

Bogotá D.C., 22 de agosto de 2019

Directora

MARÍA JOSÉ LAMUS BECERRA

Dirección de Nuevas Creaciones

Delegatura para la Propiedad Industrial

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Carrera 13 No. 27-00

Asunto: NC2017/0007371

Respuesta al requerimiento de fondo No. 2863 de 2019 respecto de la solicitud de patente de invención denominada **“SISTEMA DE SIMULACIÓN PARA ENSEÑANZA DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA”**

Solicitante: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Respetada Directora:

Por medio del presente, otorgamos respuesta al requerimiento de fondo No. 2863 de 2019, respecto de la solicitud de patente de invención denominada **“SISTEMA DE SIMULACIÓN PARA ENSEÑANZA DE LA ANGIOGRAFÍA CORONARIA”** radicada bajo el número NC2017/0007371, en los siguientes términos:

1. De la solicitud de patente

Reivindicaciones (Art. 30 de la D 486, Art. 22 PCT)

Atendiendo las observaciones realizadas por su Despacho, se modificó el capítulo reivindicatorio, por lo cual se presenta una nueva versión, que supera las objeciones trasladadas, en cuanto a la falta de concisión entre la reivindicación independiente 1 y las reivindicaciones dependientes 3, 5 y 6, por cuanto reflejaban las mismas características técnicas de la invención. Igualmente, el nuevo capítulo reivindicatorio aportado suprime todas aquellas funcionalidades que eran reseñadas como características técnicas esenciales.

2. Determinación del Estado de la Técnica

El documento D1, aunque es categorizado como el estado de la técnica más cercano a la invención objeto de patentamiento, solo comprende un sistema de simulación para procedimientos médicos guiados por imagen, más no reivindica en forma conjunta **sensores de posición ubicados en la punta del catéter de angiografía coronaria** como el de la invención que se pretende patentar, los cuales aseguran la experticia sensorial que se busca desarrollar en los estudiantes con la invención objeto de análisis, dado que si bien se generan estrechamientos o curvaturas en los tubos flexibles dispuestos en el torso humano, estos son resultado de la implementación conjunta con un **sistema de servomotores**, a partir del cual se representa de manera precisa las condiciones fisiológicas de un paciente que se somete a un proceso de angiografía coronaria, por lo que se reitera que la particularidad técnica de los servomotores concierne a que los mismos están integrados con un **sensor de contacto** vinculado al catéter para poder detectar, medir y controlar la posición del catéter durante el procedimiento, enviando una señal a los medios de control, los cuales interactúan con los diferentes motores, variando el grado de angostamiento de los conductos o la curvatura de la mismos, sin que pueda llegar a generarse una obstrucción total.

Por su parte, en cuanto al documento D2 si bien comprende unos sensores de posición dispuestos antes o después del stent cuando se mira en la dirección longitudinal del catéter, no reivindica ni un sistema de servomotores, ni una réplica de un torso humano, ni un fluido asemejable a la sangre humana, ni una bomba ni gafas de visualización de la posición del catéter de angiografía coronaria dentro de los tubos, elementos técnicos que resultan imprescindibles para la evaluación conjunta de la invención como toda una unidad.

Así las cosas, patente Este estudio tiene implicaciones sobre la práctica habitual de las unidades de cardiología intervencionista. La vía radial permite la deambulación inmediata sin la necesidad de ningún dispositivo especial de cierre y posibilita el alta hospitalaria a las pocas horas del cateterismo, además de la reducción demostrada en otros estudios de la tasa de complicaciones hemorrágicas^{2,5}. La experiencia descrita en este trabajo sugiere que la estrategia de sustituir de forma gradual la técnica femoral por la radial es positiva y se puede realizar manteniendo una buena calidad de la angiografía, incluso con la utilización de

catéteres de calibre muy fino, seleccionando casos favorables en la fase más precoz de la curva de aprendizaje. Aunque no se dispone de una evidencia basada en estudios aleatorizados, parece razonable asumir que la utilización sistemática de introductores arteriales más finos tiende a reducir ciertas dificultades con el abordaje radial, como el espasmo o el dolor que ocurre en algunos casos durante la colocación del introductor o intercambio de catéteres. A igualdad de rendimiento diagnóstico el operador debería elegir el material y la técnica de menor «agresividad» disponible.

