

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 384**

51 Int. Cl.:

**A61N 1/05** (2006.01)

**A61B 5/0488** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2010 PCT/US2010/051145**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2011 WO11041690**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2010 E 10779358 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2482918**

54 Título: **Aparato de tubo endotraqueal**

30 Prioridad:

**02.10.2009 US 248294 P**

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

**29.11.2016**

73 Titular/es:

**MEDTRONIC XOMED, INC. (100.0%)  
6743 Southpoint Drive North  
Jacksonville, FL 32216-0980, US**

72 Inventor/es:

**HACKER, DAVID;  
STANISLAUS, CHARLES;  
LI, WENJENG;  
LITTLE, DAVE;  
YAMASAKI, SONNY y  
PAGOTTO, CARLA**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 592 384 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**

Aparato de tubo endotraqueal

**5 Antecedentes**

Los tubos endotraqueales incluyen electrodos que están diseñados para establecer contacto con las cuerdas vocales de un paciente, para facilitar la monitorización electromiográfica (EMG) de las cuerdas vocales durante la cirugía cuando están conectados a un dispositivo de monitorización EMG. Los tubos endotraqueales proporcionan una vía respiratoria abierta para la ventilación del paciente, y proporcionan una actividad de monitorización EMG de la musculatura laríngea intrínseca cuando están conectados a un monitor electromiográfico (EMG) apropiado. Los tubos endotraqueales pueden proporcionar una monitorización continua de los nervios que inervan la musculatura laríngea durante los procedimientos quirúrgicos.

La patente de Estados Unidos 5.125.406 da a conocer un tubo endotraqueal para ventilar los pulmones durante la cirugía y para monitorizar las señales EMG de los músculos de la laringe. El tubo endotraqueal comprende un tubo flexible con una luz principal para ventilar los pulmones, y uno o más alambres de electrodo que tienen una porción de alambre no aislada que está expuesta sobre la superficie del tubo endotraqueal, para permitir efectuar un contacto eléctrico.

**20 Sumario**

Una realización está dirigida a un aparato para monitorizar señales EMG de los músculos de la laringe de un paciente. El aparato incluye un tubo endotraqueal que tiene una superficie exterior, y una primera ubicación configurada para su colocación en los pliegues vocales del paciente. Un primer electrodo está formado sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal, sustancialmente por debajo de la primera ubicación. Un segundo electrodo está formado sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal, sustancialmente por encima de la primera ubicación. El primer y segundo electrodos están configurados para recibir las señales EMG desde los músculos de la laringe cuando el tubo endotraqueal está colocado en la tráquea del paciente.

**30 Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra un tubo endotraqueal electromiográfico (EMG) fabricado con polímero extruido, de acuerdo con una realización.

La Figura 2 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 1, de acuerdo con una realización.

La Figura 3 muestra un tubo endotraqueal EMG fabricado con PVC de acuerdo con una realización.

La Figura 4 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 3, de acuerdo con una realización.

La Figura 5 muestra un tubo endotraqueal EMG con electrodos de tinta conductora impresos sobre el tubo, de acuerdo con una realización.

La Figura 6 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 5, de acuerdo con una realización.

La Figura 7 es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 5, de acuerdo con una realización.

La Figura 8 muestra un tubo endotraqueal EMG con múltiples pares de electrodos de tinta conductora impresos alrededor de la circunferencia del tubo, de acuerdo con una realización.

La Figura 9 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 8, de acuerdo con una realización.

La Figura 10 es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 8, de acuerdo con una realización.

La Figura 11 muestra un tubo endotraqueal EMG con un manguito principal y un manguito secundario, de acuerdo con una realización.

La Figura 12A muestra el manguito secundario del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 11, con unos electrodos de tinta conductora impresos sobre el manguito secundario, de acuerdo con una realización.

- La Figura 12B muestra el manguito secundario del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 11, de acuerdo con otra realización.
- 5 La Figura 13 muestra un tubo endotraqueal EMG con un indicador visual para rastrear y verificar la ubicación del electrodo, de acuerdo con una realización.
- La Figura 14 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 13, de acuerdo con una realización.
- 10 La Figura 15 muestra un tubo endotraqueal EMG con un indicador magnético para rastrear y verificar la ubicación del electrodo, de acuerdo con una realización.
- Las Figuras 16 y 17 muestran vistas en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 15, de acuerdo con una realización.
- 15 La Figura 18 muestra un tubo endotraqueal EMG con un adaptador de acoplamiento para proporcionar libertad de rotación, de acuerdo con una realización.
- La Figura 19 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 18, de acuerdo con una realización.
- 20 La Figura 20 muestra un tubo endotraqueal EMG, con rebordes en la porción superior e inferior de los electrodos EMG, de acuerdo con una realización.
- 25 La Figura 21 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 20, de acuerdo con una realización.
- La Figura 22 muestra un tubo endotraqueal EMG con una cinta conductora sobre la superficie del tubo, para grabar señales EMG, de acuerdo con una realización.
- 30 La Figura 23 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 22, de acuerdo con una realización.
- La Figura 24 muestra un tubo endotraqueal EMG con un tubo de PVC extruido a medida, de acuerdo con una realización.
- 35 Las Figuras 25 y 26 muestran vistas en primer plano de una porción del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 24, de acuerdo con una realización.
- 40 La Figura 27 muestra un tubo endotraqueal EMG posicionado dentro de la garganta de un paciente, de acuerdo con una realización.
- Las Figuras 28A-28D muestran un tubo endotraqueal EMG con unos electrodos que tienen un área de superficie aumentada, de acuerdo con diversas realizaciones.
- 45 La Figura 29 muestra un tubo endotraqueal EMG con una forma general que es curva, para que coincida con la forma de una garganta humana, de acuerdo con una realización.
- La Figura 30 muestra una vista en sección transversal de un tubo endotraqueal EMG, con unos electrodos configurados para reducir o eliminar la sensibilidad a la rotación, de acuerdo con una realización.
- 50 La Figura 31 muestra un tubo endotraqueal EMG, con unos electrodos configurados para reducir o eliminar la sensibilidad a la rotación, de acuerdo con otra realización.
- 55 La Figura 32 muestra un manguito para un tubo endotraqueal EMG, de acuerdo con una realización.
- La Figura 33 muestra un diagrama esquemático eléctrico de un conjunto de electrodos configurado para su uso en un tubo endotraqueal EMG, de acuerdo con una realización.
- 60 La Figura 34 muestra electrodos flexibles de expansión, configurados para su uso en un tubo endotraqueal EMG, de acuerdo con una realización.
- La Figura 35A muestra una primera vista lateral (lado posterior) de un tubo endotraqueal EMG con tres electrodos, de acuerdo con una realización.
- 65

La Figura 35B muestra una segunda vista lateral (girada 90 grados con respecto a la vista mostrada en la Figura 35A) del tubo endotraqueal EMG mostrado en la Figura 35A, de acuerdo con una realización.

5 La Figura 35C es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal mostrado en las Figuras 35A y 35B, de acuerdo con una realización.

La Figura 36A muestra una primera vista lateral (lado posterior) de un tubo endotraqueal EMG con cuatro electrodos, de acuerdo con una realización.

10 La Figura 36B muestra una segunda vista lateral (girada 90 grados con respecto a la vista mostrada en la Figura 36A) del tubo endotraqueal EMG mostrado en la Figura 36A, de acuerdo con una realización.

15 La Figura 36C es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal mostrado en las Figuras 36A y 36B, de acuerdo con una realización.

La Figura 37A muestra una primera vista lateral (lado posterior) de un tubo endotraqueal EMG con cuatro electrodos, de acuerdo con otra realización.

20 La Figura 37B muestra una segunda vista lateral (girada 90 grados con respecto a la vista mostrada en la Figura 37A) del tubo endotraqueal EMG mostrado en la Figura 37A, de acuerdo con una realización.

La Figura 38 muestra una vista lateral de un tubo endotraqueal EMG con una pluralidad de electrodos de anillo, de acuerdo con una realización.

25 Las Figuras 39A-39E muestran tubos endotraqueales EMG con marcas de posicionamiento del tubo, de acuerdo con diversas realizaciones.

#### Descripción detallada

30 La Figura 1 muestra un tubo endotraqueal 100 EMG fabricado con polímero extruido. La Figura 2 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 100 mostrado en la Figura 1. El tubo endotraqueal 100 incluye unos alambres sólidos 102, un adaptador 104, un conducto 106 de inflado de manguito, un tubo de polímero extruido 110, unos electrodos 112 de alambre y un manguito principal 114. Los alambres sólidos 102 están conectados a los electrodos 112 de alambre en una interconexión 108. El tubo 110 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 104 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 106 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 114. El conducto 106 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 110, y la luz se comunica con el manguito principal 114. Tras insertar el tubo endotraqueal 100 en la tráquea de un paciente, los electrodos 112 de alambre detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG, tal como un dispositivo monitor de la integridad del nervio (NIM, acrónimo de las siglas en inglés *nerve integrity monitor*) 120, a través de los alambres sólidos 102. Puede utilizarse una cinta adhesiva para adherir el tubo 110 a la boca de un paciente, para asegurar el tubo y mantenerlo colocado de manera apropiada.

45 En una realización, el NIM 120 está configurado para determinar cuándo los electrodos 112 están en contacto con los pliegues vocales, y está configurado para proporcionar una alerta al cirujano cuando se pierde dicho contacto. En una realización, el NIM 120 también está configurado para determinar si los electrodos 112 están en contacto con un músculo o tejido, en base a las señales recibidas. En una realización, el tubo 100 EMG está configurado para comunicarse de forma inalámbrica con el NIM 120, y el NIM 120 está configurado para monitorizar de forma inalámbrica los electrodos 112. En la forma de esta realización, el NIM 120 transmite energía de manera inalámbrica a los electrodos 112, y los electrodos 112 transmiten de forma inalámbrica señales EMG al NIM 120.

55 Algunos tubos endotraqueales existentes pueden girarse, lo que hace que los electrodos se separen de los pliegues vocales. Por el contrario, el tubo 110 incluye un segmento 113 de tubo flexible que está configurado para establecer contacto con los pliegues vocales, y los electrodos 112 expuestos están formados sobre el segmento 113 de tubo flexible. El segmento 113 de tubo flexible es más flexible o blando (por ejemplo, fabricado con un material de baja dureza) que el resto del tubo 110, lo que permite a los electrodos 112 mantener mejor la oposición con los pliegues vocales, y reducir o eliminar el movimiento de traslación y de rotación del tubo 110. En una realización, el manguito principal 114 está formado por material viscoso de baja dureza, para adaptarse al contorno de los anillos traqueales, lo que ayuda a reducir o eliminar el movimiento de traslación y de rotación del tubo 110. En una realización, los electrodos 112 tienen aproximadamente 33,02 mm de largo. En otra realización, los electrodos 112 tienen aproximadamente 48,26 mm de largo. Extender la longitud de los electrodos 112 ayuda a que el tubo 110 sea menos sensible a la extensión del cuello.

65 En una realización, el tubo 110 es un tubo trenzado que es más flexible que los tubos de polímero sólidos convencionales, y que reduce el retorcimiento. El tubo 110 de acuerdo con una realización está formado por un

polímero trenzado, o nitinol, dentro de un tubo de paredes delgadas, y reduce o elimina la rotación del tubo en los pliegues vocales, al tiempo que permite que una porción proximal del tubo gire.

5 La Figura 3 muestra un tubo endotraqueal 300 EMG fabricado con PVC. La Figura 4 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 300 mostrado en la Figura 3. El tubo endotraqueal 300 incluye unos alambres sólidos 302, un adaptador 304, un conducto 306 de inflado de manguito, un tubo 310 de PVC, unos electrodos 312 adheridos con cinta, un manguito principal 314 y unos electrodos 316 de alambre. Los alambres sólidos 302 están conectados a los electrodos 316 de alambre en una interconexión 308, y los electrodos 316 de alambre están conectados con los electrodos 312 adheridos con cinta. El tubo 310 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 304 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 306 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 314. El conducto 306 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 310, y la luz se comunica con el manguito principal 314. Tras insertar el tubo endotraqueal 300 en la tráquea de un paciente, los electrodos 312 de alambre detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120), a través de los alambres sólidos 302.

20 La Figura 5 muestra un tubo endotraqueal 500 EMG con unos electrodos de tinta conductora impresos sobre el tubo, de acuerdo con una realización. La Figura 6 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 500 mostrado en la Figura 5, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 500 incluye unos alambres sólidos 502, un adaptador 504, un conducto 506 de inflado de manguito, un tubo 510 de PVC, unos electrodos 512 de tinta conductora y un manguito principal 514. Los alambres sólidos 502 están conectados a los electrodos 512 de tinta conductora en una interconexión 508. El tubo 510 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 504 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 506 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 514. El conducto 506 de inflado de manguito se comunica con una luz 522 (Figura 7) situada en la pared 520 del tubo 510, y la luz 522 se comunica con el manguito principal 514. Tras insertar el tubo endotraqueal 500 en la tráquea de un paciente, los electrodos 512 de tinta conductora detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de los alambres sólidos 502.

35 La Figura 7 es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal 500 mostrado en la Figura 5, de acuerdo con una realización. Como se muestra en la Figura 7, la luz 522 está situada en la pared 520 del tubo 510, para inflar el manguito 514. Los electrodos 512 de tinta conductora están formados sobre la superficie exterior de la pared 520. En una realización, los electrodos 512 de tinta conductora se forman mediante el trazado o impresión de una tinta conductora de polímero de plata, o una tinta conductora de carbón, sobre el tubo 510. Las tintas conductoras están disponibles en una variedad de opciones de materiales fluidos, tales como plata, carbón, oro, platino, paladio, plata-tungsteno, y plata-titanio. Las tintas conductoras pueden depositarse sobre el sustrato usando diversas tecnologías conocidas, tales como tampografía, serigrafía, dispensación de chorro de tinta, impresión digital, dispensación de Micropen, pintura, deposición de vapor, y pulverización catódica de plasma. Las tintas conductoras se pueden utilizar con propósitos tanto de estimulación como de grabación en las aplicaciones de monitorización de rebordes.

45 La Figura 8 muestra un tubo endotraqueal 800 EMG con múltiples pares de electrodos de tinta conductora impresos alrededor de la circunferencia del tubo, de acuerdo con una realización. La Figura 9 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 800 mostrado en la Figura 8, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 800 incluye un adaptador 804, un conducto 806 de inflado de manguito, un tubo 810 de PVC, unos electrodos 812 de tinta conductora y un manguito principal 814. El tubo 810 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 804 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 806 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 814. El conducto 806 de inflado de manguito se comunica con una luz 822 (Figura 10) situada en la pared 820 del tubo 810, y la luz 822 se comunica con el manguito principal 814. Tras insertar el tubo endotraqueal 800 en la tráquea de un paciente, los electrodos 812 de tinta conductora detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de unos alambres sólidos conectados a los electrodos 812 (por ejemplo, los alambres sólidos 502 mostrados en la Figura 5).

60 La Figura 10 es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal 800 mostrado en la Figura 8, de acuerdo con una realización. Como se muestra en la Figura 10, la luz 822 está situada en la pared 820 del tubo 810, para inflar el manguito 814. Múltiples pares de electrodos 812 de tinta conductora están formados alrededor de la circunferencia del tubo 810, para lograr una grabación EMG ininterrumpida incluso cuando el tubo 810 se desplace de manera giratoria. En una realización, los electrodos 812 de tinta conductora se forman mediante el trazado o la impresión de una tinta conductora de polímero de plata sobre el tubo 810.

65 La Figura 11 muestra un tubo endotraqueal 1100 EMG con un manguito principal 1114 y un manguito secundario 1130, de acuerdo con una realización. La Figura 12A muestra una vista en primer plano del manguito secundario

1130 del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 11, con unos electrodos 1132 de tinta conductora impresos sobre el manguito secundario 1130, de acuerdo con una realización. La Figura 12B muestra una vista en primer plano del manguito secundario 1130 del tubo endotraqueal mostrado en la Figura 11, de acuerdo con otra realización. La realización del manguito secundario 1130 mostrada en la Figura 12A se identifica por el número de referencia 1130-1, y la realización mostrada en la Figura 12B se identifica por el número de referencia 1130-2. El tubo endotraqueal 1100 incluye un tubo 1110 de PVC, un manguito principal 1114, y un manguito secundario 1130 con unos electrodos 1132 de tinta conductora formados sobre el mismo. El tubo 1110 transporta gases hacia y desde los pulmones. Al menos un conducto de inflado de manguito (no mostrado) está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar los manguitos 1114 y 1130. Tras insertar el tubo endotraqueal 1100 en la tráquea de un paciente, se infla el manguito secundario 1130 y los electrodos 1132 de tinta conductoras entran en contacto con los pliegues vocales, y detectan señales EMG de los pliegues vocales. Las señales detectadas se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de unos alambres conectados a los electrodos 1132. En una realización, el manguito secundario 1130 está fabricado con un material elástico o semi-elástico, y los electrodos 1132 de tinta conductora se forman por trazado o impresión de una tinta conductora de polímero de plata sobre el manguito secundario 1130. El manguito secundario 1130 con la tinta de plata impresa sobre el mismo ayuda a establecer un mejor contacto de los electrodos, cuando se infla sobre los pliegues vocales. Los electrodos 1132 se pueden pulverizar sobre el manguito secundario 1130 o el tubo 1110, y pueden cubrir sustancialmente toda la superficie del manguito secundario 1130. Los electrodos 1132 pueden tener diversas figuras o formas distintas a la mostrada en la Figura 12A, tal como cualquiera de las figuras o formas mostradas en cualquiera de las otras Figuras de la presente divulgación, u otras formas. En otras realizaciones, el tubo 1100 EMG puede incluir tres o más manguitos.

