

DISEÑO DE FERULAS NEUMATICAS PARA INMOVILIZACION TEMPORAL Y DE TRASLADO EN TRAUMATISMOS COMUNES.

Uribe Martínez Ma. M.

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Area de Ingeniería Biomédica.

RESUMEN

A partir de una investigación detallada sobre traumatismos y observando la creciente necesidad de una atención adecuada a los mismos; se describe el diseño de férulas neumáticas con ese fin, así como las consideraciones hechas en la elección la tecnología y materiales empleados en su fabricación y los resultados obtenidos en la aplicación de las mismas.

INTRODUCCION

Un porcentaje considerable de los accidentes que se suscitan diariamente en un país como el nuestro, con los correspondientes riesgos que implica una sociedad moderna, provocan lesiones de carácter traumático, como fracturas, luxaciones o esguinces, que pueden ser de grado simple o muy complejo; presentándose lo mismo en falanges que en costillas, cadera, columna vertebral, cervical, fémur, tobillo, etc.

Dentro de este contexto es igualmente frecuente observar, que los medios con los que se cuenta para dar atención a traumas en el lugar donde se sucitó el accidente, con escasos y generalmente poco efectivos; inclusive aquellos con los que cuentan unidades de asistencia móviles; la ineffectividad de estos medios es aún más clara, si se toma en cuenta la vital importancia de la primera atención prestada a un trauma y se consideran los siguientes factores:

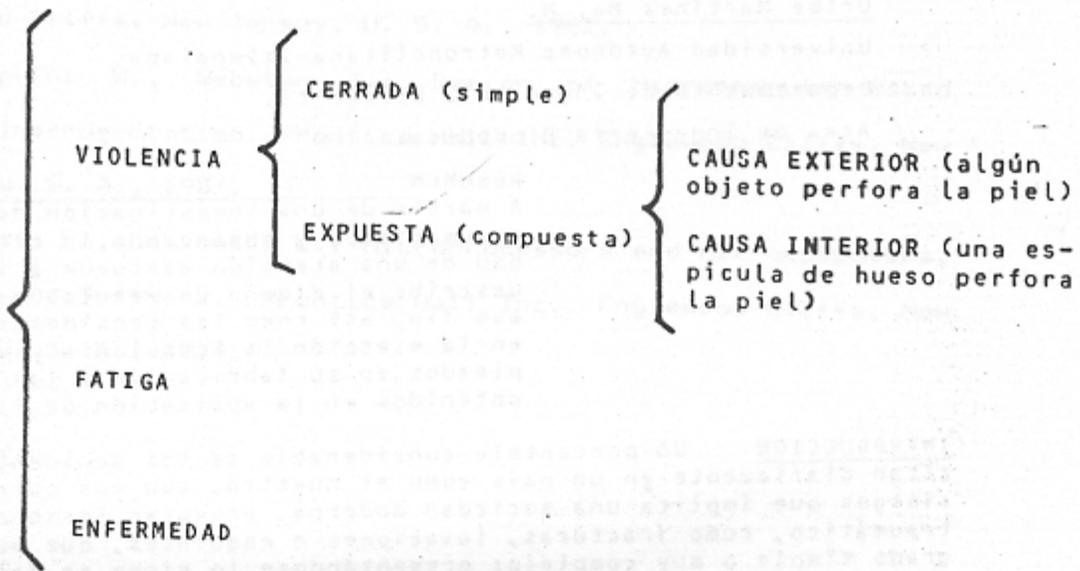
- Adecuada inmovilización del miembro afectado.
- Paralización inmediata de la hemorragia o prevención de la misma.
- Traslado inmediato a la unidad médica para su tratamiento.

Considerando además la importancia de que esto se lleve a cabo de una manera eficiente, rápida y segura; ofreciendo así, una garantía de atención adecuada en el lugar del accidente.

Después de un análisis más profundo en lo concerniente a la frecuencia, con la que se presentan casos de trauma en accidentes cotidianos y la importancia que tiene en su tratamiento, y recuperación la atención que se presta a los mismos en el lugar del accidente, se hace evidente que existe la necesidad de crear un dispositivo que sea capaz de incrementar la atención a estos casos, siendo esta la principal finalidad del presente trabajo.

