

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 238**

51 Int. Cl.:

G06F 19/00 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.07.2011 PCT/FR2011/051747**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2012 WO12017167**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2011 E 11754895 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2601607**

54 Título: **Método de adquisición automatizada y asistida de superficies anatómicas**

30 Prioridad:

04.08.2010 FR 1056428

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

03.05.2018

73 Titular/es:

**MEDTECH (100.0%)
Parc de Bellegarde - Bât A 1 Chemin de Borie
34170 Castelnau le Lez, FR**

72 Inventor/es:

**NAHUM, BERTIN;
BADANO, FERNAND;
MAILLET, PIERRE;
HABERMEIER, ALEXANDER y
DEHOUR, PATRICK**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 666 238 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

Método de adquisición automatizada y asistida de superficies anatómicas

La presente invención entra en el campo médico, en particular en la metodología operatoria durante la preparación y realización de intervenciones quirúrgicas.

5 La invención se refiere más particularmente a imágenes médicas y, en la fase preoperatoria, a la adquisición automatizada de superficies anatómicas, en particular de la cabeza y de la cara de un paciente, y luego el recalibrado de la superficie de las imágenes adquiridas en relación con las imágenes grabadas de la fase preoperatoria.

10 La invención encontrará una aplicación en la ayuda robótica para la adquisición de superficies anatómicas y para el recalibrado superficial.

Para ello, la presente invención tiene por objeto un método de adquisición automatizada y asistida de superficies anatómicas.

15 De manera conocida, durante una operación quirúrgica en un paciente, en particular en el marco de la neurocirugía a nivel de la cabeza de un paciente, el médico recurre a sistemas que ofrecen una asistencia, en particular mejorando la precisión quirúrgica. Para ello, dichos sistemas permiten, en fase preoperatoria, la adquisición de superficies anatómicas a las que se dirige la operación, y luego su recalibrado con respecto a las imágenes ya registradas, por ejemplo, previamente durante una fase preoperatoria en el transcurso de un examen radiológico (CT-scan) o bien imágenes por resonancia magnética (MRI). De este modo, el médico puede localizar de forma precisa al paciente con respecto a la imagen para la operación.

20 De forma más particular, la adquisición consiste en localizar la posición real de la zona anatómica del paciente, efectuando una exploración de la superficie de dicha zona con la ayuda de un puntero, por ejemplo en forma de un punto mecánico, de ondas de ultrasonido o de un haz láser. El sistema realiza entonces un recalibrado de superficie en forma de comparación entre esta localización y las imágenes previamente registradas en la fase preoperatoria, calculando la correlación de las imágenes existentes con el cuerpo del paciente en el momento de la operación. En resumen, para cada punto localizado, se realiza una evaluación de manera que se hace corresponder la nube de puntos adquirida con las imágenes registradas previamente.

25 Por lo tanto, la forma en la que se realiza la etapa de adquisición de superficies anatómicas, influye considerablemente en la precisión de la operación posterior. Hoy en día existen varios sistemas de adquisición que utilizan diferentes técnicas de localización de superficies anatómicas.

30 Una primera solución consiste en situar, en diferentes lugares particulares de la zona a adquirir, marcas, en forma de una máscara o pastillas, pegadas directamente en la piel. Estos marcadores son a continuación localizados en el espacio mediante una exploración de un punto mecánico o de un haz de emisión/reflexión, en particular un láser.

35 El mayor inconveniente de dicha exploración reside en su falta de precisión, que depende de la manera en que se localizan dichos marcadores así como del número y su distribución espacial en la piel. El recalibrado resultante es por tanto poco fiable, es decir que presenta variaciones y desfases importantes al nivel de las superficies situadas entre los marcadores.

Además, los marcadores pueden moverse, debido a la elasticidad de la piel, incluso despegarse. La posición de los marcadores obliga también a afeitar la parte del cráneo.

40 Una solución alternativa consiste en atravesar la zona anatómica con la ayuda de un puntero cuyas coordenadas están situadas en el espacio, en particular a través de cámaras.

