aunque se ha perfeccionado sigue teniendo deficiencias técnicas, que lo hacen poco confiable y cuya

- El sistema trabaja con la red eléctrica y además cuenta con dos baterías que entran automáticamente a alimentar el circuito, si falla la fuente de energía principal.
- Dispone de un tanque de almacenamiento de aire que una vez llenado a una presión de 60 psi, permite realizar 20 operaciones de 45 minutos de duración cada una. Además el tanque puede conectarse al ducto central de suministro de aire comprimido, y cuando la presión está por debajo de 20 psi, automáticamente el sistema inyecta aire al tanque.
- Dispone de un sistema de alarmas audiovisuales para indicar situaciones entre otras: Cambios de presión en todos los componentes del sistema, terminación del tiempo pre-fijado para la operación.

Todas estas características hacen que el equipo diseñado sea de un gran valor teniendo en cuenta que su principal característica es la confiabilidad.

Funcionamiento

El aire entra de una fuente externa, hacia el tanque principal pasando por un cheque anti-retorno y una válvula eléctrica. El manómetro indica la presión existente en el tanque de almacenamiento.

El aire pasa a través del regulador hasta la válvula de entrada. Esta válvula es gobernada por el control, el sistema decide cuando abre o cierra esta válvula. La válvula se abre a voluntad del operador, cuando la cirugía ha terminado o también cuando se sobrepasa una presión pre-determinada.

El sensor del sistema está a todo momento monitoreando la presión en el brazalete y enviando la señal eléctrica, proporcional a la presión aplicada, a el sistema de control electrónico.

Los suiches de presión detectan la presión en el tanque principal y en el torniquete respectivamente. El primero, hace que el sistema se cargue automáticamente de aire, existiendo reserva siempre de éste. El segundo, envía una señal al sistema de control para que éste haga actuar la válvula de salida de aire y a la vez, la alarma auditiva vi-

sual. De este modo se evita que la presión en el brazalete supere el límite permitido, protegiendo al paciente y al sistema neumático en sí.

Fuente de Voltaje

La fuente de voltaje es la encargada de tomar la energía de la red, reducirla con transformador, rectificar la corriente alterna a corriente continua y con ella alimentar a todos los circuitos. También se encarga de suministrar en forma automática la energía a las baterías cuando éstas estén descargadas. Las baterías suministran energía al sistema en el caso de fallar la red normal.

Sistema de Medición y Control

El sistema se encarga de:

1. Detectar la presión, con un sensor electrónico el cual convierte la presión ejercida por el aire en las paredes del torniquete, en una señal de voltaje proporcional a ésta.

2. Ampliar la señal del sensor, por ser muy pequeña, haciéndola utilizable en el sistema.

3. Permitir la selección de presión a utilizar en el brazalete, de acuerdo a las necesidades del médico, permitiendo variar ésta en un rango que va desde cero hasta seiscientos cincuenta milímetros de mercurio. La visualización de la presión seleccionada se hace en una pantalla de cristal líquido.

4. Manejar las válvulas de entrada y salida de aire, lo cual puede lograrse usando un interruptor de cuatro posiciones. Este selector tiene las funciones de:

- a. Posición cero: Donde no se tiene función específica alguna.
- b. Posición de entrada de aire: Se permite la entrada de aire al sistema, hasta el punto seleccionado.
- c. Posición de salida de aire hasta cero: Cuando se haya terminado la cirugía y se vaya a quitar el torniquete.

La salida del aire también se realiza en forma automática si llegara a subir la presión a un tope máximo de 700 mm Hg, causado por averías en el sistema o por error al incrementar por encima de este valor la presión seleccionada.

Sistema de Control de Tiempo

Las funciones del sistema son las de permitir la programación del tiempo que sea necesario para efectuar la intervención quirúrgica y también la de enviar una señal que permite llamar la atención al personal, avisando que el tiempo programado ha terminado, para que tomen las precauciones pertinentes.

Componentes del sistema. El cronometrador se compone de: Un codificador de teclado decimal a binario, el cual convierte un dato de una matrix de suiches de 4 x 3 en un número binario.

- a. Dos registros de corrimiento, que permiten desplazar el dato correspondiente.
- b. Dos contadores ascendentes/descendentes, que toman el dato presente en los registros de corrimiento grabándolo internamente. Este dato almacenado decrementado con una señal de reloj con un ciclo por minuto hasta llegar a cero.
- c. Dos decodificadores de BCD a siete segmentos que permiten visualizar en displays el tiempo programado.
- d. El sistema cronometrador posee una base de tiempo que permite generar un pulso cada minuto, utilizando en los contadores para que éstos descendan en un dígito cada minuto.

La base de tiempo consta de:

Un oscilador de 60 ciclos por segundo, dos divisores de frecuencia por sesenta cada uno. Con ambos se divide la frecuencia en 3600 veces, obteniéndose así una oscilación cada minuto.

