





Si entran en contacto un cuerpo de deformación elástica mayor o menor y un cuerpo casi rígido, se adapta el primero suavemente según las condiciones especiales a la superficie del cuerpo rígido en un plano más o menos extenso, de formación generalmente complicada, y subdividido. La investigación de la distribución de la presión dentro de estos planos es sólo difícilmente realizable. Respecto a la distribución de la presión en el plano de contacto de un bandaje de caucho lleno de aire de un vehículo cargado provisto de un calce liso y rígido pueden derivarse por ejemplo bajo suposiciones determinadas valores numéricos, pero hasta ahora no existe la posibilidad de una comprobación experimental del resultado del cálculo.

Pero del todo impracticable resulta el procedimiento analítico, si las relaciones de elasticidad se vuelven más complicadas. Ya en un bandaje de caucho macizo torcido se vuelven tan complicadas las coherencias matemáticas, que la computación práctica se hace imposible. Pero del todo impracticable resulta este procedimiento, si las formaciones elásticas tienen una estructuración complicada de elementos no sencillamente estructurados y de graduación elástica fuertemente variada, como son por ejemplo las partes del cuerpo del hombre o del animal.

Pero precisamente este último caso es de alto interés práctico para los fines de la profesión médica. Sean recordadas sólo las múltiples enfermedades por ejemplo del pie que son debidas a presión y que atañen lo mismo los ijares como el esqueleto y que resultan prin-



principalmente de dimensiones diferentes de la norma, de la posición o postura de algunas o todas partes del esqueleto frecuentemente tambien situadas a alguna distancia. Surge aquí por lo tanto la necesidad urgente para el investigador tanto como para el practicante que hace la cura, de fijar mediante medición la distribución de la presión sobre la superficie de apoyo en el caso de un pie sano lo mismo como de un pie anormal o enfermo y de determinar su dependencia respecto a su situación, posición o carga del miembro y bajo la influencia de medidas de apoyo o en pos de operaciones plásticas. Tambien las enfermedades de la piel causadas por presión en los enfermos que tienen que guardar cama durante mucho tiempo o en los muñones por amputación con presión por protesis entran aquí.

Se entiende que no han faltado ensayos de resolver este problema, pero estos ensayos no han traspasado averiguaciones de caracter puramente cualitativo o de caracter cuantitativo completamente burdo. Es evidente que nada puede saberse respecto a la distribución de la presión mediante averiguación de la forma del plano de contacto, tñiñendo para este fin las superficies correspondientes de la piel y calcándolas mediante presion sobre un objeto rigido colocado por debajo, y tambien los ensayos hechos por Dans y Seitz de juzgar la distribución de la presión por la evacuación de la sangre de los vasos capilares de mayor o menor alcance, destñiñendo por lo tanto la mucosa, a través de una placa de vidrio escogida como objeto de apoyo, padece de manantiales de equivocaciones tan consi-



derables (callosidades, desplazamientos del color del cutis, diferencias individuales de la red capilar y de su alimentación nerviosa, etc.) que apenas se puede conseguir algo más por medio de ellos. Una determinación numérica de la presión de punto a punto es de ninguna manera factible por medio de ellos.

Hay que decir aquí que es cierto que resulta posible la producción de impresiones sobre un objeto intercalado que no tiene que ser rígido, ni siquiera elástico, sino puramente plástico, pero que éstas son absolutamente inservibles para la obtención de números de medición referentes a los valores de presión locales, porque se han hecho muchos ensayos en este sentido y parece por lo tanto que no se conoce en general lo suficiente el comportamiento de la propagación de la presión en líquidos, cuyas leyes son decisivas aquí.