Según un modo de realización, dicho puntero puede ser mecánico, presentándose en forma de un palpador cuya punta entra directamente en contacto con la piel. Dicha punta es desplazada manualmente de punto a punto, en particular en los puntos morfológicamente remarcables, y a lo largo de líneas anatómicas particulares de la zona en cuestión, mientras que sus diferentes posiciones y puntos de contacto son registrados en tres dimensiones.

45 Sin embargo, si esta técnica permite identificar un gran número de puntos de la superficie, permanece limitada en el número de puntos localizados, del orden de una centena, requiriendo una restricción de la localización a ciertas líneas y a ciertos lugares remarcables de la anatomía del paciente. Esta restricción, debido a la intervención del operador, influye automáticamente en la calidad del recalibrado superficial posterior. Además, la deformación de la piel durante la exploración con el puntero es otra causa de imprecisión.

50 Una alternativa reside en un puntero sin contacto, que permite obtener un número más grande de puntos localizados en un lapso de tiempo menor. Un tal puntero se presenta en forma de un emisor de radiación de luz, tal como un haz láser. Dicho emisor es sujetado manualmente por el especialista que explora la zona anatómica con el láser.

Un primer dispositivo conocido comprende un emisor en forma de un telémetro láser cuya posición y orientación están constantemente localizadas en el espacio, permitiendo obtener coordenadas de cada punto registrado por el telémetro.

5 Sin embargo, la precisión de la localización del telémetro sigue siendo limitada. Es por eso que se imaginó registrar directamente el impacto del haz láser emitido sobre la piel. Para ello, el transmisor emite, por un lado, un haz láser en el espectro de luz visible, que permite al especialista visualizar el punto de impacto y su exploración de la zona anatómica del paciente y, por otro lado, un haz de luz invisible, tal como infrarrojos, que son capturados por sensores específicos. De forma más precisa, la reflexión de los infrarrojos en el punto de impacto permite localizar de forma precisa la posición de dicho punto en el espacio.

10 Cabe señalar que la localización del telémetro o del punto de impacto del haz láser utiliza un principio de triangulación óptica con la ayuda de varias cámaras.

A pesar de estos diversos desarrollos, los sistemas de localización y de exploración existentes no aportan una satisfacción plena. De hecho, la exploración se efectúa siempre de forma manual, creando un factor humano que disminuye la precisión de la localización, así como su carácter de repetibilidad, es decir, que las trayectorias de exploración siguen siendo aproximadas y totalmente vinculadas al especialista.

15 Para paliar estos inconvenientes, se ha imaginado acoplar el emisor a un robot. Dichas soluciones son descritas en los documentos WO 2009/013406, WO 2005/122916 y WO 2005/032390.

20 En particular, el emisor está fijado al extremo de un brazo robotizado, articulado de manera que presenta grados de libertad el movimiento en las tres dimensiones. La posición del emisor y de los datos que registra, son localizados en el espacio con respecto a la referencia de dicho brazo robotizado.

25 De forma más particular, se efectúa una primera adquisición preliminar de dichas superficies anatómicas de manera que se crea una representación en tres dimensiones en forma de un primer modelo numérico; después se efectúa una segunda adquisición o del operario para la exploración de dichas superficies de manera que se crea una representación en tres dimensiones en forma de un segundo modelo numérico; y luego realizándose dicha exploración con ayuda de medios de localización de coordenadas de dichas superficies, dichos medios estando soportados por un brazo robotizado; y finalmente se efectúa una correlación por recalibrado de dicho primer y segundo modelos.

30 Por consiguiente, se constata que el recalibrado de los modelos no es óptimo, necesitando la intervención de un operador informático, para intentar hacer corresponder los modelos entre ellos. En caso de fallo, es por tanto necesario repetir la operación de exploración, aumentando por tanto la duración de la intervención.

Además, aunque dichos dispositivos permitan liberarse de la dependencia del operador, automatizando la exploración de la superficie anatómica, con un carácter fuertemente reproducible, esta automatización limita de forma considerable las capacidades de adaptación de dichos dispositivos con respecto a la zona anatómica, en particular con respecto a las diferentes morfologías de los pacientes.

