

PRÓTESIS ELÁSTICAS DE COSTILLAS

5 Campo del invento

La presente invención se ubica en el campo de los dispositivos terapéuticos, concretamente en el campo de los dispositivos para inmovilizar huesos fracturados, más concretamente en el campo de las prótesis para ser utilizadas en los huesos
10 fracturados.

Antecedentes del invento

15 Para que la función respiratoria se cumpla eficientemente, es fundamental la existencia de una caja torácica con costillas de forma y elasticidad normales. La fractura de una o más costillas vecinas, puede hacer perder la estabilidad mecánica de la pared costal de forma tal que, en el momento de la inspiración, el área en la que se encuentran las fracturas en lugar de expandirse se hunde por la acción de la presión
20 negativa creada en la caja torácica mientras que, en el momento de la expiración, en lugar de retraerse se expande a causa de un aumento de presión.

Este trastorno puede poner en peligro la vida del paciente cuando la extensión del sector inestable -también llamado *volet*- es amplia o su movilidad por falta de rigidez llega a ser importante.

25 La situación es similar en el caso de operaciones quirúrgicas en las cuales resulta necesario extirpar una zona de la parrilla costal.

Una posibilidad para mejorar la eficiencia respiratoria es utilizar asistencia mecánica respiratoria, también llamada *estabilización neumática interna*, mediante un
30 respirador artificial Sin embargo aquellos pacientes que, por la extensión y gravedad de sus fracturas deben estar conectados durante un tiempo prolongado a un respirador, suelen terminar con deformaciones torácicas por la soldadura de las costillas en posiciones viciosas. Cuando las fracturas son numerosas, tales

deformaciones pueden llegar a ser muy acentuadas y comprometer definitivamente la vida laboral y social del paciente.

Otra posibilidad para mejorar la eficiencia respiratoria es el uso de estabilización quirúrgica, mediante dispositivos que puedan resolver el problema. En ese sentido, diversas soluciones han sido presentadas para subsanar los problemas generados por la pérdida de estabilidad mecánica del tórax.

Una técnica para subsanar el problema ha sido el uso de clavos intramedulares. Este dispositivo consiste en un trozo de alambre grueso de acero inoxidable que se introduce a través de la cara convexa de la costilla a unos centímetros del foco de fractura y en el canal medular del hueso. Se enfrentan los extremos fracturados y se hace progresar el alambre por el canal medular del otro fragmento, haciéndole salir por su cara convexa.

Otra técnica consiste en el uso de agrafes metálicos. Los agrafes metálicos son piezas delgadas formadas por una lámina angosta que sirve de soporte a una serie de abrazaderas abiertas. Luego de enfrentar entre sí los extremos fracturados, se cierran y aprietan las abrazaderas con una pinza especial sobre el hueso sano, fijando de ese modo el foco de la fractura.

La técnica de clavos intramedulares y la técnica de agrafes presentan el problema que tanto los clavos como los agrafes son rectos, lo que hace que la costilla pierda su curvatura y elasticidad normales, lo que repercute en su función y en los aspectos estéticos.

Adicionalmente, en los pacientes de edad avanzada y principalmente cuando sufren fracturas del tercio anterior de la costilla, estos dispositivos no se pueden colocar porque el hueso a ese nivel tiene muy poca pared y la pared es esponjosa. En tales condiciones, los alambres quedan sueltos y los agrafes se incrustan en el hueso (tales inconvenientes cobran relevancia porque los *volets* más graves son los anteriores y porque son los pacientes añosos los que menos toleran las fracturas costales amplias).

Otra técnica consiste en el uso de férulas metálicas. Las férulas metálicas son simples flejes metálicos que se moldean a la forma de la costilla, se fijan a ella por medio de ligaduras y después de un tiempo deben ser retirados mediante una nueva intervención quirúrgica.

5 La técnica basada en férulas metálicas tiene el inconveniente que no es posible obtener una curvatura perfecta en el moldeado manual y deben ser extraídas luego de cierto tiempo mediante una intervención ulterior. Asimismo, los pacientes tratados no pueden ser sometidos a ciertas técnicas de diagnóstico, como por ejemplo resonancia magnética, viéndose por ello privados del acceso a un importante recurso
10 de diagnosis.

En los casos de resecciones costales amplias, se ha empleado distintos procedimientos para sustituir la pared extirpada:

15 -Entretejidos con hilos de distinta constitución, creadas in situ durante el acto operatorio con o sin el agregado de mallas prefabricadas.

20 -Emparedados de malla y metacrilato, resultado de la creación de una prótesis fabricada en base a un trozo de malla de metacrilato de metilo en microesferas mezcladas con catalizador, que se cubre luego con una nueva capa de malla. Una vez solidificada la capa resultante, se obtiene una especie de plastrón o coraza rígida con bordes de tela en el que se ubican los puntos de fijación.

Algunos cirujanos moldean hilo sintético, se extiende una pasta formada por el emparedado sobre el flanco del paciente y con ello se obtiene una prótesis curva, pero de una curvatura distinta a la del sector de pared extirpado.

25 Otros operadores, para evitar el daño que pueda causar al paciente el intenso calor que desarrolla la reacción exotérmica de la polimerización del metacrilato, fabrican el plastrón sobre una mesa estéril y en tales casos el plastrón resultante es plano.

30 Estos procedimientos han demostrado ser eficaces para la oclusión de la brecha, pero ambos presentan también inconvenientes. Los entretejidos proveen una reparación que con frecuencia resulta suficiente para salvar la vida del paciente, pero la pared intervenida queda con cierta inestabilidad permanente.

Los emparedados, por su parte, resultan en una buena reparación, pero la pared queda rígida y con un cuerpo extraño voluminoso que el paciente llevará en forma

definitiva, constituido por una pesada masa de metacrilato en distintos grados de polimerización. De acuerdo con la experiencia resultante de su empleo en cirugía de prótesis de cadera, también se pueden presentar situaciones de intolerancia de los tejidos al metacrilato así manipulado.

5

Una mejora a las técnicas anteriores fue presentada en la solicitud de Patente de Invención UY32513. Dicha solicitud enseña una prótesis costal de metacrilato de metilo polimerizado por medios físicos que tiene la forma de una delgada lámina curva y el perfil de una “C” angulosa. El dispositivo, sin embargo, requiere la utilización de mucho material, es relativamente voluminoso y tiene un perfil ancho, lo cual hace que pueda sentirse al tacto. Adicionalmente, si es necesario cortar la prótesis para ajustar su longitud, será necesario el uso de herramientas estériles. La presencia de orificios hace que sea necesario perforar la costilla para poder insertar la prótesis. El corte de la prótesis con herramientas genera polvo en el quirófano.

10

15

La colocación de la costilla sobre el hueso exige perforaciones, sutura y eventualmente corte con herramientas estériles, lo cual demanda considerable tiempo de quirófano, más gastos y mayor riesgo.

20

La solicitud ES2574759 muestra una prótesis que actúa como sistema de soporte para la unión de costillas fracturadas. Sin embargo, la prótesis de ES2574759 requiere estar apoyada sobre el hueso prácticamente en toda su extensión, por lo cual no sirve para sustituir parte de la costilla y no sirve para entablillar el hueso. La prótesis de ES2574759 debe ser suturada y pegada al hueso para que tense. Además, utiliza un sistema de sujeción que emplea bridas especiales con un extremo en forma de hilo.

25

Otra forma de unión de costillas fracturadas es la que provee la empresa DePuy Synthes con el sistema MatrixRIB (https://www.depuysynthes.com/hcp/cmf/products/qs/MATRIX_RIB_Fixation_System?utm_source=MatrixRibContent&utm_medium=Providers). Dicho sistema consiste en una serie de placas precontorneadas, tornillos de cierre y férulas que permiten mantener unida la costilla fracturada, en forma similar a las enseñanzas de ES2574759. Sin embargo, el problema con el sistema MatrixRIB es el mismo que el de ES2574759: el sistema está hecho para estabilizar y fijar la costilla y no sirve para sustituir parte de la costilla ni para entablillar la misma.

30

Descripción resumida de la invención

5 Es objeto de la presente solicitud una prótesis para tratar fracturas de costillas con una forma que se adapta a la forma de la superficie exterior de las costillas naturales y que se vincula fácilmente con dichas costillas, de modo de restituir la elasticidad y forma normales de las costillas recientemente fracturadas o soldadas o bien sustituir las costillas que pudieran haber sido removidas a resultas de una cirugía de la pared
10 torácica. De ese modo, la prótesis de la invención puede ser utilizada también en la reconstrucción de la pared torácica.

