

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 061**

51 Int. Cl.:

A61B 8/08 (2006.01)

A61B 5/103 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.06.2011 PCT/FI2011/050543**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2012 WO12168534**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2011 E 11867251 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2717779**

54 Título: **Dispositivo y método para medir la transmitancia de la vibración del esternón**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.09.2018

73 Titular/es:
TAYS SYDÄNKESKUS OY (100.0%)
PI 2000
33521 Tampere, FI

72 Inventor/es:
BEEV, NIKOLAI;
HAUTALAHTI, JUHA;
LAURIKKA, JARI;
TARKKA, MATTI y
HYTTINEN, JARI

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 682 061 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

Dispositivo y método para medir la transmitancia de la vibración del esternón

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y a un método para medir la transmitancia de la vibración de un esternón.

Antecedentes de la invención

10 La inestabilidad esternal es un movimiento anormal del esternón después de una cirugía abierta de tórax. La detección de la inestabilidad esternal es compleja, debido a que es una condición anormal que se oscurece y se manifiesta a sí misma de manera diferente en cada caso. Los cirujanos se basan principalmente en técnicas de examen manual, tales como la palpación. En la palpación, la ternura y el movimiento regional entre las mitades esternales se estiman de manera manual. No obstante, esta evaluación es subjetiva, esencialmente cualitativa y propensa a errores. Además, los métodos de imágenes tales como los rayos X de tórax y la tomografía computarizada, CT, se usan para definir la separación y fragmentación ósea, pero pueden fallar al indicar pequeños movimientos de las mitades del esternón cuando todavía están fuertemente unidas. Además, los dispositivos de rayos X y CT no están disponibles en todas partes, la radiación del dispositivo de rayos X no es adecuada para ser usada frecuente y la CT es una solución bastante cara para definir la inestabilidad esternal. Los rayos X también pueden indicar que el esternón está en dos partes, incluso si ya está en una parte.

15 El documento WO90/06720 de Rosenstein describe un método y un aparato para determinar la integridad de la fijación del implante óseo de una cadera transmitiendo la vibración a través del hueso, captando la señal transmitida por un acelerómetro y procesando la señal con un analizador de espectros. La frecuencia de entrada es 100-1000 Hz.

20 Hay, por lo tanto, una necesidad de una solución no invasiva que defina la estabilidad esternal de una forma fiable, precisa y objetiva. Este tipo de solución ofrece a los médicos datos de medición acerca del estado del esternón. Los médicos pueden usar estos datos para la prescripción del tratamiento más adecuado que podría variar desde la monitorización conservadora y el asesoramiento sobre actividades diarias de rutina hasta la revisión invasiva de la operación.

Compendio de la invención

Ahora se ha inventado un método y equipo técnico que implementa el método, por el cual se alivian los problemas anteriores.

30 Los diversos aspectos de la invención incluyen un método y un aparato, que se caracterizan por lo que se establece en las reivindicaciones independientes. Diversas realizaciones de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

La invención se refiere a la medición de la transmitancia de la vibración de un esternón de manera no invasiva, así como a un dispositivo.

35 La vibración se produce, por ejemplo, por un dispositivo específico adecuado para este propósito. La vibración producida se transmite, por ejemplo, por un medio de transmisión tal como un transmisor, a un primer lado del esternón a través de la piel y de los tejidos blandos. La vibración transmitida se obtiene entonces, por ejemplo, mediante un medio de detección tal como un sensor, como datos de respuesta del esternón desde un segundo lado del esternón a través de la piel y de los tejidos blandos. El primer y el segundo lados del esternón están en lados opuestos de la línea media del esternón. Los datos de respuesta se procesan entonces, por ejemplo, por el mismo dispositivo específico que produjo la vibración o por un ordenador, para determinar la transmitancia de la vibración del esternón. Un método para medir la transmitancia de la vibración de un esternón de manera no invasiva puede comprender producir una vibración, transmitir la vibración a un primer lado del esternón a través de la piel y de los tejidos blandos, obtener datos de respuesta del esternón desde un segundo lado del esternón a través de la piel y los tejidos blandos, cuyo primer y segundo lados del esternón están en lados opuestos de la línea media del esternón, y procesar dichos datos de respuesta para determinar la transmitancia de la vibración del esternón.

40 Según una realización, el contenido espectral de la vibración producida está en el intervalo de 50-1500 Hz. O el contenido espectral del contenido espectral de la vibración producida de la vibración controlada producida puede estar en el intervalo de 50-2000 Hz. El procesamiento puede comprender producir una función de transferencia a partir de los datos de respuesta y extraer los parámetros de la función de transferencia. La medición de la transmitancia de la vibración del esternón se puede realizar al menos dos veces, en donde la primera medición se ejecuta antes de una incisión esternal del esternón y la segunda medición se ejecuta después de la incisión esternal del esternón, y en donde se comparan los datos de respuesta de la primera y segunda mediciones. La medición de la transmitancia de la vibración del esternón se puede ejecutar al esternón al menos en dos posiciones diferentes.

