

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 460**

51 Int. Cl.:

**A22C 17/00** (2006.01)

**A22B 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.05.2011 PCT/EP2011/057391**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011 WO11138461**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2011 E 11718105 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2566339**

54 Título: **Separación de la columna vertebral de una mitad de canal**

30 Prioridad:

**07.05.2010 DK 201070192**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**04.07.2017**

73 Titular/es:

**HUMBOLDT B.V. (100.0%)  
Albert Schweitzerstraat 33  
7131 PG Lichtenvoorde, NL**

72 Inventor/es:

**NIELSEN, ERIK VIND**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 621 460 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Separación de la columna vertebral de una mitad de canal

5 La presente invención se refiere a un método y a un sistema para separar la médula espinal de una mitad de una canal, tal como una canal porcina, en particular una media canal izquierda o derecha. La invención puede proporcionar, por ejemplo, un corte de parte superior de costilla y/o un corte de médula espinal.

10 En los últimos años, se han invertido muchos esfuerzos en el desarrollo de sistemas y métodos automatizados para el procesado de la carne en mataderos. El documento EP 985 348 da a conocer un método y un aparato para el corte longitudinal de las mitades de medias canales. El aparato comprende una sierra circular para realizar un corte de parte superior de costilla, pudiendo la sierra circular desplazarse en una dirección longitudinal por encima de un transportador, que soporta la mitad. Se conoce otro sistema para cortar mitades por el documento WO 03/032739, que da a conocer elementos de transportador con forma de cuña y un gancho para agarrar y sujetar una mitad por la columna vertebral. Se proporciona un sensor inductivo para medir posiciones horizontales de una superficie interior de la mitad a una distancia predeterminada por debajo del transportador. Las posiciones de un dispositivo de corte para cortar la mitad se ajustan en función de señales de control, que se derivan de las posiciones horizontales medidas.

15 Se ha encontrado que los cortes de parte superior de costilla o los cortes de médula espinal conocidos por la técnica anterior sufren la limitación de cortar cantidades relativamente grandes de carne junto con la columna vertebral debido a la falta de precisión en la colocación de los dispositivos de corte.

20 En general, la variación de las dimensiones exactas de las mitades complica el corte automatizado. Por ejemplo, debe evitarse que los dispositivos de corte se enganchen de manera accidental en la propia columna vertebral, ya que esto podría dar como resultado la presencia de fragmentos de hueso en la carne, lo que complicaría el procesamiento adicional de la misma y sería inaceptable para los consumidores. Además, existe el riesgo de que la carne valiosa comercialmente que va a procesarse adicionalmente y a venderse se dañe físicamente debido a una colocación inadecuada del dispositivo de corte, e incluso puede producirse un daño en el propio dispositivo de corte. Por tanto, el corte para la separación de la columna vertebral se sitúa normalmente a una determinada distancia de seguridad en la carne, lo que por un lado minimiza el riesgo de un corte accidental en la médula espinal y/o en la carne valiosa comercialmente, pero que por otro lado da como resultado un grado relativamente alto de desechos, debido a que la carne, que podría haberse vendido si hubiera permanecido en la mitad, se ha cortado y desechado junto con la columna vertebral.

30 Otra desventaja de los sistemas disponibles comercialmente para la separación automatizada de las columnas vertebrales de mitades de medias canales es que se necesitan máquinas independientes para medias canales derechas e izquierdas, respectivamente. Esto duplica la inversión en maquinaria, haciendo que los sistemas automatizados sean todavía menos competitivos con respecto al corte manual.

35 Las cantidades de desechos pueden reducirse en un procedimiento de corte manual, en el que un operario controla manualmente la posición de una sierra circular con respecto a la mitad. A pesar de que un procedimiento de este tipo es muy laborioso, y por tanto costoso, actualmente sigue siendo el procedimiento preferido en muchos mataderos debido a las desventajas mencionadas anteriormente de los sistemas automatizados y debido a la baja inversión inicial en equipos de corte.

40 El documento EP-A-1 736 057 da a conocer un método y un dispositivo de extracción de espina dorsal, en los que una cámara CCD capta la posición y la forma de la columna vertebral en un bloque de carne. Basándose en la imagen captada, se controla un robot de brazo articulado de seis ejes para colocar un cuerpo de borde redondeado en una posición y un ángulo de inclinación determinados. El cuerpo de borde redondeado realiza dos cortes en forma de letra V.

45 Se ha encontrado que la configuración en letra V del corte logrado por el método y el dispositivo del documento EP-A-1 736 057 hace que el sistema sea bastante complejo e ineficaz.

Adicionalmente, existe la necesidad adicional de minimizar la cantidad de desechos, a pesar de la mejora lograda por el sistema automatizado del documento EP-A-1 736 057.

