



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102019021819-3 A2



(22) Data do Depósito: 17/10/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 26/05/2020

(54) **Título:** USO DE SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE RADIOFREQUÊNCIA (RF) PARA BUSCA DE ABERTURAS NA PAREDE DE TECIDO

(51) **Int. Cl.:** A61B 5/05; A61B 5/053; A61B 5/00.

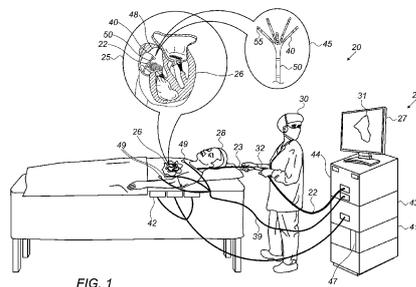
(52) **CPC:** A61B 5/0507; A61B 5/053; A61B 5/415; A61B 5/0059.

(30) **Prioridade Unionista:** 01/11/2018 US 16/177,977.

(71) **Depositante(es):** BIOSENSE WEBSTER (ISRAEL) LTD..

(72) **Inventor(es):** ASSAF GOVARI; ANDRES CLAUDIO ALTMANN; VADIM GLINER; ALON BOUMENDIL.

(57) **Resumo:** Método, caracterizado pelo fato de incluir receber, de uma sonda que inclui eletrodos e está posicionada dentro de uma cavidade em um órgão de um paciente, (i) sinais de proximidade indicativos da proximidade dos eletrodos a uma parede da cavidade, e (ii) sinais de posição indicativos das posições dos eletrodos no interior da cavidade. Com base nos sinais de proximidade e nos sinais de posição, ao menos uma porção de um volume da cavidade é representada por um modelo de esferas que inclui múltiplas esferas. É identificada uma direção ao longo da qual uma ou mais esferas são maiores que uma ou mais esferas circundantes em ao menos um dado fator. Com base na direção indicada, uma localização de uma abertura na parede da cavidade é estimada e apresentada a um usuário.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"USO DE SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE RADIOFREQUÊNCIA (RF) PARA BUSCA DE ABERTURAS NA PAREDE DE TECIDO"**.

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção refere-se, de modo geral, a sondas intracorporais e, particularmente, a mapeamento eletroanatômico cardíaco com o uso de um cateter.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0002] Foram propostas várias técnicas para mapeamento anatômico do tecido da parede de uma cavidade. Por exemplo, a publicação de pedido de patente US n° 2005/0107718 descreve um método e um sistema para examinar um tecido a fim de diferenciá-lo de outros tecidos de acordo com as propriedades dielétricas do tecido examinado, por meio de: aplicar uma sonda ao tecido a ser examinado, de modo que a sonda gere um campo elétrico periférico na zona do tecido examinado e produza um pulso refletido a partir do mesmo com radiação desprezível penetrando no próprio tecido; detectar o pulso elétrico refletido; e comparar as características elétricas do pulso elétrico refletido em relação ao pulso elétrico aplicado, a fim de fornecer uma indicação das propriedades dielétricas do tecido examinado.

[0003] Como outro exemplo, a publicação de pedido de patente US n° 2007/0032747 descreve um dispositivo para caracterização de tecidos, projetado para o contato eficaz do sensor com o tecido. O dispositivo inclui um elemento que tem uma superfície rígida de uma seção transversal linear, no qual está disposto ao menos um sensor, e um mecanismo para aplicar uma força a um tecido mole, sendo que a linha de força está em um ângulo agudo em relação à superfície rígida, para estirar ou esticar e empurrar o tecido mole contra a superfície rígida, obtendo, assim, o contato eficaz entre o tecido e o pelo menos um sensor. Em consequência, a exatidão da detecção é aprimorada.

De acordo com uma outra modalidade, é empregada uma pluralidade de sensores dispostos ao longo de um elemento curvo, a fim de fornecer informações tridimensionais referentes ao tecido, por exemplo, mediante tomografia computadorizada em pequena escala.