55 Se puede proporcionar un sistema para medir la transmitancia de la vibración de un esternón de manera no invasiva,

en donde el sistema comprende un dispositivo que comprende un procesador y una memoria que incluye un código de programa de ordenador para producir una vibración, un transmisor para transmitir la vibración a un primer lado del esternón a través de la piel y de los tejidos blandos, un sensor para obtener datos de respuesta del esternón desde un segundo lado del esternón a través de la piel y de los tejidos blandos, cuyo primer y segundo lados del esternón están en lados opuestos de la línea media del esternón y en donde el dispositivo está dispuesto además para procesar dichos datos de respuesta para determinar la transmitancia de la vibración del esternón. El dispositivo del sistema se puede disponer además para recibir dichos datos obtenidos para procesamiento de datos adicional. El sensor se puede conectar a un ordenador que está dispuesto para recibir dichos datos obtenidos para procesamiento de datos adicional. El transmisor del sistema puede ser un actuador de vibración. El sensor puede ser un acelerómetro. El transmisor y el sensor se pueden conectar entre sí mediante un mango. Se puede proporcionar un dispositivo para medir la transmitancia de la vibración esternal de un esternón de manera no invasiva, comprendiendo el dispositivo medios para generar una vibración, medios para transmitir la vibración a un primer lado del esternón a través de la piel y del tejido blando, medios para obtener datos de respuesta del esternón desde un lado del esternón a través de la piel y del tejido blando, cuyo primer y segundo lados del esternón están en lados opuestos de la línea media del esternón, y medios para procesar dichos datos de respuesta para determinar la transmitancia de la vibración del esternón.

Descripción de los dibujos

A continuación, varios ejemplos y realizaciones de la invención se describirán con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales

la Fig. 1 muestra un diagrama de flujo para llevar a cabo la medición de la transmitancia de la vibración de un esternón de manera no invasiva;

la Fig. 2 muestra un ejemplo de un sistema para medir la transmitancia de la vibración esternal de un esternón de manera no invasiva.

la Fig. 3 muestra un ejemplo de colocación de un actuador y un sensor con respecto a la línea media;

la Fig. 4 muestra un ejemplo de funciones de transferencia deducidas a partir de los datos obtenidos del esternón de una posición de medición para un único paciente; y

la Fig. 5 muestra un ejemplo de varios parámetros descriptivos que se pueden extraer a partir de una función de transferencia mecánica.

Descripción detallada de las realizaciones

A continuación, varias realizaciones de la invención y ejemplos se describirán en el contexto de la definición de la inestabilidad esternal del esternón o la curación anormal en el esternón después de una cirugía abierta de tórax. Se ha de señalar, no obstante, que la invención no está limitada a ejemplos de posiciones de medición o tiempos de medición con relación al rendimiento de la incisión esternal. De hecho, las diferentes realizaciones tienen aplicaciones ampliamente en cualquier entorno o tiempo donde se requiera la transmitancia de la vibración no invasiva de un esternón. También se debería señalar que la medición de la vibración del esternón no es un método de diagnóstico, ofrece datos de medición para cirujanos y médicos a ser usados para comprender el estado de los pacientes.

La incisión esternal mediana es una discontinuidad en la estructura ósea que se hace a propósito, cortando con una sierra o similar. Normalmente no hay fragmentos de hueso adicionales alrededor de la incisión y el hueso se separa en dos mitades más o menos similares. El lugar y la geometría de la discontinuidad son generalmente conocidos y definidos, aunque no son infrecuentes las esternotomías paramedianas no deseadas. La incisión es un defecto longitudinal en un hueso plano. La separación esternal lateral puede ser muy prominente, del orden de milímetros o incluso por encima de un centímetro. Tal condición podría conducir a cambios considerables en la transmisión de la vibración.

Un método de medición para medir la transmitancia de la vibración de un esternón de manera no invasiva puede comprender producir una vibración, transmitir la vibración a un primer lado del esternón a través de la piel y del tejido blando, obtener datos de respuesta del esternón desde un segundo lado del esternón a través de la piel y del tejido blando, en donde el primer y el segundo lados del esternón están en lados opuestos de la línea media del esternón, y procesar dichos datos de respuesta para determinar la transmitancia de la vibración del esternón.