Adicionalmente, se observa que el sistema reivindicado en D2 es de estructura fija, mientras que el dispositivo que se pretende patentar tiene desplazamiento longitudinal que puede preprogramarse y no requiere de una placa base.

3. Examen de Patentabilidad

Nivel Inventivo

En concordancia con lo sostenido en las objeciones presentadas, la Tabla 1 indica las principales diferencias entre la invención objeto de análisis, a la luz de los documentos D1 y D2:

TABLA No. 1			
	CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D1	D2
1	<i>Se reivindica un dispositivo robótico sumergible para captura de imágenes, caracterizado en que dicho dispositivo está comprendido por los siguientes componentes:</i>	A diferencia de D1, la invención objeto de patentamiento no comprende ni un vehículo robótico de superficie de agua; ni módulos de comunicación asociados con el vehículo robótico subacuático, ni una	A diferencia de D2, la invención objeto de patentamiento no posee una cámara encerrada en una carcasa de goma, en cambio consta de un brazo giratorio ajustable y un brazo inferior central extensible que soporta dos (2) cámaras

TABLA No. 1			
	CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D1	D2
		estación de control. En cuanto al sistema de control de la invención objeto de patentamiento se indica que opera bajo una preconfiguración, mientras que D1 posee un sistema de control remoto tanto de alineación como de fuerza de amarre.	fotográficas estándar.
2	<i>i) un sistema de locomoción.</i>	A diferencia de D1, la invención objeto de patentamiento se desplaza sobre cordeles de acero evitando tocar la superficie submarina para no dañar el arrecife, mientras que D1 requiere un mecanismo de arraste que utiliza ruedas suspendidas para navegar en superficies rugosas y desiguales.	No menciona
3	<i>ii) Un sistema de brazo giratorio ajustable a una cámara captadora de imágenes.</i>	Mientras que el brazo (102) de D1 hace contacto con el lecho marino, la invención objeto de patentamiento posee un brazo giratorio ajustable y un brazo inferior central extensible que soportan dos (2) cámaras estándar y que no hacen contacto con el lecho marino. Además, el brazo giratorio es completamente graduable a voluntad.	No menciona
4	<i>iii) Un sistema de control y</i>	La invención objeto de patentamiento incluye un sistema de control que solo puede pre-programarse en tierra antes de sumergirse, y es adaptado conforme una técnica de muestreo científica estándar (transecto de banda). Por lo tanto, a diferencia de D1, no	No menciona

TABLA No. 1			
	CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D1	D2
		posee un módulo de localización, ni un módulo de comunicación submarina, ni un módulo de inspección.	
5	<i>iv) un sistema de anclaje;</i>	No menciona	La invención objeto de patentamiento, no requiere de una placa base pesada para fijar las cámaras dado que su fijación y estabilidad está relacionada con los cordeles de acero. A diferencia de D2, las cámaras se desplazan, montadas sobre el cuerpo principal (sistema de control (1), a lo largo de los cordeles de acero por lo tanto, no están fijas, mientras que D2 si mantiene fija la cámara al fondo de un lago o rio y su movimiento se vincula al cable de dirección.
6	<i>De tal manera que, el sistema de control (1) con un brazo articulado (3), portante de una cámara (2), se desplaza sobre unos cordeles de acero (6), en un tramo previamente determinado, para captar imágenes de especies marinas, dentro de un área definida.</i>	No menciona	La invención objeto de patentamiento, posee dos (2) cámaras sujetas a un brazo giratorio ajustable y un brazo inferior central extensible, que en conjunto con el sistema de control (cuerpo principal del robot), se puede desplazar a lo largo de un trayecto en un área definida, a diferencia de D2 cuya única cámara esta fija al fondo de un lago o rio. Además, los brazos descritos en D2 no son extensibles, a diferencia de la invención que se pretende patentar la cual posee dos (2) brazos extensibles que pueden soportar cámaras estándar y que, además, uno de ellos

TABLA No. 1			
	CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D1	D2
			puede rotar 360° Por lo anterior se reitera que, D2 no posee una articulación extensible, a diferencia de los 2 brazos de la invención que se pretende patentar, en la que los brazos ajustan su posición antes de iniciar el trayecto evitando contacto con el arrecife, a diferencia de D2 que a voluntad durante el trayecto se puede mover en múltiples ejes.