35 Además, en todos los casos, los dispositivos que existen utilizan medios de navegación en el seno de la visualización del modelo numérico en tres dimensiones obtenido a partir de las imágenes por tanto adquiridas. Estos medios de navegación necesitan forzosamente la localización del emisor, como se mencionó anteriormente, y luego por los instrumentos quirúrgicos.

40 La invención tiene por objetivo paliar los inconvenientes del estado de la técnica proponiendo un método de adquisición automatizada y asistida de superficies anatómicas que combina el rigor de una exploración asistida por un brazo robotizado con la adaptabilidad de una exploración manual, permitiendo al mismo tiempo la adquisición de un gran número de puntos.

45 En particular, la invención prevé efectuar una exploración preliminar controlada manualmente por el especialista, con un emisor soportado por dicho brazo robotizado, que permite, por un lado, determinar una zona específica para una exploración posterior completamente automática y, por otro lado, efectuar un primer recalibrado superficial aumentando la precisión del recalibrado superficial final.

Para hacer esto, en dicho método:

- se efectúa una primera adquisición preliminar de dichas superficies anatómicas de manera que se crea una representación en tres dimensiones en forma de un primer modelo numérico;
- 50 - se efectúa una segunda adquisición pre operatoria para la exploración de dicha superficie de manera que se crea una representación en tres dimensiones en forma de un segundo modelo numérico.

siendo realizada dicha exploración con la ayuda de medios de localización de las coordenadas de dichas superficies, dichos medios que están soportados por un brazo robotizado; después

- se efectúa una correlación para el recalibrado de dicho primer y segundo modelos.

Dicho método se caracteriza porque dicha exploración consiste en:

- 5
- efectuar una localización preliminar de las coordenadas de los puntos remarcables de dichas superficies anatómicas por desplazamiento manual, asistida por dicho brazo robotizado, dichos medios de localización al nivel de dichos puntos remarcables, de manera que se constituye una marca y se determina una zona de exploración de dichas superficies anatómicas;
 - crear un modelo intermedio a partir de dicha marca y al menos uno de dichos puntos remarcables;
 - efectuar un recalibrado preliminar de dicho primer modelo con dicho segundo modelo;
 - efectuar una exploración automática de la zona determinada.

10 Por tanto, el método según la invención ofrece una precisión mayor en las exploraciones efectuadas y la localización de una cantidad más importante de puntos anatómicos de la zona en cuestión, con una precisión automatizada y reproducible de la trayectoria, añadiendo del mismo modo un carácter manual y adaptable a través de la manipulación inicial por un operario.

15 Otra ventaja de la invención reside en la utilización de un brazo robotizado que sirve por tanto de marca de referencia. La zona anatómica a explorar después del modelo extraído de esta adquisición es localizado con respecto a este punto de referencia, de manera que, posteriormente, después del recalibrado, el mismo punto de referencia del brazo robotizado sirve para posicionar los instrumentos quirúrgicos para la operación.

Según otras características, dicho método consiste en:

- efectuar una localización de coordenadas de al menos tres puntos remarcables;
- 20
- determinar un cuarto punto a partir de dichos tres puntos remarcables por simetría según un eje que pasa por los otros dos de dichos puntos remarcables; y
 - determinar un punto de referencia de cálculo de la trayectoria de la exploración automática, dicho punto de referencia estando constituido por al menos dos ejes, cada uno que comprende un par de dichos cuatro puntos remarcables.
- 25 De forma ventajosa, dicho método consiste en efectuar una localización de coordenadas de al menos un punto central, estando situado dicho punto central en la intersección de dichos ejes.

Según un modo de realización, el método consiste en registrar dicho punto de entrada al nivel del primer modelo; y porque dicho recalibrado preliminar se efectúa por concordancia de dicho punto central y de al menos otro punto remarcable.

30 Según otro modo de realización, consiste en efectuar la correlación de dicho primer modelo con dicho modelo intermedio, por concordancia de dichos ejes.