El sistema de medición para medir la transmitancia de la vibración de un esternón de manera no invasiva puede comprender al menos un dispositivo que comprende un procesador y una memoria que incluye un código de programa de ordenador para generar una vibración controlada, un transmisor para proporcionar la vibración al tejido y al hueso debajo del tejido a través de la piel, un sensor para obtener la respuesta del hueso y en donde el dispositivo se dispone además para procesar dichos datos de respuesta para determinar la transmitancia de la vibración del esternón. El rango dinámico de medición puede ser suficientemente amplio para permitir la adquisición de alta sensibilidad de las señales de vibración débiles, al tiempo que se excluye cualquier desplazamiento más

grande y el desplazamiento DC. La respuesta de frecuencia del sistema puede cubrir una banda de al menos 1000 Hz de ancho.

5 Las propiedades del hueso se pueden estimar a partir de los datos medidos usando modelos, aproximaciones y mediciones de referencia. Los defectos pronunciados en la estructura del hueso, tales como fracturas, se pueden reflejar en la respuesta medida. Por ejemplo, puede haber un cambio considerable de las frecuencias de resonancia naturales hacia bandas inferiores en huesos fracturados. Cuando se mide la inestabilidad esternal, se pueden obtener datos de referencia del esternón intacto preoperatoriamente. Se pueden realizar series de mediciones más tarde después de la incisión esternal en diferentes etapas de curación. Se puede obtener información relevante adicional, tal como el grosor de los tejidos blandos en diferentes niveles del esternón, a partir de otros métodos de diagnóstico tales como imágenes por ultrasonidos y CT. No obstante, también puede ser posible usar datos simultáneos como datos de referencia, pero los resultados pueden no ser tan fiables.

15 La Fig. 1 muestra un diagrama de flujo que lleva a cabo un proceso de definición no invasivo de inestabilidad o curación anormal en el esternón después de la esternotomía mediana o transmitancia de la vibración del esternón según un ejemplo. En la etapa 10 una vibración con contenido espectral en un intervalo, por ejemplo, 50-1500 Hz o 50-2000 Hz, se produce y transmite al esternón por un actuador, por ejemplo, por un actuador electromagnético o un motor de vibración. En la etapa 11, la vibración se transmite a través de la piel y de los tejidos blandos al cartílago y al hueso subyacentes, donde se propaga con menos atenuación. La respuesta del esternón se recoge, obtiene, por un acelerómetro, un sensor, en la etapa 12 y se graba en formato digital. En la etapa 13, la señal obtenida se procesa por un ordenador, por ejemplo, por un dispositivo específico del sistema de medición o por un ordenador personal. Cuando se procesa, se puede estimar la función de transferencia mecánica del esternón y varios parámetros descriptivos extraídos de ella. Sus distribuciones se pueden definir para determinar cómo reflejan los cambios que ocurren en el esternón.

25 La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques del sistema de medición 20 según una realización ejemplo. El sistema de medición 20 comprende al menos los siguientes bloques funcionales: un dispositivo de medición 21 que proporciona interfaces para todos los sensores y actuadores; un módulo sensor, un acelerómetro, 22 con los circuitos necesarios para su operación; y una fuente de vibración, un actuador, 23 tal como un motor de vibración o un actuador de imán de bobina.

30 El dispositivo 21 comprende un microcontrolador 24 y al menos una unidad de almacenamiento de datos 25, es decir, una memoria legible por ordenador, pero puede comprender además un paquete de baterías para una fuente de alimentación y una interfaz óptica aislada ópticamente. El dispositivo 21 también puede comprender un control de usuario, indicador, visualizador y conectores. La fuente de vibración (transmisor) 23 y el módulo sensor (sensor) 22 se conectan al dispositivo 21, por ejemplo, mediante cables 26, por ejemplo, mediante cables terminados con conectores estándar o inalámbricamente.

35 El dispositivo 21 se puede basar en un sistema incorporado especialmente construido. Su unidad principal puede ser, por ejemplo, un microcontrolador de 8 bits 24. Varias de sus características periféricas integradas se pueden usar, tales como el convertidor analógico a digital (ADC) de múltiples canales, temporizadores, transmisor-receptor asíncrono universal (UART) y módulos de modulación de anchura de pulsos (PWM).

40 Las fuentes de vibración se pueden accionar usando transistores de potencia. Los transistores de potencia se pueden accionar por circuitos integrados especializados para asegurar un modo de operación adecuado. Este dispositivo de medición puede ser una unidad completamente independiente o puede operar junto con un ordenador personal o un servidor.