El manguito secundario 1130 también puede tener una forma diferente a la mostrada en la Figura 12A, tal como la mostrada en la Figura 12B. Como se muestra en la Figura 12B, el manguito secundario 1130-2 tiene forma de cacahuete aplanado con dos extremos redondeados 1133 y 1137, que se estrechan en una porción media 1135. La forma de cacahuete aplanado del manguito 1130-2 de acuerdo con una realización se ajusta o adapta al contorno de la forma de los pliegues vocales, y ayuda a reducir o eliminar el movimiento de traslación y de rotación del tubo 1110. En otra realización, el manguito secundario 1130 está formado a partir de una almohadilla de elastómero o de espuma, con dos extremos redondeados que se estrechan en una porción media como la mostrada en la Figura 12B. En una forma de esta realización, los extremos de la almohadilla tienen una sección transversal sustancialmente triangular. En una realización, el manguito secundario 1130 incluye uno o más sensores de posición para monitorizar la posición o ubicación del tubo 1110.

La Figura 13 muestra un tubo endotraqueal 1300 EMG, con un indicador visual 1320 para rastrear y verificar la ubicación de los electrodos, de acuerdo con una realización. La Figura 14 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 1300 mostrado en la Figura 13, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 1300 incluye unos alambres sólidos 1302, un adaptador 1304, un conducto 1306 de inflado de manguito, un tubo 1310 de PVC, unos electrodos 1312, un manguito principal 1314, y un indicador visual 1320. Los alambres sólidos 1302 están conectados a los electrodos 1312. El tubo 1310 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 1304 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 1306 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 1314. El conducto 1306 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 1310, y la luz se comunica con el manguito principal 1314. Tras insertar el tubo endotraqueal 1300 en la tráquea de un paciente, los electrodos 1312 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de los alambres sólidos 1302.

En una realización, el indicador visual 1320 es un diodo emisor de luz (LED) o una fuente de luz de fibra óptica de iluminación intensa que se utiliza para rastrear y verificar la ubicación de los electrodos 1312. El indicador visual 1320 está situado sobre la superficie del tubo 1310, cerca de los electrodos 1312, para identificar la posición de los electrodos con respecto a los pliegues vocales tras la intubación. Un usuario puede ver el punto de luz orientado hacia el frente, y marcar el punto sobre la piel del paciente. En otra realización, el indicador visual 1320 es una banda de LED que rodea una porción del tubo 1310, o toda la circunferencia del mismo.

La Figura 15 muestra un tubo endotraqueal 1500 EMG, con un indicador magnético 1520 para rastrear y verificar la ubicación de los electrodos, de acuerdo con una realización. Las Figuras 16 y 17 muestran vistas en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 1500 mostrado en la Figura 15, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 1500 incluye unos alambres sólidos 1502, un conducto 1506 de inflado de manguito, un tubo 1510, unos electrodos 1512, un manguito principal 1514, y un indicador magnético 1520. Los alambres sólidos 1502 están conectados a los electrodos 1512. El tubo 1510 transporta gases hacia y desde los pulmones. Un adaptador del tubo 1500 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 1506 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 1514. El conducto 1506 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 1510, y la luz se comunica con el manguito principal 1514. Tras insertar el tubo endotraqueal 1500 en la tráquea de un paciente, los electrodos 1512 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través

de los alambres sólidos 1502.

En una realización, el indicador magnético 1520 es un imán minúsculo que se utiliza para rastrear y verificar la ubicación de los electrodos 1512. El indicador magnético 1520 está situado sobre la superficie del tubo 1510, cerca de los electrodos 1512, para identificar la posición de los electrodos con respecto a los pliegues vocales después de la intubación. Un usuario puede rastrear y localizar el imán situado dentro del paciente, con un dispositivo 1530 (Figura 17) que incluye un sensor de captación de imán.

Además de las técnicas basadas en LED y en imanes, descritas anteriormente con respecto a las Figuras 13-17, otras realizaciones pueden usar otras técnicas para determinar la ubicación de los electrodos dentro de un paciente, tales como las siguientes: (1) ubicación de un punto de referencia anatómico; (2) rastreo de electrodos por estimulación periódica automática (APS); (3) sonar/ultra sonido (similar a un detector de estructuras); (4) navegación quirúrgica utilizando una bobina; (5) uso de un estimulador combinado con un dispositivo de ubicación, y sincronización de la iluminación del LED con el pulso estimulador de la varita; (6) uso de un acelerómetro (por ejemplo, situado sobre el manguito) para monitorizar el movimiento; (7) uso de un sensor de vibración y entradas y salidas de aire, para que el flujo de aire más allá de los pliegues vocales provoque una vibración a detectar por el sensor de vibración; (8) uso de un transductor ultrasónico en el tubo, o sobre el mismo, y un circuito de detección externo al cuerpo; (9) uso de un circuito resonante para la detección de posición y de rotación (puede utilizarse un canal estimulador para proporcionar impulsos); uso de vibración de resonancia cercana a la resonancia del tejido de los pliegues vocales; se detecta la impedancia mecánica del pliegue vocal, mediante la adaptación de impedancia y la transferencia de energía al tejido circundante; uso de una onda acústica superficial o de otro resonador mecánico; (10) uso de un sensor de presión o un conjunto de sensores de presión cerca de las zonas con electrodos, para detectar el contacto con los pliegues vocales (por ejemplo, una superficie sensible a la presión con un sensor capacitivo a cada lado del tubo); (11) sensores inalámbricos vinculados a una interfaz inalámbrica (por ejemplo, el tubo puede incluir un chip de vídeo inalámbrico para enviar señales a un monitor externo (por ejemplo, imagen a imagen al NIM o una mini pantalla) para ver la ubicación a tiempo real); (12) sensores de temperatura (la temperatura será mayor cuando haya contacto con los pliegues vocales); (13) un visor de fibra óptica incrustado, con una fuente de luz en el extremo proximal y una ventana de observación cerca de los electrodos (con un software en el NIM para identificar la posición); (14) una o más etiquetas de identificación por radiofrecuencia incorporadas en el tubo, o sobre el mismo, con envío de señales a un dispositivo externo o al NIM para su lectura y evaluación; (15) tiras piezoeléctricas flexibles para monitorizar el movimiento de una o más porciones del tubo, tal como el segmento 113 de tubo flexible (Figuras 1 y 2) – la monitorización del movimiento del segmento 113 de tubo flexible resulta indirectamente en la monitorización del movimiento de los pliegues vocales; (16) monitores de impedancia situados alrededor de una o más porciones del tubo, tal como alrededor del segmento 113 de tubo (Figuras 1 y 2), para detectar cambios en el diámetro del tubo en los pliegues vocales (tal monitorización de la impedancia permite monitorizar el movimiento de los pliegues vocales sin grabar los potenciales EMG); y (17) uso de electrodos con la capacidad de diferenciar entre el contacto muscular y el contacto no muscular, lo que ayuda al NIM a asegurar una posición y contacto correctos.

La Figura 18 muestra un tubo endotraqueal 1800 EMG con un adaptador de acoplamiento 1820 para proporcionar libertad de rotación, de acuerdo con una realización. La Figura 19 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 1800 mostrado en la Figura 18, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 1800 incluye unos alambres sólidos 1802, un adaptador 1804, un conducto 1806 de inflado de manguito, un tubo 1810 de PVC, unos electrodos 1812, un manguito principal 1814, y un adaptador de acoplamiento 1820 de plástico. Los alambres sólidos 1802 están conectados a los electrodos 1812. El tubo 1810 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 1804 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 1806 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 1814. El conducto 1806 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 1810, y la luz se comunica con el manguito principal 1814. Tras insertar el tubo endotraqueal 1800 en la tráquea de un paciente, los electrodos 1812 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de los alambres sólidos 1802.

En una realización, después de insertar el tubo endotraqueal 1800 en un paciente, se adhiere con cinta el tubo a la boca del paciente. El adaptador de acoplamiento 1820 se sitúa en el extremo proximal (lejos de la boca del paciente), y permite al extremo proximal del tubo 1810 girar sobre sí mismo, como indica la flecha 1830 en la Figura 19, lo que minimiza el movimiento de rotación de la porción distal del tubo 1810 en el paciente. En una realización, el adaptador de acoplamiento 1820 permite treinta grados de rotación en cualquier dirección. En otra realización, el tubo endotraqueal 1800 incluye una configuración de tubo dentro de tubo que permite a una porción proximal del tubo girar, al tiempo que evita la rotación de la porción distal del tubo. En una realización, el manguito principal 1814 está formado por un material adhesivo o viscoso (por ejemplo, un balón viscoso) para ayudar a evitar que la porción distal del tubo gire.

La Figura 20 muestra un tubo endotraqueal 2000 EMG con unos rebordes 2020 sobre la porción superior e inferior de los electrodos 2012 EMG, de acuerdo con una realización. La Figura 21 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 2000 mostrado en la Figura 20, de acuerdo con una realización. El tubo

endotraqueal 2000 incluye unos alambres sólidos 2002, un adaptador 2004, un conducto 2006 de inflado de manguito, un tubo 2010, unos electrodos 2012, un manguito principal 2014, y unos rebordes 2020. Los alambres sólidos 2002 están conectados a los electrodos 2012. El tubo 2010 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 2004 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 2006 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 2014. El conducto 2006 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 2010, y la luz se comunica con el manguito principal 2014. Tras insertar el tubo endotraqueal 2000 en la tráquea de un paciente, los electrodos 2012 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de los alambres sólidos 2002.

De acuerdo con una realización, los rebordes 2020 proporcionan un tacto positivo cuando pasan los pliegues vocales durante la intubación, y los rebordes 2020 situados encima y debajo del pliegue vocal no permitirán que el tubo 2010 se mueva fuera de su posición. En una realización, los rebordes 2020 están configurados para coincidir con el contorno de la abertura, y están fabricados con un material flexible o semi-flexible. En otra realización, los rebordes de 2020 están implementados con balones inflables.

La Figura 22 muestra un tubo endotraqueal 2200 EMG con una cinta conductora sobre la superficie del tubo, para grabar señales EMG de acuerdo con una realización. La Figura 23 muestra una vista en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 2200 mostrado en la Figura 22, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 2200 incluye un adaptador 2204, un conducto 2206 de inflado de manguito, un tubo 2210, unos electrodos 2212 y un manguito principal 2214. Unos alambres sólidos están conectados a los electrodos 2212. El tubo 2210 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 2204 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 2206 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 2214. El conducto 2206 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 2210, y la luz se comunica con el manguito principal 2214. Tras insertar el tubo endotraqueal 2200 en la tráquea de un paciente, los electrodos 2212 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de los alambres sólidos conectados a los electrodos 2212.

En la realización ilustrada en las Figuras 22 y 23, los electrodos 2212 son tiras de cinta conductora que se adhieren a la superficie del tubo 2210. En una realización, la cinta conductora es un material tejido, y reemplaza los electrodos de alambre sólido que se encuentran en algunos tubos convencionales (de 2 canales o de múltiples pares). En una realización, una o más de las tiras 2212 mostradas en las Figuras 22 y 23 comprenden una tira piezoeléctrica para monitorizar el movimiento del tubo 2210. En otra realización, los electrodos 2212 están cubiertos con una espuma expansible y conductora que se expande cuando absorbe la humedad, proporcionando de ese modo un mejor contacto con los pliegues vocales.

La Figura 24 muestra un tubo endotraqueal 2400 EMG con un tubo de PVC, extruido a medida, de acuerdo con una realización. Las Figuras 25 y 26 muestran vistas en primer plano de una porción del tubo endotraqueal 2400 mostrado en la Figura 24, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 2400 incluye unos alambres sólidos 2402, un adaptador 2404, un conducto 2406 de inflado de manguito, un tubo 2410 de PVC, unos electrodos 2412 y un manguito principal 2414. Los alambres sólidos 2402 están conectados a los electrodos 2412. El tubo 2410 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 2404 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. El conducto 2406 de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 2414. El conducto 2406 de inflado de manguito se comunica con una luz situada en la pared del tubo 2410, y la luz se comunica con el manguito principal 2414. Tras insertar el tubo endotraqueal 2400 en la tráquea de un paciente, los electrodos 2412 de tinta conductora detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de los alambres sólidos 2402.

En una realización, el tubo 2410 comprende un tubo de PVC (rígido o reforzado), extruido a medida, y el manguito de PVC no es adhesivo como un manguito de silicona. De acuerdo con una realización, el tamaño del tubo 2410 de PVC extruido a medida es parecido al de los tubos endotraqueales estándares comerciales.

Las características de las realizaciones de tubo endotraqueal EMG descritas en el presente documento incluyen: (1) mayor tolerancia a la colocación que los tubos convencionales; (2) se utiliza el MIN para ayudar a colocar el tubo; (3) se comprueba periódicamente el electrodo para asegurar un contacto constante; (4) curvatura intencional en la dirección correcta para una inserción apropiada del tubo; (5) se incluyen LED de alta luminosidad en el tubo para observar su colocación a través de la piel; (6) se utilizan sensores Hall externos con unos imanes situados el tubo, para detectar la colocación correcta del tubo; (7) cintas adhesivas para estabilizar el tubo; (8) medios mejorados para detectar el tejido generador de señales EMG y el tejido de derivación; (9) uso de los "artefactos" musculares como indicadores de la correcta colocación (pueden minimizarse los artefactos mediante el ajuste de la posición del tubo); haz (10) de fibra óptica conectado a una fuente de luz o una cámara; (11) un "accesorio" moldeado en el extremo proximal del tubo para su coincidencia con la anatomía del paciente, para una orientación adecuada; (12) una forma y un conector mejorados para su acoplamiento en la laringe del paciente; (13) la creación de 4 canales a

partir de 2 canales mediante conectores adicionales (sin cables añadidos), o conmutador de punto de cruce en el NIM; (14) provisión de una señal desde el NIM para medir la resistencia y el ángulo de fase del tejido que estable contacto con los electrodos, para decidir si hay suficiente tejido generador de señales EMG frente al tejido de derivación; (15) tubo EMG con diámetro exterior general reducido; y (16) reducción de los costes y los problemas de calidad asociados con los tubos de silicona extruidos a medida cuando se usan tubos endotraqueales estándar comerciales. A continuación se exponen características e información adicionales.

Los electrodos de tubo EMG de acuerdo con una realización pueden establecer contacto tanto con tejido generador de señales EMG (músculo estriado) como con tejido de derivación (tejido conductor que no genera señales EMG pero que conduce corriente, por lo que deriva (reduce) la señal EMG disponible para el amplificador). Una "colocación de tubo de alta calidad" presenta una alta proporción de tejido generador de señales EMG con respecto a tejido de derivación.

Las realizaciones de tubos endotraqueales EMG descritas en el presente documento pueden incluir un recubrimiento de hidrogel sobre los electrodos, tales como los electrodos 112 (Figura 1). El recubrimiento de los electrodos con un hidrogel aumenta la superficie de contacto de los electrodos, permite una mayor rotación del tubo EMG sin una pérdida de contacto con los pliegues vocales, y resulta en una señal grabada mejorada. Algunas realizaciones pueden usar electrodos de paleta para una monitorización posterior y anterior, incluyendo la monitorización de los aritenoides y cricoaritenoides posterior (CAP).

Los tubos endotraqueales EMG existentes presentan algunos problemas, tales como: (1) las aristas en la porción exterior del tubo pueden causar irritación de los tejidos; (2) el tubo puede desplazarse rotacionalmente durante la cirugía; y (3) la pared del tubo es demasiado gruesa. Estos problemas se tratan en una realización de las siguientes maneras: (1) usar para el tubo un material sin silicona, tal como Pebax con teflón, lo que permite al tubo deslizarse fácilmente (puede utilizarse un material de alta fricción para el manguito, para ayudar a prevenir el desplazamiento de traslación); (2) colocar protuberancias para los alambres en el diámetro interior (DI) del tubo; (3) empalmar entre sí diferentes piezas de tubo a lo largo (cada una con una potencial forma de sección transversal diferente) para obtener una geometría de sección transversal óptima, que se aproxime más a la anatomía de un paciente, por ejemplo usando una primera porción de tubo cerca del extremo proximal, con una sección transversal circular para permitir la rotación, y una segunda porción de tubo cerca de los pliegues vocales con una sección transversal triangular (por ejemplo, con un diámetro interior circular o triangular); (4) justo por encima de los electrodos, añadir una zona con un menor espesor de la pared inferior para desacoplar las secciones superiores de la sección inferior; y (5) desacoplar el extremo proximal del tubo con respecto al extremo distal, al cambiar un tubo reforzado por resorte helicoidal por un tubo trenzado.

La Figura 27 muestra un tubo endotraqueal 2700 EMG situado dentro de la garganta de un paciente, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 2700 incluye un adaptador 2704, un tubo 2710, unos electrodos 2712, un manguito principal 2714, una extensión esofágica 2720, y unos electrodos esofágicos 2722. Las partes de la anatomía del paciente mostradas en la Figura 27 incluyen la lengua 2730, la tráquea 2732, y el esófago 2734. El tubo 2710 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 2704 está configurado para su conexión con una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones, y extraer aire de los pulmones. Un conducto de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido, para inflar el manguito 2714. El conducto 506 de inflado de manguito se comunica con una luz 522 (Figura 7) situada en la pared 520 del tubo. Tras insertar el tubo endotraqueal 2700 en la tráquea 2732 de un paciente, los electrodos 2712 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de unos alambres sólidos conectados a los electrodos 2712.

Como se muestra en la Figura 27, la extensión esofágica 2720 se extiende alejándose del tubo 2710 y hacia el esófago 2734 del paciente. Los electrodos esofágicos 2722 formados sobre la extensión 2720 detectan señales de los músculos traseros de los pliegues vocales, desde el esófago 2734. Los electrodos 2722 de acuerdo con una realización se utilizan para registrar señales EMG de los músculos laríngeos situados detrás de la laringe. En una realización, los electrodos 2722 se sitúan detrás del cartílago cricoides durante la cirugía. La mayor parte de los músculos inervados por el nervio laríngeo recurrente (RLN) están situados detrás y de manera posterolateral a la laringe (por ejemplo, aritenoides, cricoaritenoides posterior (CAP), y cricoaritenoides lateral (CAL)). La colocación de los electrodos 2722 detrás del cartílago cricoides proporciona mejores señales EMG. En una realización, la extensión esofágica 2720 también se utiliza para ajustar tanto la profundidad de inserción como la colocación angular del tubo 2710.