50 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método y un sistema para la separación automatizada de la columna vertebral de una mitad de canal que minimice las cantidades de desechos proporcionando una colocación precisa del dispositivo de corte. Otro objeto de la invención es proporcionar un método y un sistema que sean menos complejos y más económicos que los sistemas de la técnica anterior. Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema que elimine la necesidad de contar con maquinaria independiente para el corte de medias canales izquierdas y derechas. En un primer aspecto, la invención proporciona un método de separación de la columna

vertebral de una mitad de canal, que comprende las etapas de:

- determinar una trayectoria de corte (lc) para un dispositivo de corte para la separación de la columna vertebral de la mitad de canal;
- 5 - separar la columna vertebral de la mitad de canal provocando un movimiento relativo entre la mitad y el dispositivo de corte y provocando simultáneamente que el dispositivo de corte se enganche en la mitad de canal;
- explorar ópticamente la mitad de canal para proporcionar una exploración de una superficie exterior de la mitad de canal;
- identificar el conducto vertebral de la columna vertebral en la exploración basándose en procesamiento digital de la misma;
- 10 - determinar la posición relativa de la trayectoria de corte (lc) con respecto a la mitad de canal basándose en la posición del conducto vertebral en dicha exploración; y
- controlar el movimiento relativo entre la mitad y el dispositivo de corte durante la separación de la columna vertebral para lograr un corte a lo largo de la trayectoria de corte (lc) predeterminada, en el que al menos las etapas de explorar ópticamente e identificar el conducto vertebral de la columna vertebral se producen antes de la etapa de provocar que el dispositivo de corte se enganche en la mitad de canal.

15 En todos los aspectos de la presente invención, la mitad de canal puede estar soportada por un transportador durante la separación de la columna vertebral de la misma, y el transportador puede transportar longitudinalmente la mitad de canal más allá del dispositivo de corte durante la separación de la columna vertebral. Por tanto, el dispositivo de corte puede ser estacionario longitudinalmente.

20 En un segundo aspecto, la invención proporciona un sistema para separar la columna vertebral de una mitad de canal, que comprende:

- un dispositivo de corte;
- un sistema de control para determinar una trayectoria de corte (lc) para el dispositivo de corte para la separación de la columna vertebral de la mitad de canal;
- 25 - un sistema de movimiento para provocar un movimiento relativo entre la mitad y el dispositivo de corte mientras el dispositivo de corte se engancha en la mitad de canal;
- un dispositivo de exploración de imagen óptica o cámara para proporcionar una exploración de una superficie exterior de la mitad de canal;
- un sistema de control para identificar el conducto vertebral de la columna vertebral en la exploración basándose en procesamiento digital de la misma y para determinar, basándose en el procesamiento digital de dicha exploración, y basándose en la posición del conducto vertebral en dicha exploración, una trayectoria de corte (lc) para el dispositivo de corte para la separación de la columna vertebral.

35 En general, la presente invención se basa en la identificación de determinadas partes de la mitad de canal antes de la separación de la columna vertebral de la misma. Por ejemplo, la trayectoria de la columna vertebral puede detectarse en una exploración óptica. En particular, se identifica el conducto vertebral de la columna vertebral. Por consiguiente se determina una trayectoria para el dispositivo de corte basándose en la trayectoria del conducto vertebral de la propia columna vertebral. También pueden obtenerse adicionalmente contornos y formas tridimensionales de la mitad basándose en una exploración tridimensional, obtenida por ejemplo mediante una o más cámaras digitales, permitiendo por tanto controlar no solamente la posición del dispositivo de corte, sino también su orientación, es decir al menos uno del ángulo de inclinación, guiñada y cabeceo. Se ha encontrado que el conducto vertebral puede identificarse más fácilmente en exploraciones ópticas, tales como imágenes digitales, que la propia columna vertebral. Además, según la invención, en la exploración óptica, la identificación del conducto vertebral en lugar de la columna vertebral ha mostrado que da como resultado un corte más preciso con una minimización de desechos.

45 Por tanto, se apreciará que la trayectoria de corte puede optimizarse basándose en el conocimiento del sistema de control de la posición y la trayectoria del conducto vertebral de la columna vertebral.

Por consiguiente, los desechos pueden minimizarse, y la posición y la orientación exactas del corte pueden

controlarse a lo largo de toda la longitud de la mitad de canal. Además, el procesamiento de la exploración hace que sea posible detectar si la mitad de canal es una media canal derecha o izquierda y, a su vez, el dispositivo de corte puede controlarse basándose en esta información para procesar la mitad de canal en consecuencia. Por tanto, no existe necesidad de equipos independientes para procesar medias canales izquierdas y derechas. Además, como la forma de superficie de la media canal se detecta en una exploración tridimensional, el dispositivo de corte puede controlarse para evitar un corte no deseado en la carne y/o hueso. Se comprenderá que la trayectoria de corte (lc) puede no ser lineal en la mayoría de los casos cuando se observa a lo largo de una vista longitudinal.

