

SERVICIO DE TRAUMATOLOGÍA DE LA C. S. LA FE

Jefe: Dr. BAIXAULI CASTELLA

Principios fundamentales biomecánicos y técnica del tratamiento funcional de las fracturas del miembro inferior

El yeso conformado

F. FERNÁNDEZ ESTEVE, J. V. PESUDO GIMENO, J. DORADO y J. ARACIL

Unidad de yesos funcionales

RESUMEN

El estudio de los 300 casos de fracturas de los huesos apendiculares tratados mediante los yesos funcionales por nuestra Unidad desde 1972, en sus aspectos mecánico y biomecánico, han fructificado con la interpretación de los factores de estabilidad, osteogénicos y de desinhibición. Hemos creado el concepto de «compacidad uniforme» que debe tener todo yeso u ortesis funcional. Se introduce el nuevo concepto de «absorción de los esfuerzos de compresión» y «absorción de los momentos flectores» por el efecto de rozamiento. Por último se detalla la sistemática de la técnica a seguir para la confección del yeso funcional en el miembro inferior.

Descriptores: Yeso funcional. Yeso funcional en el miembro inferior.

SUMMARY

The study of the 300 cases of fractures of appendicular bones treated with functional casts by our Unit since 1972, in their mechanics and biomechanics, have benefited by the interpretation of the stability factors, osteogenetics and the unrestriction. We have created the concept of «Uniform Compactness» that all cast and functional orthosis must have. One introduces the new concept of «Absorption of the Compression Forces» and «Absorption of the Flexor Moment» by the Chafing Effect. With the latter one develops the technics followed by the functional cast-brace in the lower member.

Key words: Functional casts. Technic of functional braces.

Introducción

Aunque todos los autores de tratamientos funcionales hacen referencia a H. H. SMITH (24) como pionero en el uso del «brace» en el tratamiento de las fracturas, hoy es una referencia histórica sin base biomecánica. Hasta la primera guerra

mundial, los principios biomecánicos de las prótesis para el miembro inferior se basaron en el apoyo de la porción distal del muñón sobre una superficie más o menos amplia (fig. 1, a , a'). En los casos de muñones dolorosos los encajes cilíndricos se acoplaban en lo posible buscando la máxima superficie de contacto periférico,

con lo cual descargaban la porción distal del muñón (fig. 1 *b, b'*). Las técnicas de «contacto total» para la confección de encajes para amputados del miembro inferior tomaron gran auge y difusión durante la segunda guerra mundial (4, 5); su fundamento buscaba el aumentar la superficie de contacto de las partes blandas de todo el muñón con el encaje, en beneficio de un mayor reparto de la carga, y por lo tanto aligerar al máximo la porción distal del muñón (las presiones son inversamente proporcionales a las superficies sobre las que actúa una fuerza dada) (7, 8, 10, 17, 18, 21, 22, 27). Progresivamente se des-

arrolló la técnica de las prótesis P. T. B. para los amputados por debajo de la rodilla, y de los encajes cuadrangulares en los amputados por encima de la rodilla, con reducciones progresivas en el sentido distal. Los excesos de sobrecarga eran contrarrestados con la creación de ciertos puntos de contrapresión (apoyo isquiático, apoyo patelar, apoyo en cóndilo tibial medial, etc.). Recordar que el efecto de una presión se produce en dirección perpendicular a la superficie dada.

Las ideas de WINNETT ORR en USA, y TRUETA (4, 5, 26) durante la guerra civil española y de CHURCHILL y HAMPTON du-

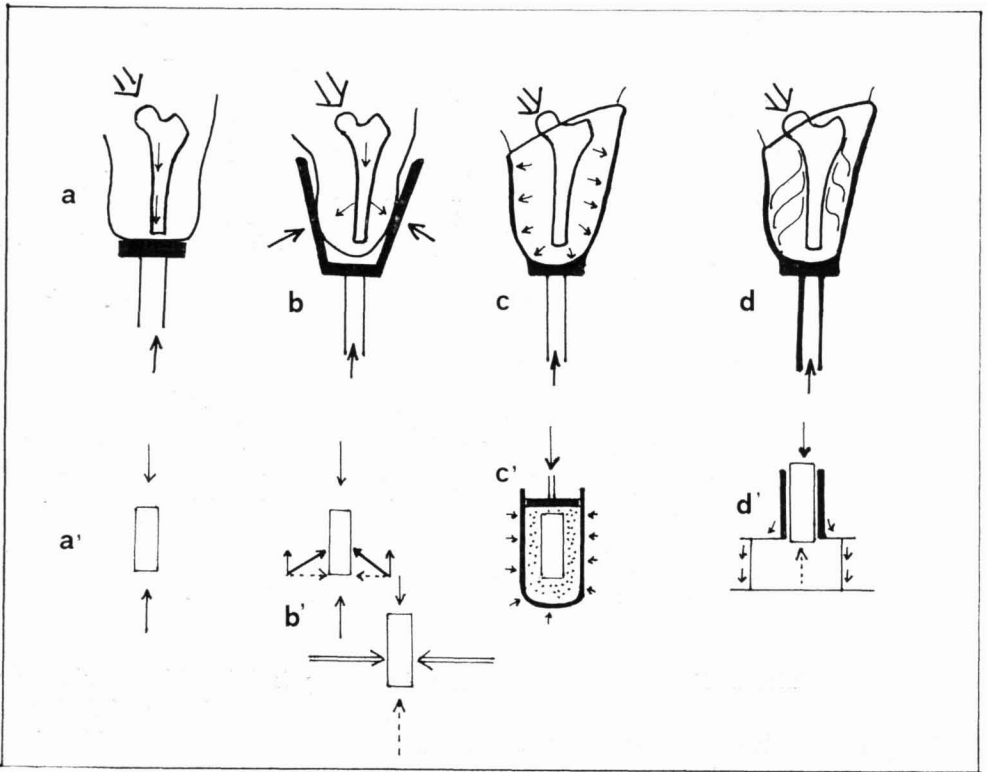


FIG. 1.—Evolución de los principios biomecánicos en los muñones de amputación por encima de la rodilla: *a, a'*, apoyo directo almohadillado de la porción distal del muñón. *b, b'*, apoyo circunferencial, similar del tapón al cuello de la botella. *c, c'*, encaje de contacto total con efecto hidráulico (A. Sarmiento). *d, d'*, encaje de «compacidad uniforme» con efecto de «zuncho» con distribución de la carga por isóbaras de presión y la creación de los «conos de descarga». (Fernández Esteve.)

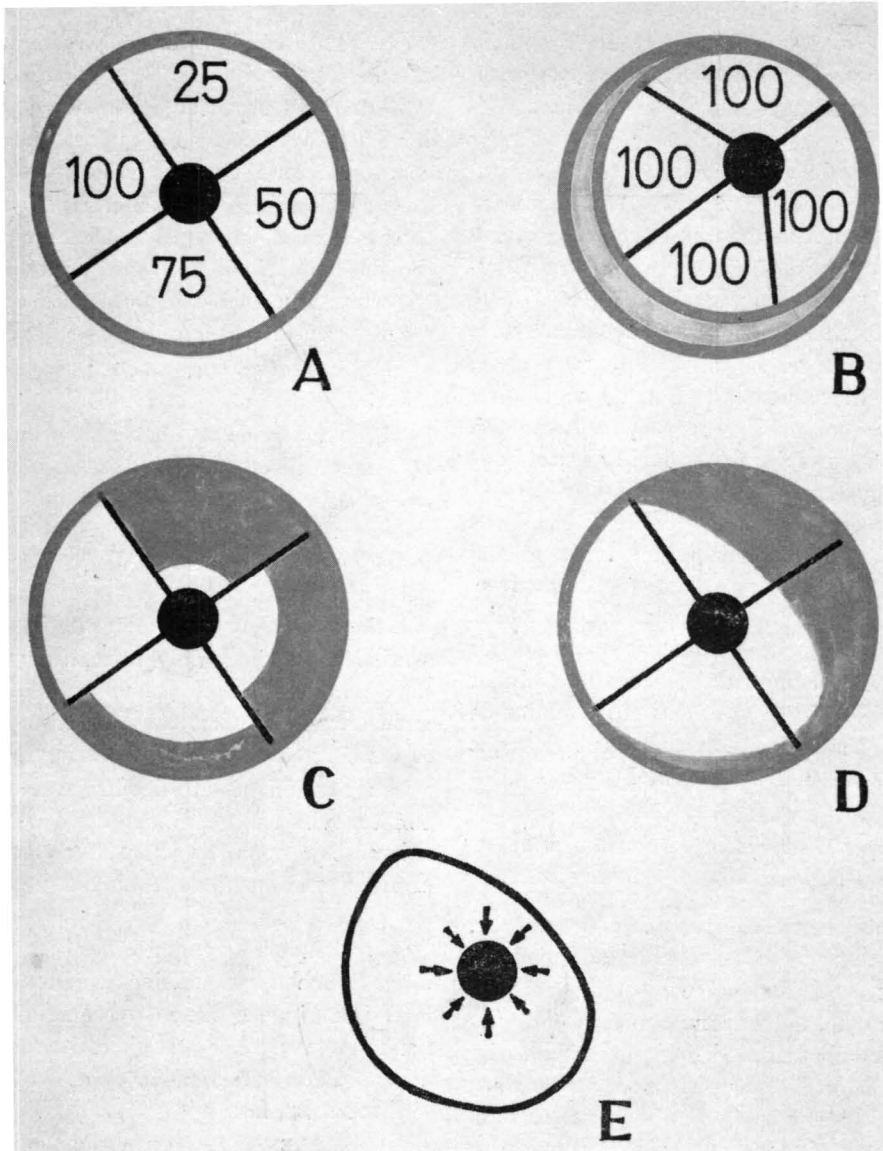


FIG. 2. — A, B, C, D y E.

rante la segunda guerra mundial en el tratamiento de las fracturas abiertas mediante desbridamiento de la herida e inmovilización con yeso, fueron adoptadas por la

«American Military», pero añadiendo a estos yesos un componente más: «el contacto total».

DEHNE en 1961 instaura este tratamien-

to de cura cerrada con yeso de contacto total asociado a la carga precoz en el tratamiento de las fracturas abiertas de tibia en heridos de guerra. SARMIENTO en 1966 inició estos métodos en los pacientes civiles.

Desde hace diez años, el uso del «brace» como tratamiento de las fracturas se ha extendido a todos los segmentos apendiculares (tibia, fémur, cúbito, radio, húmero) (9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27), sin embargo, la explicación biomecánica amparada en el efecto hidráulico (fig. 1 c, c') no ha progresado, ni nos ha convencido como método de estabilización de las fracturas apendiculares (23).