Otro método es el método practicado por Frostell en el año 1925, descrito en la "Zeitschrift f. orth. Chirurgie, Bd. 47, Jahrg. 1925" "Revista para Cirugía ortopédica, tomo 47, año 1925")

Emplea para la representación de la presión en el pie una capa de franela, mojada de una disolución de azul metílico. Encima de esta almohadilla se coloca una red de enrejado de alambre de hierro, cuyas mallas distan  $3 \frac{1}{2}$  mm. unas de otras. Sobre este armazón de enrejado se coloca un papel y se coloca el pie sobre este papel. Cuando el pie ejerce una presión, se hacen impresiones en el papel a través del enrejado y estas partes de partes empujadas hacia delante, es decir, arremangadas, se tiñen mediante la almohadilla entintada. Aunque



se pueda admitir que entre el tamaño de una mancha de color producida en una malla y la presión que existe en este lugar, hay cierta coherencia, y que por lo tanto resulta posible tambien un juicio determinado respecto a la distribución de la presión en la superficie, padece este procedimiento tambien por la circunstancia de que la red semi-rigida aplana las diferencias y que la profundidad de la flecha de la piel en cada malla, debido al valor absoluto considerable y necesario para la toma de la imagen de color depende en grado máximo de las diferencias de la elasticidad de la epidermis, resultando de ello que permite fijar solo valores del todo burdos de difícil comparación con otros casos, y en ningun caso absolutos. Este método padece además del defecto de que en esta clase de medición ejerce influencia sobre la imagen tambien la operación de pisar, no representando por consiguiente el resultado el campo de presión en forma tal, como queda estructurado por debajo del pie en posición quieta.

Un ultimo método es el de Basler descrito en el año 1929 en su obra "Das Gehen" ("El Andar"), edición de la Universidad Sun Yat Sen, de Canton. Emplea para la medición un dinamómetro de cuerdas. Hace pisar el pie en dirección longitudinal o transversal sobre un dispositivo de reposo de 10 pautas unidas con cuerdas. La tensión de las cuerdas se mide por la altura del sonido de las cuerdas. Las equivocaciones son parecidas a las del método mediante red de alambre. Las deformaciones admitidas son relativamente tan grandes, la forma de la superficie de contacto o soporte no queda exactamente



definida y los valores de presión medidas representan sueltos unos integrales de líneas indivisibles del curso de la presión a lo largo de la pauta, es decir, el método no suministra valores por puntos.

130 Pero para la práctica hay que añadir otra exigencia, a la cual ninguno de los métodos citados podía corresponder; se trata de la producción de una relación del campo de presión exacta con seguridad referente a los puntos anatómicamente dados del esqueleto.

135 Mediante el procedimiento según el invento quedan excluidos los errores inevitables según los procedimientos mencionados y se obtienen en consecuencia mediciones científicamente irreprochables. El procedimiento consiste en su esencia en que uno o varios elementos de planos de los planos inelásticos quedan sustituidos por uno o varios pequeños elementos de medición enfrente de ellos, y que durante el procedimiento de medición se tiene cuidado respecto a la conservación o una modificación del plano de contacto que se ha de mover en límites prácticamente descuidables, y que se hará además accesible a la medición cualquier punto del campo a medir debido a que se emplean elementos de medición desplazables por cualquier lado.

145 Para la realización del procedimiento se sirve uno convenientemente de un dispositivo tal como se describirá en las figuras 1 y 2 en una forma de construcción por vía de ejemplo y así reseñan:

150 La figura 1 en perspectiva la construcción en conjunto del dispositivo de medición representado en forma de construcción doble, que permite la concepción simultánea-



nea de la imagen de medición de los campos de presión de los dos pies de un enfermo.

La figura 2 el elemento de transmisión de medición empleado en representación ampliada.

160 El aparato consiste en detalle de un bastidor horizontal 1 de hierro angular fijado sobre un armazón de madera 2. En el bastidor está dispuesta una placa deslizable hacia adelante y atrás 3. En esta placa deslizable se ha introducido un disco giratorio 4 y en este  
165 disco giratorio también la caja de medición 5, que sirve para la medición de las presiones independientes dirigidas para el caso hacia abajo verticalmente.

Esta disposición no permite solamente que el dispositivo de medición pueda llevarse a cualquier punto  
170 independiente de la superficie de presión que ha de pulsarse, sino pueden acercarse también dos aparatos de esta clase, sin estorbarse mutuamente, tan estrechamente uno al lado del otro, que ambos pies de la misma persona pueden medirse colocados estrechamente uno al lado  
175 del otro independiente y eventualmente simultáneamente.