La prótesis de la invención permite sustituir toda o parte de la costilla, reduce los tiempos de quirófano, es fácilmente fraccionable sin dejar material suelto y no requiere ningún elemento especial de sujeción. Además, la prótesis de la invención permite el
15 entablillado del hueso, con lo cual permite mantener su forma, en particular en los casos en que la zona fracturada en la costilla se quiebra hacia adentro.

La prótesis de la invención tiene una flexibilidad similar a la de las costillas naturales y no necesita remoción, es decir que no es necesaria una nueva intervención quirúrgica para extirpar la prótesis.

20

Breve descripción de las figuras

Se realiza a continuación una descripción resumida de las figuras.

25

La figura 1 muestra los componentes de una costilla fracturada.

La figura 2 muestra el uso de un clavo intramedular en una costilla fracturada, según el arte previo.

La figura 3 muestra un agrafe metálico para ser usado en una costilla fracturada,
30 según el arte previo.

La figura 4 muestra la aplicación de un agrafe similar al de la figura 3 en una costilla fracturada, según el arte previo.

La figura 5 ejemplifica el uso de un entretejido con hilos sobre un grupo de costillas fracturadas, según el arte previo.

La figura 6 ejemplifica el uso de un emparedado de malla-metacrilato sobre un grupo de costillas fracturadas, según el arte previo.

La figura 7 muestra la aplicación del emparedado de la figura 6, visto desde el lado superior.

5 La figura 8 muestra una prótesis completa según la invención.

La figura 9 muestra otra vista completa de la prótesis de la invención.

La figura 10 es una vista de una sección de la prótesis de la invención desde su cara cóncava en la cual puede apreciarse un extremo de la prótesis.

10 La figura 11 es una vista de una sección de la prótesis de la invención desde su cara cóncava en la cual puede apreciarse el otro extremo de la prótesis.

La figura 12 es una vista completa de una prótesis de la invención desde su cara cóncava

La figura 13 es una vista completa de una prótesis de la invención desde su cara convexa, en la cual se muestra el canal para la sustancia radiopaca.

15 La figura 14 es una figura que permite apreciar el alabeo de la prótesis de la invención.

La figura 15 es un detalle de la cara de uno de los extremos de la prótesis de la invención.

La figura 16 es un corte transversal de la prótesis de la invención.

20 La figura 17 es una vista que permite ver la prótesis de la invención desde la cara convexa.

La figura 18 es otra vista de la prótesis de la invención.

La figura 19 muestra una prótesis de la invención que está estabilizando una costilla fracturada.

25 La figura 20 muestra una prótesis de la invención que está sustituyendo parcialmente a una costilla.

Descripción detallada de la invención

30

El objeto de la invención es una prótesis individual para sustituir o entablillar una costilla, caracterizado por comprender:

- a- una pieza curvada en sentido longitudinal en forma de arco, dicha pieza presentando además una curvatura en sentido trasversal que define una

cara cóncava y una cara convexa y un alabeo a lo largo del eje longitudinal y

b- dos o más ranuras transversales ubicadas en la cara convexa.

- 5 La “cara cóncava” es la cara de la pieza curvada que apoya sobre la costilla, una vez que la prótesis es utilizada.

La “cara convexa” es la cara de la pieza curvada que queda hacia el lado exterior del cuerpo, una vez que la prótesis es utilizada, esto es, la cara opuesta a la “cara cóncava”.

10

Por “entablillar” debe entenderse que la prótesis permite sostener en forma firme dos partes de una costilla fracturada de modo que los extremos fracturados queden enfrentados y ubicados uno junto al otro para permitir que el hueso suelde. El entablillado evita que los extremos fracturados se muevan y de ese modo permite una correcta soldadura del hueso.

15

De preferencia la prótesis estará construida en un material que tenga una rigidez (y por lo tanto también una elasticidad) comparable a la rigidez (y elasticidad) natural de las costillas, de modo de facilitar el curvado necesario para un apoyo correcto sobre la superficie exterior de la costilla. Por “apoyo correcto” debe entenderse un apoyo firme y uniforme contra el hueso. De ese modo, la prótesis se comporta en forma similar a una costilla natural durante los movimientos de inspiración y espiración.

20

La superficie externa de la costilla humana tiene curvatura sobre su eje longitudinal y esa curvatura cambia a medida que se va desde la columna vertebral hacia la zona del esternón. Por lo tanto, el experto comprenderá que la pieza curvada debe tener un alabeo sobre su propio eje longitudinal, de modo de emular la superficie exterior de una costilla humana. Esta configuración, facilitará el correcto apoyo sobre la superficie exterior de la costilla.

25

30

El alabeo a lo largo del eje longitudinal implica que, si la prótesis se apoya sobre un plano sobre su longitud, el ángulo formado entre el plano y la línea que une los dos extremos transversales a la pieza curvada en la cara de uno de los extremos longitudinales será de aproximadamente 90°, de modo de emular la forma de la costilla

en la zona de la columna vertebral, mientras que el ángulo formado entre el plano y la línea que une los dos extremos transversales a la pieza curvada irá disminuyendo gradualmente a lo largo de la pieza y en la cara de del otro de los extremos longitudinales el ángulo formado entre el plano y la línea que une los dos extremos transversales será un ángulo agudo, de modo de emular la forma de la costilla en la zona del esternón. Obviamente, el ángulo agudo y por lo tanto el alabeo dependerá de la costilla para la cual se aplica la prótesis.

El citado ángulo de aproximadamente 90° tendrá de preferencia entre 85° y 95°. Más preferido, será un ángulo de 90°.

El citado ángulo agudo depende de cuál sea la costilla para la cual se pretende aplicar la prótesis.

El alabeo a lo largo del eje se realiza entonces de modo que la prótesis tome una forma aproximada a la de la costilla fracturada, de modo que se pueda elegir la prótesis que más se ajuste a la forma de una determinada costilla y se pueda apoyar correctamente sobre la costilla fracturada. En otras palabras, el alabeo a lo largo del eje emula en forma aproximada la forma de una determinada costilla o de un grupo de costillas.

Las ranuras trasversales cumplen dos funciones: permiten alojar los elementos de fijación de la prótesis a la costilla y permiten cortar fácilmente la prótesis en forma manual, sin necesidad de herramientas, para ajustarla a la longitud deseada.

La presencia de ranuras permite unir la prótesis a la costilla mediante elementos de fijación y de esa manera no hay necesidad de perforar la costilla. Por ese procedimiento se reduce tiempo de quirófano, lo cual es de importancia fundamental en una operación porque se reducen tiempos de cirugía, se reducen costos de quirófano y se necesita menos anestesia (porque el tiempo de operación se reduce). Para la fijación de la prótesis a la costilla puede utilizarse cualquier medio de fijación biocompatible conocido, no siendo necesario ningún tipo de medio de fijación especial. Por ejemplo, puede utilizarse hilo de sutura o precintos estériles convencionales.

En algunos casos puede ser necesario cortar la prótesis para ajustar su longitud a la longitud deseada. Para cortar la prótesis bastará con que el cirujano realice presión con sus pulgares a ambos lados de la ranura elegida. La ranura se comportará como una zona débil que permitirá cortar la pieza. Esto también es de relevancia en

una intervención quirúrgica, porque se reduce tiempo de uso del quirófano, no se requiere herramientas estériles y no se genera polvo.

De preferencia, las ranuras transversales se encontrarán uniformemente espaciadas a lo largo de la pieza curvada.

- 5 La prótesis no requiere de la existencia de orificios pasantes, lo cual contribuye a facilitar la fabricación de la misma.

10 Las costillas no son todas iguales: cada costilla tiene su propia longitud y curvatura. El experto comprenderá entonces que la prótesis deberá ajustarse a la costilla fracturada, por lo cual no habrá un único tamaño de prótesis. Habitualmente será conveniente tener cuatro o cinco prótesis para las costillas del lado derecho y cuatro o cinco prótesis para las costillas del lado izquierdo, en especial para situaciones de urgencia.

15 Dado que la prótesis tiene cierto grado de flexibilidad y elasticidad, es posible curvarla ligeramente para adaptarla a la forma de la costilla. Por ese motivo, basta con cuatro o cinco prótesis de costillas de cada lado para que sea posible utilizar alguna de las prótesis con una costilla particular. El experto no tendrá dificultades para elegir la prótesis adecuada para cada caso.

20 Obviamente, si resulta necesario, es posible fabricar una prótesis personalizada para una costilla particular, ya que el procedimiento de fabricación es relativamente rápido. En ese caso, el alabeo a lo largo del eje seguirá exactamente el alabeo natural de la costilla, de manera de replicar su forma.

25 De preferencia, las prótesis tendrán un tamaño promedio de 290mm de largo, 10mm de ancho y 3mm de espesor, con una variación en +/- 30% en cualesquiera de esas dimensiones, de acuerdo a cuáles costillas esté dirigida la prótesis.