Nosotros iniciamos en 1972 el uso de este tipo de tratamiento funcional de contacto total, para el tratamiento de las fracturas del fémur, tibia y de cúbito y radio. En 1976 comenzamos el tratamiento de las fracturas de húmero, después de trabajar con el profesor A. SARMIENTO, contando en la actualidad con una casuística que supera los 300 casos (10, 11, 12, 13).

*Principio de la «compacidad uniforme»
y su relación con el «contacto total»*

Todo segmento apendicular fracturado, tiene diversos componentes con distintos valores de dureza, compacidad o isotropía (hueso, tendones, músculos, tejido celular subcutáneo, hematoma fracturario, atrición de las partes blandas, etc.). Para lograr un efectivo «contacto total» en toda acción funcional, habrá que «enfundar» o escayolar el miembro con la intención de obtener un medio con una compacidad uniforme, que por supuesto nunca llegará a la ideal isotropía.

¿Cómo obtener una compacidad uniforme? Exponemos un ejemplo físico práctico (fig. 2):

A: Representa un redondo dentro de

un medio con distintas compacidades, 25, 50, 75, 100.

B: Posible situación del redondo al ejercer sobre la periferia de A, presiones uniformes sin provocar deformaciones por zonas; esto recuerda las inmovilizaciones con yesos convencionales cilíndricos.

C: Deformaciones periféricas por sectores realizadas en A para obtener un medio de compacidad uniforme. El redondo en estas circunstancias permanece en situación central inalterable.

D: Conformación práctica del esquema C.

E: Sección de un segmento apendicular antes anisótropo (A) convertido gracias a las conformaciones (entrantes y salientes) en un medio con una compacidad lo más uniforme posible. Cualquier acción perturbadora intrínseca o extrínseca será contrarrestada por una fuerza igual y de sentido contrario. La contracción muscular tanto la isométrica como la isotónica, aumentará la compacidad del medio y por lo tanto la estabilidad fracturaria.

F: Sección de un miembro fracturado con inmovilización convencional. La acción del músculo agonista actuará desplazando el fragmento hacia la zona del músculo antagonista (fig. 2, F).

G: Escayola de contacto total con efecto de «zuncho». Cualquier acción muscular origina iguales fuerzas seccionales existiendo siempre una estabilidad fracturaria compatible con la función (fig. 2 G) (18, 19, 20, 21, 22, 23).

A. SARMIENTO y otros autores americanos, con el efecto hidráulico quieren explicar la estabilidad de la fractura debido a la incompresibilidad de los líquidos (figura 1 c, c'). Este razonamiento, biomecánicamente no es válido y no explica por sí solo la estabilidad al acortamiento fracturario, ni evita el «pandeo» (*shear strain*). Por el contrario nuestros yesos de compa-

cidad uniforme para el miembro superior y para el miembro inferior cuando no realiza carga, al aumentar la presión en cualquier punto por la acción de la contracción muscular, aquella se transmite con igual intensidad en todas direcciones por lo que la estabilidad fracturaria está asegurada. Si se trata de un segmento realizando la carga (miembro inferior durante la marcha) la estabilidad fracturaria así como la absorción de fuerzas, la ofrece otro tipo de acciones que no tienen nada que ver con el efecto hidráulico y sí con el efecto de «rozamiento» (fig. 1 d, d').

El efecto rozamiento como principio de estabilidad fracturaria por absorción de esfuerzos

Durante la fase de apoyo medio, en el paso, sobre el fémur actúan varias fuerzas: el peso de la persona, el cual viene

incrementado por una variante (1'5-2'5) según las condiciones específicas del individuo, velocidad de marcha, estado del terreno, etc. La fuerza de reacción del suelo. Los momentos de flexión y torsión, etc.

Cuando introducimos un «pilote» en un medio sólido o viscoelástico, ocurren diversos fenómenos dependientes del terreno y de la longitud del pilote. En medios de distinta compacidad pero isótropos, y con igual longitud de introducción del pilote, a mayor compacidad del medio, mayor absorción de fuerzas por rozamiento (fig. 3). En la fig. 3-1 se representa un terreno de poca compacidad (c) y con una longitud de penetración del pilote «d», siendo ambas (compacidad y longitud) insuficientes para absorber la fuerza F (efecto fuste), existiendo un gran efecto punta F^p . En la figura 3-2, el terreno es más compacto que el anterior (C^p) con la misma distancia de penetración, y la fuerza F se ha absorbido

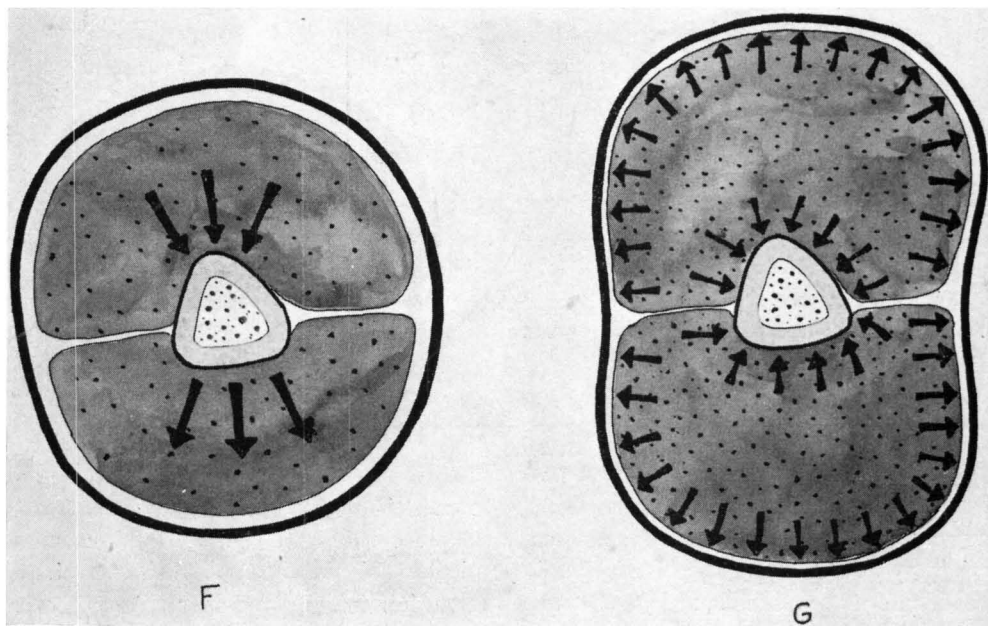


FIG. 2. — F y G.

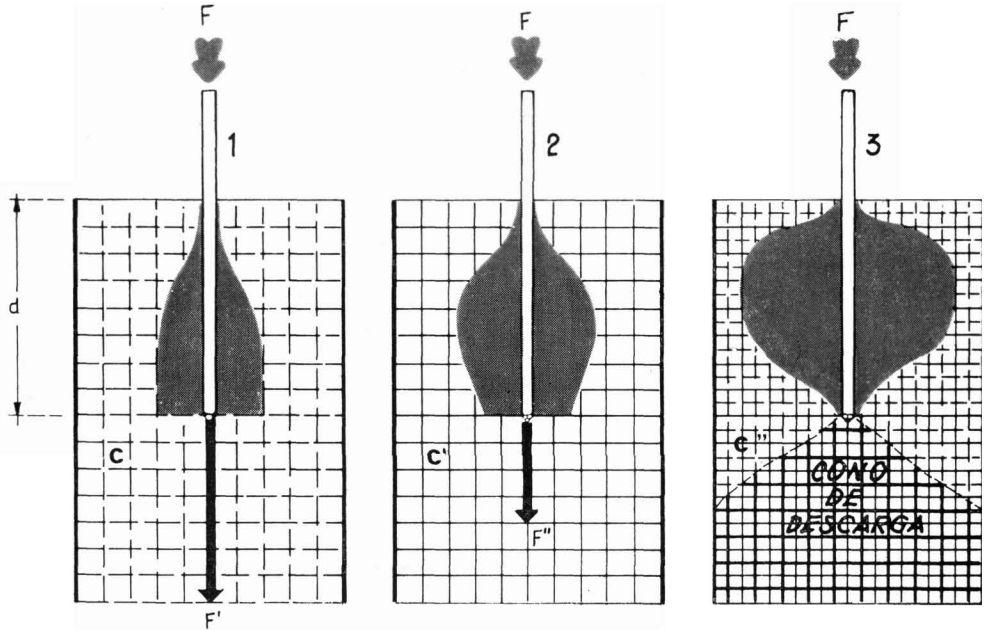


FIG. 3.— Efecto de rozamiento en distintos medios de compactación. A mayor compactación, mayor absorción de fuerzas por rozamiento, para una misma distancia.

Efecto fuste \boxtimes

Efecto punta \downarrow

por rozamiento en un 70 por 100 (efecto fuste) existiendo aún el efecto punta F'' . Por último, en 3-3 queremos representar un terreno de gran compactación (C'') y en la misma distancia «d», la fuerza F se ha absorbido por rozamiento en su totalidad.

No hay efecto punta sino un gran cono de descarga.

Fórmula del rozamiento estático (1) figura 4:

$$F = \mu N = \mu (P + W)$$

Simil mecánico	Simil biomecánico
W: Peso del bloque.	Tensión en el interior del brace.
N: Reacción de la superficie.	Reacción de la superficie.
P: Fuerza que intenta mover el objeto.	Peso que actúa sobre cabeza femoral.
F: Fuerza de rozamiento estático.	Fuerza de rozamiento estático a la carga del miembro con brace.

La fuerza de rozamiento estático es proporcional al coeficiente de rozamiento (μ), que depende de la naturaleza de los materiales y de su compactación. La fuerza de rozamiento es proporcional al peso P que actúa sobre el pilote o segmento óseo (excepto cuando actuando el rozamiento, el

cuerpo se desliza, y Fm disminuye su valor convirtiéndose en Fk (fuerza de rozamiento cinética). De igual manera el rozamiento será proporcional a W , es decir, a la tensión en las partes blandas originadas por las «conformaciones».

