

SISTEMA 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 médico 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 son comprende 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 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 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 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 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 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 es proporcionar un aparato simulador del cuerpo humano que comprende, por ejemplo, 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 proporcionar un aparato simulador del cuerpo humano para entrenar cirujanos en el procedimiento de angiografía coronaria, que tenga elementos que simulan las arterias en su recorrido real dentro del organismo, así como también un fluido que simula con precisión la sangre humana.

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 simulan obstrucciones o alteraciones en el curso de las arterias.

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 cardíaco del estudiante durante la práctica del procedimiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con un aparato simulador 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 de acuerdo con la presente solicitud comprende un torso humano con brazos o un torso humano 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 en el brazo o por una arteria en la pierna hasta llegar al corazón.

El simulador de acuerdo con la presente solicitud comprende, además, una serie de tubos flexibles, o mangueras, que simulan las arterias dentro del cuerpo humano.

El simulador de acuerdo con la presente solicitud comprende también una solución que simula la sangre humana, la cual circula a través de unos tubos en el torso, los brazos y/o las piernas que representan las arterias. Dicha solución es bombeada constantemente desde un reservorio a través del sistema.

El simulador de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de realidad virtual que simula el generador de imágenes por rayos X que utilizan los cirujanos durante un procedimiento de angiografía coronaria. Dicho sistema comprende medios que

le permiten ubicar con precisión la posición del catéter dentro de la arteria y dentro del cuerpo humano durante la realización de la práctica.

El simulador de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de servo motores que simulan bloqueos parciales u obstrucciones en las arterias, así como también giros o cambios en la forma de las arterias durante la práctica del procedimiento de angiografía coronaria.

Por último, el simulador de acuerdo con la presente solicitud comprende medios para medir el ritmo cardíaco 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.

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 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 que permita simular el cuerpo humano, con el fin de facilitar el entrenamiento de cirujanos 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 de acuerdo con la presente solicitud comprende un torso humano 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 de acuerdo con la presente solicitud comprende también unos tubos o mangueras que simulan las arterias por donde viaja el catéter con el cual se realiza la angiografía. Puesto que estos tubos 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 se fabrican de materiales resilientes que semejen las características mecánicas de las arterias.

Dichos tubos o mangueras están llenos de una solución que simula la sangre humana, la cual circula a través de dichos tubos o mangueras en el torso, los brazos y/o las piernas. Dicha solución es bombeada constantemente desde un reservorio 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 de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de realidad virtual o realidad aumentada que simula el generador de imágenes por rayos X que utilizan los cirujanos durante un procedimiento de angiografía coronaria. Dicho sistema de realidad virtual utiliza un sensor óptico para monitorear la posición del catéter durante la simulación del procedimiento, transmitiendo dicha información a medios de control que la procesan y, a su vez, la muestran en los medios de visualización de realidad virtual o realidad aumentada.

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 de acuerdo con la presente solicitud comprende también un sistema de servomotores que simulan bloqueos parciales u obstrucciones en las arterias, así como también giros o cambios en la forma de las arterias durante la práctica del procedimiento de angiografía coronaria. Dichos servomotores están integrados con un sensor de contacto en la punta del 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 la arteria 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, es impulsado por un servomotor con un mecanismo de

tipo prensa que se cierra para simular diferentes grados de obstrucción de la arteria. De igual manera, el mecanismo de curvatura, o sea el sistema que genera curvaturas en las arterias comprende servomotores unidos a ganchos que rodean la arteria; al moverse, el gancho crea una curvatura con diferentes grados de complejidad y en diferentes sentidos ya que el servomotor puede mover el gancho acercándolo a si mismo o alejándolo de si mismo.

Puesto que el simulador de la presente invención busca entrenar cirujanos en el modo correcto de realizar una angiografía coronaria, el simulador de acuerdo con la presente solicitud comprende medios para medir el ritmo cardiaco 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.

Por último, el simulador de la presente solicitud comprende medios de control automático programables que controlan los servomotores en respuesta a información suministrada por el sensor de posición ubicado en la punta del catéter. De esta manera, el sistema puede reaccionar a la posición del catéter generando ya sea un estrechamiento o una curvatura en la arteria. Así mismo, el sistema de control monitorea la posición del catéter y la transmite a los medios de visualización 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 dentro de la arteria de la misma manera que se visualizaría si se estuviera realizando el procedimiento real.

Para poder determinar la ubicación del catéter en la arteria, el simulador de acuerdo con la presente solicitud desarrolla una ecuación matemática que modela la forma de la arteria en la cual se va a realizar el ejercicio. La ecuación matemática toma la información de posición que transmite el sensor de posición ubicado en la punta del catéter y calcula la ubicación del mismo dentro de la arteria, esta información es luego utilizada por los medios de visualización para generar una imagen de realidad virtual o realidad aumentada de la posición del catéter dentro de la arteria. De acuerdo con una modalidad de la presente invención, la ecuación matemática que simula la forma de la arteria 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 de la arteria y luego, interpolando los diferentes puntos de la misma, se obtiene la ecuación matemática que la describe. Puesto que los actuadores que generan las curvaturas cambian la forma de la arteria, esto significa que también cambia la ecuación que la modela, por lo que se desarrollan dos nuevas ecuaciones para acomodar los movimientos de las arterias, así:

1. Actuador activado hacia arriba.

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

$$R^2 = 0,9684$$

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 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 mediante la presente solicitud solo se define en el capítulo reivindicatorio adjunto.