45 Las fuentes de vibración pueden ser, por ejemplo, un actuador electromagnético, un pequeño motor de vibración sin eje, placas piezoeléctricas, zumbadores electromecánicos o pequeños altavoces. No obstante, algunas de las fuentes de vibración mencionadas anteriores pueden ser demasiado débiles e incapaces de superar el considerable efecto de amortiguación de los tejidos blandos y algunos pueden no ser capaces de proporcionar un acoplamiento mecánico adecuado o pueden tener formas y tamaños incómodos. El actuador electromagnético que consiste en un imán permanente y una bobina se encontró inesperadamente que es la opción preferible para una fuente de vibración, incluso sí, puede ser más grande y más pesado que, por ejemplo, el motor de vibración sin eje y, de esta manera, puede no ser una opción obvia para un sistema de medición portátil, por ejemplo, en cualquier entorno clínico.

55 El actuador electromagnético se puede accionar por señales de banda ancha y, de esta manera, puede excitar un amplio intervalo de frecuencias, a diferencia del motor de vibración que produce excitación de banda estrecha. La excitación de banda ancha se puede usar para la estimación de la función de transferencia. Las señales de accionamiento de banda ancha para el actuador electromagnético pueden incluir formas de onda cuadrada o sinusoidal de frecuencia variable de manera lineal o no lineal o ruido blanco espectralmente uniforme. Además, el uso de un actuador electromagnético puede conducir a mediciones más coherentes. También se debería señalar que el actuador electromagnético puede no estar unido al paciente, mientras que el motor de vibración tiene que estar unido, por ejemplo, mediante cinta adhesiva. Así, el actuador electromagnético es más fácil de usar clínicamente. Además, tanto la frecuencia como la magnitud de la vibración producida por el actuador

electromagnético se pueden ajustar de manera independiente. Eso no se puede hacer con el motor de vibración, donde hay una dependencia entre la frecuencia y la magnitud de la vibración.

5 En el actuador electromagnético, un imán permanente fuerte se puede colocar en estrecha proximidad de una bobina, que se acciona con impulsos eléctricos. El campo magnético variable producido por la bobina causa la desviación del imán, que tiene suficiente masa para transmitir esta vibración al hueso superando los efectos de amortiguación de los tejidos blandos. Se produce una vibración con la misma frecuencia que la corriente aplicada. El imán se puede unir de manera suelta a la construcción que sostiene la bobina usando un muelle. Este muelle proporciona una precarga constante y es posible usar este actuador sin fijarlo sobre el paciente.

10 Los motores de vibración se usan comúnmente para alarmas silenciosas en teléfonos móviles y dispositivos de búsqueda. Es una unidad electromecánica de corriente continua, DC, pequeña que produce una vibración casi sinusoidal, resultante de la rotación de una carga asimétrica unida al eje.

15 El uso de acelerómetros como sensor de vibración en lugar de, por ejemplo, micrófonos eléctricos mejora enormemente el rendimiento de los sistemas de medición de vibración. Los acelerómetros son más robustos y menos sensible a fuentes externas de ruido. No obstante, el micrófono es una selección convencional para ser usada como sensor de vibración.

20 Para recibir una definición fiable del estado del esternón, la medición de vibración se puede hacer al menos dos veces, una vez antes de una operación abierta de tórax y, en segundo lugar, después de la operación. No obstante, puede dar como resultado resultados más fiables si la medición se repite más de una vez después de la operación. De esta forma, es posible seguir el proceso de curación del esternón. Es posible, por ejemplo, llevar a cabo tres, cuatro o cinco o más sesiones de medición para cada paciente de operación abierta de tórax. La primera sesión se puede llevar a cabo un día antes de la operación, la segunda sesión en el cuarto día postoperatorio y las siguientes sesiones tres semanas (21 ± 3 días) y tres meses (90 ± 10 días) de manera postoperatoria.

25 Es posible usar, por ejemplo, tres posiciones para estimulación de la vibración y detección de la vibración. Se prefiere que los lugares sean anatómicamente bien definibles y fáciles de situar. El sitio más alto puede ser la cabeza de las clavículas, que se articula con el manubrio por las articulaciones esternoclaviculares. La ubicación intermedia se puede definir como el área por encima del tercer cartílago costal. La posición más baja se puede definir como el área por encima del quinto cartílago costal. Estos puntos se pueden identificar manualmente y marcar antes de la colocación del actuador y del sensor. No obstante, también es posible usar otras ubicaciones o solamente una ubicación cuando se define la inestabilidad esternal.

30 También es posible conectar el actuador y el sensor, por ejemplo, un acelerómetro, juntos con el propósito de medición, por ejemplo, mediante un mango o asa en forma de arco, de modo que la distancia del actuador y del sensor permanece constante durante la grabación. Un material adecuado para el mango puede ser, por ejemplo, plástico. La distancia constante entre el actuador y el sensor puede hacer su colocación correcta para una medición más fácil. El mango también puede tener otra forma distinta de un arco, puede ser, por ejemplo, rectangular o de cualquier otra forma adecuada para conectar el actuador y el sensor. El actuador y el sensor pueden ser liberables del mango.