Cuando sólo contamos con un mismo

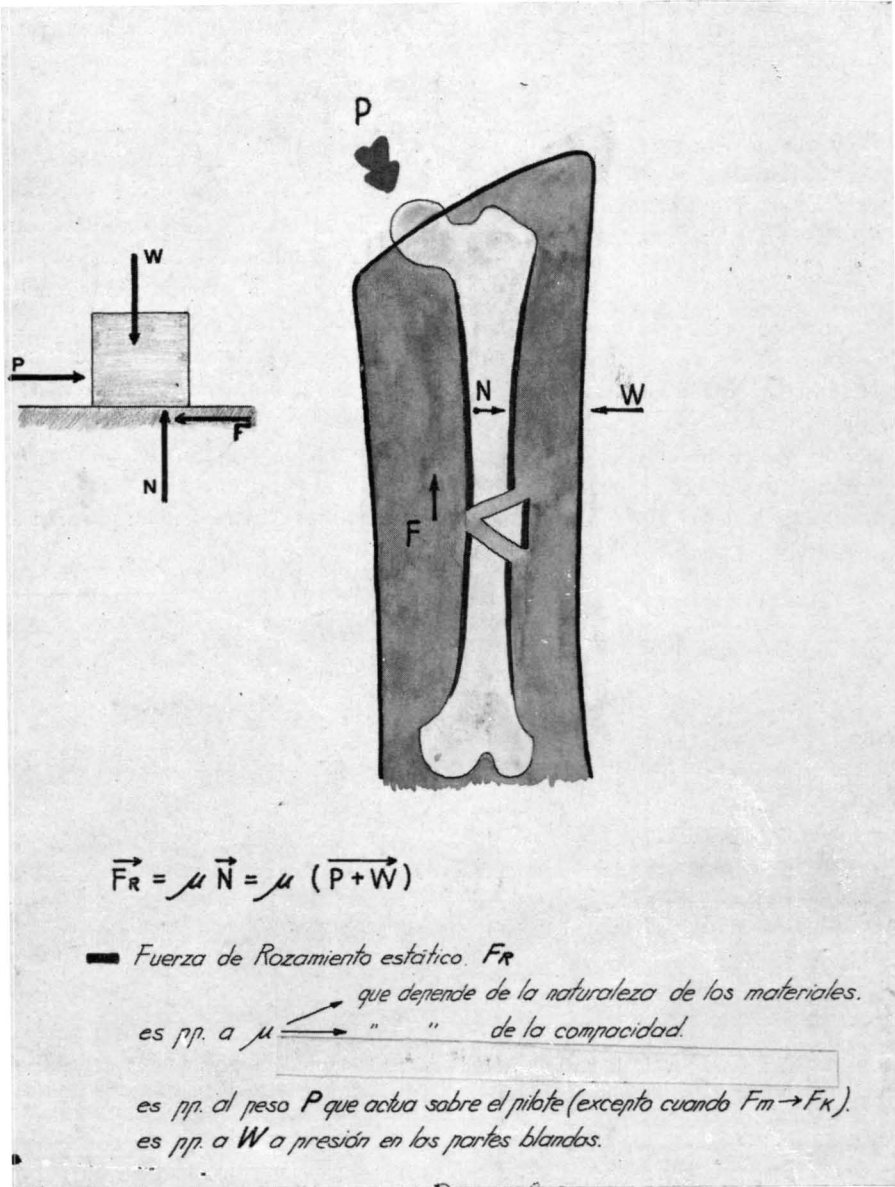


FIG. 4.

medio durante las distintas fases de la introducción de un pilote, vemos que a mayor longitud existe una mayor absorción de esfuerzos por rozamiento (efecto fuste) y un menor efecto punta (fig. 5).

Estudio comparativo entre la acción del yeso conformado sobre un segmento óseo fracturado y un «pilote» introducido en un medio de compacidad uniforme (1).

Para que los principios mecánicos antedichos, figs. 3, 4 y 5, se cumplan en un miembro fracturado con un yeso funcional, fig. 6, la escayola deberá ser de un perfeccionado y selectivo «contacto total» que será distinto para cada paciente. La anatomía patológica de la fractura y en es-

pecial el nivel y la atrición de las partes blandas serán factores esenciales a tener en cuenta. Cuando realizamos el contacto total sobre un volumen determinado (normalmente yesos cilíndricos), mediante los entrantes y salientes, la reducción del volumen se traduce en un aumento de presión uniforme y en una ganancia de la isotropía o de la compacidad a lo largo de todo el medio. De esta forma obtenemos las condiciones biofísicas buscadas. Por supuesto la presión dentro del yeso conformado nunca superará los valores que puedan originar problemas vasculo-nerviosos estando el miembro en reposo (tono muscular).

Durante la función del miembro fracturado (movilidad activa, carga asistida, etcétera) los valores de la presión en el

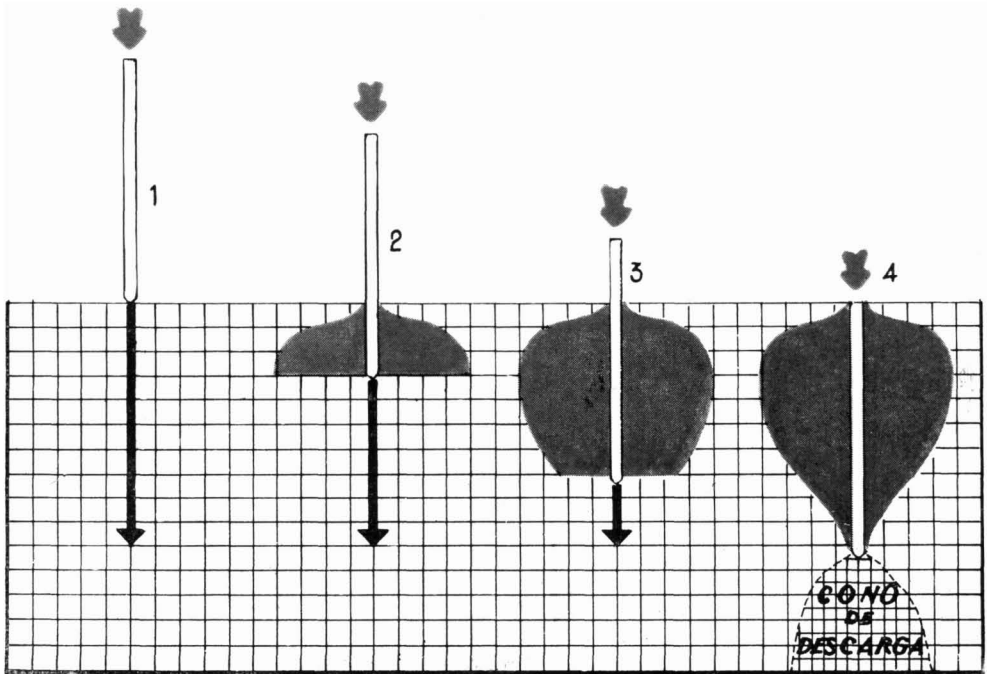


Fig. 5. — A mayor longitud, mayor absorción de esfuerzos por rozamiento y menor efecto punta.

Efecto fuste

Efecto punta ↓

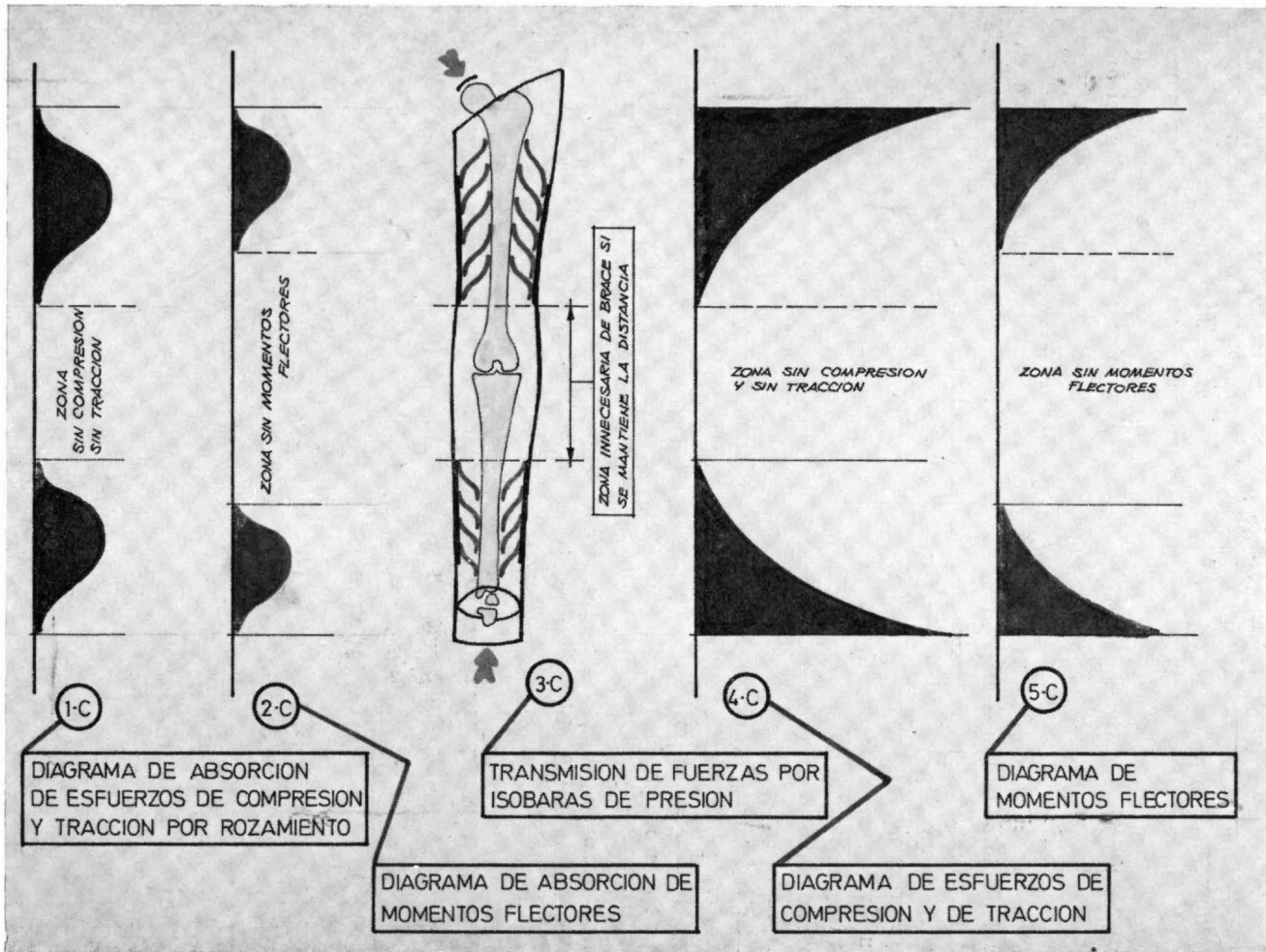


FIG. 6.

interior del *brace* pueden alcanzar en las zonas de absorción magnitudes que según SCULLY varían entre 30 mm. Hg. y 260 milímetros Hg. Creemos que incluso pueden ser más intensos pero nunca en nuestra casuística han representado una noxa al ser intermitentes (11).