La superficie de la caja de medición, del disco y de la placa están situadas en un plano, caso de reposar la parte del cuerpo en un plano. Pero si por ejemplo se desea medir el pie encima de un objeto intercalado, se  
180 sustituirá el plano mediante un plano formado adecuadamente.

Por encima de este plano está tendido un papel 6 mediante un dispositivo de tensión especial 7 y unido mediante este último fijamente con el bastidor. Sobre el  
185 papel se coloca el pie u otra parte del cuerpo a medir.



El papel impide que el cutis pueda ser arrastrado y estirado al desplazarse la placa de medición. Por otra parte el material se escoge de tal manera que la presión no queda influida esencialmente.

190 El papel se enrolla en tres lados encima de unas varillitas, cuyos extremos están unidos por tensión con el bastidor, mientras que la parte media del papel está arrollada alrededor de un listón semi-redondo, prensándose con este dentro de una ranura dispuesta en el lado  
195 medio del armazón de madera.

Esta disposición ha sido elegida también con el fin de poder colocar dos aparatos por ejemplo para el pie derecho y el pie izquierdo estrechamente uno al lado de otro y de poder emplearse estos dos aparatos también al colocarse los pies en disposición transversal.  
200

La caja de medición 5 desempeña la tarea de medir las presiones en el plano de soporte. Se entiende de por sí que puede estructurarse en forma variada, facilitando la medición en cualquier forma conocida.

205 Ampliándose la desviación del elemento de medición mecánicamente mediante un sistema de palancas, puede tomarse la lectura de ella directamente o por mediación de métodos de reflejo por espejos. Puede utilizarse para transformar la hendidura de aire en un circuito magnético, para aprovechar efectos de inducción para el registro mediante las distorsiones magnéticas del campo  
210 producidas así. En su lugar pueden efectuarse variaciones de capacidad electro-estáticas y servir en forma conocida a título de base para la medición. En todos estos casos se admiten todavía variaciones terminales de posi -  
215



ción del propio elemento de medición, aunque muy pequeñas.

220 Al emplearse un cristal de piezo-cuarzo que se carga mediante presión sobre su superficie electro-estáticamente, están estas variaciones ya en el límite de la capacidad de su comprobación y pueden evitarse completamente, si mediante una contra-fuerza exterior graduable se compensa exactamente la alteración de la posición o de la forma producida en primer lugar en el  
225 elemento de medición por la presión a medir y si se toma como base de la medición la fuerza contraria necesaria para ello.

230 Las desviaciones en el sitio de medición que han de admitirse en los métodos de lectura primeramente citados, pueden sostenerse fácilmente por debajo de 1/100 de manera que debido a ellas no puede producirse una desfiguración del resultado de la medición. En el tipo de construcción descrito aquí se emplea el reflejo y por cierto en la forma siguiente:

235 En el centro de la membrana está fijada por medio de remachado según la figura 2 una varilla 10 dirigida verticalmente hacia abajo, cuyo extremo libre inferior lleva una pequeña placa de metal 11. Paralelamente con relación a ésta a una distancia de 0,4 mm.  
240 está dispuesta otra placa 12 que ésta unida por encima de dos tubos 13, 14 rigidamente con el cuerpo de hierro. Entre las dos placas de metal se introduce por apriete horizontalmente una aguja delgada 15 y en uno de los extremos de ella queda fijado un pequeño espejo  
245 15.



Si al curvarse la membrana 9 se desplazan las dos  
plaquitas recíprocamente una hacia otra, gira la aguja  
y con ella tambien el espejo. Un rayo de luz, que cae  
sobre el espejo, se desvía en conformidad con la rota-  
ción. Cae encima de una tabla provista de una escala en  
la cual se toma lectura de él. La escala tiene que ser  
unida rigidamente con la caja de medición, para que que-  
de guardada la relación de transmisión. Pero la caja de  
medición toma parte además en la rotación del disco re-  
dondo alrededor de la vertical en la transición de una  
posición de medición a otra. Mediante un dispositivo  
adecuado, aquí un dispositivo de cuatro articulaciones  
17, se procura que el rayo desviado y utilizado para la  
medición caiga siempre sobre la división de medición dis-  
puesta verticalmente a distancia fija.