30 Los materiales preferidos para la construcción de la prótesis son materiales poliméricos biocompatibles. Especialmente preferido es el poliéter-éter-cetona (PEEK). El poliéter-éter-cetona permite fabricar una prótesis que tiene un grado de rigidez comparable a la flexibilidad natural de las costillas.

De preferencia, se incluirá al menos una línea de material radiopaco dentro del cuerpo de la prótesis y en toda su longitud. De ese modo se facilitará su visibilidad radiológica.

De preferencia, esa línea de material radiopaco estará formada por una sustancia
5 que contiene material radiopaco, dicha sustancia estando incorporada en un canal que
recorre la pieza curvada de un extremo al otro. En aquellos casos en que se desea
incluir un material radiopaco, la pieza curvada tendrá en cada uno de sus extremos
longitudinales, un orificio que conecta con el canal que recorrerá la pieza en toda su
longitud. A través de uno de esos orificios se inyectará el material radiopaco a lo largo
10 de todo el canal. De preferencia, el material radiopaco está incluido en una resina que
fluye a través del canal y luego polimeriza y solidifica. El experto comprenderá que la
pieza curvada puede ser construida con más de un canal longitudinal, de modo de
tener más de una línea de material radiopaco.

Ejemplos de materiales radiopacos que pueden ser utilizados son sulfato de bario
15 y medios de contraste yodados, como iotalamato, ioxaglato o iopamidol.

De preferencia, la superficie de la cara cóncava no será plana, sino que tendrá
relieve para facilitar el apoyo. Especialmente preferido es la presencia de resaltes o
salientes, que no sólo facilitan el apoyo, sino que permiten que el tejido crezca
20 alrededor de dichos relieves y de ese modo ayuda a mantener fija la prótesis. Los
salientes podrán distribuirse en toda la superficie de la cara cóncava o solamente en
parte de ella, aunque se prefiere que los salientes se distribuyan en toda la superficie,
más preferentemente que dicha distribución sea uniforme.

Por “resaltes o salientes” se refiere a elementos que sobresalen de la superficie
25 de la cara convexa.

De preferencia, los salientes tendrán forma piramidal. Sin embargo, el experto
comprenderá que puede darle cualquier otra forma adecuada, como por ejemplo
cónica, cilíndrica o estriada.

30 A continuación, se presentan dibujos que permiten una mejor comprensión de la
invención. Los dibujos deben ser considerados como realizaciones particulares de la
invención, no siendo en modo alguno limitantes de la misma.

La figura 1 muestra una costilla **1** fracturada, con los extremos fracturados **11**, **12**. La costilla **1** queda dividida entonces en dos segmentos **1a**, **1b** debido a la fractura. Se muestra la cara convexa **13** de la costilla y la cara cóncava **14** de la costilla

5 La figura 2 muestra el uso de un clavo intramedular para reparar la fractura, de acuerdo al estado de la técnica. En esta técnica el clavo, que consiste en un alambre grueso **2**, se introduce a través de la cara convexa **13** de uno de los segmentos **1b** de la costilla fracturada **1** a unos centímetros del foco de fractura **10** y en el canal medular del hueso. Se enfrentan los extremos fracturados y se hace progresar el alambre **2**
10 por el canal medular del hueso hasta que sale por la cara convexa **13** del otro segmento **1a** de la costilla fracturada **2**

La figura 3 muestra un agrafe metálico **3** de acuerdo al estado de la técnica. El agrafe comprende una lámina angosta **30** que sirve de soporte a una serie de
15 abrazaderas abiertas **31**. En este caso se muestran cuatro abrazaderas, pero el número podría ser mayor o menor.

La figura 4 muestra la aplicación del agrafe **3** en una costilla fracturada **1**. Se enfrentan los extremos fracturados, se coloca el agrafe **3** y luego se cierran y aprietan
20 las abrazaderas **31** sobre el hueso sano con una pinza especial, fijando de ese modo el foco de fractura **10**.

La figura 5 ejemplifica el uso de un entretejido con hilos sobre un grupo de costillas **100**, **101**, **102**, **103**, **104**, según el estado de la técnica. El entretejido consiste en un
25 hilo **4** que unen las distintas costillas y que tiene hilos **40** colocados alternadamente por encima y por debajo de dicho hilo **4** entre costillas.

La figura 6 ejemplifica el uso de un emparedado de malla-metacrilato **5** sobre un grupo de costillas **500**, **501**, **502**, **503**, **504**, según el estado de la técnica.

30

La figura 7 muestra la aplicación del emparedado de la figura 6, visto desde el lado superior. Se ve una costilla **502** y el emparedado **5**.

La figura 8 muestra una prótesis **6** según la invención. La prótesis comprende una pieza **60** curvada en sentido longitudinal y varias ranuras **61** en su cara convexa.

La figura 9 muestra otra vista de la prótesis **6**. En esta vista se ve más claramente la curvatura y el alabeo sobre el eje longitudinal de la pieza **60**, que emula la forma de la costilla.

La figura 10 es una vista de una sección de la prótesis desde su cara cóncava y en la zona del extremo que se ubicará más cerca del esternón. Se aprecia el alabeo de la pieza **60** sobre su eje longitudinal. La cara **62** presenta los dos extremos transversales a la pieza curvada **620**, **621**.

En este caso, la pieza presenta resaltes **63** para mejorar la fijación al hueso. El número de resaltes puede variar según la pieza o eventualmente la pieza podría no contener resaltes.

También se aprecia en la cara **62** el orificio de entrada **64** al canal longitudinal destinado a contener el material radio opaco. En el otro extremo (no visible en esta figura) está el otro orificio del canal. En este caso, la pieza tiene un único canal, pero el experto comprenderá que podría haber más de un canal para colocar material radiopaco. El experto también comprenderá que la pieza puede no contener canal para material radiopaco: esta disposición vuelve más difícil ubicar la prótesis desde el exterior del cuerpo, pero no impide el normal funcionamiento de la prótesis.

La figura 11 es una vista de una sección de la prótesis desde su cara cóncava y en la zona del extremo opuesto al de la figura 10, es decir, del extremo que se ubicará más cerca de la columna vertebral. En este caso se aprecia que el alabeo de la pieza **60** sobre el eje longitudinal es diferente al que se ve en la figura 10. Se aprecia la cara **65** del otro extremo longitudinal de la prótesis y el otro orificio de entrada **66** al canal para el material radiopaco. La cara **65** presenta los dos extremos transversales a la pieza curvada **650**, **651**.

La figura 12 es una vista completa de una prótesis desde su cara cóncava. Se aprecian los dos extremos **62**, **65** y los orificios **64**, **66** de entrada al canal interior para ubicar el material radiopaco. Los resaltes **63** cubren la cara cóncava en forma parcial.

La figura 13 es una vista completa de la prótesis desde su cara convexa. Se muestra el canal **7** que porta el material radiopaco. El canal **7** se representa con una línea punteada para representar que es interno a la pieza **60** y por lo tanto no es visible desde el exterior (a menos que la prótesis se fabrique en algún material transparente).

5

La figura 14 permite apreciar mejor el alabeo de la pieza **60**. Si se apoya la pieza **6** sobre un plano en toda su longitud, se pueden ver diferentes ángulos en los extremos. Las líneas **C** representan el plano sobre el cual apoya la prótesis.

En uno de los extremos, el ángulo formado entre el plano y la línea que une los dos extremos **650**, **651**, pertenecientes a la cara **65** y que son transversales a la pieza **60**, es un ángulo **A** de 90°. El ángulo entre el plano y la línea que une los dos extremos transversales va variando en forma continua a medida que se avanza a lo largo de la pieza **60**, hasta que en el otro de los extremos el ángulo formado entre el plano y la línea que une los dos extremos **620**, **621**, pertenecientes a la cara **62** y que son transversales a la pieza **60**, es un ángulo **B** agudo.

15

Esta forma es conveniente porque de ese modo la prótesis **6** emula la forma de la costilla. La curvatura y el alabeo de la pieza **60** permite un mejor apoyo contra la superficie convexa de la costilla.

20

La figura 15 es un detalle de la cara **65**, en la cual se aprecia el orificio **66** de entrada al canal **7**. El ángulo entre la línea que pasa por los extremos transversales **650**, **651** y el plano de apoyo es de 90°.

25

La figura 16 es un corte de la pieza **60** luego de avanzar algunos centímetros en sentido longitudinal desde la cara **65**. Se aprecia el canal **7** y que el ángulo entre la línea que pasa por los extremos transversales y el plano de apoyo es un ángulo menor de 90°.

30

La figura 17 es una vista que permite ver claramente una prótesis según la invención desde la cara convexa.

La figura 18 es otra vista de la prótesis de la invención, que permite ver la forma de arco de la prótesis.