Las contracciones musculares isotónicas e isométricas y la marcha asistida potencian la acción estabilizadora del *brace* por aumento de la compacidad del medio; por incrementar la absorción de los esfuerzos de compresión y de tracción por el mayor rozamiento; por una mayor absorción de los momentos flectores a niveles relativamente cortos. Todo ello viene representado esquemáticamente en los diagramas de la fig. 6, donde observamos en primer lugar unas zonas de absorción de esfuerzos, que son los extremos proximal y distal del miembro inferior, y una zona central «sin compresión y sin tracción» e incluso sin momentos flectores. La zona central cercana a la rodilla será el segmento de máxima estabilidad biomecánica. Idealmente serán zonas en descarga y sin

momentos flectores, estos tan perjudiciales para la osteogénesis. A estos niveles existen otros factores de estabilidad: ser zonas de mayor sección ósea, existencia de la conminución, etc., que originan amplias superficies de contacto que para una tensión determinada en el interior del *brace* aumenta la fuerza de rozamiento, y por lo tanto la estabilidad (fig. 7).

Existe una zona intermedia, llamada de estabilidad «aceptable» que comprende desde el límite de la anterior hasta donde termina la absorción de los momentos flectores. La existencia permanente del efecto punta hace que los estímulos de compresión originen unos amplios callos periósticos con osificación lamelar periférica y abundante formación de cartílago en zonas medias y yuxtacorticales.

Niveles superiores en fémur e inferiores en tibia se definen como zonas de precaria estabilidad, con grandes momentos flectores que actúan colocando al fémur fracturado en una actitud de varo. De tratarse mediante *brace* las fracturas a estos niveles aparecerá en el fémur un callo pe-

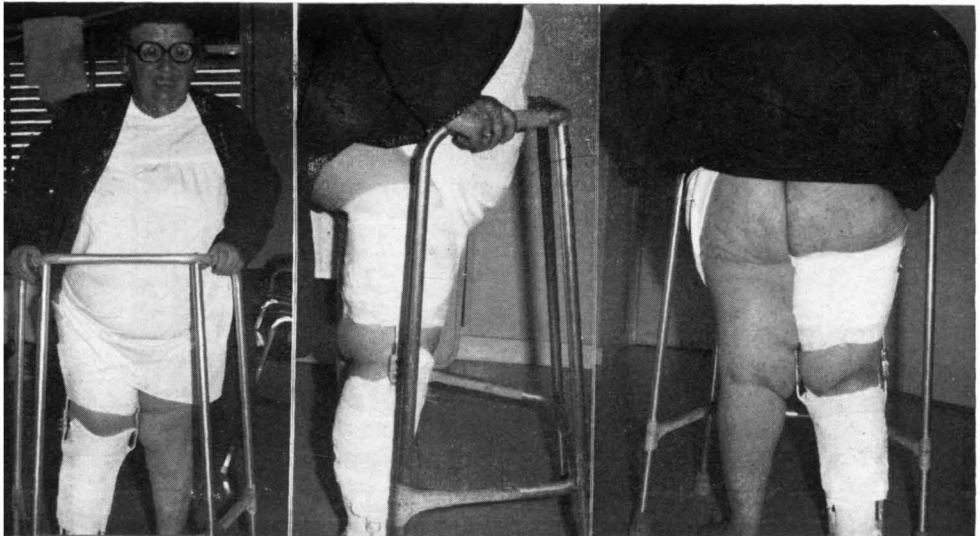


FIG. 7. — A, B y C.

rióstico en el lado de la concavidad (medial) con zonas de osificación de hueso trezado cuyo «puente» de existir, sufrirá periódicas roturas, llegando al final al agotamiento condrogénico abocando a una desdiferenciación celular formadora de «fibras». En el lado de la convexidad del fémur (antero-externa) no aparece callo perióstico por ser la cortical con movilidad más grosera en el plano perpendicular al eje longitudinal del hueso.

En el centro de la fig. 6 se representa la distribución de la carga por líneas isóbaras. Todo lo expuesto se basa en las leyes físicas y en una biomecánica comprobada en banco de trabajo, pero en condiciones ideales; no obstante, nos sirve para explicar lo que clínicamente hemos visto en el transcurso de las curaciones de nuestros enfermos, que actualmente representa una casuística tan importante como la de otros autores americanos (9, 10, 11, 12, 13).

*”La movilidad controlada”
y la osteogénesis*

La abrumadora casuística que contamos hoy de los tratamientos funcionales para la curación de las fracturas mediante *braces* de contacto total ratifican según sus autores (2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 15, 17, 23, 24, 25, 27) que la movilidad controlada en el foco de fractura no sólo favorece la osteogénesis sino que la estimula y alienta. Los trabajos experimentales de RHINELANDER sobre el foco de fractura, en perros adultos con escayolas que permitieron la carga precoz, nos muestran en sus microangiografías que la movilidad controlada es productora de un gran callo perióstico es productora de un gran callo perióstico cartilaginoso surcado por una amplia red vascular de origen predominantemente medular y con amplias conexiones con los vasos periósticos y con los vasos de las partes blandas perifracturarias (figs. 8 y 9). Cuando la movilidad es incontrolada

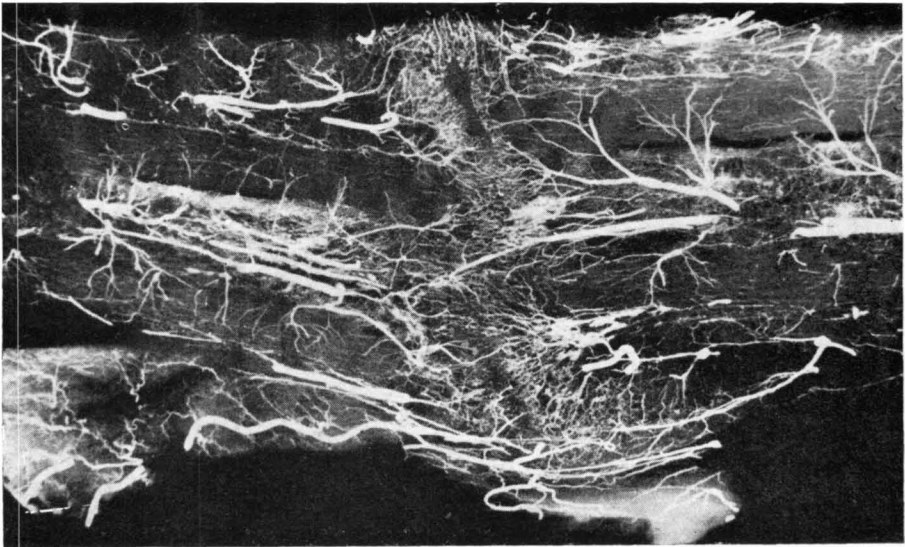


FIG. 8.—Microangiografía de una fractura a la duodécima semana del tratamiento ortopédico con carga. Reducción con engranamiento de los fragmentos. Amplia conexión entre la vascularización de la arteria medular, arterias periósticas y de las arterias de las partes blandas perifracturarias.

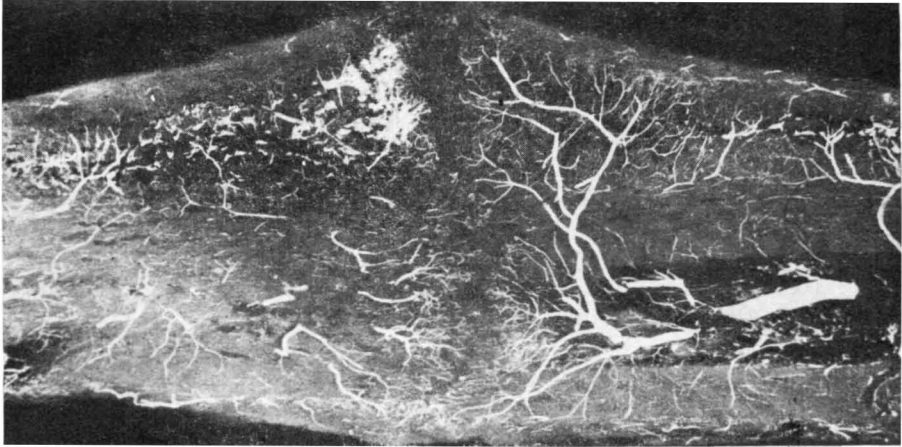


FIG. 9.—La función del miembro fracturado tratado mediante el yeso conformado, conlleva un acúmulo de señales o estímulos que inciden sobre las diminutas anastomosis vasculares recién creadas en el foco de fractura entre las arterias medular, perióstica y de los tejidos perifracturarios, repercutiendo en la concentración de sustancias nutritivas, de electrolitos y cambios de la tensión de O_2 y del pH en el sentido alcalino. Observar el detalle invasivo de la arteria medular.

u originada por momentos flectores, la arteria medular no logrará atravesar la línea de fractura. Los intentos de conexión vascular interfragmentaria se harán a costa

del lado más estable de la fractura (charnela) pero al tratarse de finos capilares arteriales sufrirán frecuentes roturas, terminando el poder invasivo capilar por ago-



FIG. 10.—El callo óseo funcional se rige por los principios biomecánicos determinando la orientación de las trabéculas óseas de acuerdo con las leyes de Wolff de adaptación funcional a las líneas de tracción y presión.

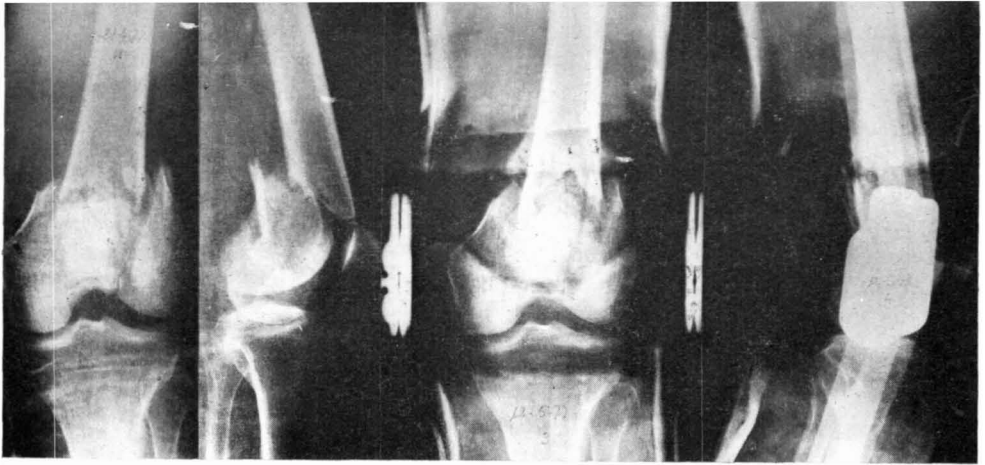


FIG. 11. — Fractura supraintercondilea de fémur izquierdo, fractura trimaleolar del tobillo derecho, ambas tratadas mediante yesos conformados. Existía asociada una fractura de rótula derecha tratada mediante hemipatelectomía. El paciente, de 55 años de edad, inició la carga con los yesos de compacidad uniforme a las tres semanas del accidente. Por su grave estado general el tratamiento de urgencia fue la colocación de tracción en férula de Thomas, y la reducción "aceptable" de la fractura de tobillo. El tiempo de yeso funcional fue de cinco semanas. El período de readaptación fue de cuatro semanas. Fue dado de alta sin secuelas.

tarse, tanto por parte medular, o perióstica.