Según la aplicación de preferencia, dichas superficies anatómicas corresponden a la cara y dichos ejes siguen al menos una parte del tabique nasal y una línea frontal.

35 Según otra característica opcional, el método consiste en determinar una marca de referencia centrada en el brazo robotizado.

Otras características y ventajas de la invención saldrán de nuevo de la descripción detallada siguiente de modos de realización no limitativos de la invención, en referencia con las figuras anexas en las cuales:

- las figuras 1, 2 y 3 representan una vista frontal esquematizada de tres etapas del método según la invención aplicado a la cara de un paciente;
- 40
- la figura 4 representa de forma esquemática una posibilidad detallada de la etapa de exploración automática según la invención; y
 - las figuras 5, 6 y 7 representan de forma esquemática tres vistas del recalibrado superficial del método según la invención.

La presente invención se refiere a un método de adquisición automatizada y asistida de superficies anatómicas.

45 De forma más precisa, dicho método combina una intervención manual con una asistencia robótica, y luego una operación totalmente automática robotizada.

Cabe señalar que las superficies anatómicas en el sentido de la invención pueden comprender cualquier parte del cuerpo de un paciente. Según el ejemplo ilustrado en las figuras, de acuerdo con un método de implementación preferido, dichas superficies anatómicas corresponden a la cara 1 del paciente.

5 Inicialmente, anteriormente a la operación, se efectúa una primera adquisición anterior de dichas superficies anatómicas del paciente. Dicha adquisición anterior puede ser obtenida por cualquier tipo de medio, en particular a través de un escáner o de un RMI.

A partir de esta adquisición anterior, se crea la representación en tres dimensiones en forma de un primer modelo 2 numérico.

10 Después, en fase preoperatoria, se efectúa una segunda adquisición por exploración de dichas superficies anatómicas. A partir de esta segunda adquisición se crea una representación en tres dimensiones en forma de un segundo modelo 3 numérico.

Finalmente, se efectúa una correlación por recalibrado superficial de dichos primer 2 y segundo 3 modelos así obtenidos. En resumen, se realiza una superposición de dichos modelos 2 y 3 de manera que se hacen coincidir las dos representaciones, solapando el segundo modelo 3 a dicho primer modelo 2.

15 Esta etapa de recalibrado es representada en las figuras 5 a 7, la figura 5 que representa el segundo modelo 3, mientras que las figuras 6 y 7 representan la superposición de dicho segundo modelo 3 sobre el primer modelo 2, respectivamente según una vista de perfil y una vista frontal de la superficie anatómica en cuestión, es decir la cabeza de un paciente.

20 De forma más particular, dicho recalibrado puede basarse en datos de un algoritmo de recalibrado en tres dimensiones de dicho ICP (para "iterative closest point"). De manera general, el algoritmo ICP consiste en calcular de manera iterativa la matriz de transformación rígida (rotación y traslación) recalibrando los dos mejores conjuntos de datos, definidos por sus coordenadas en un punto de referencia en tres dimensiones.

De forma ventajosa, una característica esencial de la presente invención reside en el hecho de que dicha exploración es realizada por medio de la localización de coordenadas de dichas superficies anatómicas.

25 En particular, estos medios de localización pueden medir en el espacio y determinar las coordenadas de puntos de dichas superficies con respecto a una referencia.

30 De forma preferible, dichos medios de localización son soportados por un brazo robotizado. Este último está previsto móvil y esclavo de manera que le confiere grado de libertad del movimiento según las tres dimensiones. Por tanto, dicha referencia, con respecto a la cual se miden las coordenadas de los puntos de dicha superficie anatómica, es determinada mediante dicho brazo robotizado.

Se señalará a continuación que el paciente es inmovilizado con respecto a la base sobre la que se apoya y se mueve dicho brazo robotizado.

Como tal, dicho brazo robotizado sirve como punto de referencia, tanto en el transcurso de la adquisición, como para las operaciones posteriores.