La Figura 28A muestra un tubo endotraqueal 2800A EMG con unos electrodos que tienen una mayor área de superficie, de acuerdo con una realización. El tubo 2800A incluye un electrodo 2802A, que tiene una forma de onda sinusoidal que se extiende alrededor de la circunferencia del tubo 2800A, con crestas y depresiones que se extienden en una dirección longitudinal del tubo 2800A.

La Figura 28B muestra un tubo endotraqueal 2800B EMG con unos electrodos que tienen una mayor área de superficie, de acuerdo con otra realización. El tubo 2800B incluye unos electrodos 2802B, que están formados alrededor de una circunferencia del tubo 2800B y que se extienden en una dirección longitudinal del tubo 2800B. Los

electrodos 2802B incluyen un primer conjunto de electrodos 2802B-1 que están intercalados con un segundo conjunto de electrodos 2802B-2, y longitudinalmente desplazados con respecto a los mismos. Los electrodos 2802B-1 están situados más cerca de un extremo proximal del tubo 2800B que los electrodos 2802B-2, y los electrodos 2802B-2 están situados más cerca de un extremo distal del tubo 2800B que los electrodos 2802B-1.

La Figura 28C muestra un tubo endotraqueal 2800C EMG con unos electrodos que tienen una mayor área de superficie, de acuerdo con otra realización. El tubo 2800C incluye unos electrodos 2802C-1 y 2802C-2, cada uno con una forma de onda sinusoidal que se extiende a lo largo de una porción de la longitud del tubo 2800C, con crestas y depresiones que se extienden en una dirección lateral del tubo 2800C.

La Figura 28D muestra un tubo endotraqueal 2800D EMG con unos electrodos que tienen una mayor área de superficie, de acuerdo con otra realización. El tubo 2800D incluye un conjunto 2802D de electrodos, que incluye una pluralidad de electrodos horizontales 2802D-1 y 2802D-2 y una pluralidad de electrodos verticales 2802D-3 y 2802D-4, que forman un patrón de rejilla. Los electrodos horizontales 2802D-1 y 2802D-2 se extienden lateralmente alrededor de una circunferencia del tubo 2800D, y los electrodos verticales 2802D-3 y 2802D-4 se extienden longitudinalmente a lo largo de una porción de la longitud del tubo 2800D.

Las configuraciones de electrodos que se muestran en las Figuras 28A-28D ayudan a reducir o eliminar la sensibilidad del tubo a la rotación. En una realización, la forma de los electrodos se ajusta a los pliegues vocales para evitar problemas de derivación.

La Figura 29 muestra un tubo endotraqueal 2900 EMG con una forma general curva, para que coincida con la forma de una garganta humana, de acuerdo con una realización. El tubo endotraqueal 2900 incluye un adaptador 2904, un tubo 2910, unos electrodos 2912 y un manguito principal 514. El tubo 2910 transporta gases hacia y desde los pulmones. El adaptador 2904 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada) para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. Un conducto de inflado de manguito está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido para inflar el manguito 2914. Tras insertar el tubo endotraqueal 2900 en la tráquea de un paciente, los electrodos 2912 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120) a través de unos alambres sólidos conectados a los electrodos 2912.

Como se muestra en la Figura 29, el tubo 2910 no es un tubo recto, sino que más bien está doblado o curvado en al menos una ubicación a lo largo del tubo 2910, de manera que el tubo 2910 tenga una forma natural que coincida o coincida sustancialmente con la forma de una garganta humana. La forma curvada del tubo 2910 proporciona sensación táctil para su colocación adecuada en un paciente.

La Figura 30 muestra una vista en sección transversal de un tubo endotraqueal 3000 EMG con unos electrodos configurados para reducir o eliminar la sensibilidad a la rotación, de acuerdo con una realización. Cuatro electrodos 3002A-3002D están situados en el tubo 3004, y se extienden longitudinalmente a lo largo de una porción de la longitud del tubo 3004 (es decir, dentro y fuera de la página en la Figura 30). En la realización ilustrada, los cuatro electrodos 3002A-3002D están igualmente separados a lo largo de la circunferencia del tubo 3004. El electrodo 3002A corresponde al canal 1+ y al canal 3+. El electrodo 3002B corresponde al canal 2+ y al canal 4-. El electrodo 3002C corresponde al canal 1- y al canal 4+. El electrodo 3002D corresponde al canal 2- y al canal 3-.

Como se muestra en la Figura 30, se puede utilizar un tubo de cuatro electrodos para crear cuatro canales mediante el uso de los pares de diagonales de electrodos para los canales 3 y 4. Esta configuración de electrodos ayuda a asegurar que el tubo siempre tenga dos canales de monitorización buenos independientemente de su rotación, y por lo tanto ayuda a reducir o eliminar la sensibilidad a la rotación del tubo. También se puede utilizar un tubo de cuatro electrodos para crear seis canales (por ejemplo, usando los dos electrodos superiores para el canal 5 y los dos electrodos inferiores para el canal 6). En una realización, el NIM 120 (Figura 1) está configurado para visualizar todos los canales (los cuatro o los seis). En otra realización, el NIM 120 está configurado para determinar cuál de los cuatro o seis canales están proporcionando la mejor señal, y visualizar únicamente el mejor canal o canales. En una realización, el tubo 3004 incluye un componente de identificación (por ejemplo, de tipo resistencia, de RF, un imán, digital) que fuerce al NIM 120 a cambiar a un modo de canales múltiples. El tubo también puede incluir uno o más LED para verificar la profundidad de inserción del tubo. La sensibilidad a la rotación también puede reducirse o eliminarse mediante la multiplexación de número elevado de pares de electrodos.

La Figura 31 muestra un tubo endotraqueal 3100 EMG con unos electrodos configurados para reducir o eliminar la sensibilidad a la rotación de acuerdo con otra realización. El tubo endotraqueal 3100 EMG incluye un tubo 3110, un manguito principal 3114, y unos soportes 3120A y 3120B de electrodo. Cada uno de los soportes 3120A y 3120B de electrodo tiene forma tórica, y rodea la circunferencia del tubo 3110. Los soportes 3120A y 3120B de electrodo están separados entre sí a lo largo del tubo 3110. Electrodo 3112A está formado sobre el soporte 3120A de electrodo, y el electrodo 3112B está formado sobre el soporte 3120B de electrodo. Cada uno de los electrodos 3112A y 3112B tiene una forma de onda sinusoidal que se extiende alrededor de la circunferencia del correspondiente soporte 3120A y 3120B, con crestas y depresiones que se extienden en una dirección longitudinal del tubo 3110. En una realización, el electrodo 3112A es un electrodo negativo y el electrodo 3112B es un electrodo positivo. La

configuración de electrodos mostrada en la Figura 31 ayuda a reducir o eliminar la sensibilidad a la rotación del tubo endotraqueal 3100 EMG.

En otra realización, el tubo endotraqueal 3100 EMG sólo incluye un único soporte 3120A de electrodo de forma tórica, y el soporte 3120A está acoplado de forma deslizante en el tubo 3110 para permitir que el soporte 3120A se deslice longitudinalmente hacia arriba y abajo, a lo largo del tubo 3110. En una forma de esta realización puede haber un miembro de control sujeto al soporte 3120A, para causar de manera selectiva la expansión del soporte 3120A, permitiendo el deslizamiento, o la contracción del mismo, evitando el deslizamiento. Por ejemplo, el miembro de control puede hacer que el soporte 3120A se expanda cuando el soporte 3120A esté situado en los pliegues vocales, de tal manera que se mantenga el soporte 3120A en esa posición, al tiempo que se permite al tubo 3110 deslizarse a través del soporte 3120A. En una realización, uno o ambos de los soportes 3120A y 3120B pueden tener una forma de sección transversal circular, o una forma de sección transversal no circular (por ejemplo, forma triangular).

La Figura 32 muestra un manguito 3200 para un tubo endotraqueal EMG, de acuerdo con una realización. El manguito 3200 incluye una porción expansible 3202 de manguito y unos miembros de tensión 3204. El manguito 3200 también incluye una abertura 3206 de forma cilíndrica que se extiende a través del manguito 3200, y que permite que el manguito 3200 se deslice sobre un tubo endotraqueal. Los miembros de tensión 3204 permiten la expansión de la porción 3202 de manguito, pero se resisten a la torsión y ayudan a minimizar la rotación del manguito 3200 y del tubo endotraqueal. En una realización, los miembros de tensión 3204 son autoexpansibles y están formados a partir de un material con memoria de forma, tal como nitinol. En una realización, los miembros de tensión 3204 son una estructura o cesta de nitinol, y el manguito 3200 incluye unos electrodos formados sobre el mismo. En una forma de esta realización, el manguito 3200 está configurado para ajustarse de forma no traumática a la forma de los pliegues vocales.

La Figura 33 muestra un diagrama esquemático eléctrico de un conjunto de electrodos configurado para su uso en un tubo endotraqueal EMG, de acuerdo con una realización. El conjunto de electrodos incluye cinco electrodos 3302 en una configuración de estrella, en la que los electrodos 3302 comparten un nodo común 3304. Un terminal positivo 3306 está conectado al nodo común 3304. El conjunto también incluye un terminal 3308. En una realización, el terminal 3306 y los electrodos 3302 están situados en el tubo, y el terminal 3308 está situado en un manguito principal o secundario del tubo. La configuración de electrodos mostrada en la Figura 33 ayuda a reducir o eliminar la sensibilidad a la rotación del tubo endotraqueal EMG. La sensibilidad a la rotación también puede reducirse o eliminarse usando dos electrodos de anillo, que rodeen la circunferencia del tubo en dos lugares (por ejemplo, un electrodo de anillo en los pliegues vocales y un segundo electrodo de anillo en un manguito principal o secundario del tubo).

La Figura 34 muestra unos electrodos flexibles de expansión, configurados para su uso en un tubo endotraqueal EMG de acuerdo con una realización. Como se muestra en la Figura 34, cada uno de un par de anillos de retención 3422 y 3424 separados rodea la circunferencia del tubo 3410. Los anillos 3422 y 3424 sujetan los electrodos flexibles 3412 en su sitio, entre los anillos. Los electrodos 3412 se extienden longitudinalmente a lo largo de una porción de la longitud del tubo 3410. Cuanto más cerca estén los anillos 3422 y 3424 el uno de otro a lo largo del tubo 3410, más lejos se extienden los electrodos 3412 con respecto al tubo 3410. Cuanto más alejados estén los anillos 3422 el uno del otro a lo largo del tubo 3410, más cerca están del tubo 3410 los electrodos 3412. Los electrodos 3412 se pueden usar para estimular mecánicamente los pliegues vocales. Los pliegues vocales empujarán los electrodos flexibles 3412 hacia dentro, hacia el tubo 3410.

En caso de que un tubo endotraqueal EMG se mueva durante la cirugía, los electrodos EMG del tubo pueden perder el contacto con el músculo diana, y pueden dejar de proporcionar la respuesta EMG óptima. Una realización proporciona un tubo endotraqueal EMG que es insensible, o sustancialmente insensible, al movimiento del tubo (rotacional y vertical), y proporciona una grabación EMG ininterrumpida incluso si el tubo se mueve rotacional o verticalmente dentro del paciente durante la cirugía. Una forma de esta realización es un tubo con tres electrodos, con dos electrodos configurados para su colocación encima de los pliegues vocales y un electrodo configurado para su colocación debajo de los pliegues vocales. Otra forma de esta realización es un tubo con cuatro electrodos, con dos electrodos configurados para su colocación por encima de los pliegues vocales y dos electrodos configurados para su colocación debajo de los pliegues vocales, con los electrodos dispuestos angularmente por igual. La configuración de electrodos de estas realizaciones difiere en la colocación por encima y por debajo del nivel de los pliegues vocales, lo que maximiza la diferencia de señal entre el grupo muscular activado y la zona inactiva. La colocación de electrodos por encima y por debajo del nivel de los pliegues vocales mejora la monitorización de las señales electromiográficas (EMG), desde los músculos de la laringe inervados por los nervios laríngeos recurrentes (o los nervios laríngeos no recurrentes) y la rama externa de los nervios laríngeos superiores. La colocación de electrodos por encima y por debajo del nivel de los pliegues vocales proporciona una monitorización posterior, lateral, y anterior de la laringe, por ejemplo; la monitorización a la izquierda y la derecha de los músculos vocalis, aritenoides, tiroaritenoides, cricoaritenoides posterior, cricoaritenoides lateral, y cricotiroides. A continuación se describen con más detalle las realizaciones que son sustancialmente insensibles a la posición del tubo, con referencia a las Figuras 35-37.

La Figura 35A muestra una primera vista lateral (lado posterior) de un tubo endotraqueal 3500 EMG con tres electrodos, de acuerdo con una realización. La Figura 35B muestra una segunda vista lateral (girada 90 grados con respecto a la vista mostrada en la Figura 35A) del tubo endotraqueal 3500 EMG mostrado en la Figura 35A, de acuerdo con una realización. La Figura 35C es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal 3500 mostrado en las Figuras 35A y 35B, de acuerdo con una realización. Como se muestra en las Figuras 35A-35C, el tubo endotraqueal 3500 incluye un tubo 3510, unos electrodos 3512 y un manguito principal 3514. El tubo 3510 transporta gases hacia y desde los pulmones. Un extremo proximal (extremo izquierdo en la Figura 35A) está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. Un conducto de inflado de manguito (no mostrado) está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 3514. Tras insertar el tubo endotraqueal 3500 en la tráquea de un paciente, los electrodos 3512 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120).

Los electrodos 3512 incluyen tres electrodos 3512A-3512C, que están formados alrededor de una circunferencia del tubo 3510 y se extienden en una dirección longitudinal del tubo 3510. El electrodo 3512B está totalmente situado en el lado posterior del tubo 3510, y en el presente documento se denomina también electrodo posterior 3512B. Los electrodos 3512A y 3512C están situados principalmente en el lado anterior del tubo 3510, y también se denominan electrodos anteriores 3512A y 3512C. El lado anterior del tubo 3510 es la mitad inferior del tubo 3510 mostrado en la Figura 35C, y el lado posterior del tubo 3510 es la mitad superior del tubo 3510 mostrado en la Figura 35C. Cada uno de los electrodos 3512A-3512C está acoplado con una correspondiente tira conductiva 3524A-3524C (la tira conductiva 3524A no es visible en las Figuras). Las tiras conductivas 3524A-3524C están situadas en una zona protegida 3528 (cubierta) del tubo 3510. El electrodo posterior 3512B está situado en una zona expuesta 3526A (descubierta) del tubo 3510. Los electrodos anteriores 3512A y 3512C están situados en una zona expuesta 3526B (descubierta) del tubo 3510.

En una realización, cada uno de los electrodos 3512A-3512C tiene una longitud de aproximadamente 25,4 mm (una pulgada), y se extienden lateralmente alrededor de una circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo 3522 de aproximadamente 90 grados (es decir, cada uno de los electrodos 3512A-3512C tiene una anchura de aproximadamente el 25 por ciento de la circunferencia total del tubo). Los electrodos 3512A-3512C están separados lateralmente alrededor de la circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo 3520 de aproximadamente 30 grados (es decir, la separación lateral entre cada uno de los electrodos 3512A-3512C es de aproximadamente el 8,333 por ciento de la circunferencia total del tubo). En otra realización, cada uno de los electrodos 3512A-3512C se extiende lateralmente alrededor de una circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo 3522 de aproximadamente 60 grados, y los electrodos 3512A-3512C están separados lateralmente entre sí alrededor de la circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo 3520 de aproximadamente 60 grados. En otra realización más, los electrodos 3512A-3512C están separados lateralmente alrededor de la circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo 3520 de más de 15 grados aproximadamente. En una realización, la distancia alrededor de la circunferencia del tubo desde el centro de uno de los electrodos 3512A-3512C hasta el centro de un electrodo adyacente es de aproximadamente entre 110 grados y 220 grados. El electrodo posterior 3512B está situado lateralmente entre los dos electrodos anteriores 3512A y 3512C, y está descentrado o desplazado longitudinalmente con respecto a los electrodos anteriores 3512A y 3512B. El electrodo posterior 3512B está situado más cerca del extremo distal (lado derecho en las Figuras 35A y 35B) del tubo 3510 que los electrodos anteriores 3512A y 3512C, y los electrodos anteriores 3512A y 3512C están situados más cerca del extremo proximal (lado izquierdo en las Figuras 35A y 35B) del tubo 3510 que el electrodo posterior 3512B.

El tubo 3510 incluye una zona de solapamiento 3530, en la que una porción proximal del electrodo posterior 3512B se superpone longitudinalmente con una porción distal de los electrodos anteriores 3512A y 3512C. Los electrodos 3512 no se superponen físicamente entre sí, ya que están desplazados lateralmente entre sí. En una realización, la zona de solapamiento 3530 tiene aproximadamente 2,54 mm de largo, y la longitud total desde un extremo proximal de los electrodos anteriores 3512A y 3512C hasta un extremo distal del electrodo posterior 3512B es de aproximadamente 48,26 mm. En otra realización, la zona de solapamiento 3530 tiene aproximadamente 5,08 mm de largo, y la longitud total desde un extremo proximal de los electrodos anteriores 3512A y 3512C hasta un extremo distal del electrodo posterior 3512B es de aproximadamente 45,74 mm. El tubo 3510 está configurado para su colocación de tal manera que los pliegues vocales de un paciente queden situados en la zona de superposición 3530. Por lo tanto, la configuración de los electrodos 3512 por encima de los pliegues vocales es diferente de la configuración por debajo de los pliegues vocales. El electrodo posterior 3512B individual está configurado para su posicionamiento principalmente por debajo de los pliegues vocales, y los dos electrodos anteriores 3512A y 3512C están configurados para su colocación principalmente por encima de los pliegues vocales. Se ha determinado que la mayor respuesta se proporciona en el lado anterior, aproximadamente a 12,7 mm por encima de los pliegues vocales. En una realización, los electrodos 3512A y 3512B se utilizan para un primer canal EMG, y los electrodos 3512C y 3512B se utilizan para un segundo canal EMG.