35 La Fig. 3 muestra la colocación de un actuador 30 y un sensor 31 con respecto a la línea media 32 según una realización ejemplo. La transmisión de la vibración, es decir, la estimulación a través de la incisión esternal 36 por el actuador 30 se puede aplicar a una distancia 34 de pocos centímetros, por ejemplo, 2, 3, 4 o 5 centímetros, lateralmente a la derecha de la línea media 32. En esta realización ejemplo, la distancia es de 3 cm. La adquisición, es decir, la grabación de la señal por el sensor 31 también se puede hacer a la misma distancia de la línea media 32, pero lateralmente a la izquierda de la línea media 32. La estimulación y adquisición se realizan por encima de los cartílagos costales 33 de las mitades esternales 35, en las posiciones de medición intermedia e inferior. En la posición superior la estimulación y la grabación se pueden hacer sobre las cabezas de las clavículas. No obstante, también es posible estimular desde el lado izquierdo de la línea media 32 y grabar la señal del lado derecho. La estimulación y la grabación se pueden hacer en un plano transversal, en todas de las tres posiciones. No obstante, también puede ser posible usar otros planos.

Todas las mediciones se pueden tomar en pacientes en posición supina. Esto asegura que los músculos estén relajados y que no haya tensión o movimiento que podría causar una interferencia indeseable.

50 El sistema de medición se puede disponer para producir una vibración controlada con contenido espectral en el intervalo de 50-1500 Hz. La excitación de la vibración de banda ancha se puede producir por un actuador electromagnético que consiste en un imán permanente colocado dentro de una bobina que genera un campo magnético variable. El imán está soportado por un muelle, que también proporciona precarga cuando el actuador se coloca en el paciente. La bobina se acciona por pulsos rectangulares de voltaje constante y frecuencia linealmente creciente en el intervalo de aproximadamente 50-1500 Hz.

55 La respuesta del esternón se puede captar por un acelerómetro a tres niveles del esternón, grabados en formato digital y procesados en un dispositivo. El dispositivo puede ser un dispositivo específico para este propósito, un ordenador personal o cualquier otro dispositivo adecuado para este propósito. La función de transferencia mecánica

5 del esternón se puede estimar y varios parámetros descriptivos se pueden extraer de él. Sus distribuciones se pueden definir para determinar cómo reflejan los cambios que ocurren en el hueso. Según la invención, el parámetro más informativo para la curación esternal es el Índice P600-1500, que refleja la transmitancia en la banda de frecuencia amplia entre 600 y 1500 Hz. El índice P600-1500 cayó a un nivel bajo en el período postoperatorio temprano indicando la disminución en la transmisión. La secuencia de las mediciones postoperatorias puede revelar una tendencia inversa en el mismo parámetro, que se puede atribuir a la curación.

10 La vibración se puede transmitir de manera no invasiva a través de la piel y de los tejidos blandos al cartílago y al hueso subyacentes, donde se propaga con menos atenuación. El módulo de sensor que recoge la respuesta se puede basar en un acelerómetro integrado, por ejemplo, un acelerómetro de sistemas microelectromecánicos (MEMS) de un único chip. El actuador y/o el detector se pueden presionar contra el tejido blando para mejorar la transmitancia de la vibración entre el dispositivo y el tejido.

15 La respuesta recogida por un acelerómetro, por ejemplo, a tres niveles del esternón, y grabada en formato digital se puede procesar en un dispositivo de medición o un ordenador tal como un ordenador personal. El dispositivo que procesa los datos de respuesta se puede llamar dispositivo informático. También es posible, por ejemplo, que el dispositivo 21 transmita los datos de respuesta al ordenador actuando como un dispositivo informático en lugar del dispositivo 21. Entonces el ordenador procesa los datos de respuesta. La función de transferencia mecánica del esternón se puede estimar a partir de los datos grabados.