35 En particular, los medios informáticos y el ordenador asociado a dicho brazo robotizado permiten centralizar la localización espacial del cuerpo del paciente, pero también de las herramientas necesarias para la adquisición y la exploración de las superficies analógicas, como el emisor situado en el extremo de dicho brazo, pero también para las herramientas quirúrgicas que intervendrán en la fase operatoria.

40 Por tanto, este punto de referencia permite recalibrar las informaciones y las coordenadas del paciente, los puntos, pero también las herramientas de adquisición y de cirugía, con respecto a la imagen preoperatoria.

45 En resumen, el brazo robotizado ofrece una referencia única que permite localizar y coordinar en el espacio, en tiempo real, los diferentes elementos mencionados anteriormente. De hecho, la "cadena modelizada" que constituye la inmovilidad del cuerpo del paciente con respecto a la base del brazo robotizado, así como el brazo en sí mismo hasta el extremo de la herramienta que porta, es suficiente en sí misma, de manera que asegura una localización de cada uno de los elementos que la constituyen en el seno de un punto en el espacio. Para obtener dicho resultado, es necesario inicializar dicha cadena, en particular localizando sus elementos constituyentes. Dicha operación de inicialización se puede efectuar previamente a la adquisición y a lo largo de la misma, pero también posteriormente y en el transcurso de la intervención, a través de las etapas de actualización de dicha cadena. Estas actualizaciones intervienen automáticamente en función de la posición de las herramientas y de los elementos utilizados, integrados en dicho brazo robotizado.

50 Por tanto, un carácter repetible que interviene en el posicionamiento y el desplazamiento de las herramientas y de los elementos, así como este aspecto reproductivo no se podía contemplar o era imposible durante el trabajo completamente manual de un especialista, haciéndole depender del operador.

Además, es igualmente posible hacer independiente el cuerpo del paciente del brazo robotizado y de su base. Por tanto, es conveniente operar una adquisición en tiempo real de la posición de dicho paciente, con el fin de conocer con exactitud los cambios para adaptarse a ellos.

5 Finalmente, el extremo del brazo robotizado puede también portar de forma simultánea medios necesarios para la adquisición y las herramientas para la intervención. De hecho, es entonces posible contemplar, a través de elementos y de herramientas miniaturizados, integrar tecnologías de localización, como un láser, ultrasonidos, una cámara, herramientas mecánicas o elementos de telemetría de superficie o percutáneos, acoplados a los utillajes, en particular quirúrgicos. De esta forma, es posible conocer en tiempo real el posicionamiento y el desplazamiento de uno u otro de estos elementos, permitiendo una automatización de los movimientos y de las trayectorias de cada uno entre ellos, combinado con adquisiciones y recalibrados superficiales en tres dimensiones.

10 Según un modo de realización, dichos medios de localización pueden estar previstos sin contacto, en particular en forma de un emisor de radiación, por ejemplo de luz, tal como un haz láser, acoplado a un sensor de distancia. De forma más particular, dichos medios de localización pueden presentarse en forma de un telémetro láser.

15 Se pueden contemplar otros emisores, que utilizan haces ópticos, ondas acústicas como los ultrasonidos o bien ondas de radio.

Por tanto, dichos medios de localización, situados en el extremo móvil de dicho brazo robotizado, pueden desplazarse alrededor de superficies anatómicas a explorar.

Como tal, una característica esencial de la invención reside en el hecho de que la exploración se divide en dos etapas sucesivas.

20 Una primera etapa de exploración consiste en efectuar una localización preliminar de coordenadas de los puntos remarcables de dichas superficies anatómicas por un desplazamiento manual, asistido por dicho brazo robotizado, de dichos medios de localización al nivel de dichos puntos remarcables. Esta localización preliminar permite determinar una zona de exploración de dichas superficies anatómicas.

25 En resumen, el especialista controla el mismo el desplazamiento de los medios de localización, siempre solidarios a dicho brazo robotizado, para posicionarlos y medir las coordenadas de puntos específicos de superficies anatómicas.