INVESTIGACION

Consistió en la recopilación de información acerca de los traumatismos más frecuentes, su tratamiento y las implicaciones que tendría en el mismo una adecuada inmovilización previa a su diagnóstico. Encontrando que los traumatismos se pueden clasificar de la siguiente manera de acuerdo a su origen:



Cada una de las cuales presenta un cuadro clínico distinto, siendo siempre recomendable inmovilizar aquellas que son estables, con el fin de prevenir la angulación o rotación; aquellas que no se consideren estables deberán ser tratadas con precauciones especiales para prevenir un excesivo desplazamiento.

Generalmente la fractura conlleva lesión en los tejidos, aún cuando esta no sea perceptible puede ser grave; cuando esto ocurre es importante -- que se lleve a cabo una inmovilización adecuada, para evitar que el daño -- se incremente durante el traslado a la unidad médica.

Cualquier tipo de lesión, aún cuando sea menor, se acompaña de inhibición de los nervios vasoconstrictores, los vasos periféricos se dilatan y la presión sanguínea se desploma, la víctima pierde el conocimiento.

Comúnmente la recuperación es espontánea y rápida, pero si la hemorragia es grave y no se detiene a tiempo puede provocar un choque secundario; se presenta en la lesión de los huesos largos, debido al desgarramiento de los vasos sanguíneos medulares y hay sangrado libre dentro de los tejidos blandos por ejemplo la pérdida de sangre por una fractura cerrada de fémur rara vez es menor de 1 litro; la reducción de sangre corporal a una cantidad menor que la necesaria para nutrir todos los tejidos que la requieren se ve compensada por la contracción de los vasos sanguíneos periféricos; la piel empalidece y el corazón late rápidamente, si este estado se prolonga largo tiempo pueden provocarse daños graves al paciente, por lo tanto es vital detener la hemorragia a tiempo de ser posible en el lugar del accidente; sin que esto afecte la inmovilización del miembro.

En caso de existir múltiples lesiones viscerales, es importante prevenir la obstrucción respiratoria, que es caso frecuente de muerte, su atención tendrá prioridad sobre la fractura, si se evita la obstrucción respiratoria, el choque es reducido y es más fácil trasladar al paciente si se emplea una inmovilización temporal.

Otros factores determinantes en la atención previa al tratamiento de este tipo de fracturas es la prevención de daño en las articulaciones isque-

mia y lesión nerviosa. Todo lo anterior es el cuadro clínico típico en fracturas cerradas de los principales huesos.

Una fractura abierta o compuerta es aquella en la que existe comunicación directa entre la fractura y la superficie de la piel.

Abierta desde afuera; la piel ha sido abierta por el golpe que causó la fractura, o desgarrada por la distorsión de la extremidad, pudiéndose haber introducido gérmenes que provoquen infección.

Abierta desde adentro, una espícula desgarró la piel, existe riesgo potencial de infección.

En ambos casos la hemorragia constituye un grave peligro, y debe ser atendida con suma precaución, para no incrementar la infección o riesgo de esta; puede ser controlada si se aplica una compresa con presión firme en la región dañada y se eleva el miembro; en estos casos los torniquetes han provocado la pérdida de más extremidades de las que han sido salvadas.

Una fractura por fatiga es un trastorno en el que aparece una línea de fractura en algún hueso sin causa obvia; en ocasiones cruza el hueso a todo lo ancho, comunmente afecta sólo parte de la circunferencia. La incidencia es mayor en personas con ocupaciones extenuantes que afectan una acción iterativa, en especial aquellos sin el entrenamiento adecuado, por ejemplo deportista, bailarinas y atletas.

Por lo general el hueso es afectado y el nivel de la fractura varía con la actividad; ocurriendo con mayor frecuencia en fémur, clavícula, rótula y primera costilla.

En fracturas de este tipo la inmovilización se hace necesaria para impedir daños mayores, algo que es más importante en estos casos es evitar la inflamación subsiguiente a la lesión, la cual puede traer consigo complicaciones mayores que la fractura misma, para lo que se recomienda como en el caso de la fractura abierta, elevar la extremidad y aplicar compresas frías con presión firme sobre la región afectada del miembro.