De lo anterior se evidencia que, al contrario de lo que se menciona en el requerimiento, las configuraciones de los dispositivos D1 y 2, no establecen antecedentes para desconocer el nivel inventivo de la invención que se quiere proteger, ya que las características técnicas incorporadas no han sido divulgadas en el estado de la técnica.

Ahora bien, en cuanto a las objeciones presentadas a las reivindicaciones dependientes 3, 6 y 7, se realizan las siguientes precisiones:

Sobre la **reivindicación 3 de la solicitud de patente** NC2017/0003200, referente al sistema de locomoción comprendido por ruedas motrices y ruedas guías, dispuestas en los laterales de un chasis para rodar sobre unas cuerdas de acero, trasladando el dispositivo entre los extremos de las estructuras o torres, se reitera que la invención que se pretende patentar no utiliza la superficie para moverse, mientras que D1 requiere de la superficie marina para su desplazamiento.

Sobre la **reivindicación 6 de la solicitud de patente** NC2017/0003200, referente al sistema de control, se ratifica que la invención objeto de patentamiento no requiere control en tiempo real, ni dispositivos adicionales, ya que mediante la preprogramación se regula previamente todo el robot, mientras que D1 requiere de múltiples dispositivos (300, 304 y 200) para garantizar el control y la transmisión de la información al robot.

Sobre la **reivindicación 7 de la solicitud de patente** NC2017/0003200, referente al sistema de anclaje, se enfatiza que la invención que se pretende patentar nunca toca el fondo submarino, a diferencia de los antecedentes presentados.

4. Conclusión

Con los cambios realizados en el capítulo reivindicatorio y el análisis realizado de los documentos citados, se cumple con la totalidad de los requisitos de fondo descritos, entre otros, en los artículos 14, 18 y 30 de la Decisión Andina No. 486 de 2000.

Agradezco de antemano la atención prestada y la atenta colaboración en las gestiones requeridas.

Cordialmente,

MARÍA DE LOS ÁNGELES PINZÓN GÓMEZ

C.C. No. 1. 127.582.121

T.P. 300.472

Anexos: Nuevo capítulo reivindicatorio y descriptivo.

DISPOSITIVO DE SIMULACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE ANGIOGRAFÍA CORONARIA

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con simuladores médicos para el entrenamiento de personal médico, particularmente, la presente invención se relaciona con un simulador para entrenar personal médico en procesos de angiografía utilizando medios mecánicos para generar obstrucciones y medios digitales para crear un medio de realidad aumentada que complementa la educación del personal médico.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Durante mucho tiempo, el entrenamiento del personal médico requería el uso de cadáveres para aprender a identificar las características de los sistemas más importantes del cuerpo, como, por ejemplo, el sistema circulatorio o el sistema digestivo. Todo esto ha cambiado con la llegada de los simuladores médicos, los cuales comprenden partes del cuerpo humano tal como, por ejemplo, el torso, los brazos, las piernas, etc., que imitan con gran precisión la anatomía humana permitiéndole a los estudiantes familiarizarse con la gran mayoría de las funciones y procesos del cuerpo.

Sin embargo, a veces se requiere entrenar al personal en ciertos procedimientos médicos complejos que no son fáciles de imitar en un simulador del cuerpo humano comúnmente utilizado en los cursos de medicina. Uno de dichos procedimientos es la angiografía coronaria mediante el cual un cirujano cardiovascular puede determinar si una arteria del corazón presenta obstrucciones de algún tipo. En este procedimiento, el cirujano debe insertar un catéter por una arteria desde el brazo o la ingle hasta el corazón con el fin de inyectar un tinte que permite observar las arterias del corazón mediante imágenes generadas por rayos X. La complejidad del proceso es incrementada, entre otras cosas, por las obstrucciones o giros que

pueden presentar las arterias y que afectan el movimiento del catéter dentro de las mismas.