Los estímulos de presión y tracción (leyes de Wolff) harán que el callo cartilaginoso inicie su osificación lamelar en las zonas más alejadas del eje óseo para después avanzar la osificación desde la periferia al centro (fig. 10).

La movilidad controlada que ocurre dentro del *brace* es originado por el cambio alternante *reposo - función - reposo*, que hace que la compacidad de las partes blandas sea uniformemente cambiante. La movilidad controlada tendrá valores medios en el miembro superior e inferior a la movilidad activa. Será máximo en el miembro inferior durante la marcha en la fase media del paso, tomando valores mínimos durante la fase de oscilación. En fracturas con angulaciones superiores a los 10 ó 15°, se originarán momentos flectores que alterarán la metaplasia cartilaginosa hacia la osificación lamelar.

El yeso conformado funcional como factor de «desinhibición»

Los corpúsculos sensoriales de inhibición de Golgi descargan impulsos inhibitorios cada vez que la tensión muscular rebasa su umbral de estímulo (epicondilitis, esguinces, etc.). Obran como un freno

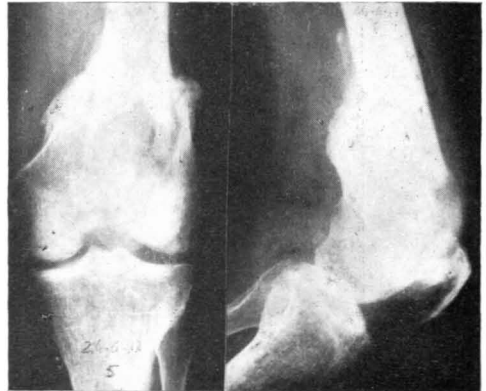


FIG. 11. — B.

de emergencia para impedir nuevos aumentos de tensión muscular. En todo fracturado durante el período agudo, incluso estabilizada la fractura mediante osteosíntesis, se crean inhibiciones similares que sólo permitirían una función activa muy restringida.

Nuestra experiencia clínica con los yesos funcionales en los pacientes con fracturas agudas que permitieron a los pocos días una total función indolora del segmento afecto, parece demostrar que el *brace* protege a los corpúsculos de Golgi ubi-

cados en el tejido conectivo de los músculos y en los tendones, y estos no actúan. Una nueva situación funcional se ha creado, siendo la contracción muscular similar a la normal e indolora. Animados por los resultados se extendió el uso del *brace* a los esguinces graves e incluso a las grandes heridas (por asta de toro). Los resultados nos han sorprendido no sólo por la evolución de la herida, sino por permitir a los pacientes la función del miembro (carga precoz en las heridas de pierna y del muslo).

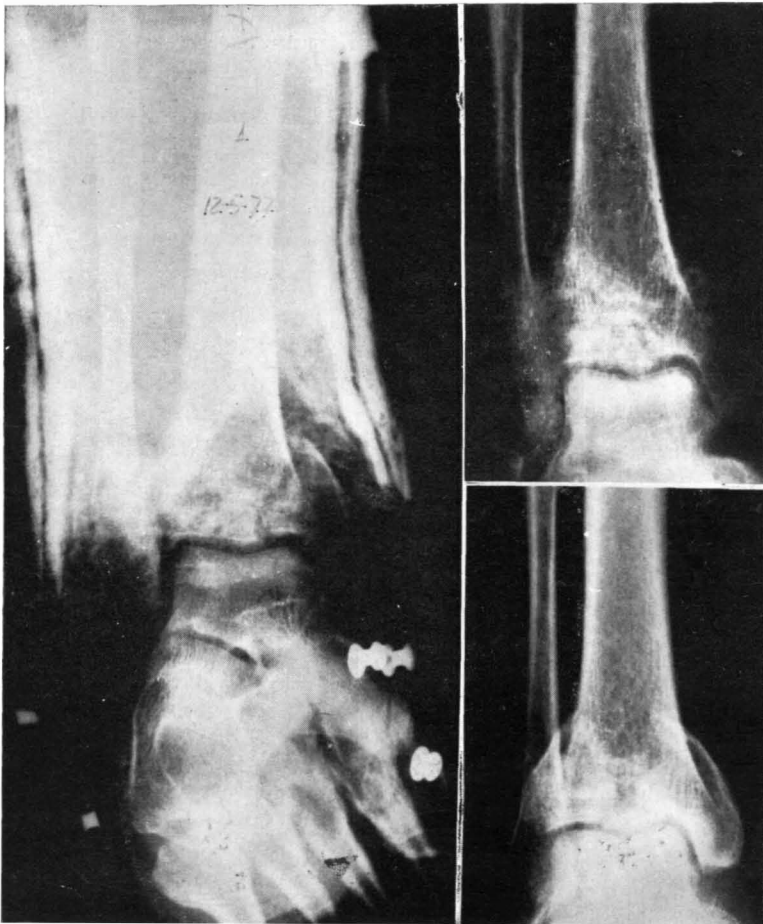


FIG. 11. — C.

Fuera de nuestra casuística sistematizada del tratamiento funcional mediante *brace* en las fracturas de tobillo, tenemos una serie de pacientes polifracturados, que por diversas razones se trató la fractura de tobillo con maniobras ortopédicas que no obtuvieron buenas reducciones. A las 4 ó 6 semanas del accidente agudo fueron tratados mediante el *brace* con articulación de tobillo y carga a las 24 horas. La consolidación en la actitud de reducción inadmisiblemente biomecánicamente sobrevino a las 6 semanas de tiempo medio. La movilidad fue excelente excepto en los casos de existencia de «topes óseos». La marcha desde la colocación del *brace* fue siempre indolora. La osteoporosis no apareció ni otras alteraciones tróficas tan frecuentes en estas fracturas (fig. 11, c).

Conclusiones finales

El principio de la «compacidad uniforme» aplicado a la confección de los yesos funcionales de contacto total, es el factor que explica todos los fenómenos de estabilidad fracturaria y permite la función activa del miembro afecto.

El efecto hidráulico como factor de estabilidad debido a la incompresibilidad de los líquidos no es suficiente explicación biomecánica.

En los yesos de compacidad uniforme, sí que existe el principio de Pascal al aumentar la presión en cualquier punto

por la acción de la contracción muscular, dicha presión se transmite con igual intensidad en todas las direcciones, por lo que la estabilidad de la fractura está asegurada.

El efecto de rozamiento que se crea en los fracturados del miembro inferior con *brace*, explica la absorción de esfuerzos de compresión y de tracción, y la absorción de los momentos flectores.

Biomecánicamente se definen los niveles fracturarios estables (las zonas cercanas a la rodilla) y los inestables (un tercio proximal del fémur y un tercio distal de tibia). Existe una zona diafisaria del fémur y de la tibia con estabilidad aceptable.

La obtención de la compacidad uniforme dependerá especialmente de las condiciones físicas de las partes blandas (intensidad de la atrición, existencia de voluminoso hematoma, etc.).

La movilidad controlada en el foco de fractura originado por la función del miembro con yeso conformado, favorece la osteogénesis con la producción de un gran callo perióstico cartilaginoso surcado por una amplia red vascular de origen predominantemente medular y con amplias conexiones con los vasos periósticos hipertrofiados y con la red vascular muscular perifracturaria.

El yeso conformado funcional es un excelente factor de desinhibición, permitiendo a los fracturados una función muscular rentable e indolora.

Técnica del tratamiento ortopédico-funcional para las fracturas de tibias

(18, 19, 20, 21, 22, 25)

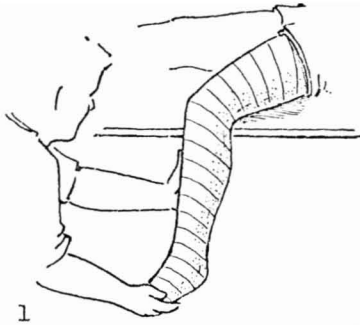
A. Reducción de la fractura e inmovilización mediante calza de yeso «conformada».

B. Confección del yeso corto funcional, tipo PTB, con carga precoz.

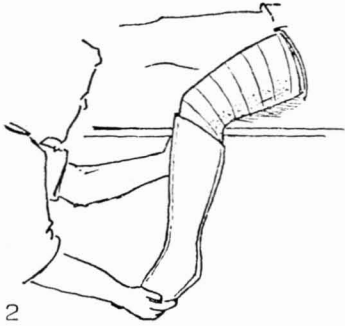
C. Confección del *brace* de Polyform, tipo PTB, con carga precoz.

A) El fracturado bajo anestesia general o sedación se colocará en decúbito supino sobre una mesa de yesos o de explo-

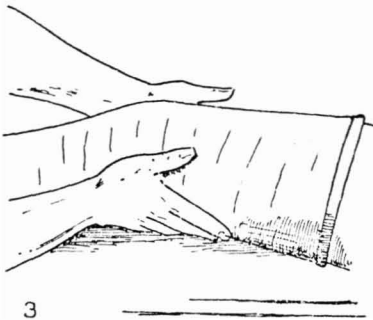
ración, con la pierna fracturada suspendida por un lado de la mesa. Almohadillar la pierna mediante algodón prensado (figura 1), e iniciar el escayolado desde la



1



2



3

raíz de los dedos en sentido proximal hasta el polo inferior de rótula (fig. 2).

Se usarán a ser posible las vendas de 15 cm. de ancho para evitar la aparición de anillos de sobrepresión. La presión de la venda será lo justo para no alterar la reducción obtenida por el médico. Duran-

te el tiempo de fraguado de la escayola el traumatólogo realizará los tres puntos de apoyo que estabilicen la reducción y en el momento justo del endurecimiento de la escayola hará las maniobras de «conformación».

La técnica para la conformación es similar a la que realizaremos en el yeso corto y en el *brace* de Polyform, y consiste en la formación de los entrantes y salientes en zonas preestablecidas: (fig. 4).

Entrantes (rayado)

— Porción superior masa muscular del tríceps.

— Discreta insinuación sobre el tendón rotuliano.

— Presión de abajo arriba con el talón de la mano sobre el cóndilo tibial medial.

— Depresión a lo largo de la membrana interósea, sobre todo a nivel del foco de fractura.

Salientes (punteado)

— Cresta tibial.

— Cabeza de peroné.

— Tendones flexores de la rodilla, bíceps y los isquiotibiales.

Seguidamente se extiende la rodilla y se prosigue el escayolado de los dos tercios distales del muslo, adaptando durante el fraguado las palmas de las manos por encima de los cóndilos femorales con el fin de aplanar las caras lateral y medial del tercio distal del muslo. Se respetarán los salientes a nivel de los tendones flexores de la rodilla (fig. 3).