La mitad de canal puede estar soportada por una superficie de soporte, tal como un transportador, por ejemplo una cinta transportadora, durante la separación de la columna vertebral de la misma, preferiblemente con un lado de piel de la mitad de canal orientado hacia la superficie de soporte. Al menos una parte de la mitad de canal puede moverse con respecto a la superficie de soporte, mientras el dispositivo de corte se engancha en ella para separar la columna vertebral de la misma. Por consiguiente, pueden permitirse desvíos de la mitad de canal, mientras tiene lugar la separación de la columna vertebral. Se ha encontrado que tales desvíos minimizan el riesgo de dañar el dispositivo de corte, ya que el dispositivo de corte no se ve forzado a flexionarse o a contrarrestar soportes firmes que actúan sobre la mitad de canal. En realizaciones preferidas, la separación de la columna vertebral se lleva a cabo sin ningún enderezamiento de la mitad de canal y sin ninguna fijación a la misma además de la fijación en una dirección longitudinal, que es necesaria con el fin de contrarrestar la fuerza de corte transmitida por el dispositivo de corte. Por ejemplo, un transportador para la mitad puede dotarse de puntas u otras protuberancias, o medios de fricción de superficie aumentada para proporcionar a la mitad una estabilidad necesaria con respecto al transportador.

En realizaciones preferidas de la invención, la columna vertebral se separa de la mitad de canal mediante un único corte, logrado por ejemplo mediante una única sierra circular. Por consiguiente, se evitan una pluralidad de cortes, y pueden procesarse significativamente más unidades de canal por unidad de tiempo. En realizaciones de la invención, en las que la posición y el ángulo de inclinación del dispositivo de corte pueden variar a lo largo de la trayectoria de corte, un posible aumento de desechos provocado por la realización de solamente un único corte se ve compensado por una posición y un ángulo de inclinación variables del dispositivo de corte. En una realización de la invención, se determina la trayectoria de corte para cortar la columna vertebral de manera que las costillas están expuestas con el fin de facilitar el deshuesado posterior.

En realizaciones preferidas de la presente invención, el dispositivo de corte puede ser una sierra circular. Sin embargo, pueden emplearse otros tipos de dispositivos de corte, tal como sierras o cuchillas de movimiento alternativo.

El dispositivo de corte puede colocarse para separar la columna vertebral de mitades de canal izquierda y derecha para evitar la necesidad de contar con maquinaria independiente para partes izquierdas y derechas, y para evitar la necesidad de contar con equipos de selección aguas arriba del dispositivo de corte. Por consiguiente, los métodos de la presente invención pueden comprender las etapas de:

- procesar digitalmente la exploración para determinar si la mitad de canal es una media canal izquierda o derecha antes de separar la columna vertebral de la misma, y
- transmitir una señal de control para el control del dispositivo de corte, basándose en la cual el dispositivo de corte se coloca con respecto a la parte de canal para tener en cuenta si es una media canal izquierda o derecha.

A continuación se describirán adicionalmente realizaciones de la invención con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

las figuras 1-3 muestran secciones transversales de una mitad de una media canal porcina;

la figura 4 ilustra una cadena de procesado que incorpora un sistema según la presente invención para separar la columna vertebral de una mitad de una media canal;

la figura 5 es una imagen de una mitad de una media canal porcina, que ilustra una trayectoria de columna vertebral, una trayectoria de corte, una superficie de columna vertebral y un ángulo de inclinación de un futuro corte de columna vertebral;

la figura 6 es una imagen procesada digitalmente de la superficie exterior de una mitad de una media canal porcina;

la figura 7 ilustra una sección transversal a través de una mitad de una media canal porcina y una línea de corte para la separación de la columna vertebral tal como se determina basándose en el procesamiento digital de imágenes;

la figura 8 ilustra posiciones de una sierra circular en una sección transversal longitudinal de una mitad de una media

canal porcina.

Las figuras 1-3 son ilustraciones de una sección transversal a través de una mitad de una media canal porcina. Tal como se muestra en la figura 1, la mitad comprende una parte superior de costilla que incluye el conducto vertebral y la médula espinal (en el presente documento la médula espinal también se denomina columna vertebral). La apófisis espinosa se extiende transversalmente desde el conducto vertebral a lo largo de la superficie (a) de columna vertebral. Las figuras 1-3 muestran además la línea posterior y la costilla. La figura 2 muestra dos posibles cortes para la separación de la columna vertebral de la mitad, un corte de parte superior de costilla y un corte de médula espinal. Ambos tipos de corte pueden conseguirse mediante los métodos según la presente invención. La figura 3 muestra un corte de mitad, que puede llevarse a cabo inmediatamente antes de o inmediatamente después de la separación de la columna vertebral de la mitad.

Tal como se muestra de manera general en la figura 4, en una realización de la invención, la mitad puede transportarse más allá de una unidad de cámara para obtener la exploración de la superficie exterior de la mitad. Posteriormente, la mitad se transporta adicionalmente más allá de la unidad de corte de parte superior de costilla, que separa la columna vertebral de la mitad según la presente invención. El control del robot que sujeta una sierra circular u otro dispositivo de corte adecuado se lleva a cabo mediante un ordenador (no mostrado) basándose en el procesamiento digital de la exploración obtenida por la cámara. Después de que la mitad haya pasado la unidad de corte de parte superior de costilla, la mitad se transporta más allá de una sierra de mitad para realizar el corte de mitad ilustrado en la figura 3.