[0004] A publicação de pedido de patente US 2006/0116576 descreve sistemas e um método para navegar um cateter em relação a um coração. Uma marca, como um ponto ou uma linha, representando uma região anatômica de interesse, como tecido cardíaco que é alvo de tratamento, é exibida sobre uma representação do corpo anatômico. As posições da sonda médica e da marca são determinadas dentro de um sistema de coordenadas tridimensional, e a proximidade entre a sonda médica e a marca é determinada com base nestas posições. Esta proximidade pode, então, ser indicada a um usuário, por exemplo, mediante o uso de elementos gráficos, texto ou sons audíveis.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0005] Uma modalidade da presente invenção fornece um método que inclui receber, de uma sonda que inclui eletrodos e está posicionada dentro de uma cavidade em um órgão de um paciente, (i) sinais de proximidade indicativos da proximidade dos eletrodos a uma parede da cavidade, e (ii) sinais de posição indicativos das posições dos eletrodos dentro da cavidade. Com base nos sinais de proximidade e nos sinais de posição, ao menos uma porção de um volume da cavidade é representada por um modelo de esferas que inclui múltiplas esferas. É identificada uma direção ao longo da qual uma ou mais esferas são maiores que uma ou mais esferas circundantes em ao menos um dado fator. Com base na direção indicada, uma localização de uma abertura na parede da cavidade é estimada e apresentada a um usuário.

[0006] Em algumas modalidades, identificar a direção inclui construir, com base no modelo de esferas, uma superfície correspondente

à parede, e identificar que os raios de uma ou mais esferas ao longo da superfície são maiores que os raios das esferas vizinhas em ao menos o dado fator.

[0007] Em algumas modalidades, o método inclui, ainda, armazenar em uma memória a localização estimada da abertura.

[0008] Em uma modalidade, apresentar a localização inclui exibir ao usuário a localização da abertura, sobreposta a um mapa anatômico da porção da parede.

[0009] É ainda fornecido, de acordo com uma modalidade da presente invenção, um sistema que inclui uma interface e um processador. A interface é configurada para receber, de uma sonda que inclui eletrodos e está posicionada dentro de uma cavidade em um órgão de um paciente, (i) sinais de proximidade indicativos da proximidade dos eletrodos a uma parede da cavidade e (ii) sinais de posição indicativos das posições dos eletrodos no interior da cavidade. O processador é configurado para, com base nos sinais de proximidade e nos sinais de posição, representar ao menos uma porção de um volume da cavidade por meio de um modelo de esferas incluindo múltiplas esferas, e identificar uma direção ao longo da qual uma ou mais esferas são maiores que uma ou mais esferas circundantes em ao menos um dado fator, sendo que o processador é, ainda, configurado para, com base na direção indicada, estimar uma localização de uma abertura na parede da cavidade e apresentar a um usuário a localização da abertura.

[0010] A presente invenção será mais completamente compreendida a partir da descrição detalhada de suas modalidades, exposta a seguir, tomada em conjunto com os desenhos nos quais:

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0011] A Figura 1 é uma ilustração esquemática pictórica de um sistema para mapeamento eletroanatômico, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[0012] As Figuras 2A a 2C são vistas laterais esquemáticas de um modelo de esferas da cavidade derivado em proximidade estreita e distante em relação a uma abertura em um tecido da parede da cavidade, de acordo com modalidades da presente invenção; e

[0013] A Figura 3 é um fluxograma que ilustra esquematicamente um método para identificar uma abertura na parede de uma cavidade, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES

Visão geral

[0014] Uma das aplicações de mapeamento anatômico baseado em cateter de uma cavidade de um órgão é buscar um ou mais locais onde exista uma abertura no tecido da parede da cavidade. Por exemplo, mapear o átrio esquerdo de um coração pode envolver buscar as aberturas das quatro veias pulmonares. Em alguns casos, no entanto, uma técnica de mapeamento pode não encontrar uma abertura anatômica no volume devido a, por exemplo, uma dificuldade do cateter para acompanhar a anatomia perto de uma abertura. Um mapa de baixa resolução resultante pode exigir uma pessoa treinada e qualificada, como um radiologista ou um cardiologista, para identificar uma abertura. Em alguns casos, no entanto, mesmo um profissional pode exigir uma abordagem de tentativa e erro demorada para encontrar uma abertura durante um procedimento de cateterização.