DESCRIPCION GENERAL Hasta el momento se ha presentado el cuadro clínico de tres casos típicos de fracturas, las cuales son comunes en los principales huesos largos, columna vertebral, cervical, esternón y codo; con lo que se hace evidente la importancia de la inmovilización temporal en el traslado de la víctima, a la unidad médica en este tipo de traumatismos, siendo siempre su objetivo el mantener la posición de los fragmentos y prevenir el movimiento entre ellos.

Esta inmovilización debe ser tal que no se incremente, o provoque una hemorragia, si no por el contrario disminuya los riesgos que la acompañan. Es por esto, que con el fin de prestar una atención apropiada a estos casos tomando en cuenta todos los factores que intervienen en su tratamiento y subsecuente recuperación; se procedió a un análisis detallado de las características que deberían reunir dispositivos capaces de cumplir con este objetivo; valorándose cuidadosamente cada uno de los factores importantes para el mismo y encontrándose lo siguiente:

- a) En la inmovilización realizada los riesgos de daño mayor al miembro deberán reducirse a un mínimo; para lo cual ésta no puede representar ningún tipo de violencia hacia la lesión.

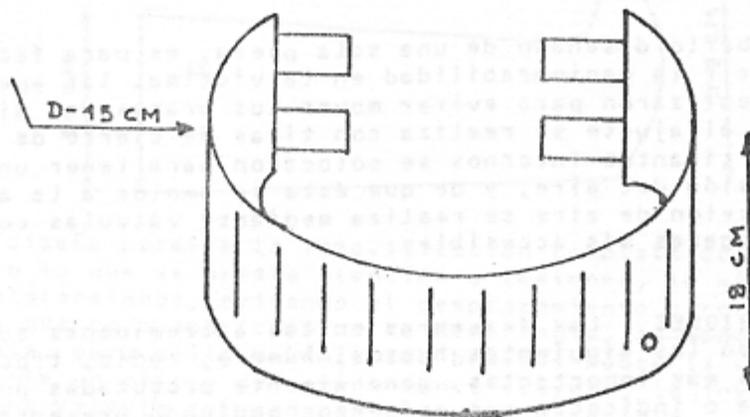
- b) La configuración y dimensiones de estos dispositivos, deberán adaptarse de la manera más fiel posible a la anatomía de los miembros sobre los que han de aplicarse.
- c) Una vez aplicadas al miembro la acción de los dispositivos, sería de presión uniforme y continua sobre el mismo, con lo que se conseguiría la rápida recuperación del choque primario, impidiendo el desarrollo de un choque secundario y el avance de la hemorragia o aparición de la misma, así como prevención de otro tipo de complicaciones.
- d) En caso de fracturas abiertas siempre existe el riesgo de infección, por lo cual es necesario tomar precauciones al respecto, para tal efecto los materiales empleados en la elaboración de estos dispositivos serán atóxicos.
- e) Con el fin de ejercer una presión uniforme y constante sobre el miembro, se determinó que un material idóneo para tal efecto, sería el plástico vinil, por ser completamente flexible, puesto que la presión sobre el miembro la proporcionará el aire contenido en el interior de una férula neumática, al rodear el miembro afectado.
- f) Tomando en cuenta que la atención previa a la lesión, debe efectuarse en un tiempo breve y extremando las precauciones para evitar trastornos mayores, es así que la configuración de estos dispositivos, es tal que, permite una aplicación sencilla, para la cual no se necesita más que la precaución con la que debe manejarse una fractura y unos cuantos minutos.
- g) La necesidad de evitar la inflamación del miembro, en la mayoría de los casos no se cubre con la simple elevación del mismo, por lo que se diseñó un dispositivo auxiliar, de dimensiones estandar para cubrir la región dañada; el que contiene en su interior un líquido viscoso con la propiedad de conservar bajas temperaturas, evitando el avance de la inflamación o la aparición de la misma.

DISEÑO Establecidas las características anteriores, se procedió al diseño de cada una de las férulas que corresponden a cada una de las siguientes partes del cuerpo:

- 1) Cuello cervical
- 2) Esternón y columna vertebral
- 3) Extremidades superiores
- 4) Extremidades inferiores
- 5) Almohadilla antiinflamatoria.