El procesamiento digital de la exploración puede comprender las etapas de determinar las coordenadas de la columna vertebral para identificar una trayectoria de columna (ls), véase la figura 5, en una pluralidad de secciones transversales diferentes a lo largo de la longitud de la mitad de canal. La etapa de determinar la trayectoria de corte (lc) para el dispositivo de corte puede comprender las etapas de determinar, en una pluralidad de secciones transversales diferentes a lo largo de la longitud de la mitad de canal:

- una distancia transversal (d) entre la trayectoria de columna y la trayectoria de corte (lc) en la superficie (a) de columna vertebral de la mitad de canal,

- un ángulo de inclinación ( $[\theta]$ ) entre la superficie (a) de columna vertebral y el dispositivo de corte en un plano transversal, que es esencialmente perpendicular a la trayectoria de corte (lc) y/o a la columna vertebral; por tanto, el dispositivo de corte puede rotar alrededor de un eje longitudinal, es decir, un eje que es esencialmente paralelo a la columna vertebral.

Por consiguiente, la posición y la orientación del dispositivo de corte pueden controlarse mientras el dispositivo de corte se engancha en la mitad de canal, para colocar y orientar el dispositivo de corte para separar la columna vertebral de la mitad de canal a lo largo de la trayectoria de corte (lc) deseada en el ángulo de inclinación ( $[\theta]$ ) deseado.

Debe entenderse que el ángulo de inclinación ( $[\theta]$ ) puede determinarse con referencia al plano de la columna vertebral (a) o con referencia a cualquier otra superficie, tal como la superficie de un transportador que soporta la mitad de canal. Un ángulo de cabeceo del dispositivo de corte puede controlarse adicionalmente mientras se engancha en la mitad de canal. En el presente contexto, el ángulo de cabeceo denomina ese ángulo, que está definido entre el dispositivo de corte y la superficie (a) de columna vertebral en un plano que se extiende longitudinalmente que es esencialmente paralelo a la columna vertebral, es decir, que rota alrededor de un eje transversal, es decir, un eje que es esencialmente perpendicular a la columna vertebral.

En realizaciones de la invención en las que el dispositivo de corte comprende una sierra circular, el ángulo de cabeceo se controla preferiblemente para evitar que un borde orientado hacia atrás de la sierra circular se enganche en la mitad de canal, mientras un borde orientado hacia delante de la sierra circular se engancha en la mitad de canal para separar la columna vertebral de la misma. Por tanto, se evitan cortes no deseados del borde orientado hacia atrás de la sierra en la carne, de la que ya se ha separado la columna vertebral, tal como se comentará más abajo con referencia a la figura 8. Esto mejora la calidad de la carne y reduce el desgaste de la sierra. El control del movimiento del dispositivo de corte con respecto a la mitad de canal o con respecto a un transportador que soporta la mitad de canal comprende preferiblemente seis grados de libertad, es decir:

- la posición (x, y, z) de una parte central del dispositivo de corte en cada una de una pluralidad de posiciones diferentes a lo largo de la longitud de la mitad de canal; la posición (x, y, z) puede ser, por ejemplo, una posición con respecto a un punto de referencia en la mitad de canal o con respecto a un punto en un transportador o con un punto de referencia fijo;

- el ángulo de inclinación ( $[\theta]$ ) del dispositivo de corte en cada una de dicha pluralidad de posiciones diferentes;

- el ángulo de cabeceo del dispositivo de corte en cada una de dicha pluralidad de posiciones diferentes; y

- un ángulo de guiñada del dispositivo de corte, es decir una posición angular del dispositivo de corte con respecto a un eje vertical, en cada una de dicha pluralidad de posiciones diferentes.

5 En general, la posición espacial y/o la orientación del dispositivo de corte con respecto a la parte de canal pueden variar a lo largo de la trayectoria de corte. En otras palabras, la posición del dispositivo de corte puede variar a lo largo de al menos un eje además del eje a lo largo del que se mueve la parte de canal. De manera adicional o alternativa, la orientación, es decir la rotación del dispositivo de corte, puede variar alrededor de al menos un eje con respecto a la parte de canal durante el corte.

10 La columna vertebral y/o el conducto vertebral pueden identificarse en la exploración mediante el procesamiento digital de una imagen diferencial, en la que el borde orientado hacia la costilla de la sección de columna vertebral de la mitad de canal y/o la columna vertebral se detecta basándose en una diferencia de altura. La mitad de canal puede estar soportada por un transportador durante la separación de la columna vertebral de la misma, y el transportador puede transportar longitudinalmente la mitad de canal más allá del dispositivo de corte durante la separación de la columna vertebral. Por tanto, el dispositivo de corte puede ser estacionario longitudinalmente.