Esta etapa es dependiente del operador, pero lo suficientemente simple a implementar para asegurar una reproducibilidad y una precisión satisfactoria de las coordenadas de dichos puntos remarcables.

30 La segunda etapa consiste en efectuar una exploración automática de la zona determinada por dichos puntos remarcables, a través del brazo robotizado sólo.

Por tanto, la localización manual permite mejorar la exploración automática limitando y delimitando la zona en el seno de la cual serán medidas las coordenadas, aumentando la precisión, limitando los riesgos de extrapolación y ofreciendo una capacidad de adaptación de la invención a diferentes morfologías de superficies anatómicas.

35 Según un modo particular de realización, dicha localización manual registra las coordenadas de al menos tres puntos remarcables entre 4, 5, 6 o 7 para constituir un punto de referencia. Un cuarto punto puede ser determinado por simetría con respecto a los otros tres puntos ya determinados. En particular, en el caso de una cara, dicho cuarto punto puede ser obtenido a partir de uno de dichos tres puntos remarcables por simetría con respecto a un eje que pasa por dos de los otros de dichos puntos remarcables. Se puede localizar otros puntos intermedios remarcables manualmente por el especialista, en función del caso y de la morfología de las superficies anatómicas en cuestión.

40 Después, se determina un punto de referencia de cálculo de la trayectoria de la exploración automática, estando constituido dicho punto de referencia por al menos dos ejes A-A' y B-B', cada uno que comprende un par 4, 5 y 6, 7 de dichos cuatro puntos remarcables.

45 En el ejemplo de implementación representado en las figuras 1 a 3, dichas superficies anatómicas se corresponden a la cara 1. Además, dichos ejes A-A' y B-B' siguen respectivamente al menos una parte del tabique nasal y una línea frontal, siendo el tabique nasal sensiblemente vertical mientras que la línea frontal es sensiblemente horizontal. Dichos puntos remarcables pueden por tanto corresponder: para el punto 4 al medio de la frente, para el punto 5 al extremo del hueso nasal, para el punto 6 a un punto del extremo izquierdo de la frente mientras que para el punto 7 corresponde al extremo opuesto.

50 Se señalará que los puntos 4 y 5 determina la altura de la zona a explorar, mientras que los puntos 6 y 7, situados a cada lado de la cara 1, permiten determinar la anchura de dicha zona.

Además, la invención prevé efectuar una primera correlación, correlacionada con la ayuda de dicho punto de referencia así definido.

Para ello, la invención consiste en efectuar una localización de coordenadas de al menos un punto 8 central. Particularmente, dicho punto 8 central está situado en la intersección de dichos ejes A-A' y B-B'.

Dicho punto 8 central servirá de centro con el fin de efectuar el recalibrado superficial preliminar.

5 Para lograrlo, conviene registrar dicho punto 8 central a nivel del primer modelo 2, es decir, sobre la imagen realizada antes de la operación.

Después, se crea una representación intermedia en tres dimensiones en forma de un modelo intermedio numérico. En resumen, este modelo intermedio puede incluir uno y/u otro de los puntos 4 a 7 remarcables, así como el punto O central y/o los ejes A-A' y B-B'.

10 A continuación, se efectúa una correlación, por recalibrado preliminar de dicho primer modelo 2 con dicho modelo intermedio, por concordancia de dicho punto 8 central y de al menos otro punto 4 a 7 remarcable. Esta correlación intermedia puede también efectuarse con la ayuda de dicho punto de referencia así definido, para la concordancia de dichos ejes A-A' y B-B'.

Este recalibrado previo permite ajustar por tanto de forma más eficaz los modelos 1 y 2 durante el recalibrado final.

15 Dicho recalibrado preliminar, y el tiempo de cálculo informático asociado) pueden por tanto intervenir durante la etapa de exploración automática.

Como tal, una vez que se ha determinado la zona de exploración, la trayectoria de exploración se calcula con el fin de optimizar el número y la repartición de puntos localizados en el seno de dicha zona.