Ha resultado conveniente en la práctica que el dis-  
positivo de cuatro articulaciones respectivamente la ca-  
ja de medición queda unido con un sujetador 16 dispues-  
to por encima de la caja y de la parte del cuerpo que  
ha de examinarse, sujetador que está provisto de una agu-  
ja 18 que indica continuamente sobre el centro de la mem-  
brana y que es desplazable. Debido a ello es posible  
orientarse en cada momento respecto a la posición de la  
caja de medición, caso de estar tapada la membrana por  
la parte del cuerpo durante la medición.

En el manipulador está fijado otra vez un muelle  
de hojas 19 con una aguja fina, que se mueve en confor-  
midad con los movimientos de la caja de medición por en-  
cima y a lo largo del taburete 20, sobre el cual queda  
tendido un papel.



Las desviaciones del rayo de luz en la escala se marcan encima de este papel por puntos y son provistos del valor numérico correspondiente en cada caso.

280 Esta forma de medición puede sustituirse por un dispositivo de medición automático que se acopla entonces con el desplazamiento automático de la caja de medición respectivamente de la placa de medición, de manera que las líneas de presión se marcan automáticamente y simultaneamente en forma grafica.

285 Para que la parte del cuerpo que ha de ser medido quede fijada en una posición ocupada de una vez, empleamos por ejemplo para la medición de pies la fijación mediante cuatro varillas 21 que se fijan en los cuatro ángulos del bastidor y son unidos entre si mediante varillas transversales.

290 En este dispositivo puede sostenerse el cuerpo mediante una placa de madera, que se arrima contra la espalda y el ano o mediante una cesta para la pelvis provista de varillas unidas por articulaciones, de manera que quede imposibilitado un desplazamiento horizontal.

295 Anteso después del exámen propiamente dicho de la parte del cuerpo, por ejemplo del pie, puede tomarse de éste todavía una radiografía, sin que su posición cambie por ello. Con este fin se introduce en lugar de la placa 3 otra placa provista de una película para radiografía o de un papel y se procede a la toma de la radiografía.

300 La correspondencia entre la radiofotografia y la imágen de presión se consigue entonces por un procedimiento de marcar adecuado mediante dispositivo de mani-

305



pulador o la película se introduce lateralmente en la placa de madera a través de una hendidura lateral 22 en el bastidor. Para esta clase de procedimiento tiene que tomarse la imagen de presión en el lugar donde esté el aparato radioscópico y tiene que preceder o suceder inmediatamente respecto al tiempo a la toma de la radiofotografía. Para ser independiente de ello, puede colocarse en el pie que ha de examinarse una escuadra, la cual, si toca el pie en tres puntos, queda fijado unívocamente. La posición relativa de la escuadra con relación al plano de toma de presión puede marcarse una vez para siempre. Si entonces al hacerse la toma de la radiofotografía en otro tiempo y en otro lugar se copia el pie simultáneamente con la doble escuadra que acaba de colocarse en la misma forma, sirve esta toma mediante la sombra del ángulo o mediante marcas auxiliares especiales en el ángulo en cualquier tiempo con precisión para la toma de la presión. Se entiende de por sí que también pueden emplearse dos escuadras, es decir, una escuadra para cada pie.

De la práctica resulta que es conveniente unir el aparato con un dispositivo de balanza y por cierto uno para el pie derecho y otro para el izquierdo, caso de ser medidos por ejemplo dos pies. Este dispositivo de balanza tiene por fin de poder medir durante la medición también el peso y la posición del centro de gravedad de la parte del cuerpo que ha de medirse.