15 Haciendo referencia a la figura 5, para determinar el corte, se determina el ángulo de la superficie (a) de columna vertebral con respecto al plano de transportador. Como la superficie (a) está retorcida a lo largo de la curva de corte, este ángulo se encuentra en varias de posiciones a lo largo de la mitad. A continuación, se encuentra la trayectoria de espina dorsal (ls) del conducto vertebral a lo largo de la mitad. La trayectoria de corte (lc) se calcula posteriormente. El ángulo de inclinación ( $[\theta]$ ) y la distancia (d) entre la trayectoria de corte (lc) y la trayectoria de conducto vertebral (ls) varían a lo largo de la curva de corte. La variación del ángulo de inclinación ( $[\theta]$ ) y de la distancia (d) depende de si la mitad es una mitad de una media canal izquierda o derecha, el tamaño de la mitad y de ajustes de usuario.

25 El robot que controla el dispositivo de corte tiene seis grados de libertad. Por consiguiente, cada coordenada tiene 6 partes: controlar la posición del robot en tres dimensiones (x, y, z), así como los ángulos guiñada, cabeceo e inclinación del dispositivo de corte. La trayectoria de corte se proporciona como una enumeración de n conjuntos de coordenadas discretos dispuestos de manera equidistante a lo largo de la mitad. El sistema también tiene la capacidad de determinar las costillas y medir la longitud desde la primera hasta la última costilla. La información de costillas y la información sobre el retorcimiento de la superficie se usan para distinguir entre medias izquierdas y derechas de mitades. El conducto vertebral de la columna vertebral se encuentra usando un algoritmo de tres etapas, cuyo resultado se muestra en la figura 6. En primer lugar se encuentra el borde orientado hacia la costilla de la columna vertebral cerca de la costilla (la parte interior del cerdo). Esta etapa se ve facilitada por la diferencia de altura cerca del borde. El borde se encuentra en una imagen diferencial, es decir, una imagen en la que cada punto se resta del punto a continuación (horizontal en la imagen). En la imagen diferencial se busca a continuación verticalmente esa trayectoria continua, que tiene el mayor realzado de borde. Esto se ilustra mediante la línea negra que se encuentra a la derecha en la imagen de la figura 6. La trayectoria de borde se usa a continuación para generar un recorte de la imagen original. La imagen resultante solamente contiene esa parte de la imagen, que contiene la columna vertebral. En la imagen recortada se lleva a cabo un procedimiento adicional de imagen diferencial, y el borde más largo en esta imagen representa el conducto vertebral de la columna vertebral, tal como se ilustra mediante la línea en negrita en la sección derecha de la mitad del dibujo en la figura 6. Como última etapa, los trayectos encontrados se suavizan aproximando una curva spline a los datos. La figura 7 muestra una sección transversal de la mitad. La cruz en la superficie (a) de columna vertebral muestra la posición en la que debe entrar el dispositivo de corte, por ejemplo la sierra circular. Para encontrar este punto, se aproxima una línea a la superficie. A continuación, el punto de entrada se encuentra a una distancia (d) con respecto a la posición del conducto vertebral de la columna vertebral en esta línea (véase la figura 5).

45 El ángulo de inclinación del corte se usa para encontrar la dirección del corte. Finalmente, debe determinarse la profundidad del dispositivo de corte. En la práctica, es deseable que la sierra corte lo más cerca posible de la columna vertebral.

50 La figura 8 muestra una sección transversal longitudinal a través de la mitad de una media canal. La sierra circular se mueve de izquierda a derecha en la sección transversal. En la figura 8 se muestran diversas posiciones de la sierra (A-E). Tal como se ilustra, la sierra tiene diferentes ángulos de guiñada en las diversas posiciones, es decir la cuchilla de la sierra tiene diferentes orientaciones y forma diferente ángulos con respecto a la superficie subyacente que soporta la carne. Las posiciones A, C y D muestran que existe un límite para el punto más trasero de la sierra, es decir, de su borde orientado hacia atrás. Este punto no debe entrar en la carne con el fin de evitar dañar la carne. Por consiguiente, la sierra se eleva ligeramente para evitar tal daño mediante el control de la guiñada de la sierra. Se apreciará que tal control se hace posible gracias al conocimiento de la exploración de superficie de la mitad y de la geometría del dispositivo de corte.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de separación de la columna vertebral de una mitad de canal, que comprende las etapas de:

- determinar una trayectoria de corte (lc) para un dispositivo de corte para la separación de la columna vertebral de la mitad de canal;

5 - separar la columna vertebral de la mitad de canal provocando un movimiento relativo entre la mitad y el dispositivo de corte y provocando simultáneamente que el dispositivo de corte se enganche en la mitad de canal;

- explorar ópticamente la mitad para proporcionar una exploración de una superficie exterior de la mitad de canal;

caracterizado por:

10 - identificar el conducto vertebral de la columna vertebral en la exploración basándose en el procesamiento digital de la misma;

- determinar la posición relativa de la trayectoria de corte (lc) con respecto a la mitad de canal basándose en la posición del conducto vertebral en dicha exploración; y

15 - controlar el movimiento relativo entre la mitad y el dispositivo de corte durante la separación de la columna vertebral para lograr un corte a lo largo de la trayectoria de corte (lc) predeterminada, en el que al menos las etapas de explorar ópticamente e identificar el conducto vertebral de la columna vertebral se producen antes de la etapa de provocar que el dispositivo de corte se enganche en la mitad de canal.