La figura 19 muestra una prótesis de la invención cumpliendo la función de entablillar una costilla fracturada. La prótesis se fija en este caso a la costilla por medio de hilo de sutura (no mostrado) que pasa a través de las ranuras.

5 La figura 20 muestra la prótesis de la invención cumpliendo la función de sustituir parcialmente a una costilla fracturada. Para ello se une la prótesis a los extremos que quedan en la costilla y la propia rigidez de la estructura, que es similar a la de la costilla natural, permite que la estructura se comporte en forma natural como si fuera parte de la costilla durante los movimientos de inspiración y espiración.

10

La prótesis puede fabricarse por cualquier método conocido. Por ejemplo, podría fabricarse por extrusión con posterior conformado de las ranuras. También podría fabricarse por inyección, si no lleva el canal para el material radio opaco.

15 Una forma preferida de fabricación sería por manufactura aditiva (impresión 3D). Especialmente preferida es la fabricación por medio de filamento fundido (FFI) o por sinterizado láser.

Una vez fabricada la prótesis, esta se esteriliza por cualquier método de
20 esterilización conocido y se empaca en forma estéril.

Como métodos de esterilización preferidos, se citan la esterilización en autoclave, esterilización por peróxido y esterilización por óxido de etileno. Especialmente preferida, es la esterilización por óxido de etileno.

25 Para aplicar la prótesis, se elige la prótesis que más se adapte a la costilla fracturada y esa será la que se apoyará correctamente contra el hueso. Luego la prótesis se ajusta con un medio adecuado, por ejemplo hilo quirúrgico, el cual pasa por las ranuras y se amarra al hueso.

30

REIVINDICACIONES

1- Una prótesis individual para sustituir o entablillar una costilla, dicha prótesis
5 caracterizada por comprender:

- a- una pieza curvada en sentido longitudinal en forma de arco (60), dicha pieza presentando además una curvatura en sentido trasversal que define una cara cóncava (14) y una cara convexa (13) y un alabeo a lo largo del eje longitudinal y
- 10 b- dos o más ranuras trasversales (61) ubicadas en la cara convexa.

2- La prótesis según la reivindicación 1, caracterizada porque la cara cóncava posee resaltes (63).

15 3- La prótesis según la reivindicación 1, caracterizada porque las ranuras trasversales (61) se encuentran igualmente espaciadas.

4- La prótesis según la reivindicación 2, caracterizada porque las ranuras trasversales (61) se encuentran igualmente espaciadas.
20

5- La prótesis según la reivindicación 1, caracterizada porque posee al menos una línea de material radiopaco (7).

6- La prótesis según la reivindicación 2, caracterizada porque posee al menos una
25 línea de material radiopaco (7).

7- La prótesis según la reivindicación 3, caracterizada porque posee al menos una línea de material radiopaco.

8- La prótesis según la reivindicación 4, caracterizada porque posee al menos una
30 línea de material radiopaco (7).

9- La prótesis según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el material de dicha prótesis es poliéter-éter-cetona.

10- La prótesis según la reivindicación 9, caracterizada porque se fabrica mediante impresión 3D.