20 Las funciones de transferencia obtenidas a partir de los datos digitales grabados del esternón de una posición de medición para un único paciente se muestran en la Fig. 4. Contiene cuatro curvas, correspondientes a cuatro sesiones de medición. La curva 41 corresponde a una función de transferencia obtenida a partir de una medición preoperatoria. La curva 42 corresponde a una función de transferencia de medición que se ha medido en el período postoperatorio temprano después de una operación abierta de tórax, por ejemplo, 3 días después de la operación. La curva 43 corresponde a una función de transferencia de una medición que se ha obtenido, por ejemplo, 3 semanas después de la operación y la curva 44 corresponde a una función de transferencia de medición que se ha medido, por ejemplo, 3 meses. Estos tiempos de medición son sólo un ejemplo de los posibles tiempos de medición, se pueden seleccionar de manera diferente. Varios parámetros descriptivos se pueden extraer a partir de la función de transferencia mecánica. Sobre la base de los parámetros extraídos, es posible determinar los cambios que ocurren en el hueso del esternón. Los parámetros a ser usados para la determinación de la curación esternal según la invención son el índice P600-1500, que refleja la transmitancia en la banda de frecuencia amplia entre 600 y 1500 Hz. El índice P600-1500 cae al nivel bajo en el período postoperatorio temprano indicando una disminución en la transmisión. La secuencia de mediciones postoperatorias puede revelar una tendencia inversa en el mismo parámetro, lo que puede atribuirse a la curación. Varios parámetros descriptivos que se extraen de las funciones de transferencia mecánica estimadas se describen en la fig. 5. Incluyen magnitudes y frecuencias de varios picos, así como índices más generales que cubren bandas de frecuencia más amplias. El índice P600-1500 representa la transmitancia integrada dentro de una banda ancha en el intervalo de frecuencia más alto. Este índice se normalizó con respecto a la transmitancia integrada total (Ptotal), produciendo el denominado índice P600-1500/Ptotal 51. En la Fig. 5, el índice P600-1500/Ptotal es 0,6342. También un pico principal en la banda 50-600 Hz 52 (en la Fig. 5, la frecuencia es 158 Hz y la magnitud 0,1394), la frecuencia mediana 53 (864Hz en la Fig. 5) y el pico principal en la banda 600-1500 Hz 54 (en la Fig. 5, la frecuencia es 1173 Hz y la magnitud 0,0839) son parámetros que se pueden determinar a partir de la función de transferencia medida.

En lugar de presentar los valores absolutos de los parámetros, algunas veces puede ser más informativo mostrar cómo cambian los parámetros entre mediciones. Por esta razón, se puede usar una métrica simple llamada diferencia relativa.

45 Los diversos ejemplos y realizaciones de la invención se pueden implementar con la ayuda de un código de programa de ordenador que reside en una memoria y hace que los aparatos relevantes lleven a cabo la invención. Por ejemplo, un dispositivo de medición que actúa como un dispositivo terminal puede comprender circuitería y electrónica para manejar, recibir y transmitir datos, código de programa de ordenador en una memoria, y un procesador que, cuando ejecuta el código de programa de ordenador, hace que el dispositivo terminal lleve a cabo las características de una realización.

50 Es obvio que la presente invención no está limitada únicamente a las realizaciones presentadas anteriormente, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar la curación esternal midiendo la transmitancia de la vibración de un esternón de manera no invasiva con un aparato, que comprende:
 - producir vibración con contenido espectral,
- 5 - transmitir la vibración con contenido espectral con frecuencia variable a un primer lado del esternón a través de la piel y de los tejidos blandos,
 - obtener datos de respuesta del esternón desde un segundo lado del esternón a través de la piel y de los tejidos blandos mediante un acelerómetro (22), cuyo primer y segundo lados del esternón están en lados diferentes de la línea media del esternón (32), y
- 10 - procesar dichos datos de respuesta para determinar el índice P600-1500 que representa la transmitancia integrada en la banda de frecuencia entre 600 Hz-1500 Hz como indicador para la curación esternal.
2. Un método según la reivindicación 1, en donde el contenido espectral de la vibración producida está en el intervalo de 50-1500 Hz.
3. Un método según la reivindicación 1 o 2, en donde el procesamiento comprende producir una función de transferencia a partir de datos de respuesta y extraer parámetros de la función de transferencia.
- 15 4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la medición de la transmitancia de la vibración del esternón se realiza al menos dos veces, en donde la primera medición se ejecuta antes de una incisión esternal del esternón y la segunda medición se ejecuta después de la incisión esternal del esternón, y en donde se comparan los datos de respuesta de la primera y segunda mediciones.
- 20 5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la medición de la transmitancia de la vibración del esternón se ejecuta al esternón al menos en dos posiciones diferentes.
6. Un dispositivo para determinar la curación esternal midiendo la transmitancia de la vibración esternal de un esternón de manera no invasiva, en donde el dispositivo (21) comprende:
 - un dispositivo de medición que comprende un procesador y una memoria que incluye un código de programa de ordenador para generar vibración con contenido espectral,
- 25 - un transmisor (23) adaptado para transmitir la vibración con contenido espectral con una frecuencia variable a un primer lado del esternón a través de la piel y del tejido blando,
- un acelerómetro (22) adaptado para obtener datos de respuesta del esternón desde un segundo lado del esternón a través de la piel y del tejido blando, cuyo primer y segundo lados del esternón están en lados diferentes de la línea media del esternón (32), y
- 30 - un dispositivo informático adaptado para procesar dichos datos de respuesta para determinar el índice P600-1500 que representa la transmitancia integrada en la banda de frecuencia entre 600 Hz-1500 Hz como indicador de la curación esternal.
7. Un dispositivo según la reivindicación 6, en donde el transmisor (23) es un actuador electromagnético.
- 35 8. Un dispositivo según la reivindicación 6 o 7, en donde el contenido espectral de la vibración producida está en el intervalo de 50-1500 Hz.
9. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde el procesador está adaptado para producir una función de transferencia a partir de los datos de respuesta y extraer parámetros de la función de transferencia.
10. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en donde el transmisor (23) y el acelerómetro (22) están conectados entre sí por un mango o asa.
- 40 11. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en donde el dispositivo informático es el dispositivo de medición.