2. Método según la reivindicación 1, en el que la trayectoria de corte (lc) no es lineal cuando se observa a lo largo de una vista longitudinal.

20 3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mitad de canal está soportada por una superficie de soporte durante la separación de la columna vertebral de la misma, y en el que al menos una parte de la mitad de canal puede moverse con respecto a la superficie de soporte, mientras el dispositivo de corte se engancha en ella para separar la columna vertebral de la misma.

4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la columna vertebral se separa de la mitad de canal mediante un único corte.

25 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de corte puede colocarse para separar la columna vertebral de mitades de canal izquierda y derecha, y en el que el método comprende las etapas de:

- procesar digitalmente la exploración para determinar si la mitad de canal es una media canal derecha o izquierda antes de separar la columna vertebral de la misma, y

30 - transmitir una señal de control para el control del dispositivo de corte, basándose en que el dispositivo de corte está colocado con respecto a la parte de canal para tener en cuenta si es una media canal izquierda o derecha.

35 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procesamiento digital de la exploración comprende las etapas de determinar las coordenadas del conducto vertebral de la columna vertebral para identificar una trayectoria de columna (ls) en una pluralidad de secciones transversales diferentes a lo largo de la longitud de la mitad de canal, y en el que la etapa de determinar la trayectoria de corte (lc) para el dispositivo de corte comprende las etapas de determinar, en una pluralidad de secciones transversales diferentes a lo largo de la longitud de la mitad de canal:

- una distancia transversal (d) entre la trayectoria de columna y la trayectoria de corte (lc) en la superficie (a) de columna vertebral de la mitad de canal;

40 - un ángulo de inclinación ( $\theta$ ) entre la superficie (a) de columna vertebral y el dispositivo de corte en un plano transversal, que es esencialmente perpendicular a la trayectoria de corte (lc) y/o a la columna vertebral;

y en el que se controla la posición y la orientación del dispositivo de corte mientras el dispositivo de corte se engancha en la mitad de canal, para colocar y orientar el dispositivo de corte para separar la columna vertebral de la mitad de canal a lo largo de la trayectoria de corte (lc) deseada en el ángulo de inclinación ( $\theta$ ) deseado.

7. Método según la reivindicación 6, en el que un ángulo de cabeceo del dispositivo de corte se controla adicionalmente mientras se engancha en la mitad de canal, representando el ángulo de cabeceo ese ángulo, que está definido entre el dispositivo de corte y la superficie (a) de columna vertebral en un plano que se extiende longitudinalmente, que es esencialmente paralelo a la columna vertebral.
- 5 8. Método según la reivindicación 7, en el que el dispositivo de corte comprende una sierra circular, y en el que se controla dicho ángulo de cabeceo para evitar que un borde orientado hacia atrás de la sierra circular se enganche en la mitad de canal, mientras un borde orientado hacia delante de la sierra circular se engancha en la mitad de canal para separar la columna vertebral de la misma.
- 10 9. Método según la reivindicación 7 u 8, en el que el control del movimiento del dispositivo de corte con respecto a la mitad de canal o con respecto a un transportador que soporta la mitad de canal comprende seis grados de libertad, y en el que la etapa de determinar la trayectoria de corte (lc) comprende la determinación de:
- la posición (x, y, z) de una parte central del dispositivo de corte en cada una de una pluralidad de posiciones diferentes a lo largo de la longitud de la mitad de canal;
  - el ángulo de inclinación ( $\theta$ ) del dispositivo de corte en cada una de dicha pluralidad de posiciones diferentes;
  - 15 - el ángulo de cabeceo del dispositivo de corte en cada una de dicha pluralidad de posiciones diferentes; y
  - un ángulo de guiñada del dispositivo de corte, es decir una posición angular del dispositivo de corte con respecto a un eje vertical, en cada una de dicha pluralidad de posiciones diferentes.
- 20 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la columna vertebral y/o el conducto vertebral se identifican en la exploración mediante procesamiento digital de una imagen diferencial, en la que el borde orientado hacia la costilla de la sección de columna vertebral de la mitad de canal y/o la columna vertebral se detecta basándose en diferencias de altura.
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mitad de canal está soportada por un transportador durante la separación de la columna vertebral de la misma, y en el que el transportador transporta longitudinalmente la mitad de canal más allá del dispositivo de corte durante separación de la columna vertebral.
- 25 12. Sistema para separar la columna vertebral de una mitad de canal, que comprende:
- un dispositivo de corte;
  - un sistema de control para determinar una trayectoria de corte (lc) para el dispositivo de corte para la separación de la columna vertebral de la mitad de canal;
  - un sistema de movimiento para provocar un movimiento relativo entre la mitad y el dispositivo de corte mientras el
  - 30 dispositivo de corte se engancha en la mitad de canal;
  - un dispositivo de exploración de imagen óptica o cámara para proporcionar una exploración de una superficie exterior de la mitad de canal;
- caracterizado por
- un sistema de control para identificar el conducto vertebral de la columna vertebral en la exploración basándose en el procesamiento digital de la misma y para determinar, basándose en procesamiento digital de dicha exploración y basándose en la posición del conducto vertebral en dicha exploración, una trayectoria de corte (lc) para el dispositivo de corte para la separación de la columna vertebral.
  - 35
13. Sistema según la reivindicación 12, en el que dicho dispositivo de corte comprende una única sierra circular.