5

10

15

20

25

30

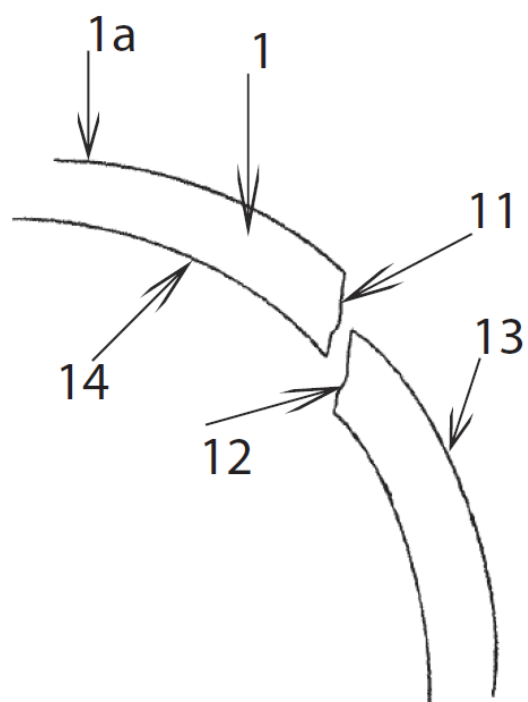


Figura 1

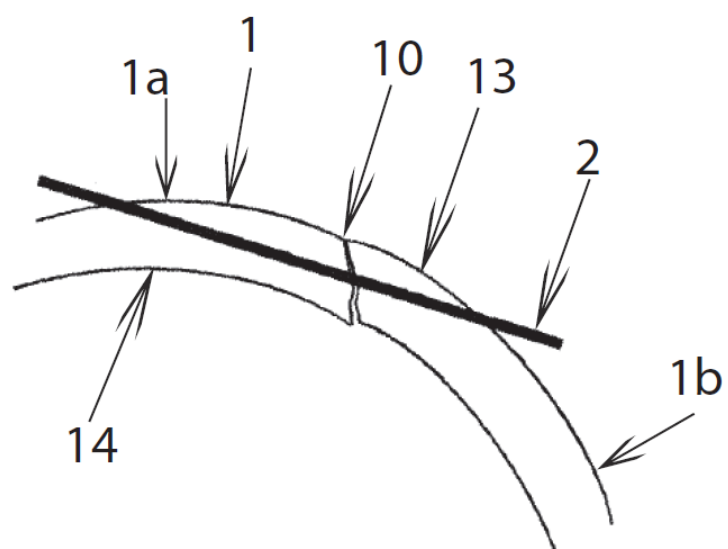


Figura 2

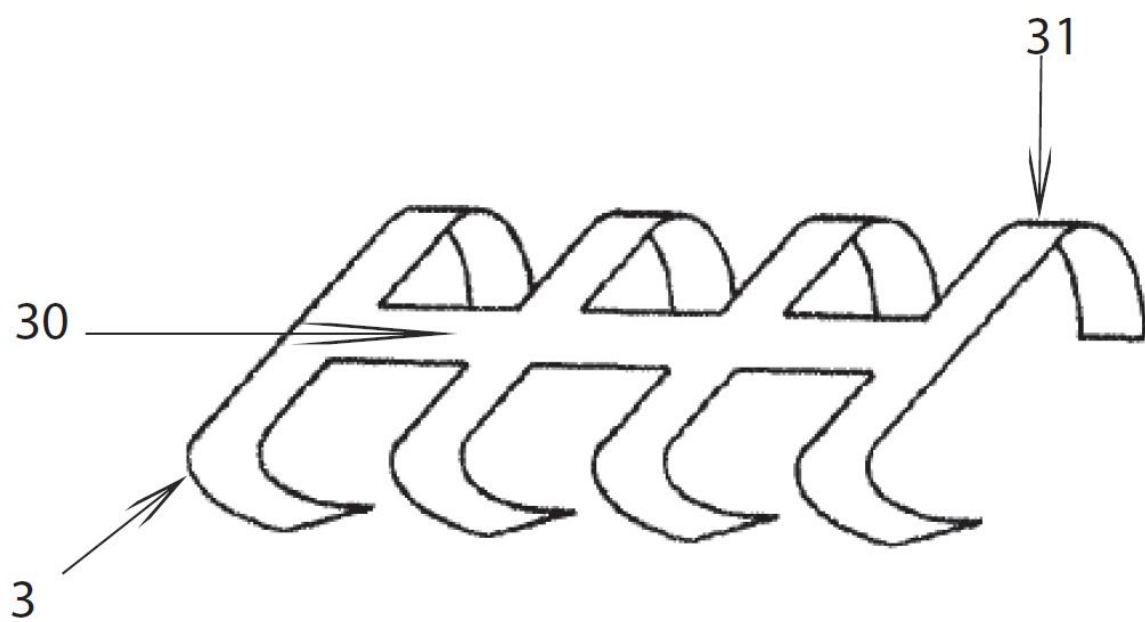


Figura 3

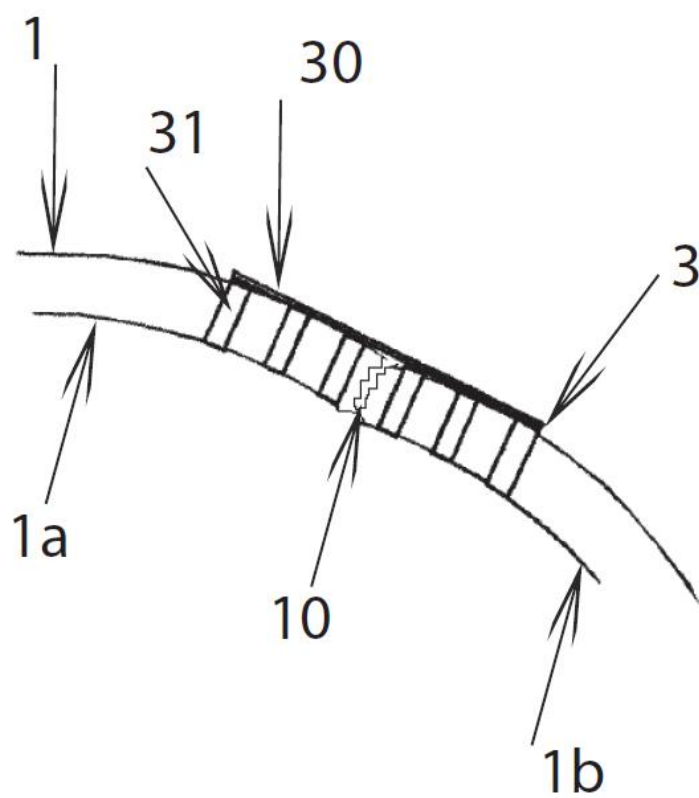


Figura 4

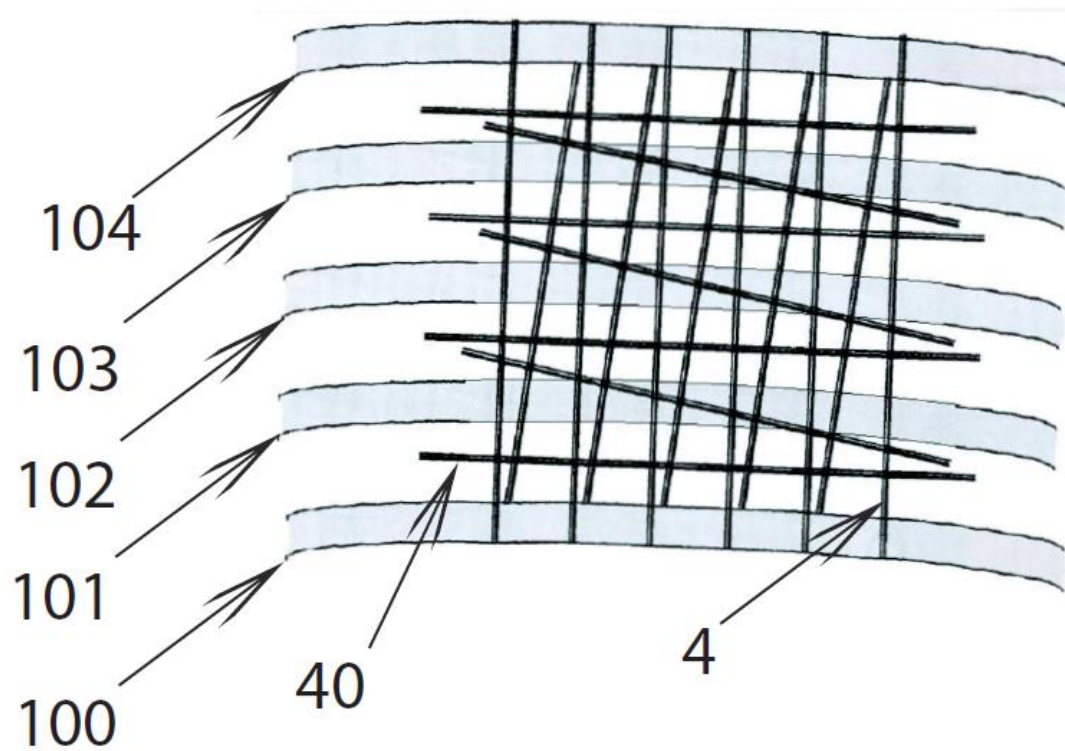
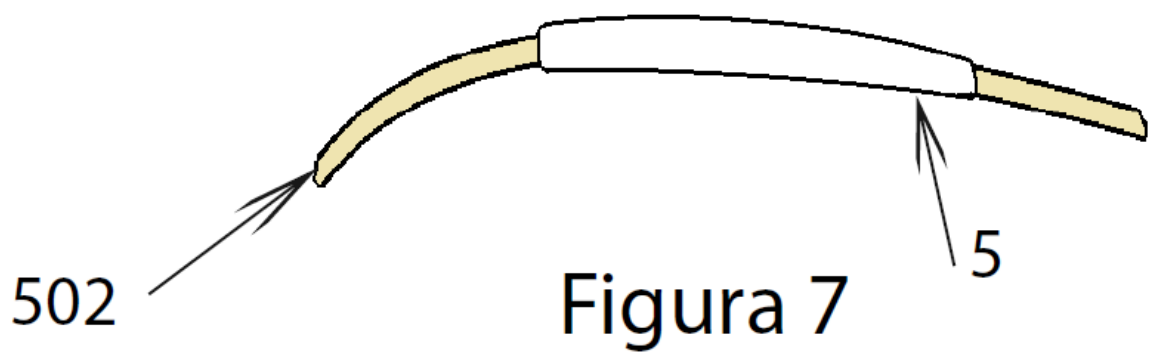
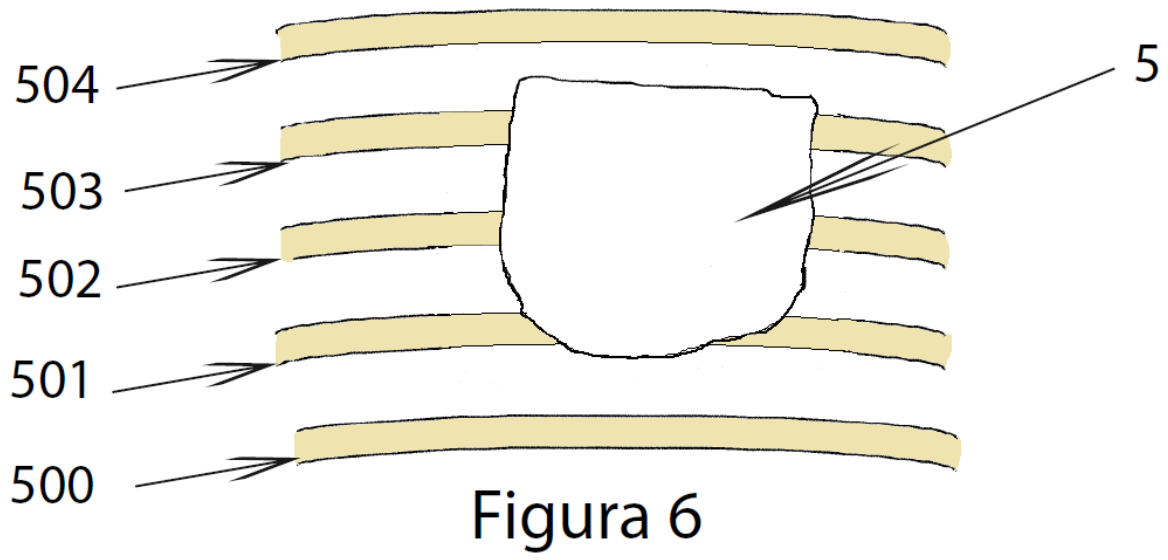