El paciente permanecerá 24-48 horas en reposo, realizando sólo las contracciones isométricas del músculo cuádriceps y la movilidad activa de los dedos del pie. Al tercer día podrá iniciar la deambulación asistida en descarga con la ayuda de

muletas o bastones y con alza en el zapato contralateral.

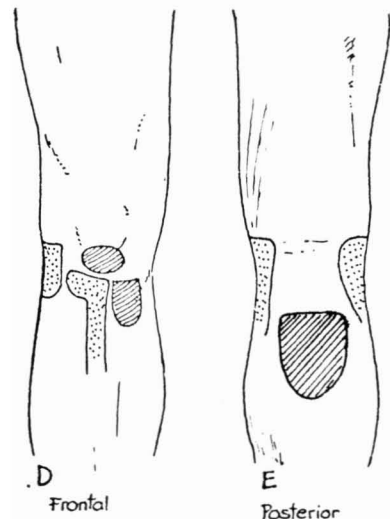
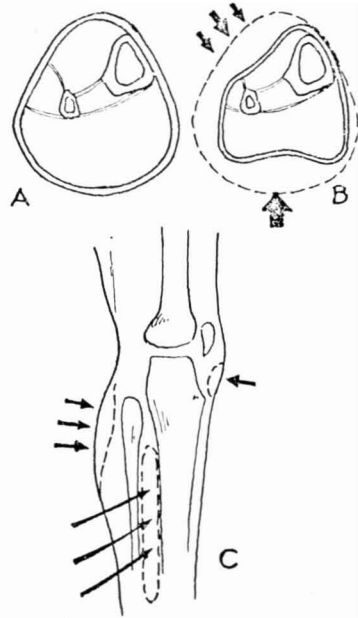
En los casos en los que la estabilidad fracturaria sea nula, con acortamiento post-fracturario excesivo y con gran atrición de partes blandas o hematoma voluminoso, etcétera, se incluirán dos clavos de Steinman, uno a nivel de metafisis de tibia y otro a nivel de calcáneo.

Este período de inmovilización es variable y está determinado por el tipo de la fractura y la mayor o menor afectación de las partes blandas. Normalmente es de 2 a 4 semanas. Antes de pasar a la siguiente fase (B) o de confección del yeso corto, se bivalva el yeso largo, para poder observar la cara anterior del miembro fracturado y detectar la presencia de signos inflamatorios (edema, flictenas, etc.). De ser así, se demorará la colocación del yeso tipo PTB. No realizar ningún intento, por delicado que sea, de mover el foco de fractura, pues determinaría la rotura de los capilares medulares y de las conexiones con la vascularización perióstica y de las partes blandas perifocales.

B) *Confección del yeso corto funcional tipo PTB*

Bivalvado el yeso largo, colocaremos al paciente sentado sobre la mesa de yesos o de exploración, es decir, con la cadera y rodilla en flexión de 90° y animaremos al paciente a relajarse al máximo. Limpieza de la piel mediante una gasa mojada en alcohol. Para prevenir el edema distal se colocará un vendaje elástico que abarcará desde la raíz de los dedos hasta dos pulgadas por encima de los maléolos. Cubrir la pierna y rodilla de una calceta doble. A nivel de tobillo y de hueso poplíteo se darán unas vueltas de algodón con el único fin de recortar con más comodidad y seguridad los bordes de la escayola en las fases finales.

En este momento el médico observará el último control radiográfico y decidirá las maniobras reductoras si se precisaran. Se iniciará el vendaje por debajo de los



maléolos siguiendo proximalmente hasta el polo inferior de la rótula.

Al igual que con el yeso largo «conformado», durante el fraguado del yeso se realizarán los tres puntos de apoyo si fuera necesario, pero siempre deben hacerse las «conformaciones» (entrantes y salientes) en las zonas preestablecidas (fig. 4), y en el momento preciso, en los instantes antes de endurecerse el yeso.

Para confeccionar las aletas laterales condilares se extenderá la rodilla y se iniciará de nuevo el escayolado hasta por encima de los cóndilos femorales. Durante el fraguado del yeso se conformará para obtener un contacto total. Por último recortar los bordes de las porciones proximal y distal, de manera que la rodilla pueda

realizar una flexión mínima de 90° y que el tobillo tenga una movilidad flexo-extensora similar al del lado sano (ver fig. 5 los bordes proximal y distal de la escayola).

Sólo resta colocar la articulación mecánica de tobillo con cazoleta de polipropileno. Asegurarse que haga un perfecto contacto con el talón. El enfermo podrá iniciar la deambulación asistida a las 24 horas de la colocación del yeso corto, y llevará este yeso corto funcional durante dos o cuatro semanas.

C) Confección del *brace* de Polyform, tipo PTB con carga precoz.

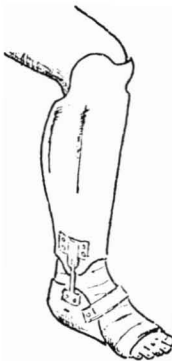
Con el paciente sentado, bivalvar el yeso tipo PTB, mediante la sierra eléctrica. Limpieza de la piel usando una gasa con alcohol. Cubrir la pierna con una calceta doble.

Medir el perímetro de la pierna en su tercio proximal y por encima de los maléolos. Tomar la longitud desde el tubérculo del adductor al maléolo tibial. Estas medidas se transportarán a una plancha de Polyform perforado (fig. 6).

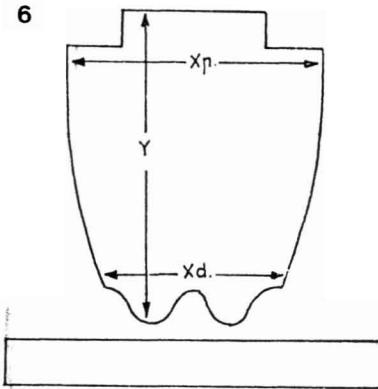
Obtenido el patrón de Polyform con cierto exceso de material se comprobará sobre el enfermo la longitud. Sumergir el plástico durante dos o tres minutos en agua a 70° centígrados y secarlo después sobre una toalla. La bondad del material hace que se pueda comprobar de nuevo si el patrón obtenido es el adecuado, y si es en exceso se podrá recortar fácilmente con unas tijeras el sobrante.

Al adaptar el plástico sobre el paciente, éste colaborará con sus manos sujetando la porción superior condilar, mientras que el técnico va adaptando el plástico pegándolo por contacto en varios puntos (cada 3"). De ser aceptable pegará el resto por contacto o ayudándose mediante una disolución especial. De haber quedado alguna arruga, se puede quitar, exagerándola con

5



6



BANDA SUJECION ART. TOBILLO

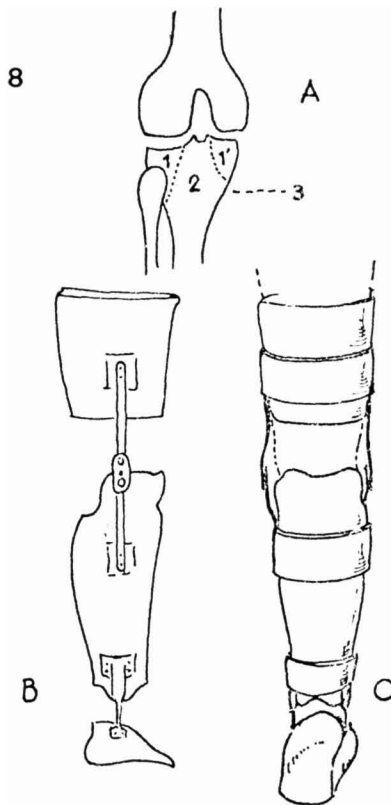
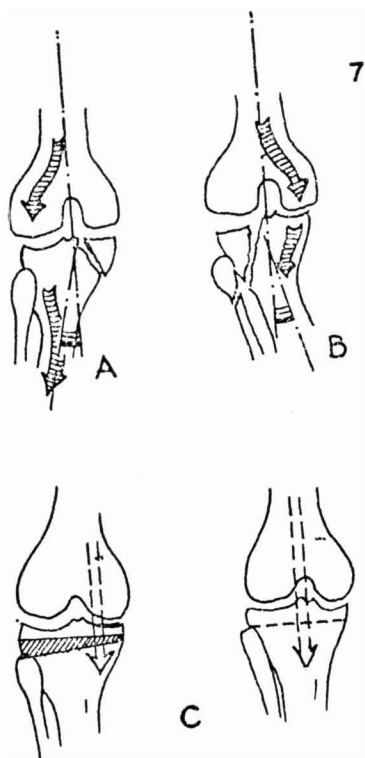
los dedos y seguidamente recortándola con instrumento afilado.

Recortar todos los bordes para que el *brace* quede perfecto y cubrir toda la pierna desde los tobillos hasta los cóndilos con una venda elástica humedecida en agua fría y con una tensión firme y constante. En este momento se realizarán las maniobras de «conformación» para la perfecta obtención del contacto total en toda la extensión de la pierna. La rodilla durante los últimos segundos de endurecimiento del Polyform se mantendrá en extensión.

A los tres minutos el Polyform está rígido y mantendrá la forma que le hemos imprimido. Revisar que la movilidad de la rodilla sea como mínimo de 90°, y normal la del tobillo. Seguidamente se colocará la articulación de tobillo de polipropileno (fig. 5) que se sujetará al *brace* mediante una tira de Polyform que se

habrá sumergido previamente en agua a 70° C.

La rigidez del Polyform permite con toda seguridad que el enfermo pueda realizar la deambulación al terminar su colocación. El tiempo medio de llevar el pa-



ciente el PTB *brace* de plástico se calcula en unas siete semanas, aunque es el médico que realiza el tratamiento el que lo tiene que indicar en cada caso.

En las fracturas del tercio distal de tibia y peroné y de tobillo, de usarse el método funcional, se prescindirá de las aletas condilares, usándose escuetamente el botín funcional.

* * *

La segunda fase (B) de todo tratamiento funcional, es decir, el yeso corto fun-

cional, tiene su razón de ser para algunos autores, en la seguridad que ofrece la gran experiencia que se tiene en el manejo de la escayola. Otros autores como A. SARMIENTO, que posee un excelente equipo en su «unidad de *braces*», sólo usa la escayola durante la fase aguda (A), pasando directamente al *brace* de plástico. En nuestra experiencia el uso del Polyform siempre ha sido satisfactorio, aunque se ha sistematizado selectivamente para la confección del *minibrace* de antebrazo y del brazal funcional. En el miembro inferior confeccionamos la muslera funcional, en todos los casos de retardo de consolidación o pseudoartrosis en el que el tratamiento se prevé de larga duración.