Por tal motivo, es importante entrenar adecuadamente a los cirujanos en la técnica correcta para realizar una angiografía, particularmente darles experiencia en sortear con tranquilidad los obstáculos que se pueden presentar en estos procedimientos para evitar causar traumatismos o heridas al paciente. La solicitud de patente ES2587709, la cual se incorpora acá en su totalidad como referencia, enseña un aparato de entrenamiento (10), que comprende: una parte de cuerpo humano simulado (16) que incluye un modelo de vaso sanguíneo que simula vasos sanguíneos en el interior de la parte de cuerpo humano simulado a través de los cuales se puede llevar un catéter, y una parte de tratamiento (28) que simula un corazón en el interior de la parte de cuerpo humano simulado y conectada al modelo de vaso sanguíneo para ser tratada mediante el catéter; una unidad de suministro (46) configurada para suministrar líquido a la parte de cuerpo humano simulado (16); un contenedor que está simulando una parte o la totalidad de las partes restantes de dicha 10 parte de cuerpo humano simulado (16) y es capaz de almacenar el líquido y que incluye un espacio; una unidad de circulación (18) configurada para hacer circular el líquido en el interior del espacio y suministrar el líquido a la unidad de suministro (46), caracterizado por estar configurado el contenedor para contener al menos una parte de la parte de cuerpo humano simulado sumergida en el líquido; una unidad de descarga (48) configurada para descargar el líquido de la parte de cuerpo humano simulado (16) al espacio del contenedor.

Sin embargo, esta solicitud de patente enseña un modelo básico para practicar diferentes técnicas de cateterismo sin hacer mucho énfasis en las obstrucciones o curvaturas de las arterias que pueden causar problemas al momento de querer hacer una angiografía coronaria. La patente de Estados Unidos US20060008786, la cual se incorpora acá en su totalidad a modo de referencia, enseña un sistema de simulación para practicar procedimientos de acceso vascular sin usar sujetos humanos. El simulador comprende un sistema de procesamiento de datos y un

dispositivo háptico. El dispositivo háptico proporciona la interfaz física en la que se manipula un efector de extremo, que es representativo de un instrumento médico (por ejemplo, una aguja, catéter, etc.) con 25 respecto a una base de dispositivo háptica para simular la inserción del instrumento. El sistema de procesamiento de datos, mediante el intercambio de señales con el dispositivo háptico, proporciona una simulación tridimensional que incluye las fuerzas resistivas que experimentaría un médico si el procedimiento simulado fuera un procedimiento real que se realizaba sobre una anatomía real (por ejemplo, Brazo humano, etc.). El simulador muestra 30 la simulación en curso y evalúa el rendimiento de su usuario.

Si bien este sistema es más complejo y permite simular diferentes situaciones, su implementación meramente gráfica le resta el realismo que requiere el cirujano para estar más familiarizado con el entorno real que implica trabajar con un paciente. La solicitud de patente JP2005241883A, la cual se incorpora acá en su totalidad a modo de referencia, enseña un simulador de prueba de catéter 2 equipado con un modelo de órgano interno 14 que simula un órgano interno y cámaras CCD 28 y 29 para visualizar el modelo. En una unidad de simulación 38, una sección 42 de generación de electrocardiograma interna simulada se refiere a una parte 41 de almacenamiento de datos de electrocardiograma 5 interna y genera un electrocardiograma interno simulado correspondiente a información de posición del catéter 51 determinada por una parte 40 de determinación de posición de catéter en el modelo de órgano interno. Una parte de generación de imágenes de rayos X simulada 44 se refiere a una parte de almacenamiento de datos de imágenes de rayos X 43 y genera una imagen de rayos X simulada que corresponde a información de posición 10 del catéter 51 determinada por la parte de determinación de posición de catéter 40 en el modelo de órgano interno. Una pantalla 49 muestra el electrocardiograma interno simulado, la imagen de rayos X simulada y la imagen, etc. del modelo de órgano interno 14 por las cámaras CCD 28 y 29, en una pantalla.

Aunque este modelo es más completo y aproximado al comportamiento real de un proceso de angiografía coronaria, es también demasiado complejo y comprende muchos elementos que dificultan su manejo. Por lo tanto, existe en el estado del

arte la necesidad de un simulador para entrenar cirujanos en la realización de una angiografía coronaria que simule de la manera más precisa posible las condiciones reales del paciente, incluyendo posibles obstrucciones o giros en las arterias.