Figura 5



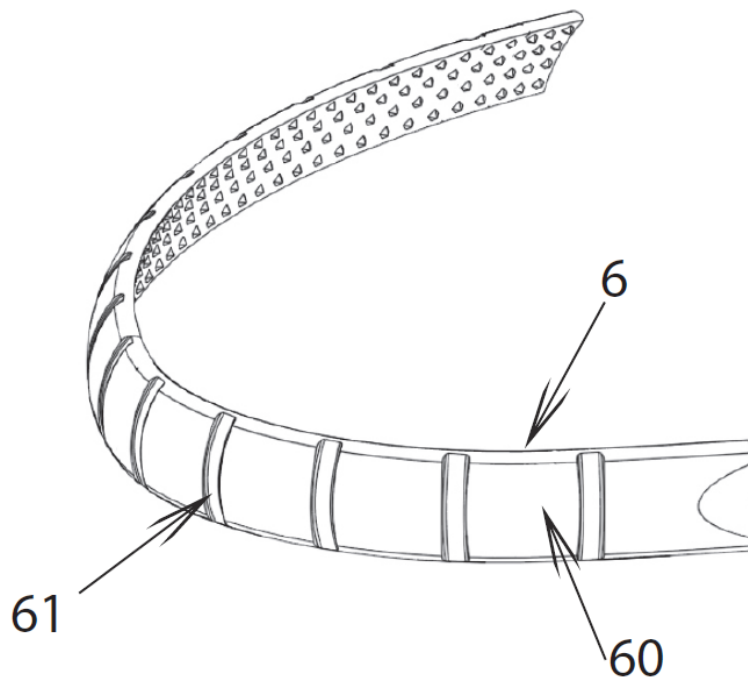


Figura 8

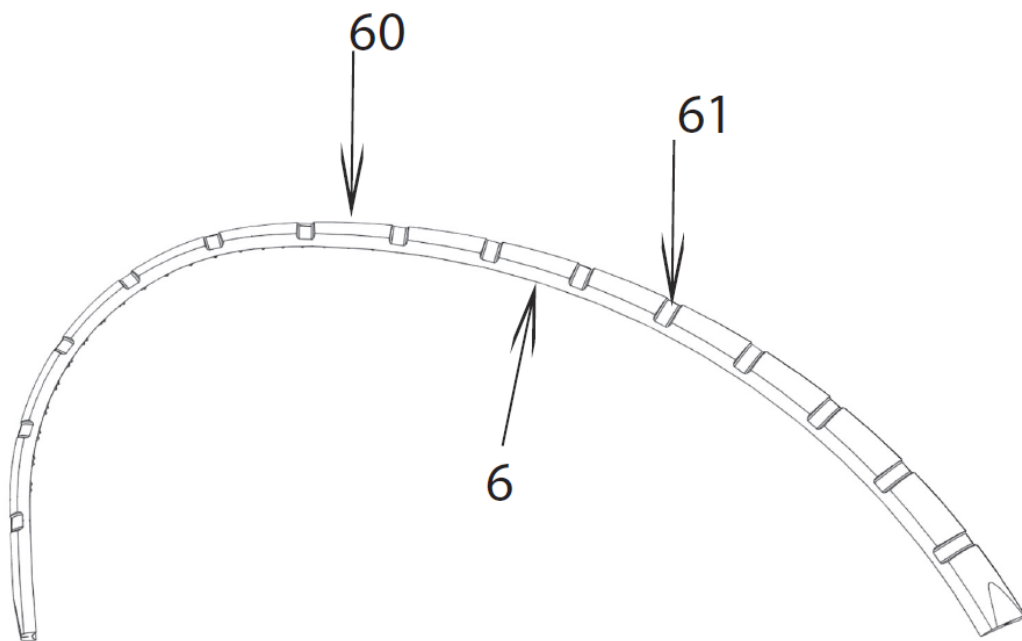


Figura 9

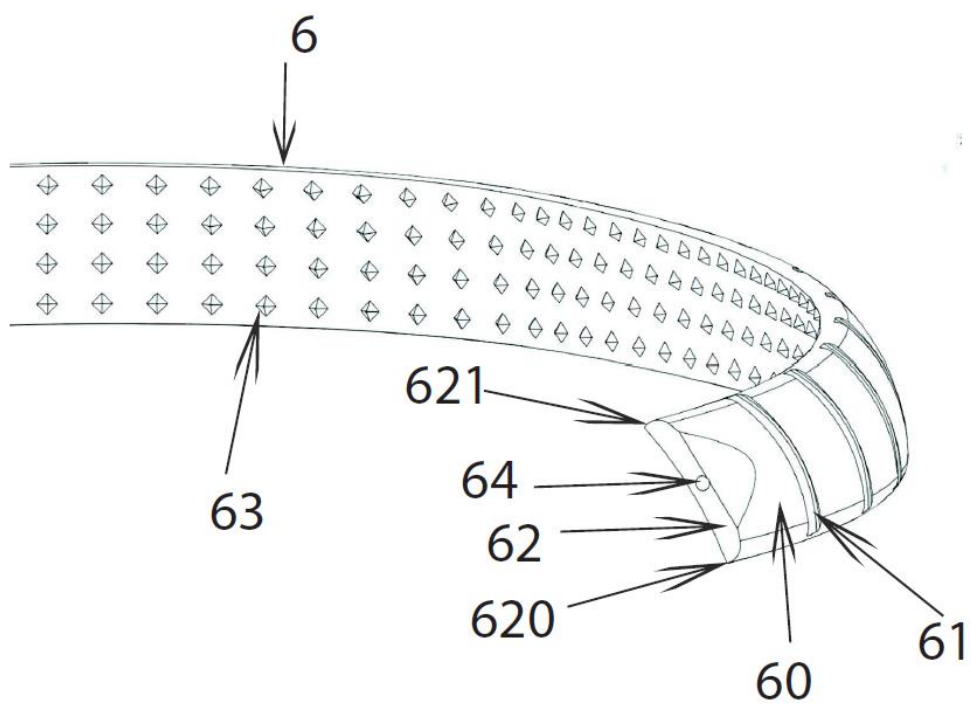


Figura 10

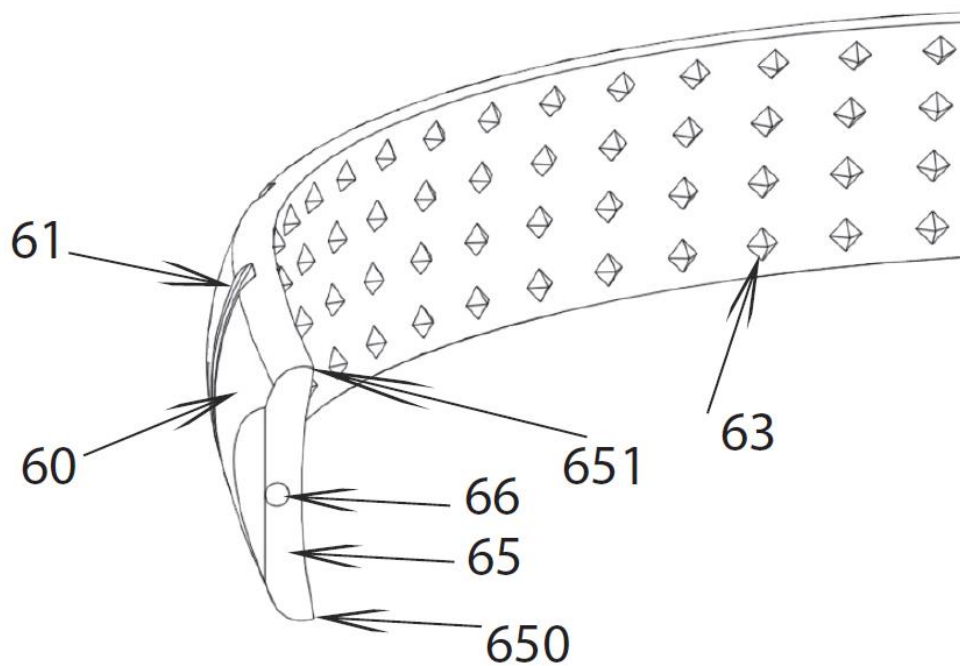


Figura 11

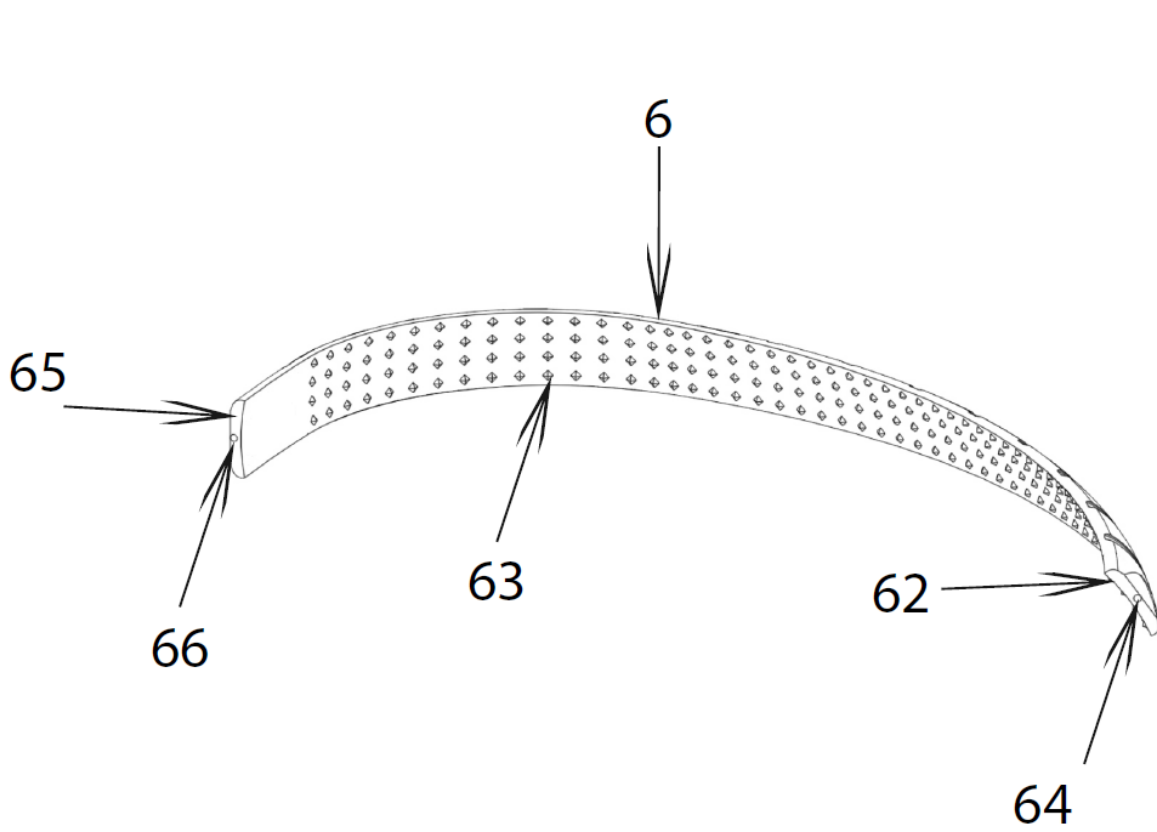


Figura 12

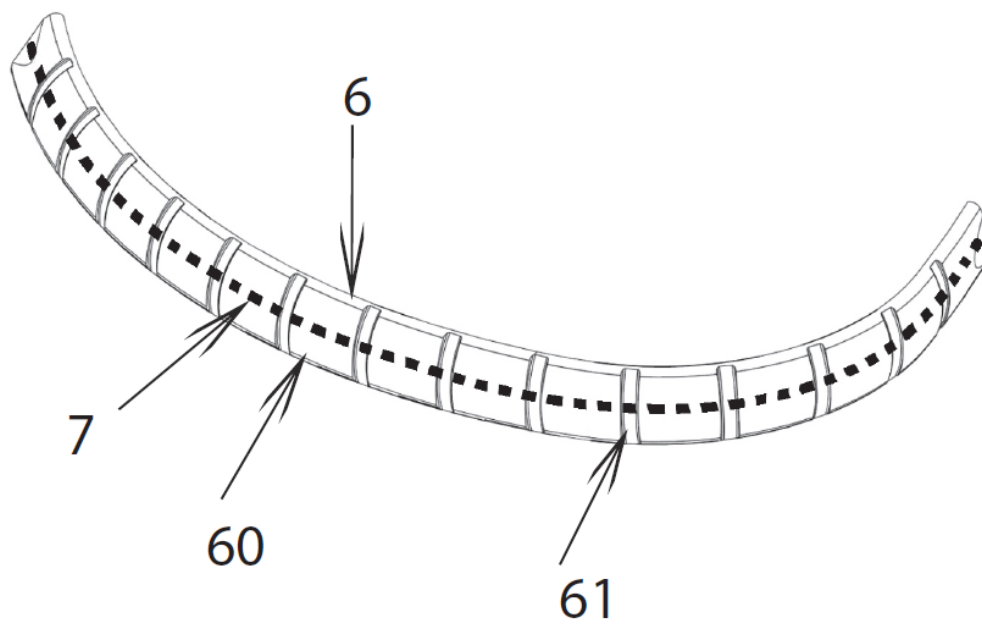


Figura 13

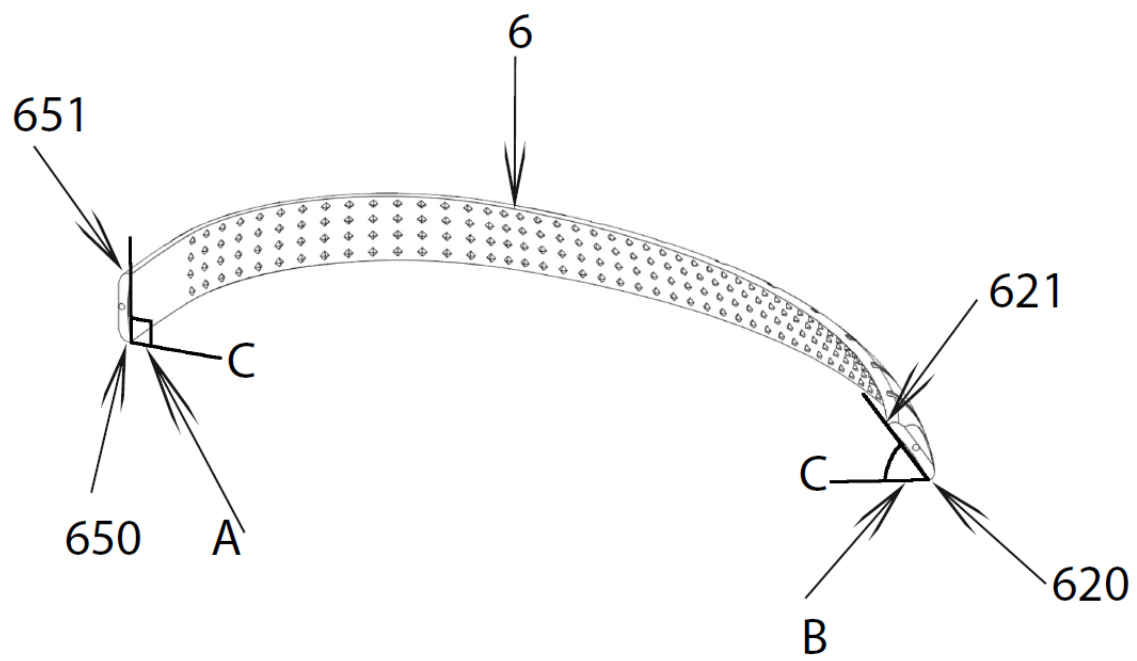


Figura 14

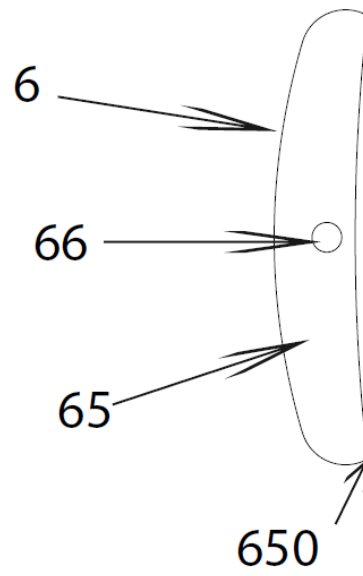