20 Un ejemplo no limitativo de la trayectoria es esquematizado en la figura 4. Se constata que la trayectoria que sigue el eje B-B' del punto 6 hasta el punto 7, en la parte alta de la marca, después sigue simétricamente el eje A-A' de arriba abajo, desde la parte inferior del punto 4 hasta el punto 5.

Cabe señalar que en el ejemplo, el desplazamiento se efectúa en forma de una trayectoria almenada y continua. Sin embargo, se puede contemplar cualquier tipo de desplazamiento, según curvas diferentes, continuas o discontinuas, adaptadas en función de la morfología de la zona anatómica en cuestión.

25 Además, todos los datos numéricos en el sentido de la presente invención (modelos, coordenadas o algoritmo) y su implementación (registro, modificación o visualización, se operan a través de medios informáticos adaptados. Lo mismo se aplicará para la programación y el control numérico del brazo robotizado.

30 El método de adquisición sin contacto según la invención ofrece una metodología fiable y reproducible, rápida y fácil de implementar para cualquier especialista, para un resultado preciso, evitando errores ligados al operario conservando al mismo tiempo una mejora debido a la adaptabilidad en función del especialista y su experiencia médica. En particular, el operario puede corregir la trayectoria inicial, confiriendo un aspecto inteligente y cooperativo, pero también flexibilidad a las ventajas aportadas por el rigor y la precisión del automatismo robótico.

Por supuesto, la invención no está limitada a los ejemplos ilustrados y descritos anteriormente que pueden presentar variantes y modificaciones sin por tanto alejarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de adquisición automatizada y asistida de superficies anatómicas durante la preparación de una intervención quirúrgica, caracterizado porque comprende:
- 5 - una etapa de adquisición preoperatoria de superficies anatómicas de manera que se crea un primer modelo (2) numérico;
- una etapa de adquisición manual preoperatoria en el transcurso de la cual un operador manipula un brazo robotizado equipado de medios de localización de superficies anatómicas de manera que realiza una localización preliminar de coordenadas de puntos (4, 5, 6, 7) remarcables;
- una etapa de construcción de una marca utilizando coordenadas de los puntos (4, 5, 6, 7) remarcables;
- 10 - una etapa de adquisición automatizada por exploración automática de una zona de exploración, definida por la marca, las superficies anatómicas que aseguran la adquisición automatizada la creación de un segundo modelo (3) numérico;
- dicha exploración que es realizada por los medios de localización de las coordenadas de dichas superficies anatómicas;
- 15 - una etapa de utilización de coordenadas de los puntos (4, 5, 6, 7) remarcables y de la marca de manera que se crea un modelo numérico intermedio;
- una etapa de recalibrado preliminar del primer modelo (2) numérico con el modelo numérico intermedio; y
- una etapa de correlación por recalibrado entre el primer modelo (2) numérico recalibrado previamente y el segundo modelo (3) numérico de manera que se forma un modelo numérico final.
- 20 2. Método de adquisición según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de adquisición manual comprende:
- una localización de coordenadas de al menos tres puntos (4, 5, 6, 7) remarcables; y
- uno de los tres puntos (4, 5, 6, 7) remarcables que permite determinar, un cuarto punto (4, 5, 6, 7) remarcable por simetría según un eje que pasa por los otros dos puntos (4, 5, 6, 7) remarcables.
- 25 3. Método de adquisición según la reivindicación 2, caracterizado porque durante la etapa de construcción de la marca, cada uno de dos ejes (A-A', B-B') que definen el punto de referencia es determinado por dos de los cuatro puntos (4, 5, 6, 7) remarcables.
4. Método de adquisición según la reivindicación 3, caracterizado porque durante la adquisición automatizada, el brazo robotizado se desplaza según los dos ejes (A-A', B-B') describiendo un movimiento transversal continuo.
- 30 5. Método de adquisición según la reivindicación 3, caracterizado porque la etapa de recalibrado preliminar consiste en efectuar la correlación del primer modelo (2) numérico con el modelo numérico intermedio, por correspondencia de los dos ejes (A-A', B-B').
6. Método de adquisición según la reivindicación 3, caracterizado porque la intersección de los dos ejes (A-A', B-B') define las coordenadas de un punto (8) central.
- 35 7. Método de adquisición según la reivindicación 6, caracterizado porque la etapa de recalibrado preliminar consiste en registrar el punto (8) central de la marca al nivel del primer modelo (2) numérico, efectuándose el recalibrado preliminar por concordancia del punto (8) central y de al menos otro punto (4, 5, 6, 7) remarcable.
8. Método de adquisición según la reivindicación 3, caracterizado porque las superficies anatómicas corresponden a la cara (1), siguiendo los ejes (A-A', B-B') al menos una parte del tabique nasal y una línea frontal.
- 40 9. Método de adquisición según la reivindicación 4, caracterizado porque el brazo se desplaza en forma de una trayectoria almenada y continúa.
10. Método de adquisición según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque durante la etapa de adquisición automatizada la marca define una zona de exploración cuya altura y anchura son definidas por los puntos (4, 5, 6, 7) remarcables opuestos.
- 45 11. Método de adquisición según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque un punto de referencia es centrado sobre el brazo robotizado.