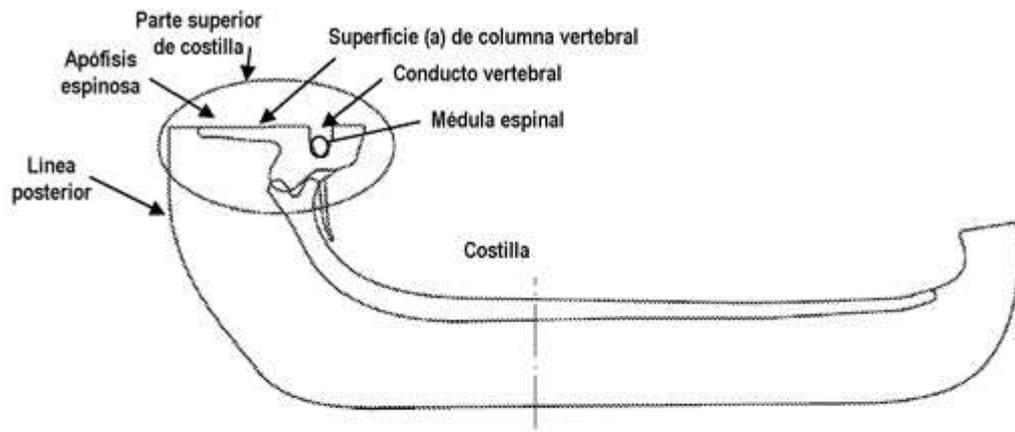


Fig. 1

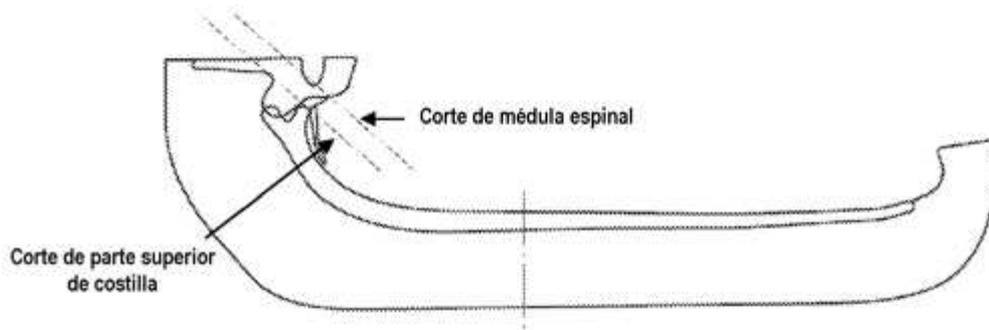


Fig. 2

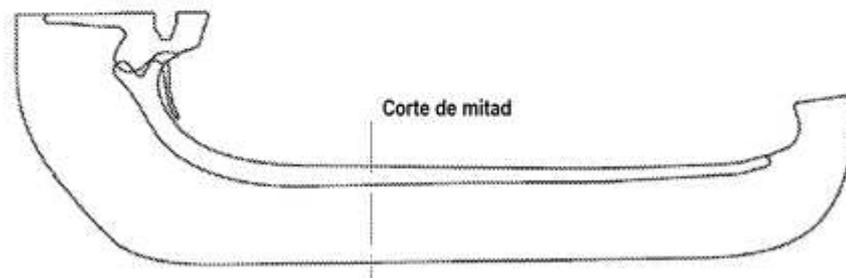