La Figura 36A muestra una primera vista lateral (lado posterior) de un tubo endotraqueal 3600 EMG con cuatro electrodos, de acuerdo con una realización. La Figura 36B muestra una segunda vista lateral (girada 90 grados con respecto a la vista mostrada en la Figura 36A) del tubo endotraqueal 3600 EMG mostrado en la Figura 36A, de

acuerdo con una realización. La Figura 36C es un diagrama que ilustra una vista en sección transversal del tubo endotraqueal 3600 mostrado en las Figuras 36A y 36B, de acuerdo con una realización. Tal como se muestra en las Figuras 36A-36C, el tubo endotraqueal 3600 incluye un tubo 3610, unos electrodos 3612 y un manguito principal 3614. El tubo 3610 transporta gases hacia y desde los pulmones. Un extremo proximal (extremo izquierdo en la Figura 36A) del tubo 3610 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire de los pulmones. Un conducto de inflado de manguito (no mostrado) está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 3614. Tras insertar el tubo endotraqueal 3600 en la tráquea de un paciente, los electrodos 3612 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120).

Los electrodos 3612 incluyen cuatro electrodos 3612A-3612D, que están formados alrededor de una circunferencia del tubo 3610 y se extienden en una dirección longitudinal del tubo 3610. Los electrodos 3612A y 3612B están totalmente situados en el lado posterior del tubo 3610, y en el presente documento también se denominan electrodos posteriores 3612A y 3612B. Los electrodos 3612C y 3612D están totalmente situados en el lado anterior del tubo 3610, y también se denominan electrodos anteriores 3612C y 3612D. El lado anterior del tubo 3610 es la mitad inferior del tubo 3610 mostrado en la Figura 36C, y el lado posterior del tubo 3610 es la mitad superior del tubo 3610 mostrado en la Figura 36C. Cada uno de los electrodos 3612A-3612D está acoplado con una correspondiente tira conductiva 3624A-3624D (la tira conductiva 3624D no es visible en las Figuras). Las tiras conductoras 3624A-3624D están situadas en una zona protegida 3628 (cubierta) del tubo 3610. Los electrodos posteriores 3612A y 3612B están situados en una zona expuesta 3626A (descubierta) del tubo 3610. Los electrodos anteriores 3612C y 3612D están situados en una zona expuesta 3626B (descubierta) del tubo 3610.

En una realización, cada uno de los electrodos 3612A-3612D tiene una longitud de aproximadamente 25,4 mm, y se extienden lateralmente alrededor de una circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo 3622 de aproximadamente 60 grados (es decir, cada uno de los electrodos 3612A-3612D tiene una anchura de aproximadamente el 16,666 por ciento de la circunferencia total del tubo). Los electrodos están separados lateralmente alrededor de la circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo 3620 de aproximadamente 30 grados (es decir, la separación lateral entre cada uno de los electrodos 3612A-3612D es de aproximadamente el 8,333 por ciento de la circunferencia total del tubo). Los electrodos posteriores 3612A y 3612B están descentrados o desplazados longitudinalmente con respecto a los electrodos anteriores 3612C y 3612D. Los electrodos posteriores 3612A y 3612B están situados más cerca del extremo distal (lado derecho en las Figuras 36A y 36B) del tubo 3610 que los electrodos anteriores 3612C y 3612D, y los electrodos anteriores 3612C y 3612D están situados más cerca del extremo proximal (lado izquierdo en las Figuras 36A y 36B) del tubo 3610 que los electrodos posteriores 3612A y 3612B.

El tubo 3610 incluye una zona de solapamiento 3630, en la que una porción proximal de los electrodos posteriores 3612A y 3612B se superpone longitudinalmente con una porción distal de los electrodos anteriores 3612C y 3612D. Los electrodos 3612 no se superponen físicamente entre sí, ya que están desplazados lateralmente entre sí. En una realización, la zona de solapamiento 3630 tiene aproximadamente 2,54 mm de largo, y la longitud total desde un extremo proximal de los electrodos anteriores 3612C y 3612D hasta un extremo distal de los electrodos posteriores 3612A y 3612B es de aproximadamente 48,26 mm. En otra realización, la zona de solapamiento 3630 tiene aproximadamente 5,08 mm de largo, y la longitud total desde un extremo proximal de los electrodos anteriores 3612C y 3612D hasta un extremo distal de los electrodos posteriores 3612A y 3612B es de aproximadamente 45,74 mm. El tubo 3610 está configurado para su colocación de tal manera que los pliegues vocales de un paciente queden situados en la zona de superposición 3630. Por lo tanto, la configuración de los electrodos 3612 por encima de los pliegues vocales es diferente de la configuración por debajo de los pliegues vocales. Los electrodos posteriores 3612A y 3612B están configurados para su posicionamiento principalmente por debajo de los pliegues vocales, y los dos electrodos anteriores 3612C y 3612D están configurados para su colocación principalmente por encima de los pliegues vocales. En una realización, los electrodos 3612A y 3612C se utilizan para un primer canal EMG, y los electrodos 3612B y 3612D se utilizan para un segundo canal EMG. En otra realización, los electrodos 3612A y 3612D se utilizan para un primer canal EMG, y los electrodos 3612B y 3612C se utilizan para un segundo canal EMG.

La Figura 37A muestra una primera vista lateral (lado posterior) de un tubo endotraqueal 3700 EMG con cuatro electrodos, de acuerdo con otra realización. La Figura 37B muestra una segunda vista lateral (girada 90 grados con respecto a la vista mostrada en la Figura 37A) del tubo endotraqueal 3700 EMG mostrado en la Figura 37A, de acuerdo con una realización. Tal como se muestra en las Figuras 37A y 37B, el tubo endotraqueal 3700 incluye un tubo 3710, unos electrodos 3712 y un manguito principal 3714. El tubo 3710 transporta gases hacia y desde los pulmones. Un extremo proximal (extremo izquierdo en la Figura 37A) del tubo 3710 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire desde los pulmones. Un conducto de inflado de manguito (no mostrado) está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 3714. Tras insertar el tubo endotraqueal 3700 en la tráquea de un paciente, los electrodos 3712 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120).

Los electrodos 3712 incluyen cuatro electrodos 3712A-3712D, que están formados alrededor de una circunferencia del tubo 3710 y se extienden en una dirección longitudinal del tubo 3710. Cada uno de los electrodos 3712A-3712D está acoplado con una correspondiente tira conductiva 3724A-3724D (las tiras conductivas 3724D y 3724D no son visibles en las Figuras). Las tiras conductivas 3724A-3724D están situadas en una zona protegida 3728 (cubierta) del tubo 3710. Los electrodos 3712C y 3712D están situados en una zona expuesta 3726A (descubierta) del tubo 3710. Los electrodos 3712A y 3712B están situados en una zona expuesta 3726B (descubierta) del tubo 3710.

En una realización, cada uno de los electrodos 3712A-3712D tiene una longitud de aproximadamente 25,4 mm. En una realización, cada uno de los electrodos 3712A y 3712B se extiende lateralmente alrededor de una circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo de aproximadamente 140 grados (es decir, cada uno de los electrodos 3712A y 3712B tiene una anchura de aproximadamente el 38,888 por ciento de la circunferencia total del tubo). En una realización, cada uno de los electrodos 3712C y 3712D se extiende lateralmente alrededor de una circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo de aproximadamente 110 grados (es decir, cada uno de los electrodos 3712C y 3712D tiene una anchura de aproximadamente el 30,555 por ciento de la circunferencia total del tubo). Los electrodos 3712A y 3712B están separados lateralmente entre sí alrededor de la circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo de aproximadamente 40 grados (es decir, la separación lateral entre los electrodos 3712A y 3712B es de aproximadamente el 11,111 por ciento de la circunferencia total del tubo). Los electrodos posteriores 3712C y 3712D están separados lateralmente entre sí alrededor de la circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo de aproximadamente 70 grados (es decir, la separación lateral entre los electrodos 3712C y 3712D es de aproximadamente el 19,444 por ciento de la circunferencia total del tubo). Los electrodos 3712A y 3712B están descentrados o desplazados longitudinalmente con respecto a los electrodos anteriores 3712C y 3712D. Los electrodos 3712C y 3712D están situados más cerca del extremo distal (lado derecho en las Figuras 37A y 37B) del tubo 3710 que los electrodos 3712A y 3712B, y los electrodos 3712A y 3712B están situados más cerca del extremo proximal (lado izquierdo en las Figuras 37A y 37B) del tubo 3710 que los electrodos 3712C y 3712D.

El tubo 3710 incluye una zona de solapamiento 3730, en la que un extremo proximal de los electrodos 3712C y 3712D está separada longitudinalmente de un extremo distal de los electrodos 3712A y 3712B. En una realización, la zona de solapamiento 3730 tiene aproximadamente 2,54 mm de largo, y la longitud total desde un extremo proximal de los electrodos 3712A y 3712B hasta un extremo distal de los electrodos 3712C y 3712D es de aproximadamente 53,54 mm. En otra realización, la zona de solapamiento 3730 tiene aproximadamente 5,08 mm de largo, y la longitud total desde un extremo proximal de los electrodos 3712A y 3712B hasta un extremo distal de los electrodos 3712C y 3712D es de aproximadamente 55,88 mm. El tubo 3710 está configurado para su colocación de tal manera que los pliegues vocales de un paciente queden situados en la zona de superposición 3730. Por lo tanto, la configuración de los electrodos 3612 por encima de los pliegues vocales es diferente de la configuración por debajo de los pliegues vocales. Los electrodos 3712C y 3712D están configurados para su posicionamiento principalmente por debajo de los pliegues vocales, y los electrodos 3712A y 3712B están configurados para su colocación principalmente por encima de los pliegues vocales.

La Figura 38 muestra una primera vista lateral de un tubo endotraqueal 3800 EMG con una pluralidad de electrodos de anillo, de acuerdo con una realización. Tal como se muestra en la Figura 38, el tubo endotraqueal 3800 incluye un tubo 3810, unos electrodos 3812 y un manguito principal 3814. El tubo 3810 transporta gases hacia y desde los pulmones. Un extremo proximal (extremo izquierdo en la Figura 38) del tubo 3810 está configurado para su conexión a una máquina de respiración (no mostrada), para inyectar aire en los pulmones y extraer aire desde los pulmones. Un conducto de inflado de manguito (no mostrado) está configurado para su conexión a una fuente de aire comprimido (no mostrada), para inflar el manguito 3814. Tras insertar el tubo endotraqueal 3800 en la tráquea de un paciente, los electrodos 3812 detectan señales EMG, que se emiten a una máquina de procesamiento EMG (por ejemplo, el dispositivo NIM 120).

Los electrodos 3812 incluyen una pluralidad de electrodos 3812A de anillo. En una realización, cada uno de los electrodos 3812A de anillo rodea completamente una circunferencia del tubo 3810. En una realización, los electrodos 3812 incluyen dieciséis electrodos 3812A de anillo que están separados longitudinalmente entre sí a lo largo de la longitud del tubo, a una distancia de aproximadamente 1,27 mm, y tienen una longitud total en la dirección longitudinal del tubo de aproximadamente 39,37 mm.

Las Figuras 39A-39E muestran tubos endotraqueales EMG con unas marcas de colocación del tubo, de acuerdo con diversas realizaciones. En una realización, las marcas de tubo mostradas en las Figuras 39A-39E están formadas con un material radiopaco.

Como se muestra en la Figura 39A, tubo endotraqueal 3900A EMG incluye tres bandas 3902, 3904 y 3906, y un segmento 3908 de línea vertical. Las bandas 3902, 3904 y 3906, y el segmento 3908 de línea vertical, están situados en una zona de electrodos del tubo 3900A, y facilitan el posicionamiento longitudinal y rotacional adecuados de los electrodos del tubo 3900A con respecto a la anatomía de un paciente. Las bandas 3902, 3904, y 3906 están situadas adyacentes entre sí, con la banda 3904 situada entre las bandas 3902 y 3906. En una realización, cada una de las bandas 3902, 3904 y 3906 rodea una circunferencia del tubo 3900A, o una porción de la circunferencia del tubo 3900A, y las bandas 3902, 3904 y 3906 tienen una longitud total a lo largo de un eje

longitudinal del tubo 3900A que es igual, o sustancialmente igual, que la longitud de los electrodos del tubo 3900A. En una realización, las bandas 3902 y 3906 tienen prácticamente la misma longitud, que es aproximadamente el doble de la longitud de la banda 3904. En una realización las bandas 3902, 3904 y 3906 son bandas de color liso, y se utilizan al menos dos colores diferentes para las tres bandas. En una realización, cada una de las bandas 3902, 3904, y 3906 es una banda de color sólido con un color diferente al de las otras bandas (es decir, se utilizan 3 colores lisos diferentes para las tres bandas). En una forma de esta realización, la banda 3902 es una banda verde, la banda 3904 es una banda blanca, y la banda 3906 es una banda azul. En una realización, los colores se seleccionan para diferenciar las bandas de la sangre y el tejido circundante. El segmento 3908 de línea vertical se extiende en una dirección longitudinal a lo largo del tubo 3900A, y tiene una longitud que es la misma o sustancialmente la misma que la longitud total de las bandas 3902, 3904 y 3906.

Como se muestra en la Figura 39B, el tubo endotraqueal 3900B EMG incluye una banda 3910, un segmento 3914 de línea vertical, y unos segmentos 3916, 3918 y 3920 de línea horizontal. La banda 3910 y los segmentos 3914, 3916, 3918 y 3920 de línea están posicionados en una zona de electrodo del tubo 3900B, y facilitan el posicionamiento longitudinal y rotacional adecuado de los electrodos del tubo 3900B con respecto a la anatomía de un paciente. En una realización, la banda 3910 rodea una circunferencia del tubo 3900B, y tiene una longitud a lo largo de un eje longitudinal del tubo 3900B que es igual, o sustancialmente igual, que la longitud de los electrodos del tubo 3900B. En una realización, la banda 3910 es una banda de color liso. En una realización, la banda 3910 es una banda blanca. En otra realización, la banda 3910 es una banda azul. En una realización, el color se selecciona para diferenciar la banda de la sangre y del tejido circundante.

El segmento 3914 de línea vertical se extiende en una dirección longitudinal a lo largo del tubo 3900B, y tiene una longitud que es igual o sustancialmente igual que la longitud de la banda 3910. Cada uno de los segmentos 3916, 3918, 3920 de línea horizontal interseca el segmento 3914 de línea vertical, y se extiende en una dirección lateral alrededor de una porción de la circunferencia del tubo 3900B. Cada uno de los segmentos 3916, 3918, y 3920 de línea horizontal está centrado sobre el segmento 3914 de línea vertical, y están separados entre sí a lo largo de un eje longitudinal del tubo 3900B. El segmento 3918 de línea horizontal está posicionado entre los segmentos 3916 y 3920. En una realización los segmentos 3916 y 3920 de línea horizontal tienen la misma longitud, que es menor que la longitud del segmento 3918. En una realización, el segmento 3918 tiene una longitud que es al menos aproximadamente el doble de larga que la longitud de cada uno de los segmentos 3916 y 3920.

Como se muestra en la Figura 39C, el tubo endotraqueal 3900C EMG incluye una banda 3922, un segmento 3926 de línea vertical, un segmento 3928 de línea horizontal, y unos segmentos 3930 y 3932 de línea diagonal. La banda 3922 y los segmentos 3926, 3928, 3930, y 3932 de línea están situados sobre una zona de electrodos del tubo 3900C, y facilitan el posicionamiento longitudinal y rotacional adecuado de los electrodos del tubo 3900C con respecto a la anatomía de un paciente. En una realización, la banda 3922 rodea una circunferencia del tubo 3900C, y tiene una longitud a lo largo de un eje longitudinal del tubo 3900C que es igual, o sustancialmente igual, que la longitud de los electrodos del tubo 3900C. En una realización, la banda 3922 es una banda de color liso. En una realización, la banda 3922 es una banda blanca. En otra realización, la banda 3922 es una banda azul. En una realización, el color se selecciona para diferenciar la banda de la sangre y del tejido circundante.

Todos los segmentos 3926, 3928, 3930, y 3932 de línea se cruzan en un punto común 3924. El segmento 3926 de línea vertical se extiende en una dirección longitudinal a lo largo del tubo 3900C, y tiene una longitud que es igual o sustancialmente igual que la longitud de la banda 3922. El segmento 3928 de línea horizontal está centrado sobre el segmento 3926 de línea vertical, y se extiende en una dirección lateral alrededor de una porción de la circunferencia del tubo 3900C. Los segmentos 3930 y 3932 de línea diagonal se extienden en sentido longitudinal y lateral a lo largo del tubo 3900C, y se cruzan entre sí en el punto común 3924, para formar una marca de tipo X.

Como se muestra en la Figura 39D, el tubo endotraqueal 3900D EMG incluye una banda 3934, unas marcas triangulares 3936 y 3940, y un segmento 3942 de línea vertical, que están situados sobre una zona de electrodos del tubo 3900D, y facilitan el posicionamiento longitudinal y rotacional adecuados de los electrodos del tubo 3900D con respecto a la anatomía de un paciente. En una realización, la banda 3934 rodea una circunferencia del tubo 3900D, y tiene una longitud a lo largo de un eje longitudinal del tubo 3900D que es igual, o sustancialmente igual, que la longitud de los electrodos del tubo 3900D. En una realización, la banda 3934 es una banda de color sólido. En una realización, la banda 3934 es una banda blanca.