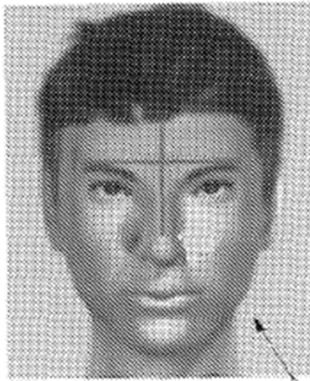


FIG. 1

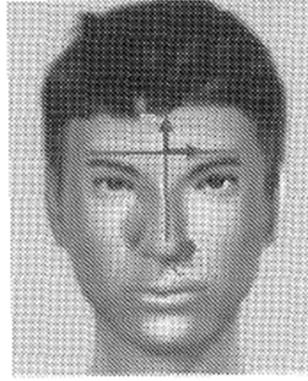


FIG. 2

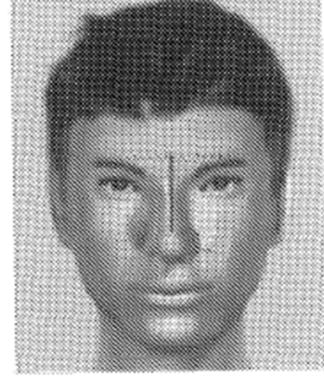


FIG. 3

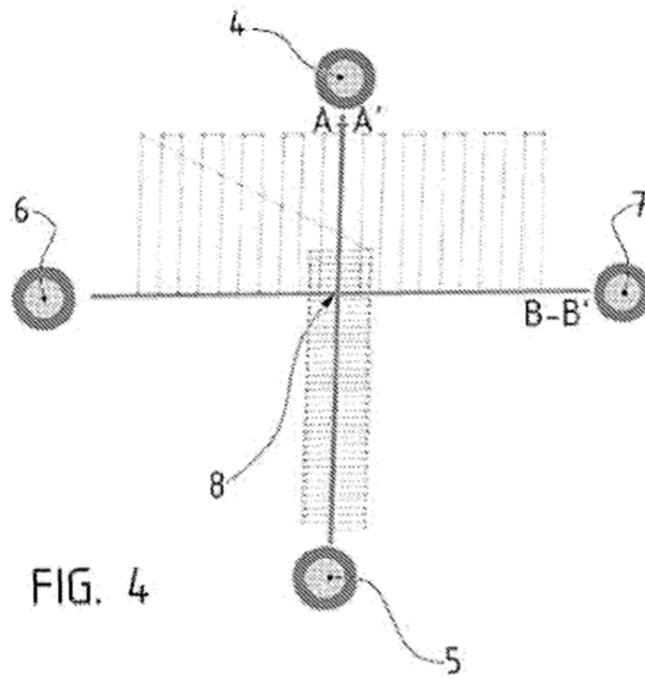


FIG. 4



FIG. 5



FIG. 6



FIG. 7