CUELLO CERVICAL Todas las lesiones en la columna vertebral, que se presentan a continuación, son provocadas por la flexión forzada del cuello, por compresión o por combinación de ambas. Ocurren estas a menudo en accidentes de carretera, caídas de escalera, buceando, etc. Muchas personas con daño mínimo o ninguno en la médula espinal, en el momento de la lesión se han quedado paráliticas posteriormente, como resultado de la forma como fueron tratadas. Cualquier movimiento del cuello puede reducir la luz del conducto vertebral, por lo que se hace necesario la inmovilización, para evitar movimientos de cualquier clase, mientras se traslada a la unidad médica.

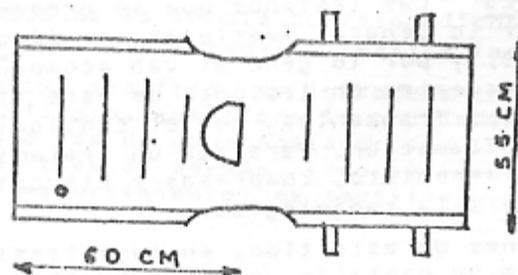
Es por esta razón que se diseñó una férula en forma de collarín, como se encuentra en la siguiente figura; las dimensiones de esta se calcularon con base en estadísticas de la Secretaría de Salud.



La configuración tal como se aprecia es de una sola pieza, esto con el objeto de una aplicación sencilla sobre el miembro, para evitar movimientos en la manipulación de la víctima que pudieran provocar daños mayores; la sujeción se lleva a cabo mediante tiras de cierre de contacto, proporcionando así una sencilla aplicación. Una particularidad de la férula cervical es que en su interior se colocaron tirantes, con el fin de impedir que se incremente demasiado su volumen al inyectar el aire en su interior y como consecuencia la presión ejercida sobre el cuello aumente demasiado, lo que traería como consecuencia un daño mayor en la médula espinal que en esta región se encuentra poco protegida.

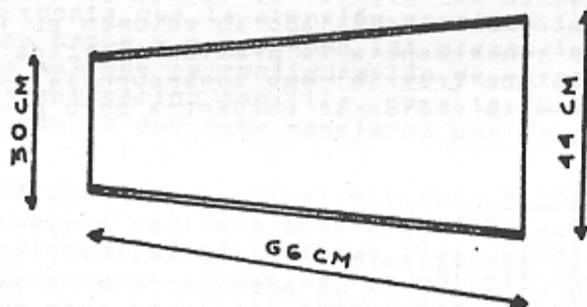
ESTERNON Y COLUMNA VERTEBRAL Las fracturas en las costillas y el esternón son básicamente tres, fractura de una costilla aislada, la cual es causada por un golpe directo, casi nunca necesita inmovilización durante el traslado. Fractura por flexión del esternón, es provocada por una caída sobre el dorso del cuello, provocando lesión en este último y en la columna dorsal, provocando además lesiones cerebrales y medulares graves; siendo muy necesario una adecuada inmovilización del esternón.

La más complicada de estas lesiones es aquella en la que se fracturan varias costillas simultáneamente en dos sitios, lo que implica lesiones viscerales graves y respiración paradójica, siendo necesaria una inmovilización inmediata para prevenir: desgarró en el pulmón, pleura o diafragma. Para prestar atención a este tipo de lesiones se diseñó una férula en forma de chaleco como se muestra en la siguiente figura.



El hecho de haberlo diseñado de una sola pieza, es para facilitar su aplicación y reducir la maniobrabilidad en la víctima, las aperturas en los costados se realizaron para evitar mover los brazos del mismo, durante la colocación, el ajuste se realiza con tiras de cierre de contacto en los costados, los tirantes internos se colocaron para tener un mayor control sobre la presión del aire, y de que ésta se amolde a la anatomía del esternón, la inyección de aire se realiza mediante válvulas colocadas con este fin en los lugares más accesibles.