[0015] Para facilitar a busca de uma abertura em uma parede de tecido de uma cavidade, as modalidades da presente invenção que são descritas mais adiante neste documento fornecem um sistema e um método de transmissão de radiofrequência (RF) para buscar aberturas, os quais não exigem que o cateter acompanhe de perto a anatomia nas proximidades de uma abertura. O método apresentado conta com o fato de o tecido tipicamente ter uma impedância mais alta que a do sangue, especialmente na faixa de baixa frequência de RF

de 1 a 4 kHz. Desta forma, os valores medidos das impedâncias tipicamente aumentariam conforme o cateter se aproximasse de uma parede da cavidade.

[0016] Em algumas modalidades, durante uma sessão de mapeamento eletroanatômico, o sistema revelado conduz medições de impedância com o uso de um cateter com múltiplos eletrodos distais posicionados na cavidade. As impedâncias medidas são tipicamente impedâncias bipolares (impedâncias entre pares de eletrodos distais) em uma ou mais faixas de RF. Um processador usa as impedâncias medidas, juntamente com um processo anterior de calibração, para estimar uma localização de uma abertura na parede da cavidade.

[0017] Um sistema de transmissão de radiofrequência (RF) que pode ser usado para este propósito é descrito, por exemplo, em um pedido de patente n° de série 16/141.125, depositado em 25 de setembro de 2018, intitulado "RF Transmission System To Find Tissue Proximity", o qual é cedido ao cessionário do presente pedido de patente, e cuja descrição está aqui incorporada a título de referência.

[0018] Em algumas modalidades, o mapeamento envolve três estágios:

Estágio de captura de dados

[0019] Em algumas modalidades, enquanto o cateter se move através da câmara cardíaca, um sistema de rastreamento de posição mede várias posições **P** da extremidade distal do cateter. O sistema usa, por exemplo, um sensor magnético que é encaixado na extremidade distal do cateter. O sensor emite, em resposta a campos magnéticos externamente aplicados, sinais de posição que são recebidos por um processador do sistema de rastreamento de posição. Com base nos sinais de posição, o processador deriva posições **P** do cateter dentro da câmara cardíaca.

[0020] Em paralelo, isto é, enquanto o cateter se move pela cavi-

dade, um sistema de rastreamento de posição mede as respectivas posições P da extremidade distal do cateter dentro da cavidade com o uso, por exemplo, de um sensor magnético que é encaixado à extremidade distal do cateter. O sensor captura sinais de posição que são recebidos por um processador, como um processador do sistema de rastreamento de posição do qual o processador deriva as posições P .

[0021] Em algumas modalidades, com base em posições P medidas e com base nas respectivas impedâncias (que são indicativas da proximidade de um tecido de parede em relação ao cateter, capturadas nas respectivas posições P), um processador constrói um modelo de esferas da cavidade. O modelo de esferas representa ao menos uma porção do volume da cavidade por meio de um conjunto de esferas parcialmente sobrepostas $\{(P, \rho)\}$. Cada esfera é descrita por (a) uma localização conhecida, P , de seu centro, e (b) um raio fora de escala, ρ , o qual é indicativo de uma distância relativa entre a localização P e a parede da cavidade.

[0022] Em uma modalidade, (i) as posições P medidas magneticamente são os centros P das esferas $\{(P, \rho)\}$ e (ii) os raios ρ fora de escala são derivados das impedâncias medidas eletricamente, de modo que, conforme uma impedância se torna mais alta, ρ se torna menor. Portanto, na representação de cavidade revelada, as esferas (P, ρ) que têm centros P mais distantes de uma parede da cavidade são maiores que as esferas situadas mais perto de uma parede da cavidade. A transição de esferas com diâmetro maior para esferas com diâmetro menor é tipicamente gradual e "suave".