Técnica del tratamiento ortopédico-funcional para las fracturas del tercio proximal de la tibia (fig. 7 A y B) (2, 11) y en las osteotomías supratuberositarias (fig. 7 C)

A) Reducción de la fractura en actitud de varo, valgo u ortométrica según la anatomía patológica de la fractura y del criterio del traumatólogo, e inmovilización mediante la calza de yeso almohadilla «conformada». En los casos de gran comminución y hematoma es aconsejable se realice una ancha férula posterior y vendaje compresivo en prevención de posibles complicaciones vasculo-nerviosas.

Este período dura el tiempo que tardan en desaparecer los signos clínicos agudos, por lo que pueden variar entre 5 días y 3 semanas.

Las «conformaciones» no deben ser excesivas por tratarse de fracturas muy estables.

B) Confección del yeso PTB + muslera, articulados: La técnica es similar a la usada en las fracturas diafisarias de tibia, añadiendo la confección de una muslera corta funcional conformada, la cual se articula con el *brace* de la pierna mediante una articulación mecánica policéntrica, con la angulación correctora que estime el traumatólogo (fig. 8).

Colocada la articulación de tobillo de polipropileno, y tras un compás de espera de 24 horas, el paciente iniciará la carga asistida con bastones.

La consolidación de las fracturas a estos niveles es rápida debido a las presiones controladas que se ejercen en estas zonas de tejido esponjoso, por lo que sólo en contadas ocasiones es necesario confeccionar el *brace* de Polyform. Razones higiénicas, sociales o de intolerancia del yeso obligan a hacer uso de los plásticos. En otras ocasiones hemos prescindido del yeso, a semejanza de A. SARMIENTO y de la fase aguda hemos pasado a la confección del *brace* de plástico.

Técnica del tratamiento ortopédico-funcional en las fracturas del fémur

(10, 17, 18, 19, 21, 25)

A: Tratamiento de la fase aguda reducción y/o estabilización de la fractura.

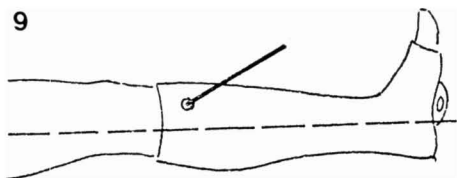
B: Confección del isquiopédico funcional, «conformado», articulado (QTB).

C: Confección del QTB de plástico a baja temperatura (Polyform).

A) En las fracturas que consideramos estables (transversas, oblicuas cortas, comminutas, etc.) y en las abiertas tipo I y a veces las del tipo II estables, procederemos a la reducción inmediata e inmovilización mediante un isquiopédico almoha-

dillado «conformado» o mediante la férula de Thomas de tracción fija (figs. 9 y 12, B).

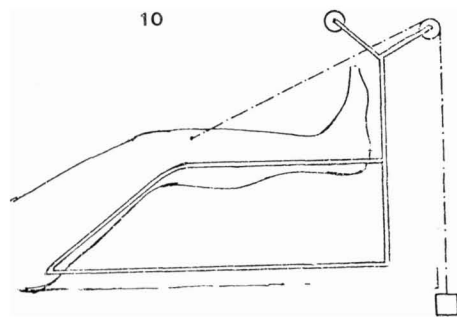
En las fracturas que consideramos inestables (oblicuas largas, espiroideas con



tercer fragmento, multifragmentarias, etc.) y en las abiertas del tipo III, procederemos a la colocación de una tracción transesquelética en férula de Braun, (fig. 10) o de Thomas (tracción-suspensión) (fig. 11).

En los lactantes se aplicará un calzón en postura fetal (banda pélvica + muslera conformada). En los niños de 1 a 2 años estará indicado la colocación de la tracción percutánea a lo Bryant (fig. 12, A).

En edades superiores, de 3 años en adelante, usaremos en las fracturas inestables la tracción supracondílea ($90^\circ \times 90^\circ$) o cualquiera de las modalidades empleadas en los adultos. En las fracturas estables del niño y adolescente, se han obtenido excelentes resultados, cuando después de la



reducción bajo anestesia a la llegada del enfermo al hospital, ha sido estabilizada la fractura mediante un isquiopédico «conformado» almohadillado. Este método reduce

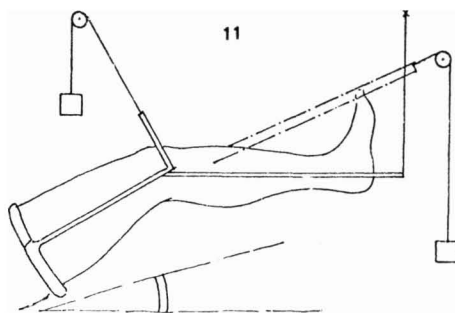
por completo las incomodidades para el niño y sus familiares y los días de estancia en el hospital.

Este primer período de tratamiento tiene una duración aproximada de 2 a 6 semanas, es decir, el tiempo durante el cual se obtiene la estabilidad intrínseca de la fractura.

B) Confección del isquiopédico funcional, «conformado», articulado:

— Paciente en decúbito supino o sedestación.

— Vendaje compresivo elástico en pie y tobillo.



— Rodillera elástica.

— Calceta doble hasta la raíz del muslo.

— Seleccionar el encaje o el conformador cuadrangular según la distancia entre el tendón de los músculos aductores y la tuberosidad isquiática (fig. 13).

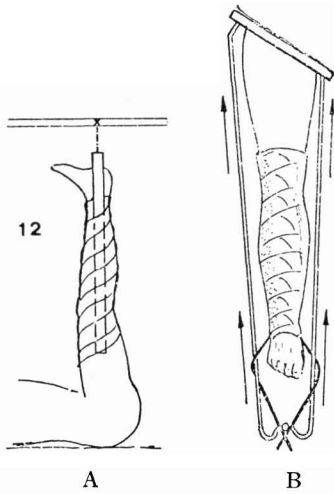
— Almohadillar el tobillo y la rodilla. Esto facilitará posteriormente el recortar los bordes de la escayola en las zonas articulares.

Primera fase. — Enyesado ininterrumpido desde el tobillo hasta los cóndilos femorales. Esperar unos instantes hasta la situación de endurecimiento del yeso para realizar la «conformación de la pierna» (ver técnica de PTB).

Segunda fase. — Enyesado ininterrum-

pido desde los cóndilos hasta la unión con el quinto proximal del muslo, en los casos de fracturas supracondíleas o diafisarias bajas. Durante el fraguado se realizarán los tres puntos de apoyo correctores si fue-

capas de yeso. Seguidamente colocar el conformador de plástico o el regulable flexible para que este segmento adopte la forma cuadrangular con los entrantes y salientes y así obtener una compacidad uniforme en la raíz del muslo. Hay autores que incluyen el conformador de plástico o de escayola prefabricado en el enyesado (fig. 13). En las fracturas del tercio medio o algo más proximales las fases segunda y tercera se fusionan en una.

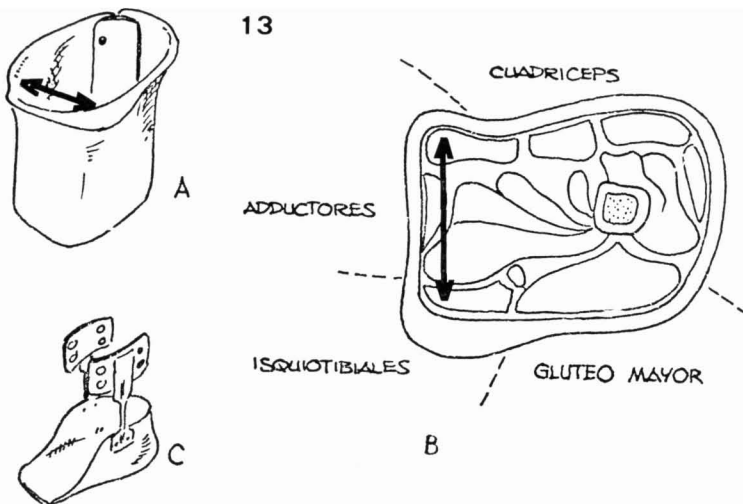


ra necesario. Cuando vaya a endurecerse el yeso se realizarán las conformaciones: presión lateral externa y presión medial; salientes a nivel de los flexores de rodilla (bíceps y músculos isquiotibiales).

Tercera fase. — Enyesado de la porción proximal del muslo mediante cuatro o seis

Cuarta fase. — Colocación de la articulación mecánica de rodilla, policéntrica. El eje debe estar a nivel del tubérculo del aductor. Otras referencias será a 2'6 cm. de la interlínea articular o a nivel medio del cuerpo de la rótula (fig. 14). Lateralmente, el eje estará en el punto medio de la rodilla, si no contamos el espacio que ocupa la rótula, que es aproximadamente de un tercio. Abriremos en el yeso dos ventanas laterales para las articulaciones mecánicas policéntricas (figs. 14 y 15). Una vez alineadas y con un excelente paralelaje, auxiliados por el alineador (fig. 16), se fijarán las pletinas proximales y distales.

Abrir las ventanas anterior y posterior,



según el dibujo adjunto (figs. 14 y 15), y al retirarlas comprobar la movilidad de la rodilla, que será como mínimo de 0° a 90°. Es muy importante que la rodilla pueda extenderse totalmente, para así poder iniciar a las 24 horas la marcha asistida. Una actitud en flexo originará una marcha precaria y futuras secuelas a la extensión activa en las siguientes semanas.

Quinta fase: Colocación de la articulación de polipropileno en el tobillo. Asegurarse que la planta del pie haga contacto con la cazoleta.

Antes de pasar el enfermo a su habitación revisar con cuidado que la movilidad pasiva de las articulaciones (cadera, rodilla y tobillo) no puedan ser bloqueadas por topes duros de escayola. Desde este momento al paciente le debe ser permitida la sedestación.

Sexta fase. — Marcha asistida con bastones a las 24 horas de la colocación del isquiopédico conformado (QTB).

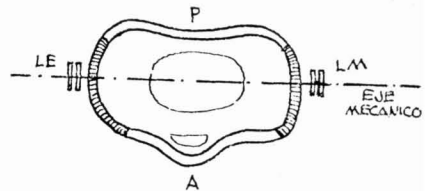
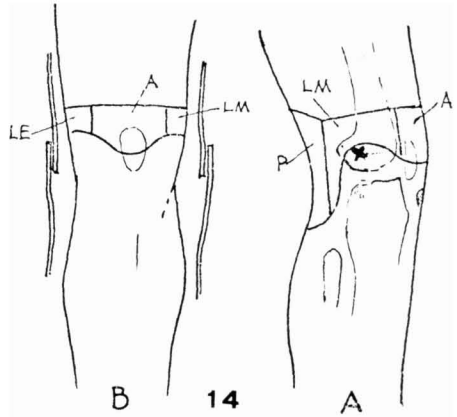
El yeso QTB se llevará durante un periodo de tiempo de 4 a 6 semanas. «Consideraciones»: Si por cualquier causa, al terminar la tercera fase, observamos que la fractura ha quedado con una angulación menor de 20°, las gypsotomías correctoras serán siempre de apertura y a ser posible se demorará la colocación de las articulaciones mecánicas de rodilla durante unos días, aunque al enfermo se le permita la carga asistida a las 24 horas.