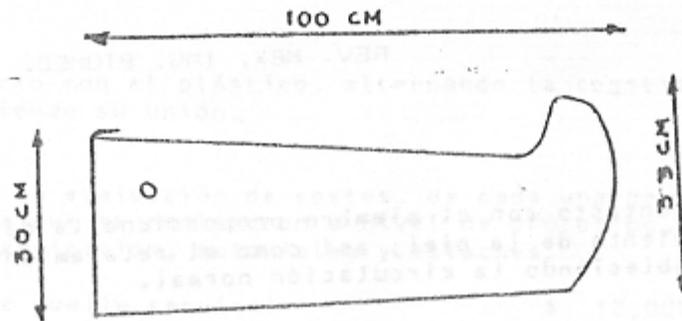
EXTREMIDADES SUPERIORES Las fracturas en las extremidades superiores se pueden presentar en los siguientes huesos, húmero, radio, troclea, codo, condilo, entre los más importantes, generalmente provocadas por violencia directa, indirecta o indirecta con esfuerzo, pudiendo presentar hemorragia, lesión en los tejidos e infección; para evitar el desplazamiento es necesaria la inmovilización durante el traslado a la unidad médica. Con el objeto de prestar atención, a fracturas de este tipo se diseñó una férula, en forma de manga como se muestra en la siguiente figura: las dimensiones se tomaron con base en estadísticas de la Secretaría de Salud.



La justificación a la configuración en forma de manga, es que de esta manera se amolda anatómicamente al miembro, además de que con esto, se da atención a cualquier fractura presente en los huesos, de la extremidad superior, ya que su aplicación inmoviliza la misma en su totalidad exceptuando la mano; su constitución de una sola pieza permite una aplicación sencilla, el ajuste se lleva a cabo mediante un cierre de nylon con cremallera de metal, la inyección de aire es mediante válvula colocada en el lugar más accesible a este fin.

EXTREMIDADES INFERIORES Las lesiones que se presentan en las extremidades inferiores son por lo general fracturas en: fémur, rodilla, rótula, tibia, perone, tobillo; y por lo general van acompañadas de luxación, las complicaciones más frecuentes en lesiones de este tipo son: el desplazamiento y rotación de los fragmentos, con el consiguiente riesgo de hemorragia, infección e inflamación. Para dar un tratamiento adecuado se recomienda inmovilización inmediata, compresas y elevación del miembro, durante el traslado y en la sala radiológica.

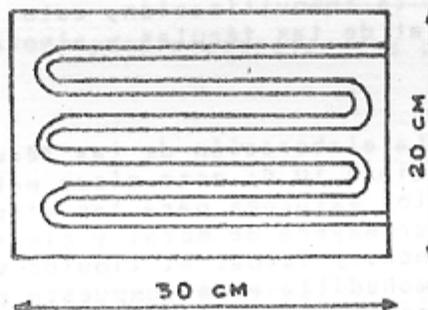
Para atender lesiones de este tipo, en la extremidad inferior, se diseñó una férula en forma de pantalón, como se muestra en la figura.



Este diseño permite la inmovilización completa de la extremidad inferior, con lo que se presta atención a lesiones, lo mismo en el fémur que en lo metatarsianos, evitando el desplazamiento o rotación de la fractura, y el avance o aparición de la hemorragia, su configuración es de una sola pieza, pero evita movimientos bruscos sobre la víctima, el ajuste es mediante un cierre de nylon con cremallera, la inyección de aire mediante una válvula colocada en un lugar accesible.

ALMOHADILLA ANTIINFLAMATORIA Anteriormente se mencionó que en una gran mayoría de los casos de fractura y lesiones en los huesos se presenta inflamación, que puede tornarse peligrosa si no se atiende adecuadamente, y causar serios problemas en el tratamiento de la lesión. La recomendación es aplicar compresas frías y elevación del miembro afectado.

En atención a esta necesidad se diseñó un dispositivo auxiliar, que puede estar en contacto con el miembro y disminuir o prevenir el riesgo de inflamación durante el traslado, sin intervenir con la inmovilización. La configuración del mismo se muestra a continuación:



La forma y dimensiones de la almohadilla se presentan en un solo tamaño estándar, que puede aplicarse en distintos miembros, se coloca en la región afectada, antes de la férula correspondiente, que ejercerá la presión necesaria para que la almohadilla realice las veces de compresa.

Para que esta última sea fría, se introduce en el interior de la almohadilla un líquido viscoso, que tiene la propiedad de conservar temperaturas tan bajas, como las de un congelador sin solidificarse, durante largos intervalos de tiempo, además, como se encuentra encerrado herméticamente se evita el escurrimiento; es reutilizable un número ilimitado.

de ocasiones; su contacto con el miembro proporciona la disminución en el dolor, y enrojecimiento de la piel, así como el relajamiento de los músculos y vasos, restableciendo la circulación normal.