Se procede entonces a la medición mediante el aparato en forma tal que se mueve la caja de medición tirando de ella desde la parte de delante hacia atrás por debajo y a lo largo del pie y en conformidad con las pre -



siones diferentes de la plantilla del pie se obtiene una curva, que indica la presión en cada caso de la plantilla del pie como función en la línea de medición. Por desplazamiento lateral de la caja de medición y haciendo atravesar de nuevo la caja de medición de delante hacia atrás, se obtiene de nuevo otra línea de medición. Es claramente evidente que de esta manera y forma puede pulsarse cualquier punto de la parte del cuerpo que ha de medirse.

Si ahora se unen los puntos de la misma presión de las líneas de medición diferentes, se obtienen según la figura 3 líneas de la misma presión (isobares) como se obtiene en la formación de los mapas meteorológicos. Después de haber establecido todas las líneas de la misma presión, resulta la imagen total una representación de la distribución de la presión por encima de toda la plantilla del pie. La finura de la imagen de presión se aumenta por una parte mediante la mayor parte de líneas de medición posible y la mayor parte de isobares (isobares) posible por otra parte.

Mediante este procedimiento con el aparato susodicho resulta posible de resolver no solo el litigio respecto a los puntos de apoyo del pie existente desde el año 1855, sino resulta posible también de descomponer todo el pie respecto a sus planos de apoyo sueltos.

Además es posible medir con este aparato las proporciones de presión del pie en cualquier posición del cuerpo.

El procedimiento parece tener importancia espe -



cial, porque resulta posible hacer mediante este aparato no sólo una representación numérica exacta de los planos de presión, sino muy especialmente porque mediante este procedimiento resulta posible por primera vez de  
370 transmitir los resultados obtenidos y por cierto en este caso resultados matemáticamente irreprochables sobre el esqueleto. Pues no es suficiente que se sepa cual de las partes del pie es la que recoge la carga principal respectivamente como se reparte la carga sobre las partes  
375 diferentes del pie, porque aun con un resultado obtenido así no resulta todavia posible establecer la correspondencia con el esqueleto del pie. La transmisión de un punto de la plantilla del pie sobre el esqueleto es mucho más difícil de lo que generalmente se supone.  
380 Es hasta tal punto que aun en el caso de que, tal como se ha hecho por varios autores, se marquen los puntos a medir en la plantilla del pie en la suposición de que estos puntos correspondientes estén situados exactamente por debajo de las partes del esqueleto a medir, resul  
385 ta que estos puntos marcados no quedan ya situados durante la carga del pie exactamente por debajo de la parte del esqueleto a medir. Pero un ensayo en este sentido jamás ha sido hecho hasta ahora. Cualquier esqueleto cede durante la carga en conformidad con la presión y en conformidad con su elasticidad algo en sentido longitudinal  
390 y de anchura, mientras que el punto marcado queda fijado sobre el objeto plano intercalado o por ejemplo sobre un enrejado; de todos modos el esqueleto se desplaza con relación a los ijares, en los cuales han sido fijados los  
395 puntos. Del todo independientemente de los errores contenidos en las mediciones anteriores, existe otro segundo



gran error por el hecho de que estos puntos no pueden ser nunca puestos en correspondencia con el esqueleto.

400 Pero sin tener en cuenta ésto, no se ha hecho hasta ahora nunca el ensayo de transmitir los resultados obtenidos respectivamente las imágenes de presión obtenidos sobre el esqueleto, lo cual tiene que subrayarse expresamente. Consiste por lo tanto la diferencia esencial entre los procedimientos anteriores y el procedimiento descrito aquí, en que en primer lugar resulta la medición científicamente irreprochable y en segundo lugar que esta medición científicamente irreprochable puede transmitirse directamente sobre el esqueleto.

410 Las figuras 4 - 7 demuestran la diferencia entre el método conocido y el método según la solicitud. La figura 4 reseña una imagen obtenida de un pie según el procedimiento de copia mediante presión y papel de calcar. En esencia aquí también se puede apreciar solo el plano de contacto total.

415 La figura 5 demuestra el procedimiento nuevo en una imagen de presión de un pie completamente normal, la figura 6 de un pie grandemente platado y la figura 7 de un pie de púa de caso grave, representando en grandes trazos las deformaciones contrarias del pie platado.