En vista de lo anterior, un objeto de la presente solicitud el proporcionar un aparato simulador del cuerpo humano que comprende, por ejemplo, una sección artificial de cuerpo humano que tiene las dimensiones de un torso con brazos o un torso con piernas el cual permite entrenar cirujanos en la correcta ejecución de un proceso de angiografía coronaria

Es también un objeto de la presente solicitud el proporcionar un aparato simulador del cuerpo humano para entrenar cirujanos en el procedimiento de angiografía coronaria, que contenga conductos tubulares plásticos con la extensión equiparable a la distancia estándar existente entre la muñeca y el corazón de un humano, así como también un fluido inerte con mayor densidad que el agua para facilitar la lubricación interna de los conductos y generar variaciones de presión y velocidad del líquido.

Es un tercer objeto de la presente solicitud, proporcionar un aparato simulador del cuerpo humano para entrenar cirujanos en el procedimiento de angiografía coronaria que comprende elementos electromecánicos que generan obstrucciones o alteraciones en el curso de los conductos tubulares plásticos.

Es otro objeto de la presente solicitud el proporcionar un aparato simulador del cuerpo humano para entrenar cirujanos en el procedimiento de angiografía coronaria, el cual utiliza medios de realidad virtual para darle al estudiante una simulación visual del movimiento del catéter dentro de la arteria a medida que éste se desplaza hacia el corazón.

Por último, es un objeto de la presente solicitud el proporcionar un aparato simulador del cuerpo humano para entrenar cirujanos en el procedimiento de angiografía coronaria, el cual permite medir la reacción del estudiante a la aparición de complicaciones durante el procedimiento mediante la medición de variaciones en el ritmo cardiaco del estudiante durante la práctica del procedimiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con un aparato simulador (1) del cuerpo humano para entrenar cirujanos en el procedimiento de angiografía coronaria el cual simula de manera precisa los diferentes elementos del cuerpo que hacen parte del procedimiento.

El simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende una sección que representa torso humano (2) con brazos o un torso humano (2) con piernas, dependiendo del tipo de angiografía que se quiera enseñar y/o practicar, ya que es posible realizar el procedimiento entrando por una arteria (3) en el brazo o por una arteria (3) en la pierna hasta llegar al corazón.

El simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende, además, una serie de 20 tubos flexibles o mangueras (4), que representan las arterias (3) dentro del cuerpo humano.

El simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende también una solución que representa la sangre humana, la cual circula a través de unos tubos (4) en el torso (2), los brazos y/o las piernas que representan las arterias (3). Dicha solución es bombeada constantemente desde un reservorio (5) a través del dispositivo.

El simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de realidad virtual (6) que simula el generador de imágenes por rayos X que utilizan los cirujanos durante un procedimiento de angiografía coronaria. Dicho sistema comprende medios (12) que le permiten ubicar con precisión la posición del catéter (11) dentro del conducto (3) y dentro del cuerpo humano durante la realización de la práctica.

El simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de servo motores (7) que generan bloqueos parciales u obstrucciones en los conductos (3), así como también giros o cambios en la forma de los conductos (3) durante la práctica del procedimiento de angiografía coronaria.

Por último, el simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende medios para medir el ritmo cardiaco (9) del estudiante durante la simulación, con el fin de determinar si respuesta a la aparición de obstrucciones o cambios en la forma de la arteria (3).

El técnico con habilidad en la materia podrá apreciar que es posible realizar variaciones o modificaciones a los elementos arriba mencionados sin alejarse del alcance o el objeto de 10 la presente solicitud, y sin que ello implique una modificación sustancial a la materia que se desea proteger en la presente solicitud.

BREVE DESCRIPCIÓN DE FIGURAS.

En las figuras 1 a 14 se muestran los elementos de la invención y los pasos para su ejecución.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Como se establece arriba, el objeto de la presente solicitud es proporcionar un aparato (1) que permita simular el cuerpo humano, con el fin de facilitar el entrenamiento de cirujanos 20 en la práctica del procedimiento de angiografía coronaria. Un proceso de angiografía coronaria tiene, por lo general, dos rutas principales i) la arteria radial o ii) la arteria femoral, por lo tanto, el simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende una sección que representa un torso humano (2) con brazos y/o con piernas, dependiendo de la ruta de entrada para la angiografía que se quiera enseñar y/o practicar.