APLICACION Y FUNCIONAMIENTO La aplicación de todas las férulas que se han presentado es la misma y consiste en: colocar la férula rodeando al miembro, evitando realizar movimientos bruscos sobre la víctima, una vez colocado se ajusta, y sujeta con el cierre de contacto, o de cremallera según sea el caso; posteriormente, se inyecta aire en el interior mediante las válvulas para este fin, esto incrementará el volumen de la férula, la presión del aire completará el ajuste y realizará la inmovilización, se debe tener cuidado de no inyectar más aire que el necesario. Esta misma presión previene o detiene una posible hemorragia; cuando estas se usan en combinación con la almohadilla antiinflamatoria los resultados son aún más satisfactorios, ya que disminuye la temperatura del miembro, lo que conlleva la recuperación de los vasos y presión sanguínea, en lo que respecta a la infección esta se ve disminuida por el hecho de que el miembro se encuentra cubierto en su totalidad por un material atóxico. La aplicación de la almohadilla, como se describe anteriormente es muy sencilla y rápida. Otra de las ventajas de este sistema de inmovilización es que ocupan un espacio muy reducido, ya que pueden doblarse y colocarse dentro de estuches rotulados, con el nombre del miembro para su rápida identificación. Por último cuando se hace necesario un diagnóstico inmediato de la lesión, mediante estudios radiológicos y por el estado del paciente no es conveniente eliminar la inmovilización, estos estudios pueden llevarse a cabo ya que el material de las férulas y almohadillas no interviene en el diagnóstico.

MATERIALES EMPLEADOS La elaboración de las férulas se realizó en plástico vinil flexible de calibre 10 G; este mismo material se empleó en la almohadilla, así como en los estuches para las mismas. Los cierres empleados son de nylon, con cremallera de metal y cierre de contacto elaborado en tela poliéster de gancho y felpa; el líquido viscoso que se encuentra en el interior de la almohadilla está compuesto por sustancias anticongelantes y conservadores especiales, todos estos materiales son atóxicos y reutilizables. En este punto es conveniente hacer la aclaración de que todos los materiales fueron seleccionados, después de un detallado estudio del mercado, tomando en cuenta que todos ellos fueran de fabricación nacional, con el fin de evitar las importaciones y disminuir los costos.

TECNICA EMPLEADA La técnica empleada en la fabricación de las férulas y almohadilla, se conoce con el nombre de sellado electrónico, y a grandes rasgos consiste en la unión molecular de dos o más piezas plásticas, mediante la aplicación de calor. Con el fin de dar la configuración deseada al plástico, se fabrican moldes de aluminio y latón (por ser los materiales idóneos en esta técnica), con la forma requerida, los que son colocados en máquinas de sellado, en la placa inferior de la misma se coloca el material, separado del metal por un dieléctrico, se procede a aplicar la radiofrecuencia al molde, que hará las veces de electrodo, al establecer

el contacto con el plástico, alternando la constitución molecular de éste y produciendo su unión.

COSTOS La evaluación de costos, de cada una de las férulas, se hizo a - en base a que se realizaron a nivel de prototipo, tomando en cuenta costos de fabricación, materiales y estuches.

Férula de cuello cervical	\$ 12,000.00	-
Férula de esternón y columna vertebral	25,000.00	
Férula de extremidad superior	20,000.00	
Férula de extremidad inferior	25,000.00	
Almohadilla antiinflamatoria	5,000.00	

Es conveniente aclarar que el costo se reduce en un 50% si el volumen de producción es de 2000 unidades, de cada una de las férulas presentadas anteriormente.

RESULTADOS Hasta el momento las pruebas previas a las que han sido sometidas las férulas, han resultado satisfactorias, esperando en breve lanzarlas al mercado y llevar a cabo un seguimiento de las mismas con el fin de comprobar su efectividad y aceptación.

REFERENCIAS

- Fracturas, Luxaciones y Esguinces. Philip Wiles
- Human dimension and interior space. Panero J. Selnik M.
- Estadísticas de talla y peso proporcionadas por la Secretaría de Salud, S.S.A. 1984.