De acuerdo con una realización, cada una de las marcas triangulares 3936 y 3940 tiene sustancialmente la forma de un triángulo isósceles. Cada una de las marcas triangulares 3936 y 3940 tiene un segmento de base que se extiende lateralmente alrededor de una porción de la circunferencia del tubo 3900D, y dos lados iguales que se extienden en sentido opuesto a la porción de base y se unen en un vértice del triángulo. Los vértices de las marcas triangulares 3936 y 3940 comparten un punto común 3938. En una realización, cada una de las marcas triangulares 3936 y 3940 es una marca de color liso. En una realización, el color de la marca 3936 es diferente al color de la marca 3940. En una forma de esta realización, la marca 3936 es una marca verde, y la marca 3940 es una marca azul. En una realización, los colores se seleccionan para diferenciar las marcas de la sangre y del tejido circundante.

El segmento 3942 de línea vertical se extiende en una dirección longitudinal a lo largo del tubo 3900D, desde la mitad del segmento base de la marca triangular 3936 hasta la mitad del segmento base de la marca triangular 3936, e interseca el punto común 3938. El segmento 3942 de línea vertical tiene una longitud que es igual o sustancialmente igual que la longitud de la banda 3934.

5 Como se muestra en la Figura 39E, el tubo endotraqueal 3900E EMG incluye una banda 3950, una línea o tira vertical 3952, y una línea o tira horizontal 3954, que están situadas en una zona de electrodos del tubo 3900E, y facilitan el posicionamiento longitudinal y rotacional adecuados de los electrodos del tubo 3900E con respecto a la anatomía de un paciente. En una realización, la banda 3950 rodea una circunferencia del tubo 3900E. En una  
10 realización, la banda 3950 es una banda de color liso.

La tira vertical 3952 se extiende en una dirección longitudinal a lo largo del tubo 3900E, y tiene una longitud que es igual o sustancialmente igual que la longitud de los electrodos del tubo 3900E. La tira vertical 3952 incluye dos porciones extremas 3952A y 3952C separadas por una porción media 3952B. En una realización, las porciones  
15 extremas 3952A y 3952C tienen una longitud sustancialmente igual, que es aproximadamente cuatro veces mayor que la longitud de la porción media 3952B. La banda 3950 se extiende desde un extremo inferior de la porción extrema 3952A de tira vertical hasta un extremo superior de la porción media 3952B de tira vertical.

La tira horizontal 3954 interseca la tira vertical 3952 en la porción media 3952B, y se extiende en una dirección lateral alrededor de al menos una porción de la circunferencia del tubo 3900E. En una realización, la banda 3950 es una banda de color liso (por ejemplo, gris), y la franja horizontal 3954 es una franja de color liso (por ejemplo, blanco). En una realización, las porciones 3952A y 3952C de tira vertical están formadas con el mismo color liso (por ejemplo, azul), que es diferente al color liso de la porción 3952B de tira vertical (por ejemplo, blanco). En una  
20 realización, los colores se seleccionan para diferenciar las bandas de la sangre y del tejido circundante.

Una realización está dirigida a un aparato para monitorizar señales EMG de los músculos de la laringe de un paciente. El aparato incluye un tubo endotraqueal que tiene una superficie exterior, y unos electrodos de tinta conductora formados sobre la superficie exterior. Los electrodos de tinta conductora están configurados para recibir las señales EMG desde los músculos de la laringe, cuando el tubo endotraqueal está situado en la tráquea del  
25 paciente. Al menos un conductor está acoplado a los electrodos de tinta conductora, y está configurado para transportar a un aparato de procesamiento las señales EMG recibidas por los electrodos de tinta conductora.

Los electrodos de tinta conductora de acuerdo con una realización comprenden una tinta conductora de polímero de plata o una tinta conductora de carbón. En una realización, los electrodos de tinta conductora incluyen al menos seis electrodos de tinta conductora, que se extienden longitudinalmente a lo largo de la longitud del tubo y que están separados entre sí, para rodear la circunferencia del tubo endotraqueal. El aparato de acuerdo con una realización incluye un manguito inflable conectado al tubo endotraqueal, y al menos un electrodo de tinta conductora formado sobre el manguito inflable, y configurado para detectar señales EMG de los pliegues vocales del paciente. En una  
35 realización, al menos uno de entre una fuente de luz y un imán está situado en el tubo endotraqueal, cerca de los electrodos de tinta conductora.

Una realización del aparato incluye un adaptador de acoplamiento, configurado para permitir que un extremo proximal del tubo endotraqueal gire con respecto a un extremo distal del tubo endotraqueal. En una realización, el aparato incluye un primer reborde que rodea el tubo endotraqueal y que está situado encima de los electrodos de  
40 tinta conductora del tubo endotraqueal, y un segundo reborde que rodea el tubo endotraqueal y está situado por debajo de los electrodos de tinta conductora del tubo endotraqueal. En una realización, al menos un electrodo de estimulación periódica automática (APS) está formado sobre el tubo endotraqueal, y el aparato de procesamiento está configurado para determinar una posición del tubo endotraqueal en base a las señales generadas por el al menos un electrodo de APS. En una realización, al menos uno de entre un hidrogel conductor y una espuma expansible conductora está formado sobre los electrodos.  
45

En una realización, el tubo endotraqueal comprende un tubo endotraqueal trenzado. En una realización, los electrodos incluyen cuatro electrodos y el al menos un conductor incluye al menos cuatro pares de conductores, y cada par de conductores está acoplado con un par diferente de los cuatro electrodos para proporcionar al menos  
50 cuatro canales de señales EMG, desde los cuatro electrodos. En una forma de esta realización, el aparato de procesamiento está configurado para analizar los cuatro canales de señales EMG, e identificar un subconjunto de los cuatro canales a visualizar en base al análisis. En una realización, se proporciona al menos un sensor inalámbrico sobre el tubo endotraqueal, estando configurado el al menos un sensor inalámbrico para transmitir información de forma inalámbrica al aparato de procesamiento. En una realización, cada uno de los electrodos tiene al menos aproximadamente 48,26 mm de longitud. Los electrodos forman una rejilla de electrodos, con al menos dos electrodos horizontales y al menos dos electrodos verticales. En una realización, el aparato incluye al menos uno de entre un elemento detector de temperatura, un elemento de fibra óptica, y un elemento de vídeo. En una realización, el aparato incluye al menos uno de entre un elemento medidor de la deformación, un elemento medidor de la aceleración, y un elemento piezoeléctrico.  
55  
60  
65

También se describe un método para monitorizar señales EMG de los músculos de la laringe de un paciente. El método incluye proporcionar un tubo endotraqueal que tenga una superficie exterior, y unos electrodos de tinta conductora formados sobre la superficie exterior. Las señales EMG de los músculos de la laringe se detectan mediante los electrodos de tinta conductora, cuando el tubo endotraqueal está situado en la tráquea del paciente.  
5 Las señales EMG detectadas por los electrodos de tinta conductora se emiten a un aparato de procesamiento.

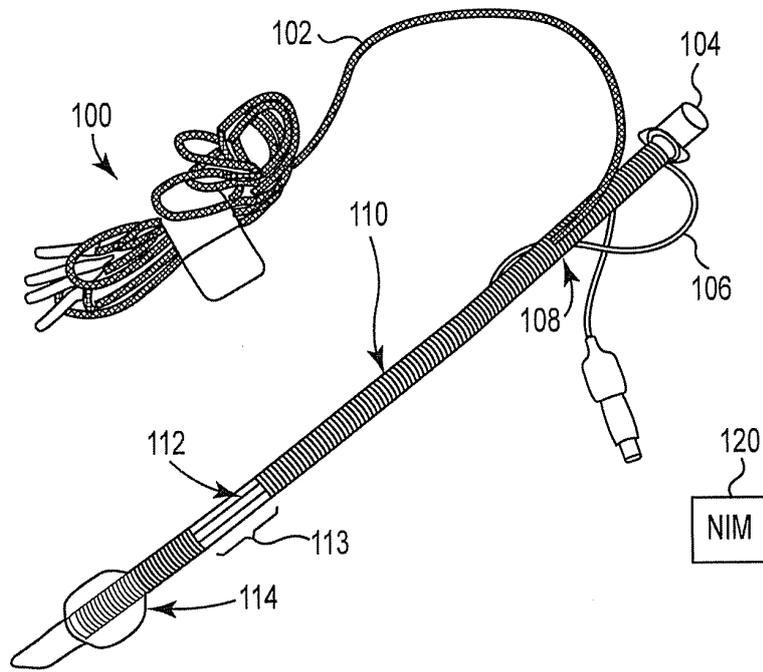
Otra realización se refiere a un aparato para monitorizar señales EMG de músculos de la laringe de un paciente. El aparato incluye un tubo endotraqueal que tiene una superficie exterior. Cuatro electrodos están formados sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal. Los cuatro electrodos están configurados para recibir las señales EMG desde los músculos de la laringe, cuando el tubo endotraqueal está situado en la tráquea del paciente. Al menos  
10 cuatro pares de conductores están acoplados a los cuatro electrodos, y configurados para transportar, a un aparato de procesamiento, las señales EMG recibidas por los electrodos. Cada par de conductores está acoplado a un par diferente de los cuatro electrodos, para proporcionar al menos cuatro canales de señales EMG a partir de los cuatro electrodos.  
15

Aunque las realizaciones expuestas en el presente documento se han descrito en el contexto de un tubo endotraqueal EMG, debe comprenderse que las técnicas son también aplicables a otros tipos de dispositivos, tales como un tubo para monitorizar el esfínter anal o el esfínter uretral de un paciente.  
20

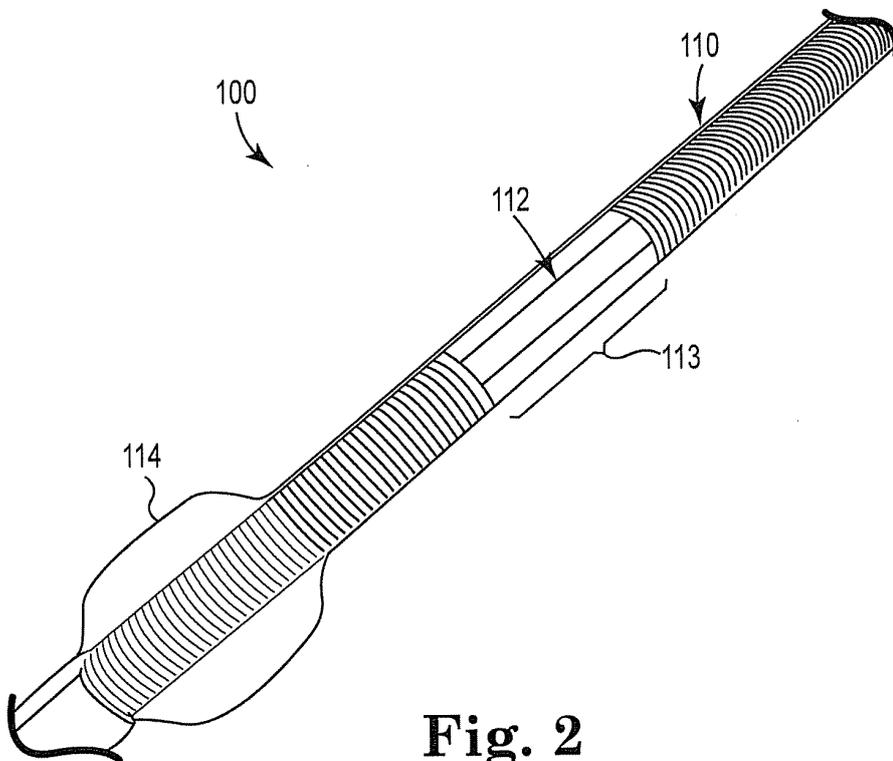
Aunque la presente divulgación se ha descrito con referencia a las realizaciones preferidas, los expertos en la materia reconocerán que se pueden efectuar cambios en forma y detalle sin apartarse del alcance de la invención, según se define en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

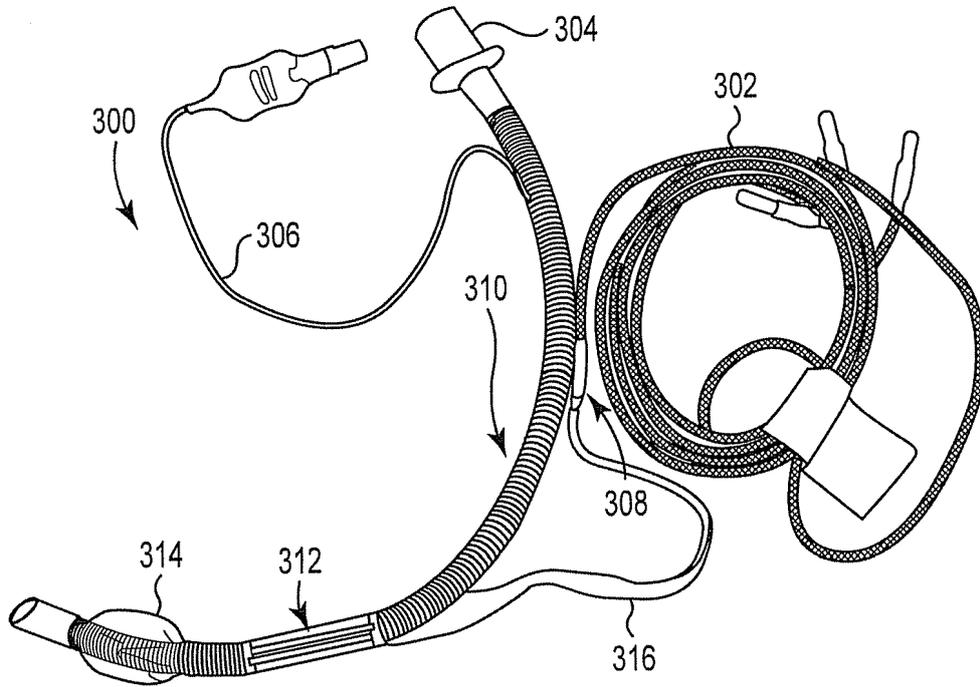
1. Un aparato para monitorizar señales EMG de los músculos de la laringe de un paciente, que comprende:
  - 5 un tubo endotraqueal (100) que tiene una superficie exterior, y una primera ubicación configurada para su posicionamiento en los pliegues vocales del paciente;
  - un primer electrodo (112) formado sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal, sustancialmente por debajo de la primera ubicación; y
  - 10 un segundo electrodo (112) formado sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal, sustancialmente por encima de la primera ubicación, en el que el primer y segundo electrodos están desplazados lateral y longitudinalmente entre sí, y configurados para recibir las señales EMG desde los músculos de la laringe cuando el tubo endotraqueal está situado en la tráquea del paciente.
2. El aparato de la reivindicación 1, y que comprende adicionalmente:
  - 15 al menos un conductor (102) acoplado al primer y segundo electrodos, y configurado para transportar a un aparato de procesamiento (120) las señales EMG recibidas por los electrodos.
3. El aparato de la reivindicación 1, en el que el primer electrodo está formado sobre un lado posterior del tubo endotraqueal.
4. El aparato de la reivindicación 1, en el que el segundo electrodo está formado sobre un lado anterior del tubo endotraqueal.
- 25 5. El aparato de la reivindicación 1, en el que cada uno del primer electrodo y segundo electrodo tienen una longitud de aproximadamente 25,4 mm (una pulgada).
6. El aparato de la reivindicación 1, en el que cada uno del primer electrodo y segundo electrodo se extienden lateralmente alrededor de una circunferencia del tubo a una distancia correspondiente a un ángulo de entre 60
- 30 grados y 90 grados aproximadamente.
7. El aparato de la reivindicación 1, y que comprende adicionalmente:
  - 35 un tercer electrodo formado sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal, sustancialmente por encima de la primera ubicación.
8. El aparato de la reivindicación 7, en el que el primer electrodo está formado sobre un lado posterior del tubo endotraqueal, y el segundo y tercer electrodos están formados sobre un lado anterior del tubo endotraqueal.
- 40 9. El aparato de la reivindicación 1, y que comprende adicionalmente:
  - un tercer electrodo formado sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal, sustancialmente por encima de la primera ubicación; y
  - un cuarto electrodo formado sobre la superficie exterior del tubo endotraqueal, sustancialmente por debajo de la
  - 45 primera ubicación.
10. El aparato de la reivindicación 9, en el que el primer y cuarto electrodos están formados sobre un lado posterior del tubo endotraqueal, y el segundo y tercer electrodos están formados sobre un lado anterior del tubo endotraqueal.