Puesto que la práctica debe ser tan cercana a la realidad como sea posible, el simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende también unos tubos o mangueras (4) que representan las arterias (3) por donde viaja el catéter (11) con el cual se realiza la angiografía. Puesto que estos tubos (4) deben deformarse como parte del ejercicio de simulación, es importante que los mismos estén fabricados de un material que le permita recuperar su forma original de manera natural y

automática, por lo que estos tubos (4) se fabrican de materiales resilientes que semejen las características mecánicas de las arterias (3).

Dichos tubos o mangueras (4) están llenos de una solución inerte que hace las veces de la sangre humana, la cual circula a través de dichos tubos o mangueras (4) en el torso (2), los brazos y/o las piernas. Dicha solución es bombeada constantemente desde un reservorio (5) a través del sistema. En una modalidad de la presente solicitud la solución empleada se conoce como líquido de Hartman, pero puede utilizarse otras soluciones que simulen adecuadamente las características de la sangre humana.

Puesto que durante un procedimiento de angiografía coronaria el cirujano es guiado no solo por su tacto sino además por un sistema de visualización que utiliza imágenes de rayos X en tiempo real para mostrarle al cirujano la ubicación del catéter, el simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de realidad virtual o realidad aumentada (6) que simula el generador de imágenes por rayos X que utilizan los cirujanos 15 durante un procedimiento de angiografía coronaria. Dicho sistema de realidad virtual (6) utiliza un sensor óptico (10) para monitorear la posición del catéter (11) durante la simulación del procedimiento, transmitiendo dicha información a medios de control (8) que la procesan y, a su vez, la muestran en los medios de visualización de realidad virtual o realidad aumentada (6).

Con el fin de representar de manera precisa las condiciones fisiológicas de un paciente que se somete a un proceso de angiografía coronaria, el simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de servomotores (7) que generan bloqueos parciales u obstrucciones en los conductos (3), así como también giros o cambios en la forma de los conductos (3) durante la práctica del procedimiento de angiografía coronaria. Dichos servomotores (7) están integrados con un sensor de contacto (10) vinculado al catéter (11) para poder detectar, medir y controlar la posición del catéter (11) durante el procedimiento, enviando una señal a los medios de control, los cuales interactúan con los diferentes motores (7),

variando el grado de angostamiento de los conductos(3) o la curvatura de la misma sin generar una obstrucción total.

En una modalidad de la presente invención, el mecanismo de obstrucción, el cual genera los estrechamientos en las arterias (3), es impulsado por un servomotor (7) con un mecanismo de tipo prensa que se cierra para simular diferentes grados de obstrucción de la arteria (3). De igual manera, el mecanismo de curvatura, o sea el sistema que genera curvaturas en los conductos (3) comprende servomotores (7) unidos a ganchos (12) que rodean el conducto (3); al moverse, el gancho (12) crea una curvatura con diferentes grados de complejidad y en diferentes sentidos ya que el servomotor (7) puede mover el gancho (12) acercándolo a si mismo o alejándolo de si mismo.

Puesto que el simulador (1) de la presente invención busca entrenar cirujanos en el modo correcto de realizar una angiografía coronaria, el simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud comprende medios para medir el ritmo cardiaco del estudiante (9) durante la simulación, con el fin de determinar si respuesta a la aparición de obstrucciones o cambios en la forma de la arteria (3).

Por último, el simulador de la presente solicitud comprende medios de control (8) automáticos programables que controlan los servomotores (7) en respuesta a información suministrada por el sensor de posición (10) vinculado al catéter (11). De esta manera, el dispositivo (8) puede reaccionar a la posición del catéter (11) generando ya sea un estrechamiento o una curvatura en la arteria (3). Así mismo, el sistema de control (8) 15 monitorea la posición del catéter (11) y la transmite a los medios de visualización (6) para que estos, ya sea mediante una interfaz de realidad virtual o una interfaz de realidad aumentada, le permitan al estudiante visualizar la posición del catéter (11) dentro de la arteria (3) de la misma manera que se visualizaría si se estuviera realizando el procedimiento real.