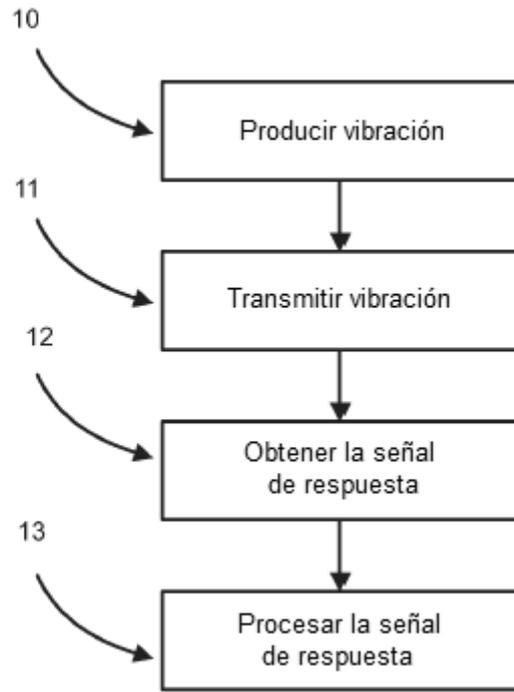


Fig. 1

12

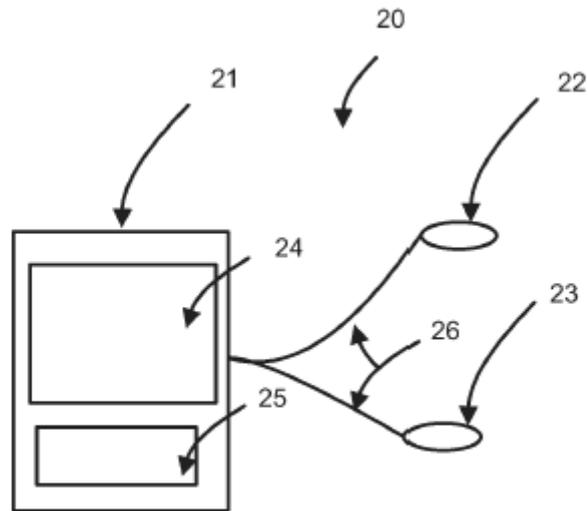


Fig. 2

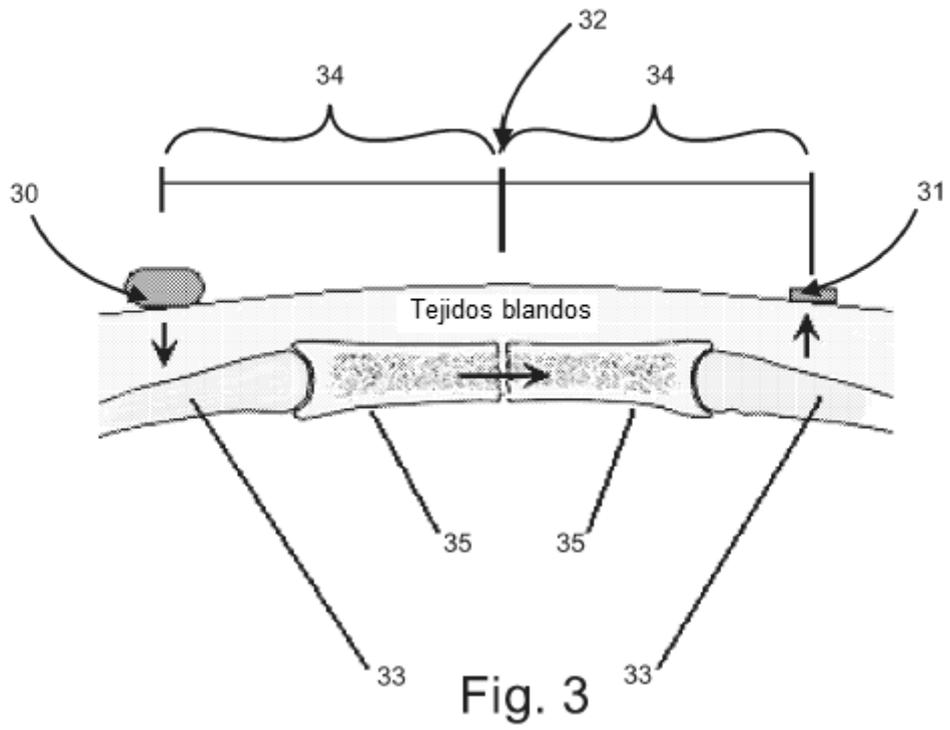