C) Confección del QTB de plástico a baja temperatura (Polyform).

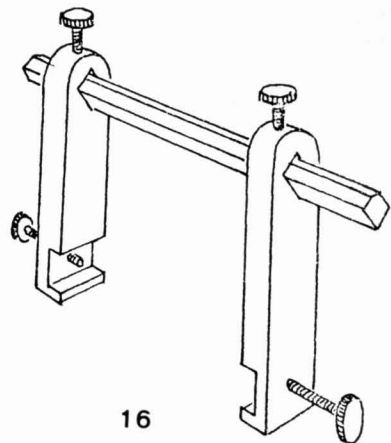
— Seleccionar un encaje de Polyform de acuerdo con la medida A-P (fig. 13, A y B) y ajustarlo al paciente en la raíz del muslo, auxiliándonos con dos finas tiras de esparadrapo cerrando la abertura latero-externa.

— Cerrar la abertura externa con una tira de Polyform calentada con agua a 70°.

— Adaptar al muslo una banda de Polyform previamente calentada a 70°. El plástico se pegará por contacto al encaje cuadrangular. De esta forma obtendremos



15



16

una muslera que abarcará desde la raíz del muslo hasta la rótula. Para obtener una buena conformación y un rápido endurecimiento del plástico, con venda elástica humedecida en agua fría, antes vendaremos el muslo y después realizaremos las presiones necesarias en las zonas preesta-

(retardos, pseudoartrosis, fracturas asociadas a infecciones crónicas, etc.) el *brace* de Polyform tiene indicación selectiva.

La muslera o «brace» corto de fémur

Es una ortesis de plástico que envuelve al muslo desde la interlínea articular de la rodilla, hasta la raíz del mismo. Es una ortesis de «contacto total» por lo que la superficie o envoltura de plástico deberá tener entrantes y salientes para que se adapte perfectamente, y en todo momento a toda la extensión del muslo. Para su confección, si no podemos disponer de los modelos prefabricados, se iniciará con el escayolado del muslo. Tomado el encaje se realizará un positivo de yeso sobre el cual se hará la rectificación siguiendo los principios protésicos para la obtención de un encaje para amputados por encima de la rodilla. Obtenido éste se procederá a la confección de la ortesis mediante un plástico de polipropileno a alta temperatura.

Al ser la rodilla una zona prácticamente desprovista de masas musculares, es posible liberarla sin detrimento del efecto hidráulico y de la acción de «zuncho» conseguido en el muslo, por la acción del contacto total.

Aparentemente la muslera es igual que la parte superior del isquiopédico funcional.

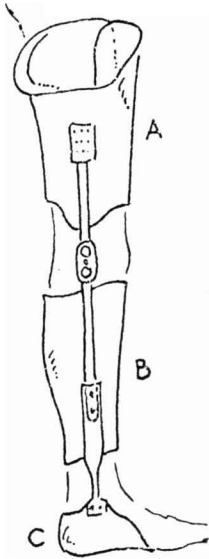
Las diferencias mecánicas son:

1. Ser una ortesis de plástico con abertura longitudinal anteroexterna, que se cierra mediante tiras de Velcro.

2. No llevar ningún tipo de articulaciones mecánicas, ni pletinas que se extiendan hasta el tobillo o la planta del pie con el fin de controlar una movilidad rotacional pernicioso o con intención de liberar parte de su carga.

3. La forma de la muslera en su tercio distal sigue también los principios de los yesos de contacto total, conformándose

17



blecidas (similar técnica que la realizada con escayola).

— Confección de un *brace* corto «conformado» de Polyform en la pierna.

— Colocación de las articulaciones mecánicas de rodilla y tobillo, las cuales se sujetarán al *brace* mediante tiras de Polyform, calentadas previamente en agua a 70°.

El paciente podrá iniciar la marcha el mismo día de la confección del *brace* de Polyform (fig. 17).

La precocidad en instaurar este tercer período depende de la experiencia en el manejo de los plásticos y de razones de higiene y confort para el enfermo. En los casos de períodos largos de tratamiento

muy bien a nivel de los cóndilos femorales, y efectuándose una perfecta adaptación con entrantes y salientes a nivel postero-medial (*hamstring*) y postero-externo (bíceps).

Las diferencias funcionales son:

1. La muslera de plástico es más higiénica que el isquiopédico funcional de escayola en los casos de fracturas abiertas o con infección postoperatoria tras el fracaso de la osteosíntesis.

2. La muslera absorbe la carga que se transmitía por las paredes de un isquiopédico funcional articulado, en beneficio de una mayor actividad músculo-vascular del callo externo fracturario, logrando un mayor impulso osteogénico. También se elimina con la muslera la existencia del apoyo isquiático como factor de descarga que a veces se obtiene sin intención de buscarlo al confeccionar un QTB de escayola.

La muslera sólo debe ser usada cuando el callo de fractura ha superado la fase de estabilidad intrínseca, y radiográficamente se comprueba la existencia de un puente óseo en una de las proyecciones.

El nivel óptimo de línea de fractura es el diafisario, es decir, en los tres quintos medios, no aconsejándose en los casos con angulaciones fracturarias en varo mayor de 15°. Actualmente se está usando sistemáticamente en:

— Retardos de consolidación de más de 6 meses de evolución.

— Fracturas infectadas con más de 3 meses de evolución.

— Refracturas con más de 2 meses de evolución.

— En las extracciones de material de osteosíntesis (placas condilares, rectas, etcétera).

— Después de un precario montaje de osteosíntesis.

— En las pseudoartrosis de fémur después de realizar el aporte biológico y decorticación y un período prudencial (4 a 6 semanas).

— En las fracturas agudas después de haber llevado un isquiopédico funcional durante 4 a 7 semanas.

BIBLIOGRAFIA

- 1 BEER, F. P., JOHNSTON, E. R., Jr. (1967): *Mecánica Vectorial para Ingenieros*. Tomo I, Estática. Ediciones del Castillo, S. A. Madrid.
- 2 BROWN, G. A., SPRAGUE, B. L. (1976): Cast Brace Treatment of Plaeau and Bicondylar Fractures of the Proximal Tibia. *Clin. Orthop.*, 119, 184.
- 3 BROWN, P. W. (1974): The early weight-bearing treatment of tibial shaft fractures. *Clin. Orthop.*, 105, 167.
- 4 BURKHALTER, W. E. (1973): Symposium on trauma open injuries of the lower extremity, *Surg. Clin North Am.*, 53, 1439.
- 5 BURKHALTER, W. E., PROTZMAN R. (1975): The Tibial Shaft Fracture. *J. Trauma* 15, No. 9, 785.
- 6 CONNOLLY, J. F., DEHNE, E., y LA FOLLETTE, B. (1973): Closed reduction and early cast-brace ambulation in the treatment of femoral fractures. *J. Bone Joint Surg.* 55A, 1581.
- 7 DEHNE, E. (1969): Treatment of the fractures of the tibial shaft. *Clin. Orthop.* 66, 159.
- 8 DEHNE, E. (1974): Ambulatory treatment of the fractured tibia, *Clin Orthop.* 105, 192.
- 9 FERNÁNDEZ ESTEVE, F. (1976): Tratamiento ortopédico de las fracturas de húmero, mediante un yeso corto de brazo. *Rev. Esp. de Cir. Ost.*, 11, 357.
- 10 FERNÁNDEZ ESTEVE, F. (1976): Tratamiento ortopédico de las fracturas de fémur, con carga precoz, mediante isquiopédico funcional. *Rev. Esp. de Cir. Ost.*, 11, 275.
- 11 FERNÁNDEZ ESTEVE, F.: Tratamiento funcional de las fracturas del tercio distal del fémur y del tercio proximal de la tibia del adulto. Principio y fundamento del *brace*. XI Congreso Hispano-Portugués de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Valladolid, octubre 1977.

- 12 FERNÁNDEZ ESTEVE, F.: Tratamiento funcional de las fracturas diafisarias del antebrazo mediante el "mini-brace". XI Congreso Hispano-Portugués de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Valladolid, octubre 1977.
- 13 FERNÁNDEZ ESTEVE, F.: Principios fundamentales en el tratamiento de las fracturas del húmero mediante el brazal funcional. XI Congreso Hispano-Portugués de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Valladolid, octubre 1977.
- 14 GOMAR, F. (1976): ¿El yeso funcional, una nueva filosofía en el tratamiento de las fracturas o una actualización de un viejo método? *Rev. Esp. de Cir. Ost.*, 11, 267.
- 15 LUCAS-CHAMPIONIERE, J. M. M.: *Precis du traitement des fractures par le massage et la mobilisation*, Paris, 1910. G. Steinheil.
- 16 MOONEY, V. (1974): Cast bracing. *Clin Orthop.* 102, 159.
- 17 MOONEY, V., NICKEL, V. L., HARVEY, J. P., Jr. y SNELSON, R. (1970): Cast-brace treatment for fractures of the distal part of the femur, *J. Bone Joint Surg.* 52A, 1563.
- 18 SARMIENTO, A. (1974): Functional bracing of tibial fractures, *Clin. Orthop.* 105, 202.
- 19 SARMIENTO, A. (1974): Fracture bracing. *Clin. Orthop.*, 102, 152.
- 20 SARMIENTO, A. (1972): Functional bracing of tibia and femoral shaft fractures, *Clin Orthop.*, 82, 2.
- 21 SARMIENTO, A. (1970): A functional below-the-knee brace for tibial fractures. *J. Bone Joint Surg.*, 52A, 295.
- 22 SARMIENTO, A. (1967): A functional below-the-knee cast for tibial fractures. *J. Bone Joint Surg.*, 49A, 855.
- 23 SARMIENTO, A.; LATTA, L., ZILIOLO, A., y SINCAIR, W. F. (1974): The role of soft tissues in the stabilization of tibial fractures, *Clin Orthop.*, 105, 116.
- 24 SMITH, H. H. (1885): On the treatment of un-inited fracture by means of artificial limbs. *Am. J. Med. Sci.*
- 25 SNELSON, R., ORONS, G., y MOONEY, V. (1970): Application of cast brace for post acute care of lower extremity fractures. *Orthotics and Prosthetics*, 24-4, 21.
- 26 TRUETA, J. (1943): *The Principles and Practice of War Surgery*. St. Louis Mosby.
- 27 WEISSMAN, S., HEROLD, H., ENGELBERG, M. (1966): Fracture of the middle two thirds of the tibial shaft. *J. Bone Joint Surg.*, 48-A, 267.