420 La figura 5 reseña la carga en la parte delantera del pie en el talón, mientras que en la parte central del pie en la vulgarmente llamada bóveda longitudinal no existe apenas carga. En la parte delantera del pie dentro del dominio de la así llamada bóveda transversal



se percibe un descenso uniforme de la presión desde el rayo de pie primero hasta el rayo de pie quinto.

430 La figura 6 representa un caso grave de pie platurdo, en el cual, como es sabido, se ha hundido la bóveda longitudinal y en el cual como deformación secundaria se produce casi siempre una rotura de la bóveda transversal. Se ve de hecho que la parte entre el talón y el avampie queda fuertemente cargada, que en la bóveda transversal el sitio alrededor del rayo segundo y  
435 tercero de otra manera apenas cargado queda cargado fuertemente y que por lo tanto se ha hundido también la bóveda delantera. En el pie de piña según la figura 7 pisa el enfermo firmemente solo con el talón y el borde exterior y carga especialmente fuerte el rayo quinto.  
440 Se percibe en este caso un descenso fuerte de los planos de presión en el borde exterior del talón y una carga extremadamente fuerte del rayo quinto. Como resulta de la imagen queda casi toda la carga del avampie a cargo del rayo quinto.

445 Al compararse la imagen vieja con la imagen nueva y por otra parte las imágenes nuevas entre sí se deduce bien en forma irreprochable y clara que se ha obtenido un gran progreso técnico mediante este procedimiento y que las imágenes de presión dan el resultado que debe  
450 exigirse de una imagen de presión y que mediante este procedimiento resulta posible de transmitir la imagen de presión no sólo sobre los ijares, sino hasta sobre el esqueleto.

N O T A.

455 En resumen, la PATENTE DE INVENCION que se solici-



ta recaerá sobre las reivindicaciones siguientes:

460 1.- Procedimiento para la medición de campos de presión situados en el plano de contacto entre cuerpos elásticos e inelásticos, por ejemplo la planta del pie y la superficie del suelo, en el cual uno o varios elementos de plano del plano inelástico quedan sustituidos por uno o varios pequeños elementos de medición enfrente de ellos, caracterizado por tenerse cuidado durante la operación de medición respecto a la conservación de los planos de contacto o variación de ellos descuidable solo prácticamente y por poder someterse a la medición cualquier punto del campo a medir mediante elementos de medición desplazables hacia todos los lados.

470 2.- Procedimiento según reivindicación 1, caracterizado por tenerse cuidado de que el límite de las flechas del plano de contacto que se producen durante la operación de medición importe a lo sumo 0,1 mm.

475 3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1-2 caracterizado por ser suspendidas respectivamente anuladas las deformaciones del plano de contacto, que se producen en el elemento de medición durante la operación de medición, mediante una contrapresión adecuada exterior.

480 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1-3 caracterizado por colocarse con el fin de evitar una deformación del campo de presión mediante desplazamiento de la superficie del cuerpo elástico en la transición del elemento de medición de un punto de medición a otro -un objeto intercalable delgado y poco elástico con fricción mínima posible contra el elemento de medición,

485



490 por ejemplo papel aceitunado liso entre los cuerpos elásticos y el plano contrario inelástico, el cual, en caso de tratarse de superficies contrarias planas, puede tenderse también en un bastidor adecuado mediante fuerzas de tracción que obren en su plano.

9.- Se reivindica, por ultimo, como objeto sobre el que ha de recaer la PATENTE DE INVENCION que se solicita por VEINTE AÑOS EN ESPAÑA,

495 "PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE CAMPOS DE PRESION SITUADOS EN EL PLANO DE CONTACTO ENTRE CUERPOS ELASTICOS E INELASTICOS".

Todo conforme queda expresado en la presente Memoria, que consta de dieciocho hojas escritas a máquina por una sola cara y planos que se acompañan.

Madrid, 9 de agosto de 1934.

ALFONSO UNGRÍA  
P.P.