Figura 15

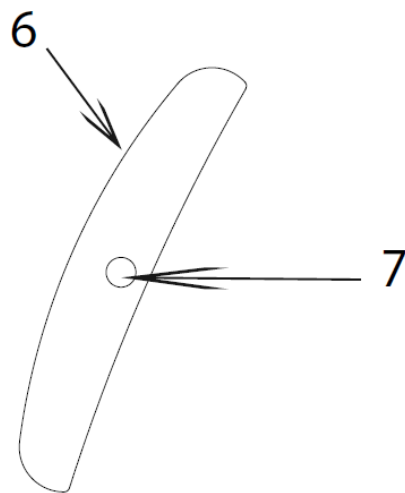


Figura 16

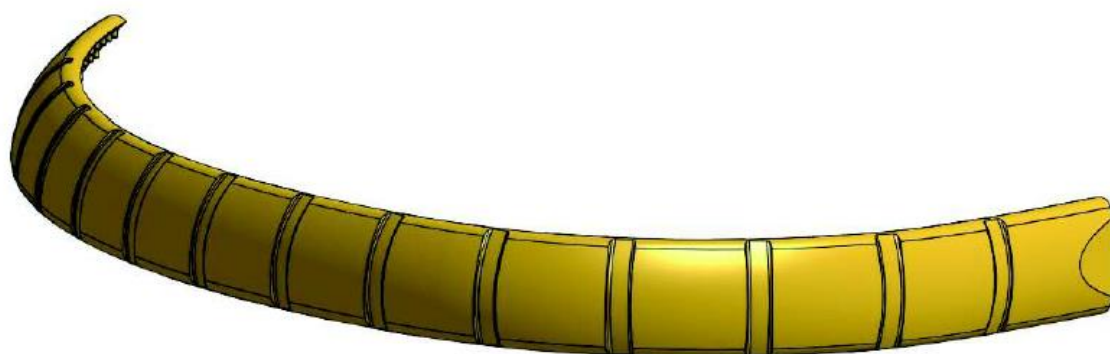


Figura 17

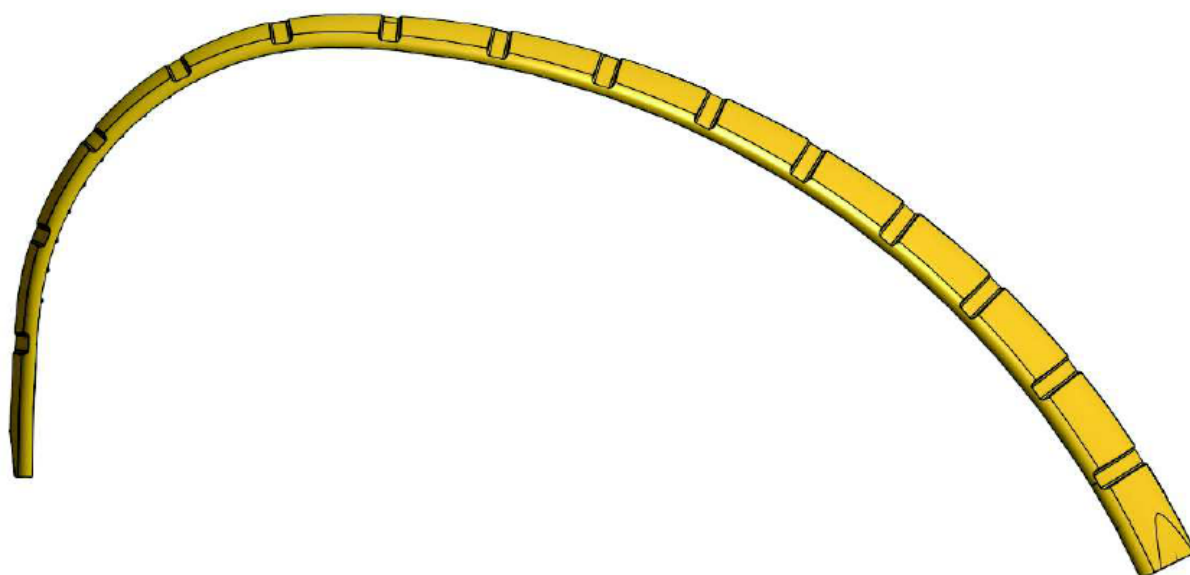


Figura 18

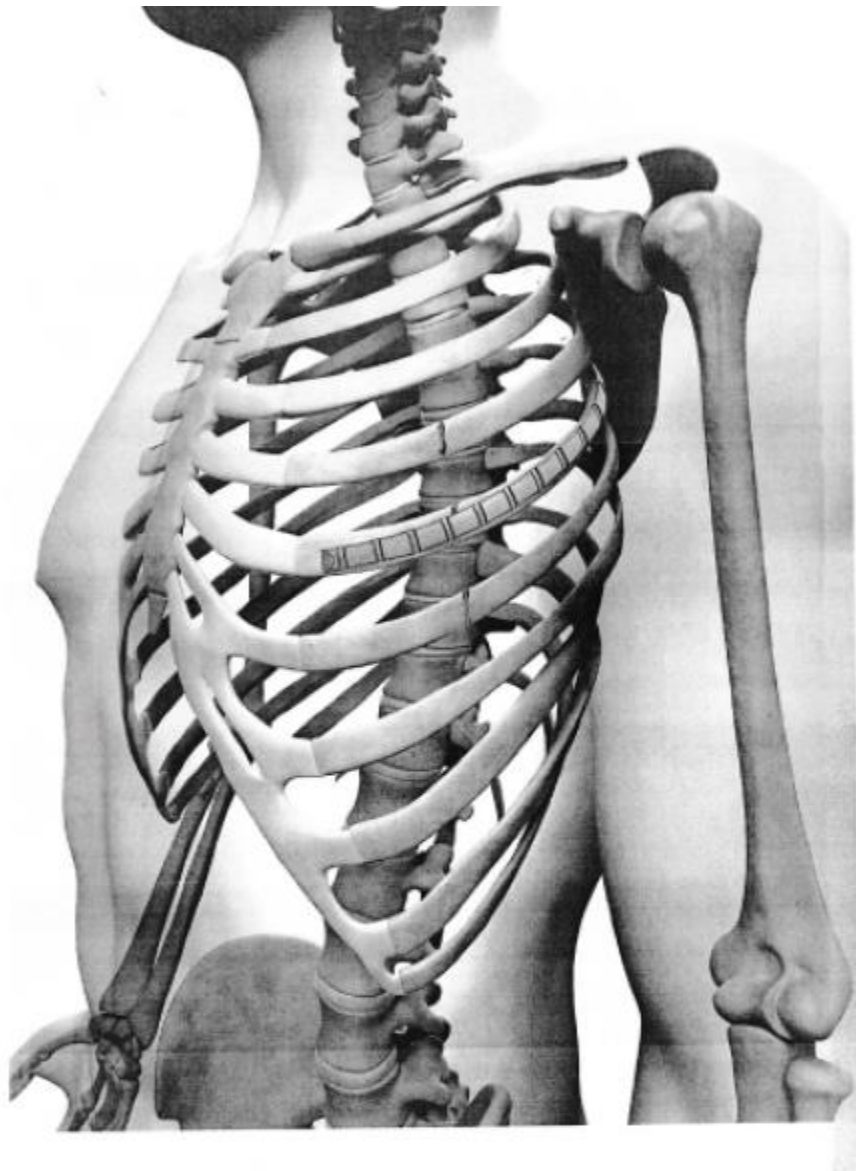


Figura 19

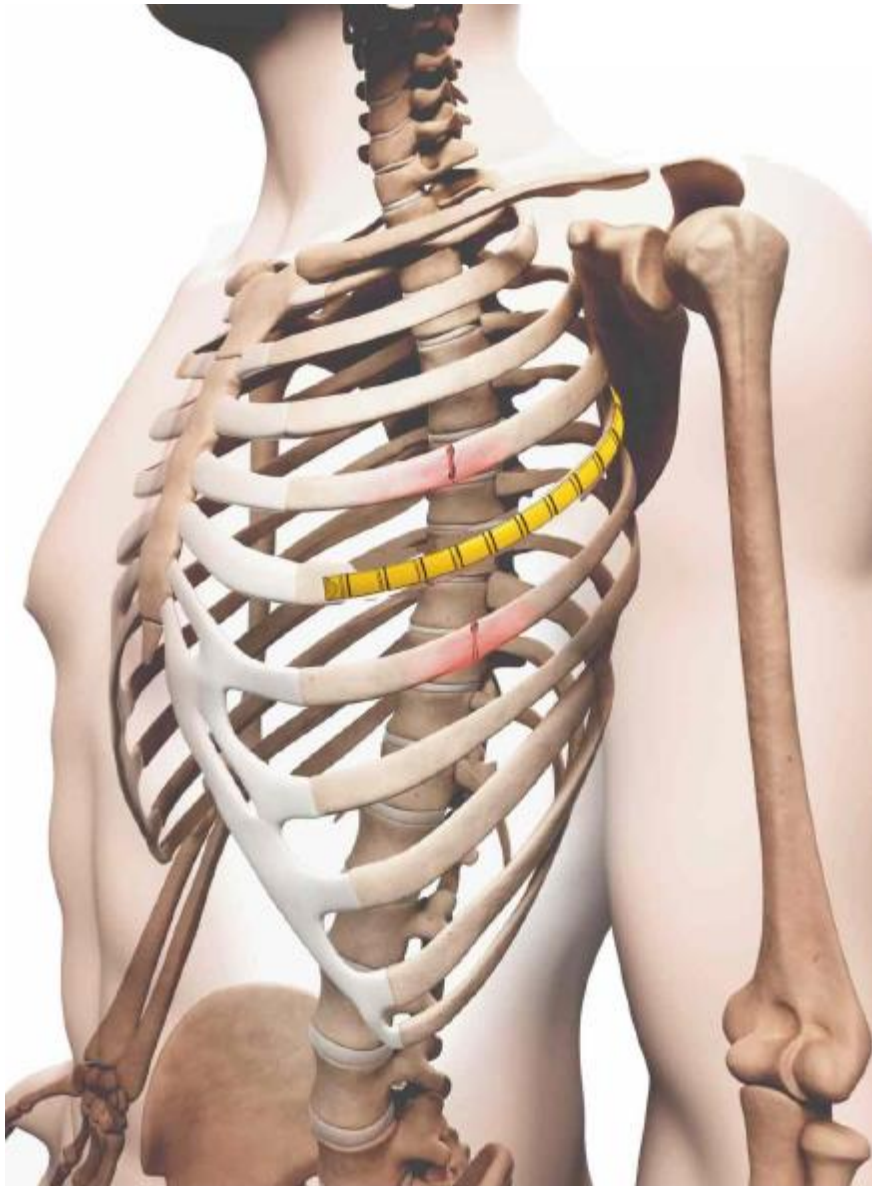


Figura 20

RESUMEN

Una prótesis para entablillar o sustituir una costilla, caracterizada porque comprende una pieza curvada en el sentido longitudinal y en el sentido trasversal, que define una cara cóncava y una cara convexa, dicha prótesis teniendo un alabeo sobre su eje longitudinal y dos o más ranuras trasversales sobre su cara convexa para el soporte de los medios de fijación a las costillas. La prótesis puede eventualmente contener una línea de material radiopaco que facilita su visibilidad radiológica.

10

15

20

25

30