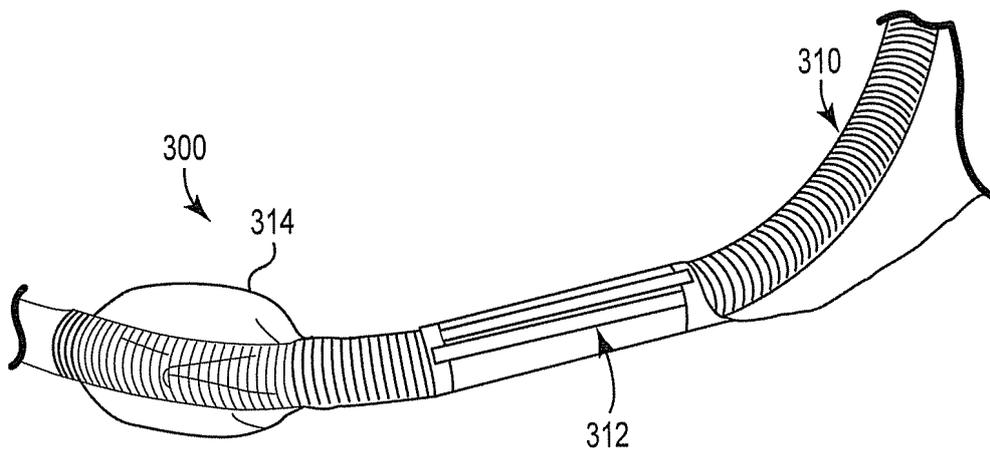
**Fig. 1**



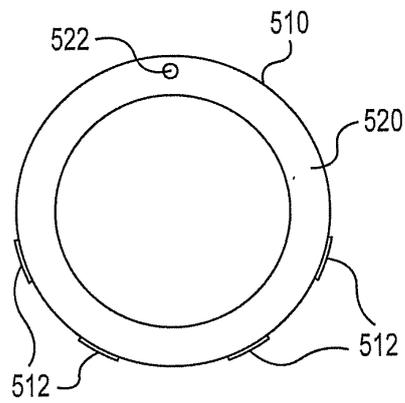
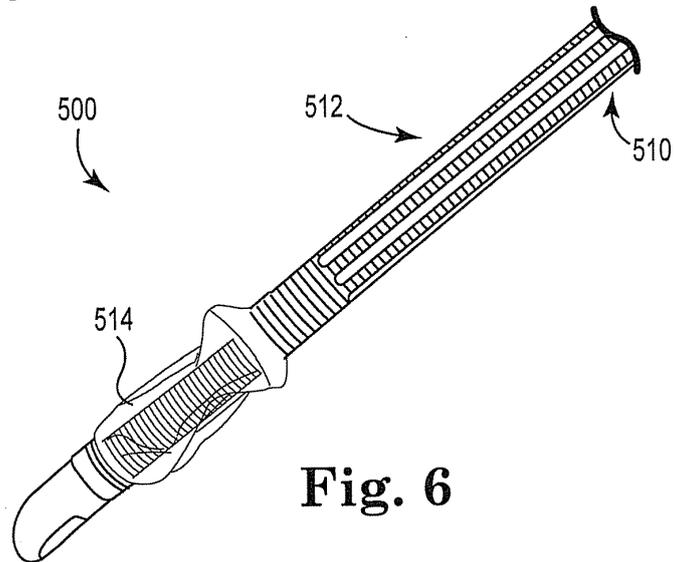
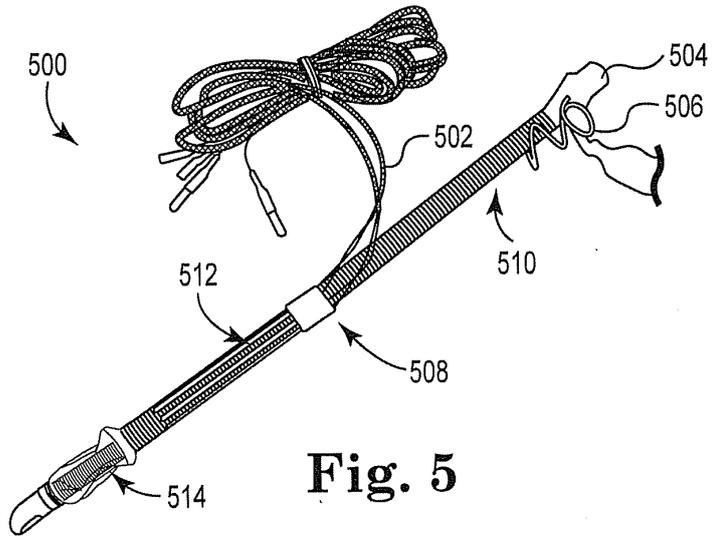
**Fig. 2**

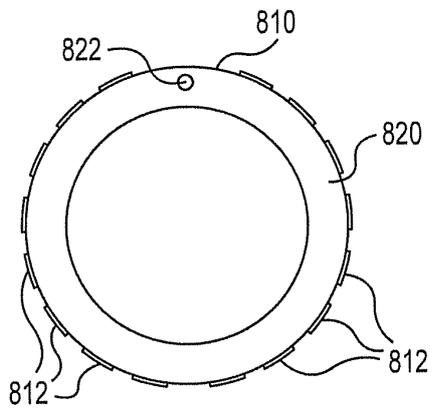
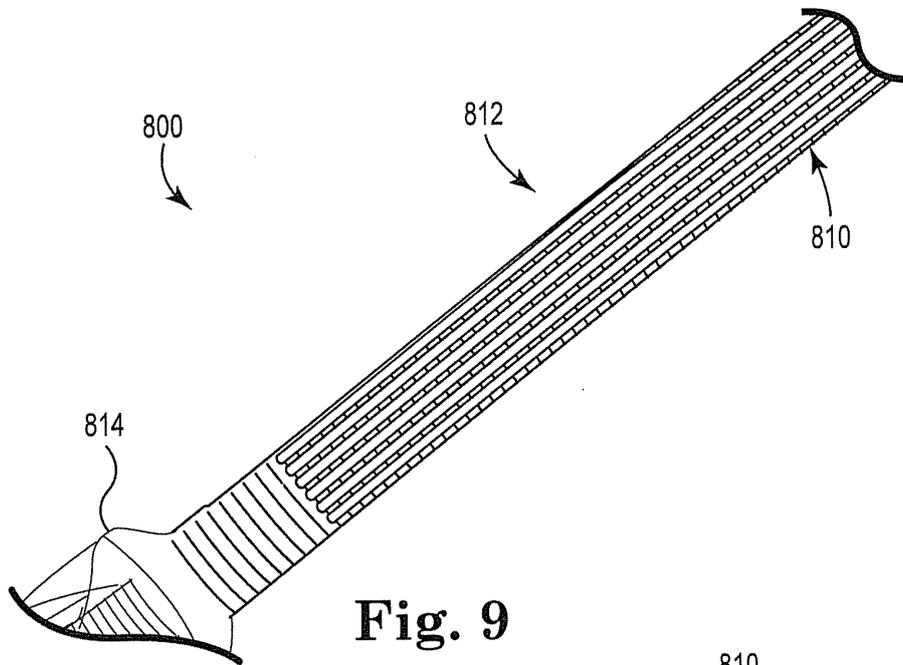
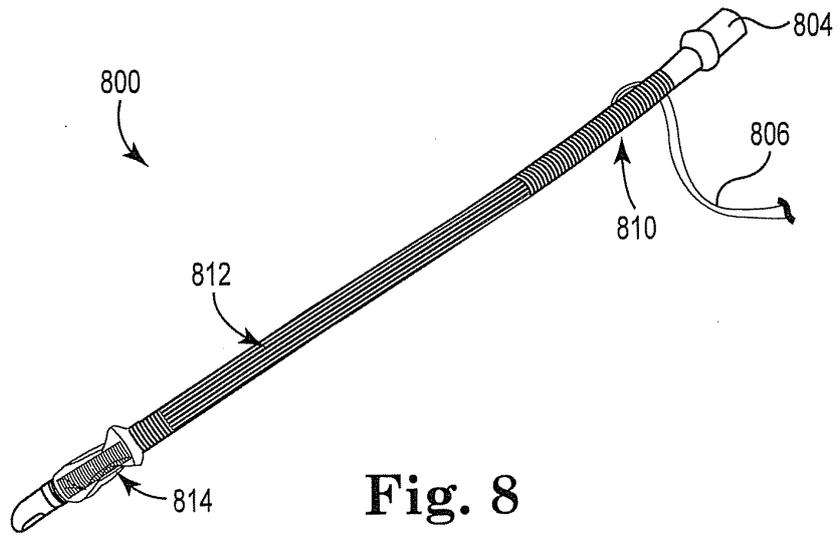


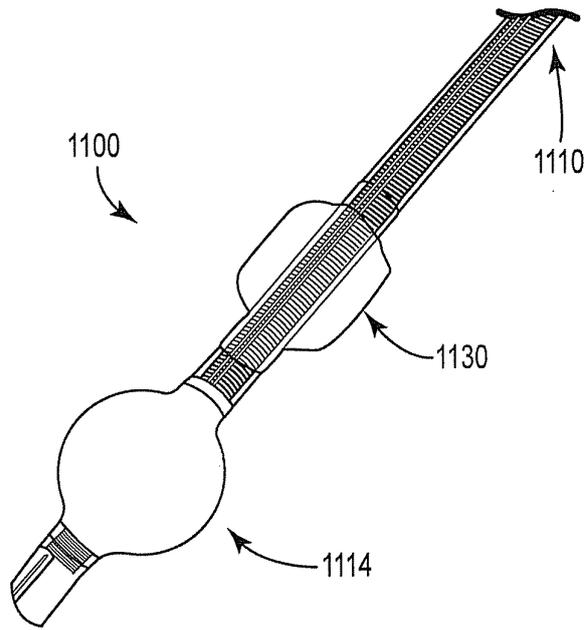
**Fig. 3**



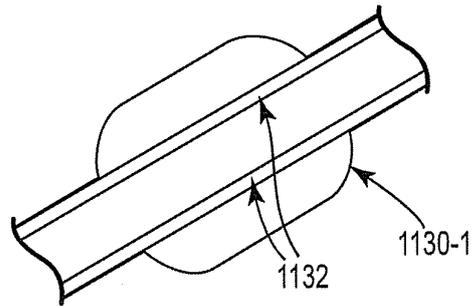
**Fig. 4**



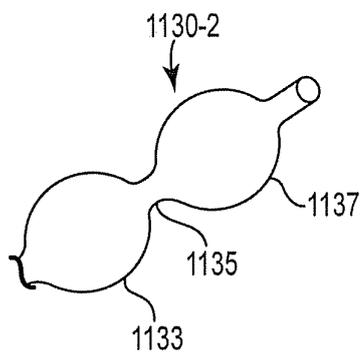




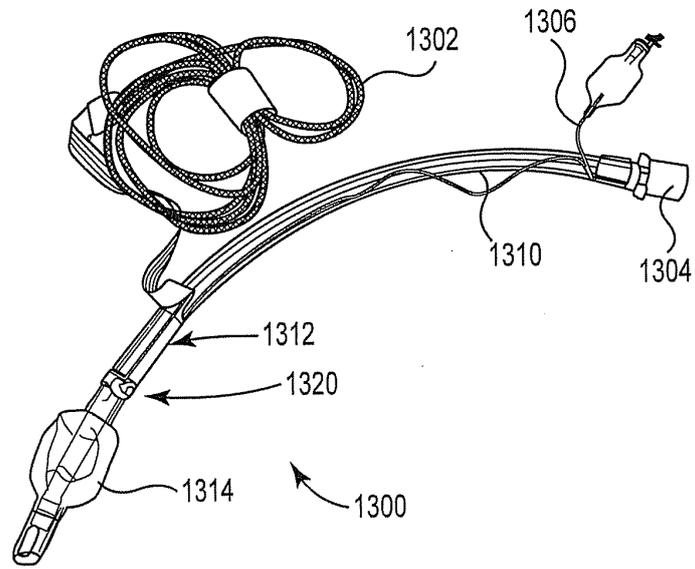
**Fig. 11**



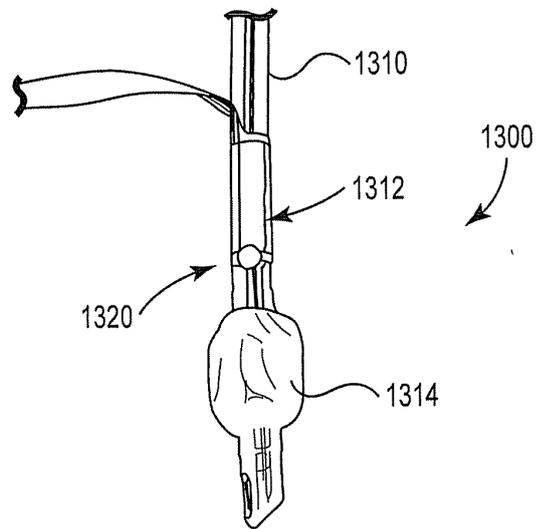
**Fig. 12A**



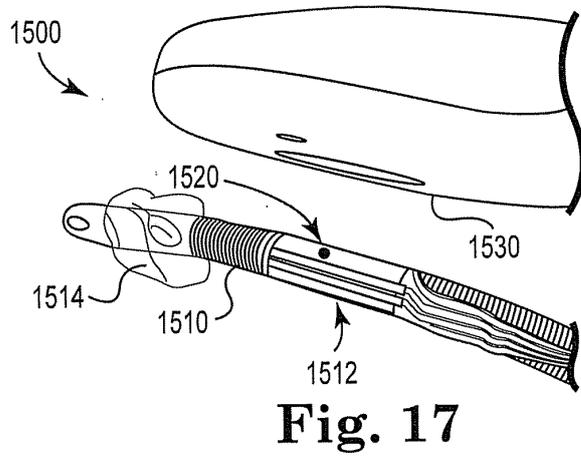
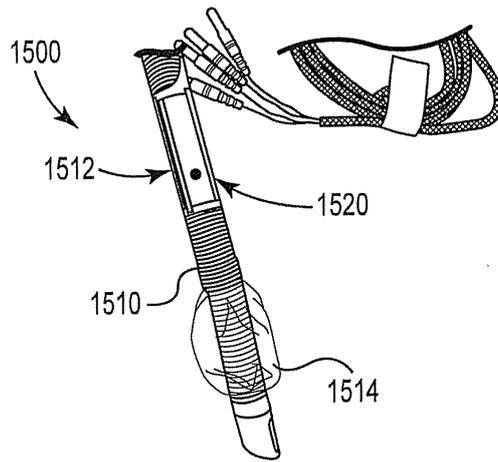
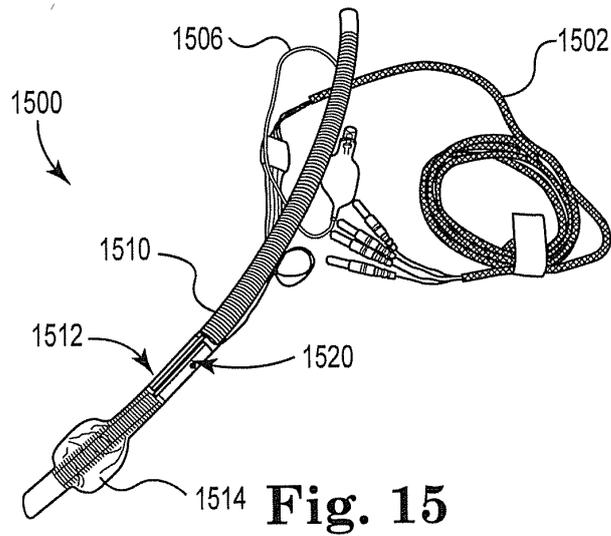
**Fig. 12B**