Sistema de Alarma

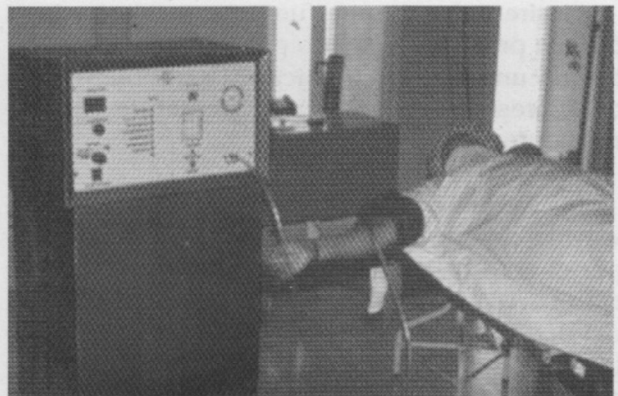
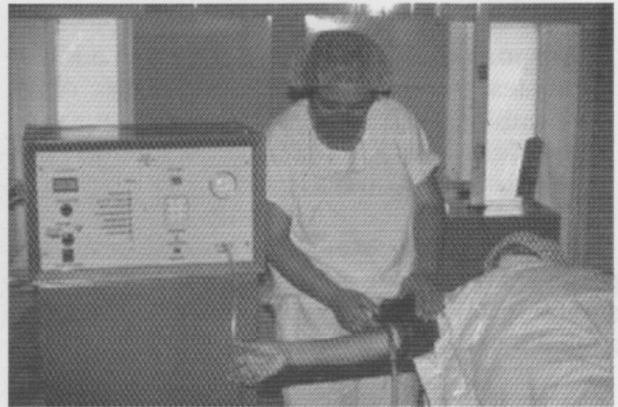
Las funciones del sistema de alarma es detectar las condiciones anormales, accionando la alarma respectiva de acuerdo a la falla y permitiendo la visualización de la misma.

Componentes del sistema. El sistema comprende: Cinco compuertas OR que permiten la entrada de las señales de alarma llevándolas a un punto común. Un oscilador monoestable que se encarga de silenciar la alarma durante 35 segundos cuando esté funcionando. Dos osciladores biestables, el primero hace que el segundo genere una oscilación cadencial más agradable y llamativa.

Sistema Electrónico

Descripción general. El sistema electrónico se compone de 4 tarjetas básicas:

1. Fuente de alimentación
2. Reloj programable
3. Control de válvulas y alarma
4. Control de señal de transductor



Conclusiones

- Hemos logrado con personal nuestro y en nuestros laboratorios realizar un trabajo interdisciplinario, cuyo producto final es un Torniquete Neumático-electrónico, de alta confiabilidad, y que ya lleva dos años funcionando satisfactoriamente en los quirófanos del Hospital Universitario de Armenia.
- Su servicio y mantenimiento preventivo como operacional ha sido realizado por personal del Hospital.

BIBLIOGRAFIA

- Su utilización es de fácil ejecución y tanto el personal de especialistas como el de enfermería están familiarizados con él.
 - Hasta el momento no hemos tenido ninguna complicación inherente a su utilización.
 - Se contempla en una segunda fase la miniaturización del equipo, mediante la incorporación de un micro procesador y de un micro compresor que se alimente del aire del medio ambiente, eliminando así la necesidad del tanque de almacenamiento.
 - Se demuestra la viabilidad y la importancia del trabajo interdisciplinario para darle solución a problemas nuestros que beneficien al paciente y a la comunidad.
1. **Carrillo German**, et al. Uso de torniquetes a bajas presiones y su aplicación en ortopedia. Acta ortopedica Latinoamericana. Volumen 17 No. 2, abril de 1994.
 2. **Crenshaw AH**, Campbell's operative orthopaedics. Seventh Edition. The C.V. Mosby Company. 1987.
 3. **Dickson M. White H**, et al. Extremity tourniquet deflation increases end tidal PCO2. Anesth Analg. 1990; 70: 457-458.
 4. **Green DP**. Operative Hand Surgery. Churchill Livingstone, 1983.
 5. **Heppenstall B**, et al. A comparative study of the tolerance of skeletal muscle to ischemia. The J. Bone and Joint Surgery, July 1986, Vol 68-A, No. 6: 820-828.
 6. **Klenerman L**. The tourniquet in surgery - J. Bone and Joint Surgery. Vol 44B, No. 4, November 1962: 937-943.
 7. **Newman RJ**, Muirhead A. A safe and effective low pressure tourniquet. J. Bone and Joint Surgery, August 1986, Vol 68-B, No. 4: 625-628.
 8. **Palmer A.K** Complications from tourniquet use. Hand Clinics 1986, Vol 2, No. 2: 301-305
 9. **Patterson S, Klenerman L.J**. The effect of pneumatic tourniquets on the ultrastructure of skeletal muscle. J. Bone and Joint Surgery, May 1979; Vol 61B, No. 2: 178-1784.

Abstract

The use of a tourniquet for surgery of the extremities is essential. Unfortunately the conventional tourniquet, that we use every day is rather rudimentary and it is not reliable. To solve this deficiency we decided to develop an electronic pneumatic tourniquet, highly reliable, that can guarantee, constant, uniform pressure during the operation; it is equipped with pressure gages, transducers and audio-visual alarms.

This tourniquet has been already in use during last two years at the operating rooms of the University Hospital of Armenia and its performance has been very satisfactory.