Estágio de calibração

[0023] Para escalar os raios ρ em valores absolutos R (isto é, para calibrar ρ), o processador usa instâncias nas quais a extremidade distal entra em contato físico com o tecido da parede da cavidade. Quando um par de eletrodos entra em contato físico com um local sobre o

tecido da parede da cavidade, o processador correlaciona os sinais bipolares com uma distância geometricamente conhecida entre o par de eletrodos e o sensor magnético, o qual está em uma respectiva localização, resultando em uma esfera de referência (P , R) para escalar os raios do conjunto de esferas $\{(P, \rho)\}$. Em algumas modalidades, o processador escala os raios do modelo de esferas em uma certa porção da cavidade, com base em uma localização na qual se sabe que o cateter fez contato físico com a parede da cavidade (tecido). Para detectar o contato físico no local, o sistema pode empregar eletrodos distais e/ou um sensor dedicado, como um sensor de força de contato, ou outros métodos e meios conhecidos na técnica.

Estágio de busca de abertura

[0024] Uma vez conduzida a calibração, se o cateter estiver perto de uma abertura na parede do tecido, o processador tipicamente identifica uma ou mais esferas na direção do tecido da parede tendo diâmetros anormalmente maiores (por exemplo, com uma razão entre tamanhos acima de uma dada razão) do que os diâmetros de ao menos parte das esferas circundantes, o que é indicativo de uma abertura. De modo correspondente, o processador indica a um usuário onde pode estar situada uma abertura na parede.

[0025] Em algumas modalidades, o processador estima a localização de uma abertura na parede da cavidade por meio da busca de uma direção na qual a abertura existe, por exemplo, em relação a uma posição medida. Para indicar a direção, o processador constrói uma superfície correspondente à parede, sendo que os raios de uma ou mais esferas ao longo daquela superfície são maiores que os raios das esferas vizinhas em ao menos um dado fator. A direção indicada é perpendicular à superfície onde a direção aponta para a possível abertura.

[0026] O sistema e o método revelados podem ser aplicados com

vários tipos de cateteres para fornecer informações locais, como uma distância entre um eletrodo de um cateter e um tecido da parede e/ou para rapidamente capturar informações globais, como um mapa que pode incluir a cavidade inteira, por exemplo, uma cavidade cardíaca inteira.

[0027] O sistema de transmissão de RF apresentado perturba minimamente o tecido cardíaco, tanto física como eletricamente, pois (a) a técnica de RF não exige que um médico avance o cateter contra um tecido para acompanhar firmemente a anatomia e (b) a técnica de RF aplica sinais bipolares de baixa tensão com alta frequência (isto é, muito acima de qualquer frequência de ativação biofisiológica).

[0028] Tipicamente, o processador é programado em um software contendo um algoritmo específico que possibilita que o processador conduza cada uma das etapas e funções relacionadas ao processador, delineadas acima.

[0029] O sistema revelado de transmissão de RF para buscar uma abertura no tecido da parede de uma cavidade dá a um médico um meio eficiente e seguro de obter informações clínicas para apoiar decisões de tratamento, como onde fazer a ablação de tecido cardíaco de modo a inibir uma arritmia. A técnica revelada pode, portanto, tornar mais simples e rápidos os procedimentos complicados minimamente invasivos, como aqueles necessários em cateterizações cardíacas.

Descrição do sistema

[0030] A Figura 1 é uma ilustração esquemática pictórica de um sistema de mapeamento eletroanatômico 20, de acordo com uma modalidade da presente invenção. Conforme visto, um médico 30 navega um cateter PENTARAY® 40 (fabricado pela Biosense-Webster, Irvine, Califórnia, EUA), visto com detalhes na gravura 45, até um local-alvo no coração 26 de um paciente 28, mediante a manipulação do eixo de acionamento 22 com o uso de um manipulador 32 próximo à extremi-

dade proximal do cateter e/ou a deflexão de uma bainha 23.