Fig. 3

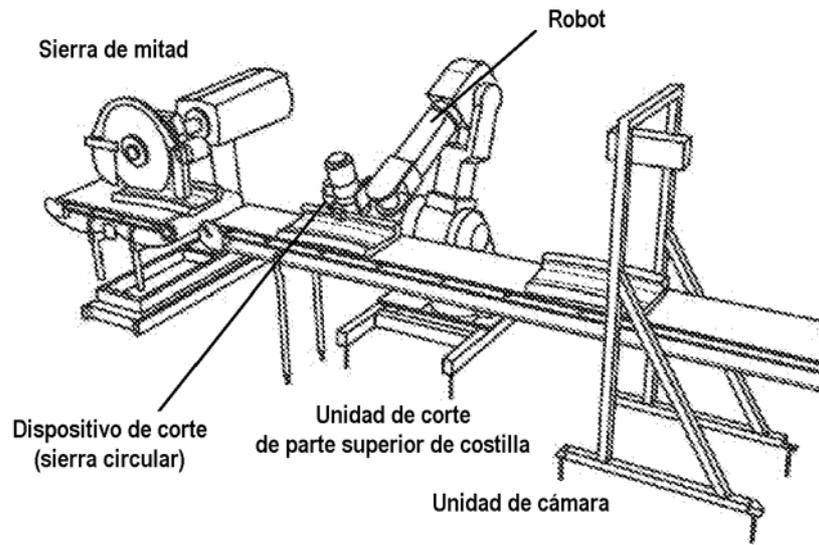


Fig. 4



Fig. 5

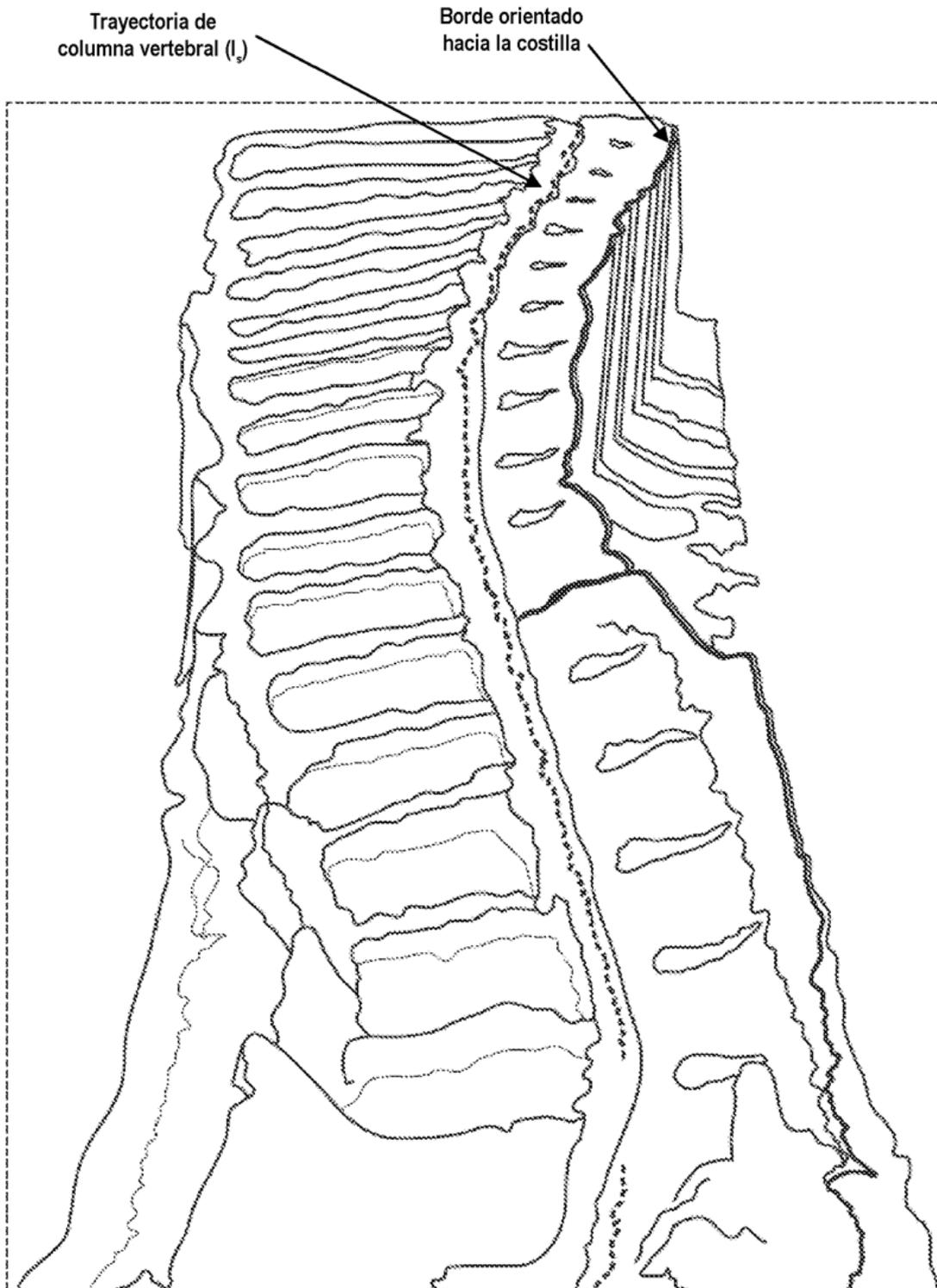


Fig. 6