Fig. 3

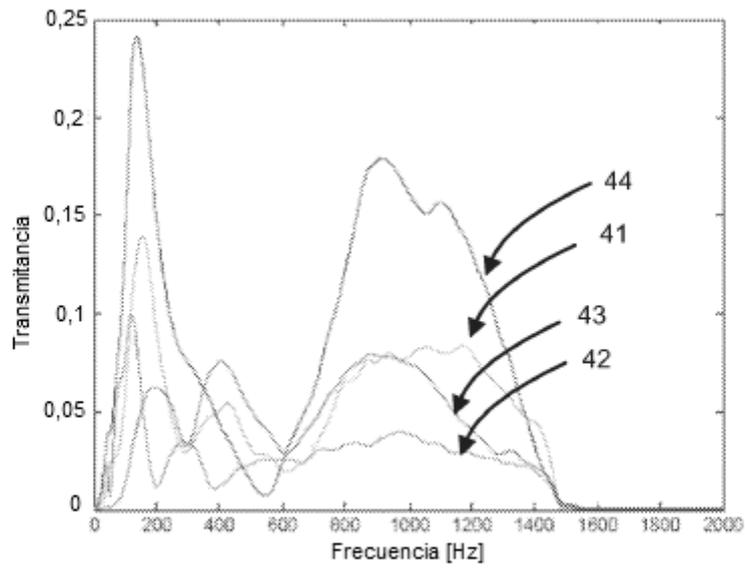


Fig. 4

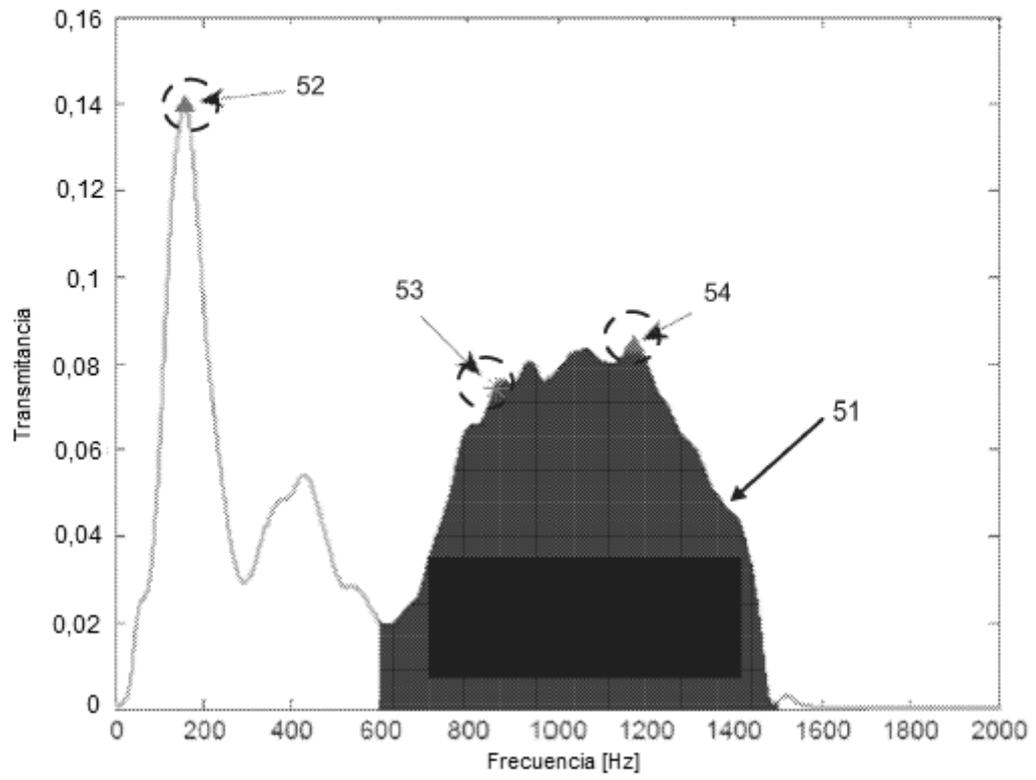


Fig.5