Para poder determinar la ubicación del catéter (11) en el conducto(3), el simulador (1) de acuerdo con la presente solicitud desarrolla una ecuación matemática que modela la forma del conducto(3) en la cual se va a realizar el ejercicio. La ecuación matemática toma la información de posición que transmite el sensor de posición

(10) vinculado al catéter (11) y calcula la ubicación del mismo dentro del conducto (3), esta información es 25 luego utilizada por los medios de visualización (6) para generar una imagen de realidad virtual o realidad aumentada de la posición del catéter (11) dentro del conducto (3). De acuerdo con una modalidad de la presente invención, la ecuación matemática que simula la forma del conducto (3) es una ecuación polinómica de orden 5 que corresponde a la siguiente fórmula:

$$Y(fx) = -1E-06x^5 + 0,0001x^4 - 0,0035x^3 + 0,0408x^2 - 0,0701x + 5,9662$$

$$R^2 = 0,9588$$

Esta ecuación se obtiene mediante el método de interpolación donde se desarrolla una gráfica con la forma del conducto (3) y luego, interpolando los diferentes puntos de la misma, se obtiene la ecuación matemática que la describe. Puesto que los actuadores (7) que generan las curvaturas cambian la forma del conducto (3), esto significa que también cambia 5 la ecuación que la modela, por lo que se desarrollan dos nuevas ecuaciones para acomodar los movimientos de los conductos (3), así:

1. Actuador activado hacia arriba.

$$Y(fx) = -2E-06x^5 + 0,0002x^4 - 0,0066x^3 + 0,0882x^2 - 0,2929x + 6,2051 \quad R^2 = 0,9684$$

2. Actuador activado hacia abajo.

$$Y(fx) = -7E-07x^5 + 7E-05x^4 - 0,0022x^3 + 0,0204x^2 + 0,024x + 5,8765$$

$$R^2 = 0,9125$$

Puesto que las curvas y los estrechamientos se generan al comienzo del ejercicio, el sistema puede establecer cuál es la función que describe adecuadamente el sistema antes que el estudiante de inicio a la práctica. El sistema de control (8) permite al estudiante seleccionar diferentes niveles de complejidad para el ejercicio, dependiendo de su experiencia previa. Cada nivel de dificultad presenta nuevos retos que deben ser superados por el estudiante.

Si bien hasta ahora se ha hecho una descripción de algunas modalidades de la presente invención, el experto con habilidad en la materia entenderá que es posible realizar variaciones o modificaciones a los anteriormente descrito sin alejarse del alcance de la invención. De igual forma, el solicitante le recuerda al examinador que la descripción hecha arriba no es de carácter limitante, ya que el alcance y el objeto que se busca proteger 25 mediante la presente solicitud solo se define en el capítulo reivindicatorio adjunto.

REIVINDICACIONES

1. Aparato simulador para entrenar personal médico en la realización de procedimientos de angiografía coronaria, que consta de:

- Una réplica de un torso humano (2);
- Conductos plásticos flexibles con la extensión estándar de una arteria desde la muñeca hasta el corazón de un torso humano;
- Un fluido inerte (3);
- Un dispositivo de bombeo (5);
- Un catéter (11) de angiografía coronaria;
- Servomotores (11) ubicados a diferentes longitudes de los conductos plásticos flexibles;
- Sensores de posición (10) vinculados al catéter (11) de angiografía coronaria;
- Un sistema de control programable (8);
- Gafas de visualización (6) en realidad aumentada o virtual,
- Lector de ritmo cardíaco (9) del nivel de estrés del estudiante durante un ejercicio de simulación de una angiografía coronaria.

2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los servomotores (7) tienen ganchos (12) constrictores de conductos (3) o tienen ganchos (12) de curvatura de conductos (3).

3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los sensores de posición (10) ubicados en la punta del catéter (11) de angiografía transmiten coordenadas de posición al sistema de control (8).

4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque el sistema de control (8) comprende una ecuación matemática que modela la arteria (3) por la cual se está realizando el proceso de angiografía coronaria.

RESUMEN

Aparato para simular procedimientos de angiografía coronaria, que comprende un torso humano con brazos y/o piernas, tubos que simulan las arterias, un fluido que simula la sangre y que circula por entre los tubos que simulan las arterias, un catéter de angiografía coronaria que tiene sensores de posición en la punta, un sistema de control programable que recibe los datos de posición reportados por los sensores en la punta del catéter y los transmite a medios para visualizar la posición del catéter durante el proceso de angiografía. El sistema comprende además servomotores que simulan estrechamientos y/o curvaturas en los tubos que simulan las arterias y medios para monitorear el nivel de estrés del estudiante durante la práctica de una angiografía coronaria.