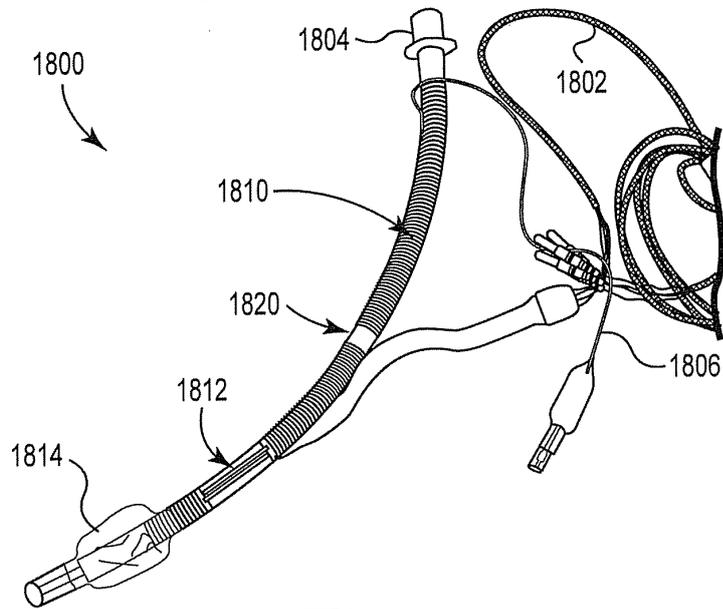


**Fig. 13**

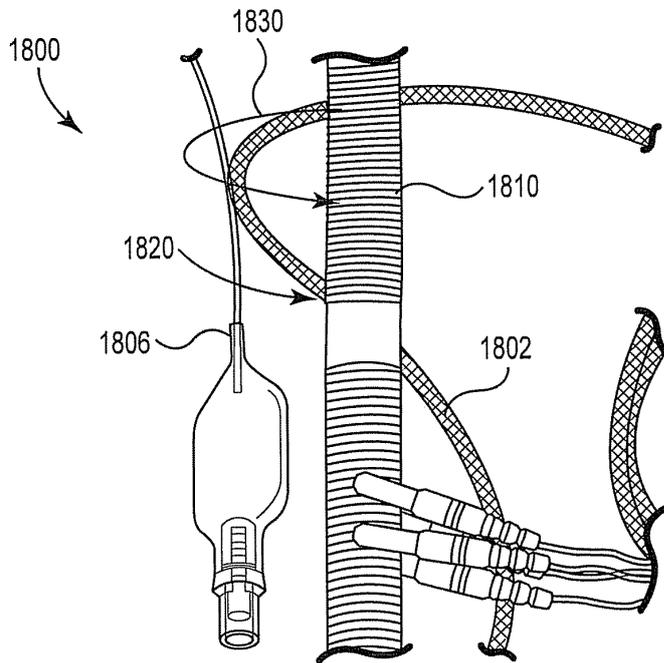


**Fig. 14**

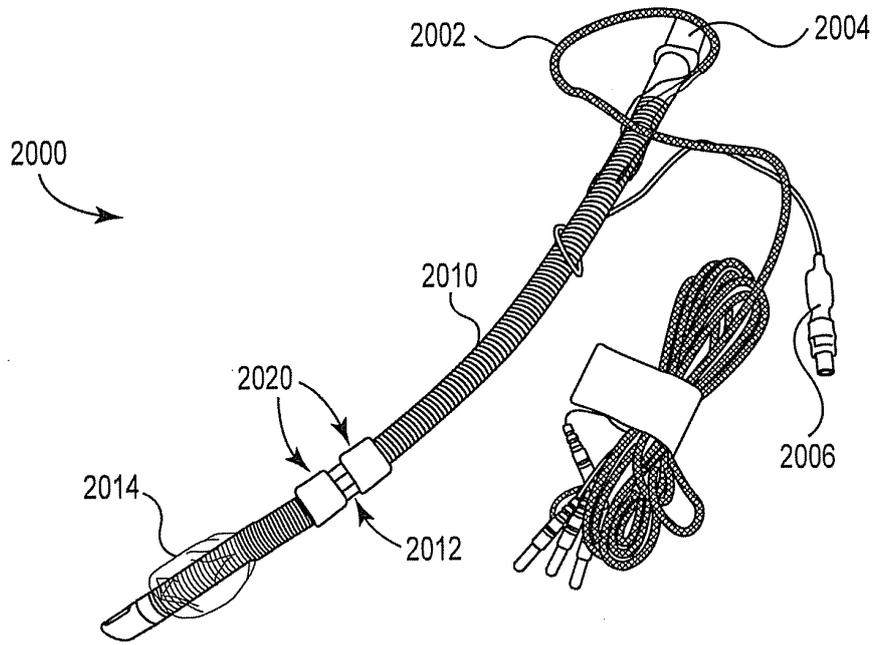




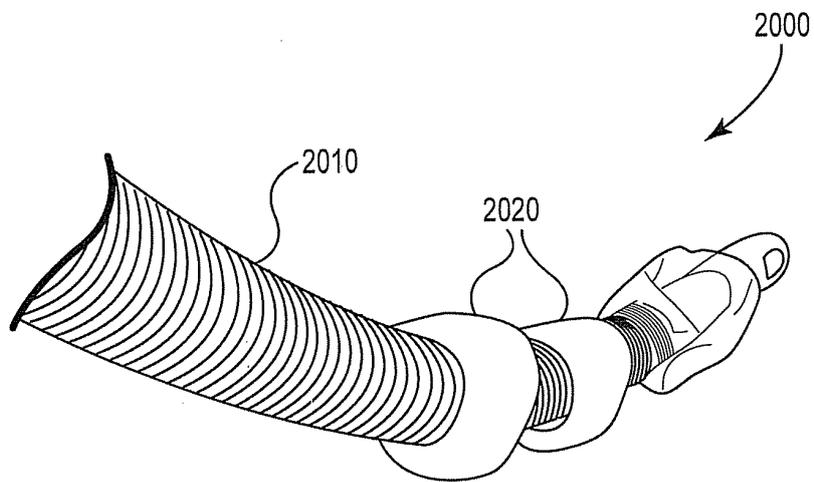
**Fig. 18**



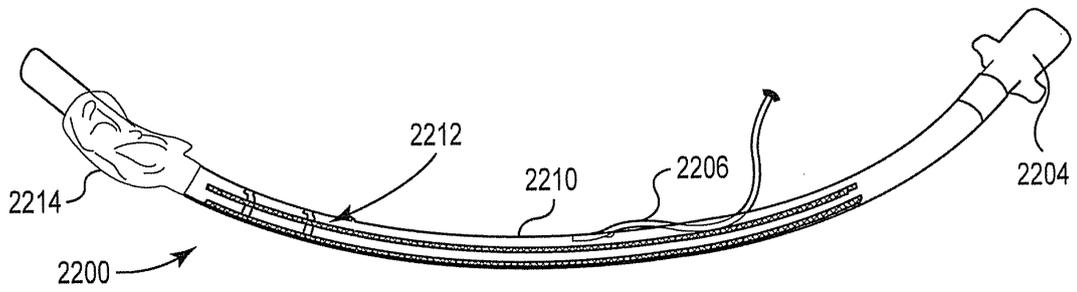
**Fig. 19**



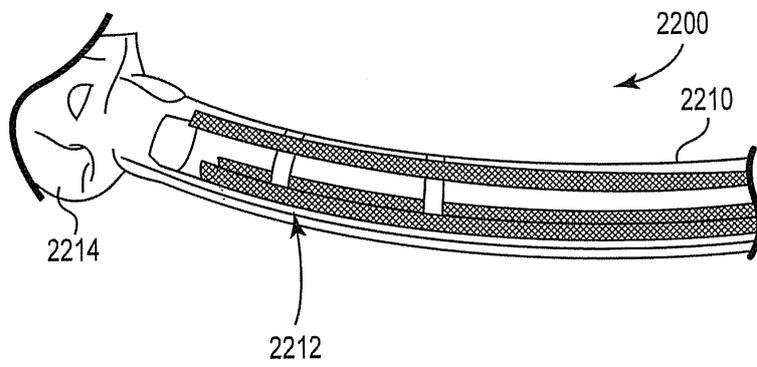
**Fig. 20**



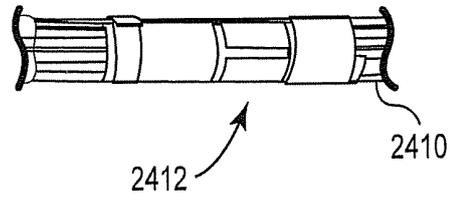
**Fig. 21**



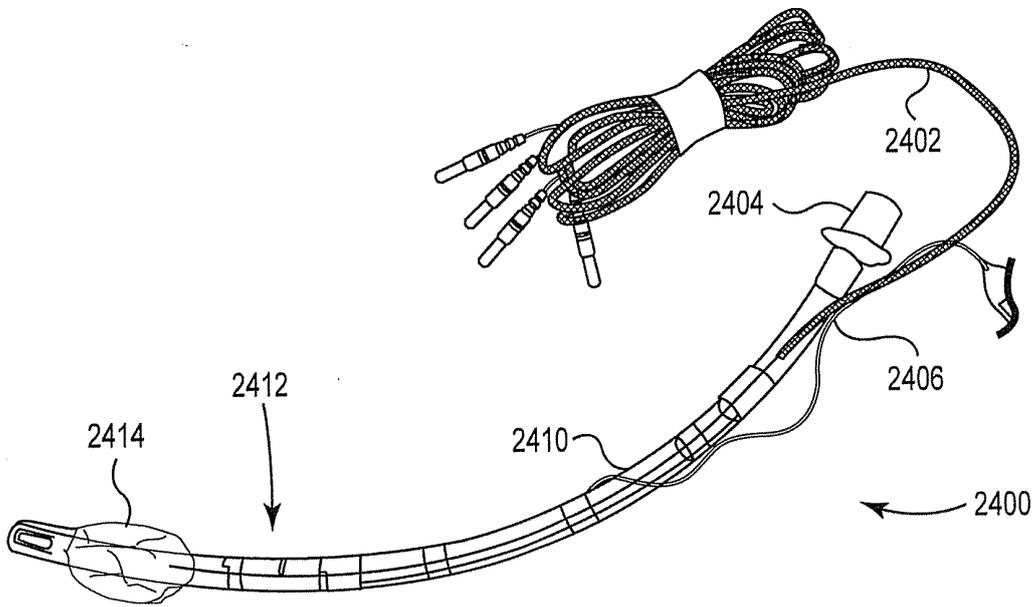
**Fig. 22**



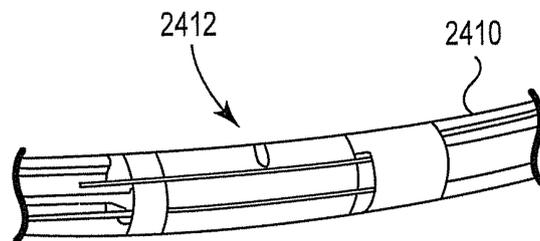
**Fig. 23**



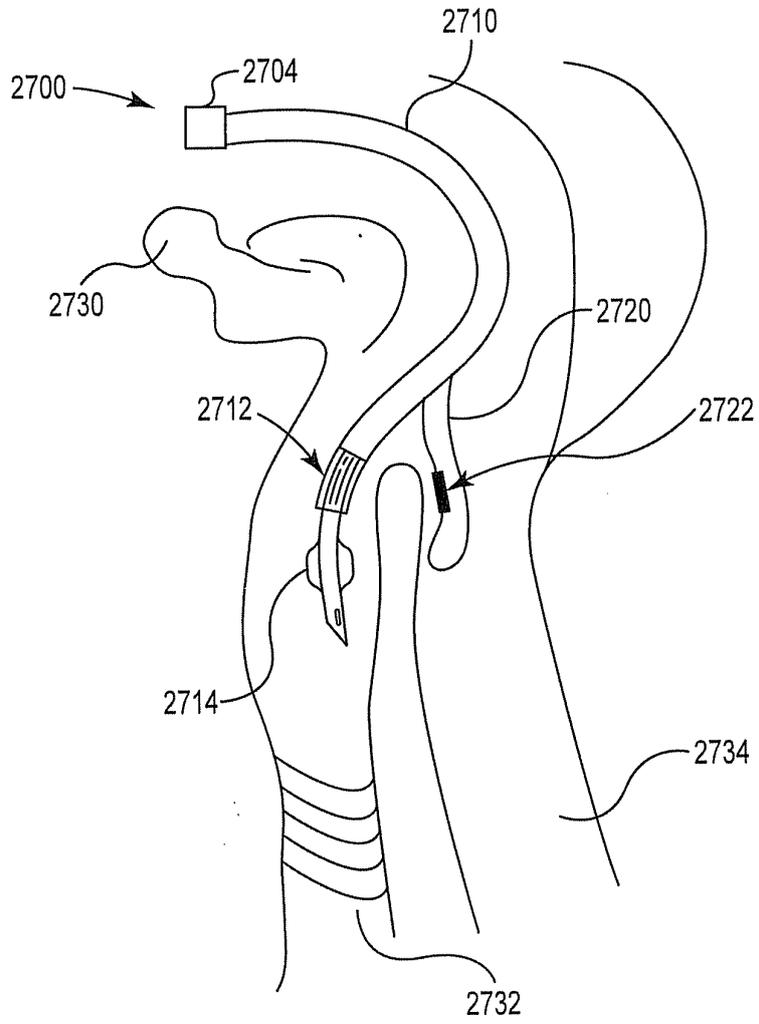
**Fig. 25**



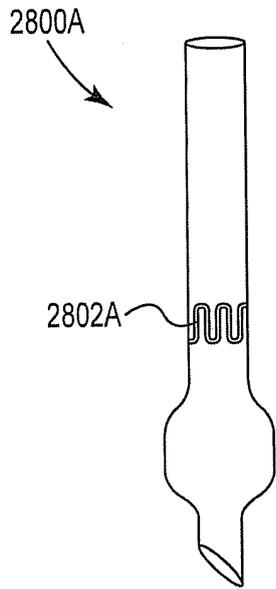
**Fig. 24**



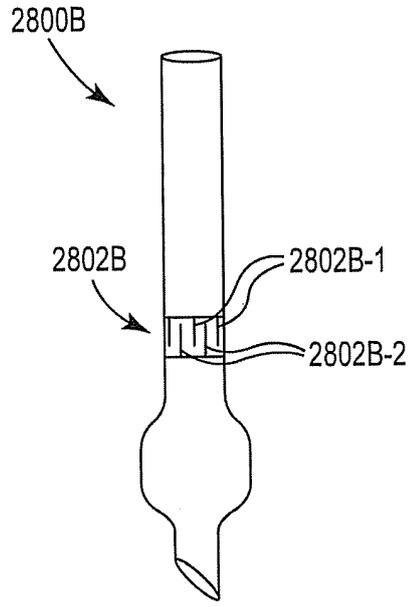
**Fig. 26**



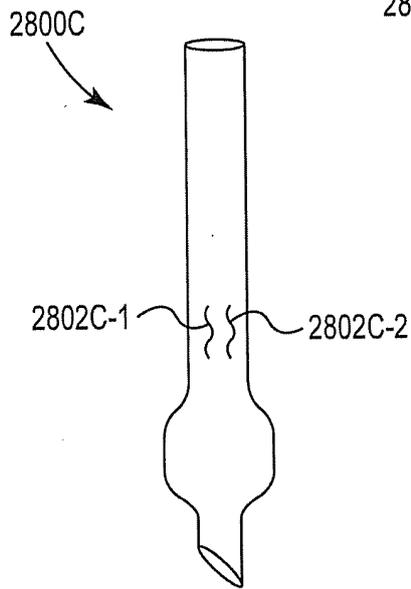
**Fig. 27**



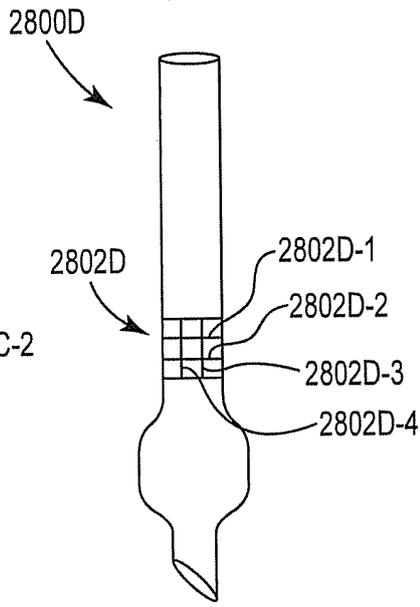
**Fig. 28A**



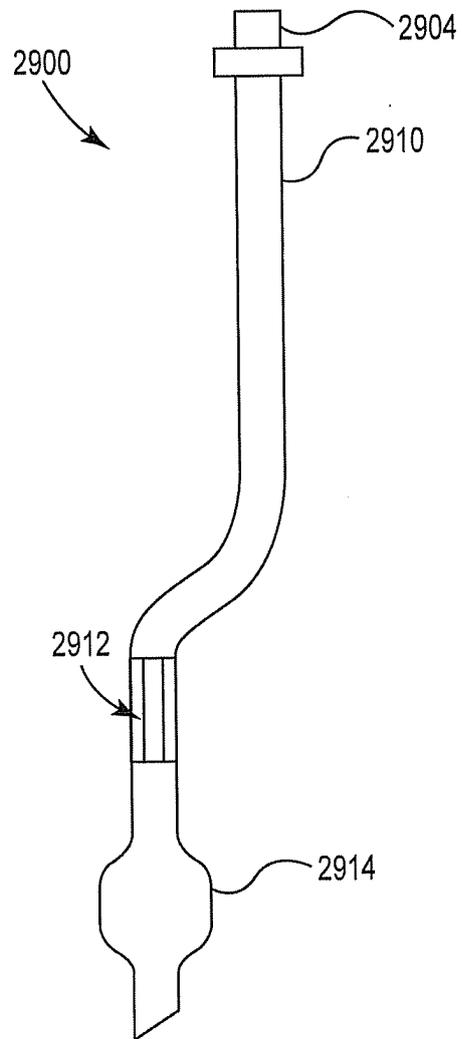
**Fig. 28B**



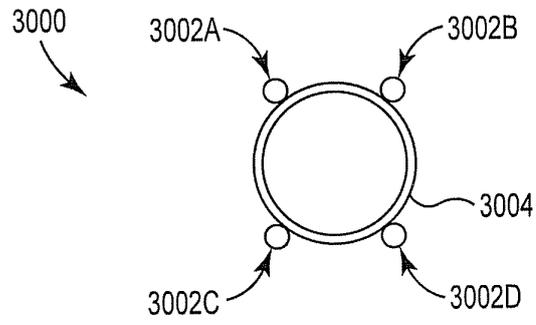
**Fig. 28C**



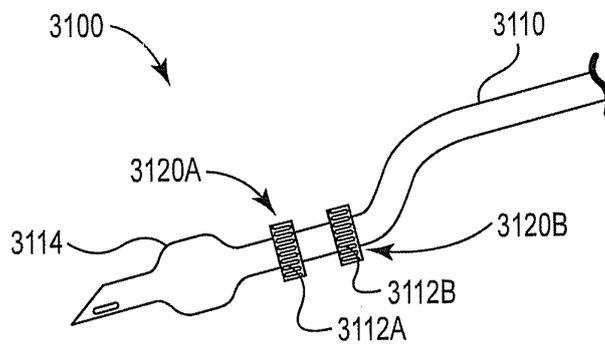
**Fig. 28D**



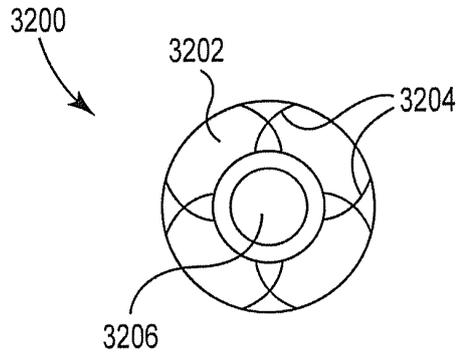
**Fig. 29**



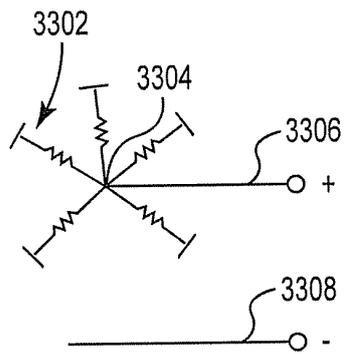
**Fig. 30**



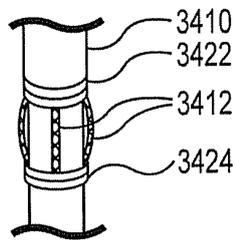
**Fig. 31**



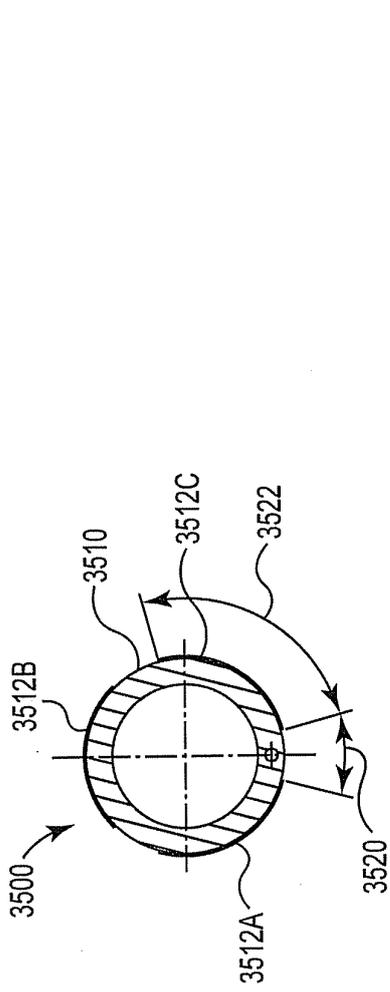
**Fig. 32**



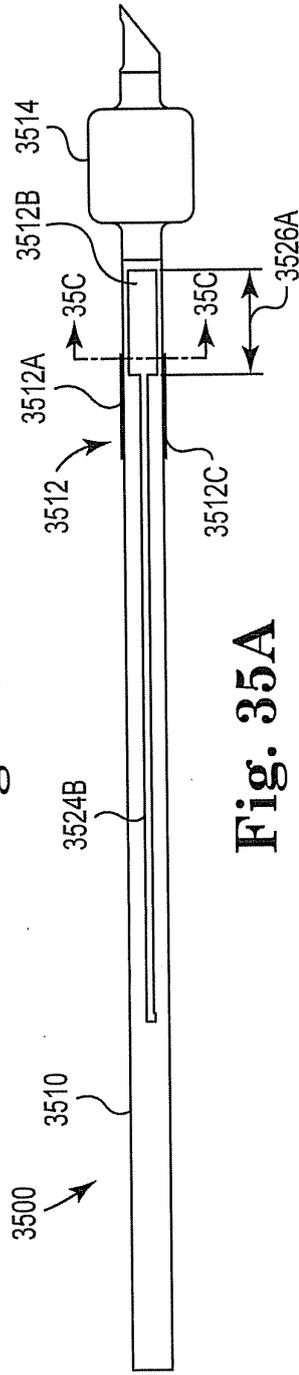
**Fig. 33**



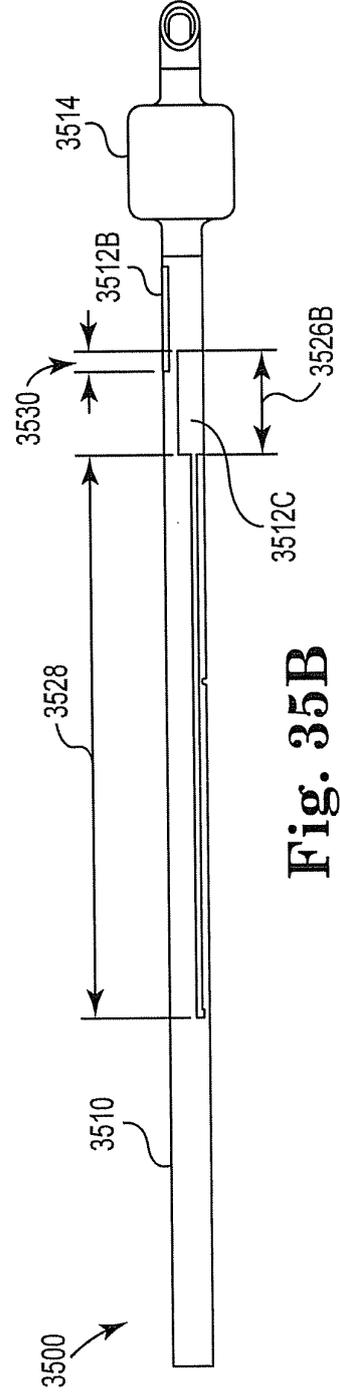
**Fig. 34**



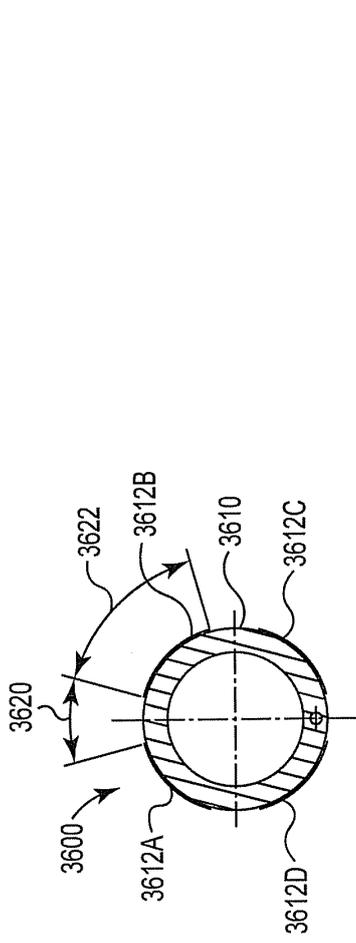
**Fig. 35C**



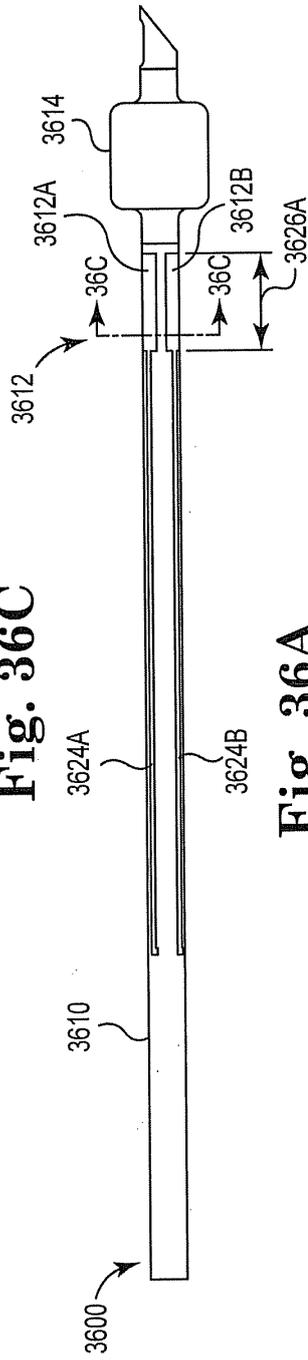
**Fig. 35A**



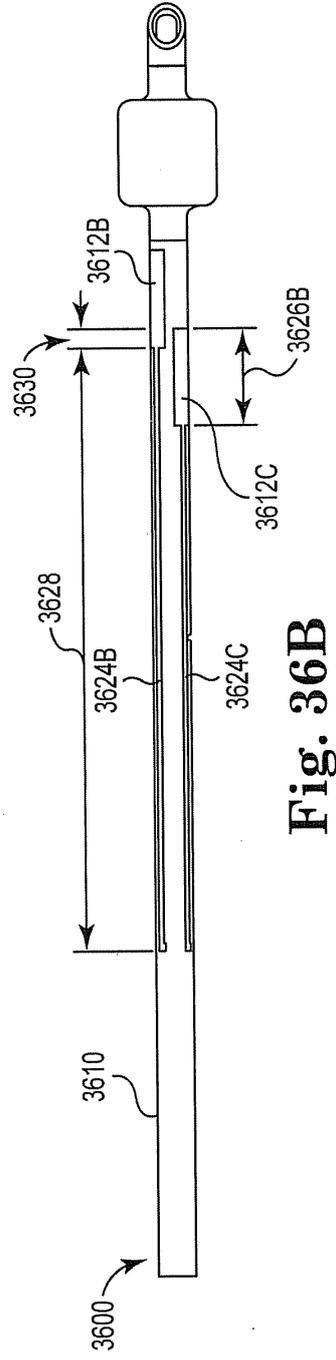
**Fig. 35B**



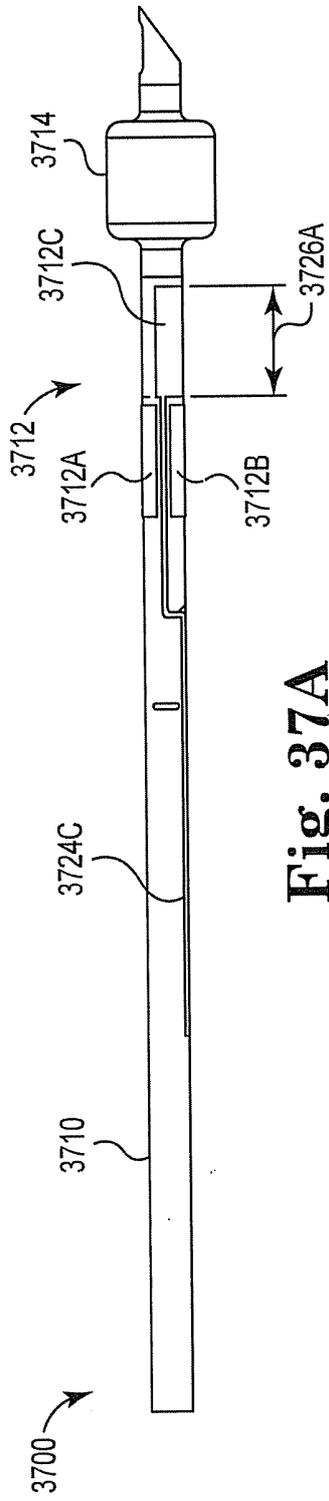
**Fig. 36C**



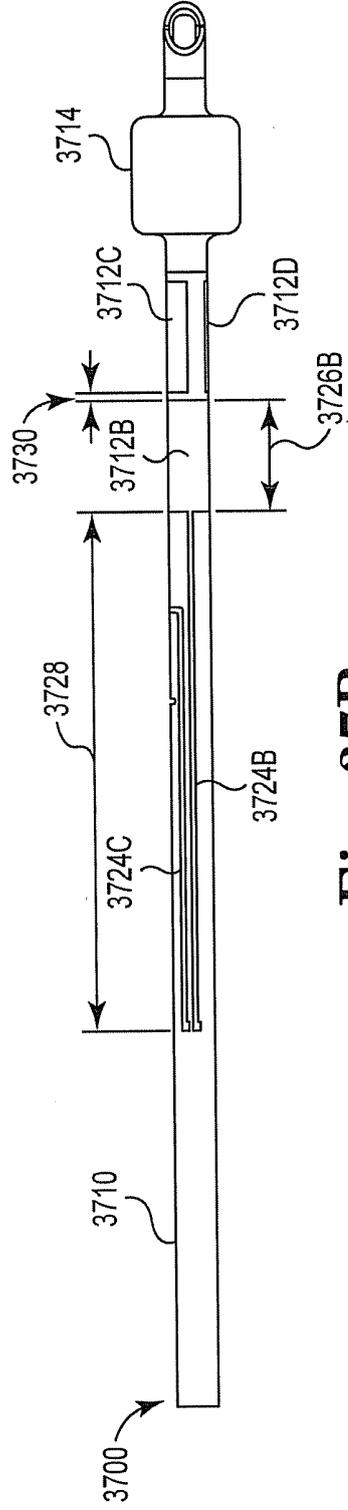
**Fig. 36A**



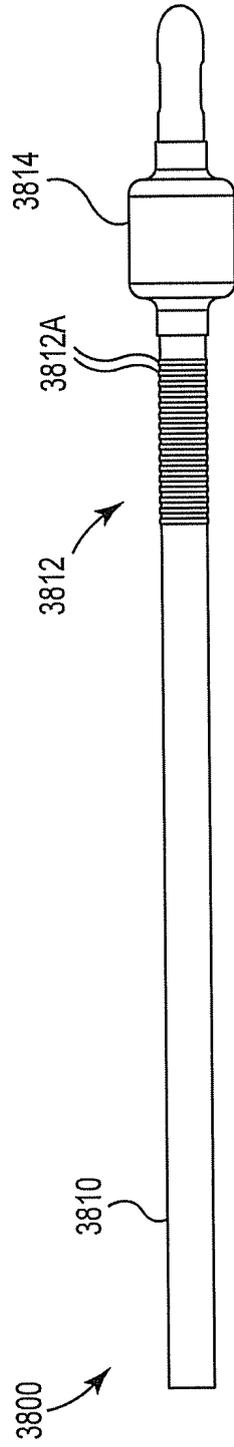
**Fig. 36B**



**Fig. 37A**



**Fig. 37B**



**Fig. 38**

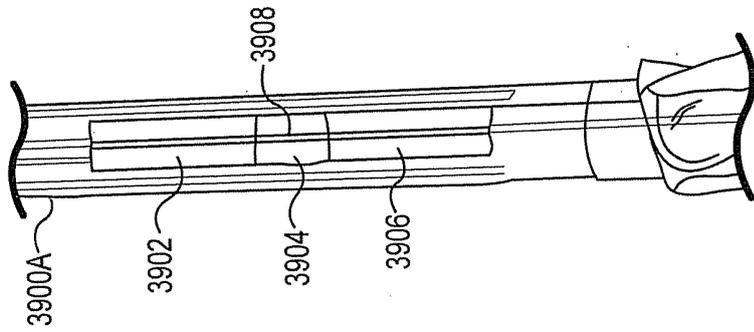


Fig. 39A

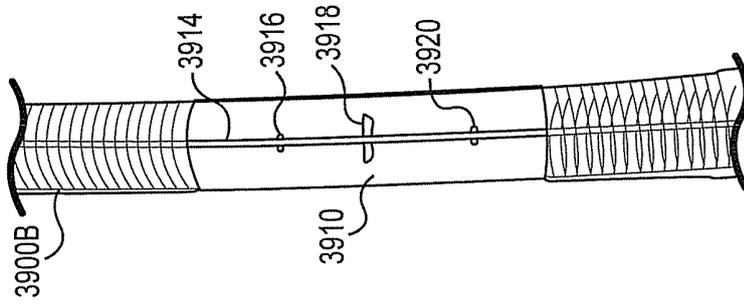


Fig. 39B

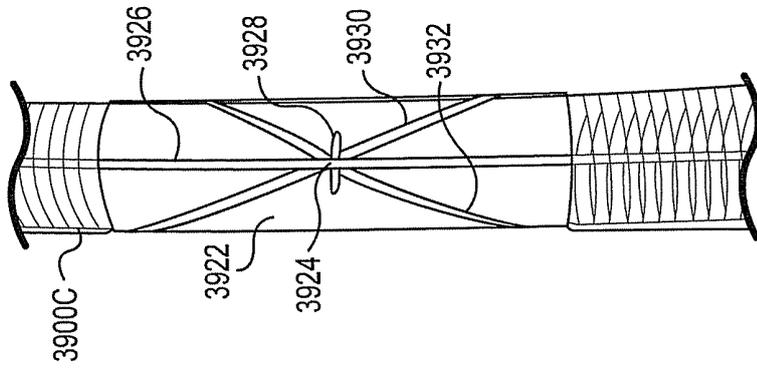


Fig. 39C

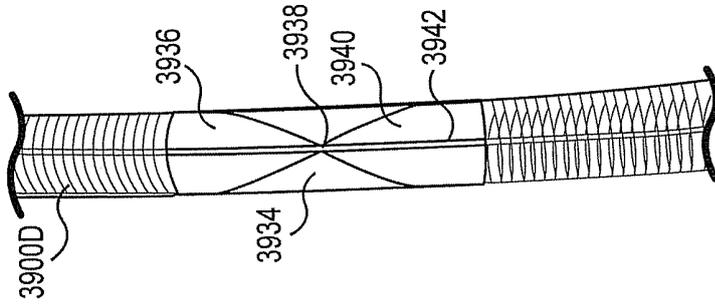
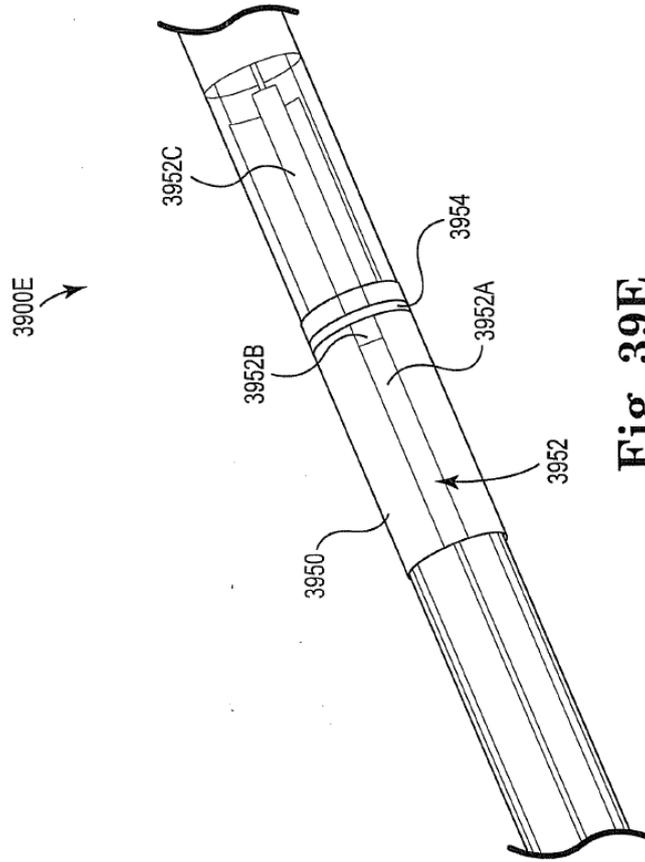


Fig. 39D



**Fig. 39E**