[0031] O cateter 40 é inserido em uma configuração dobrada através da bainha 23 e, somente após a bainha 23 ser retraída, o cateter 40 recupera seu formato funcional pretendido. Ao conter o cateter 40 em uma configuração dobrada, a bainha 23 também serve para minimizar o trauma vascular em seu caminho até o local-alvo.

[0032] A Figura 1 representa um médico 30 usando o cateter 40, visto no detalhe 25 da figura, para executar um mapeamento eletroanatômico de uma cavidade do coração 26, tendo uma parede da cavidade 48, de um paciente 28. Em algumas modalidades, o sistema 20 determina a posição e/ou a proximidade do tecido da parede cardíaca 48 ao cateter 40 em uma cavidade do coração 26, conforme descrito abaixo.

[0033] O cateter 40 incorpora um sensor magnético 50 em um eixo de acionamento 22. O cateter 40 compreende, ainda, um ou mais braços, os quais podem ser mecanicamente flexíveis, a cada um dos quais são acoplados um ou mais eletrodos distais 55, conforme visto no detalhe 45 da figura. O sensor magnético 50 e os eletrodos distais 55 são conectados por fios que passam através do eixo de acionamento 22 até vários circuitos acionadores em um console 24.

[0034] Em algumas modalidades, o sistema 20 compreende um subsistema de detecção magnética para estimar a posição do cateter 40 dentro de uma câmara cardíaca do coração 26. O paciente 28 é colocado em um campo magnético gerado por uma almofada contendo bobinas geradoras de campo magnético 42, que são acionadas pela unidade 43. Os campos magnéticos gerados pelas bobinas 42 geram sinais de posição em um sensor magnético 50, os quais são então fornecidos sob a forma de sinais elétricos correspondentes a um processador 41, que os usa para calcular a posição do cateter 40.

[0035] O método de detecção de posição com o uso de sensor 50

e campos magnéticos externos é implementado em várias aplicações médicas, por exemplo, no sistema CARTO™, produzido pela Biosense Webster Inc., e é descrito em detalhes nas patentes US nº 5.391.199, 6.690.963, 6.484.118, 6.239.724, 6.618.612 e 6.332.089, na publicação de patente PCT WO 96/05768 e nas publicações de pedido de patente US 2002/0065455 A1, 2003/0120150 A1 e 2004/0068178 A1, cujas revelações estão aqui incorporadas a título de referência em sua totalidade.

[0036] O processador 41, tipicamente um computador de propósito geral, é ,ainda, conectado por meio de circuitos 44 de extremidade frontal e de interface adequados, a fim de receber sinais provenientes dos eletrodos de superfície 49. O processador 41 é conectado aos eletrodos de superfície 49 por fios que passam através de um cabo 39 até o tórax do paciente 28. Em algumas modalidades, o processador 41 estima a posição do cateter 40 dentro de uma cavidade mediante a correlação entre os sinais de posição elétricos recebidos dos eletrodos distais 55 e/ou dos eletrodos de superfície 49 com os sinais elétricos calibrados por posição anteriormente capturados. O método de detecção da posição do eletrodo com o uso de sinais elétricos calibrados é implementado em várias aplicações médicas, por exemplo, no sistema CARTO™, produzido pela Biosense-Webster, e é descrito em detalhes nas patentes US 7.756.576, 7.869.865, 7.848.787 e 8.456.182, cujas revelações estão aqui incorporadas a título de referência em sua totalidade.

[0037] Em algumas modalidades, durante um procedimento de mapeamento, os eletrodos distais 55 capturam e/ou injetam sinais bipolares de radiofrequência (RF) (isto é, sinais elétricos diferenciais entre pares de eletrodos distais 55). Os sinais que se deslocam, ao menos parcialmente, através do tecido da parede 48 são tipicamente mais atenuados do que aqueles que se deslocam através do sangue

do coração 26. Um processador 41 recebe os vários sinais de proximidade bipolares de RF através de uma interface elétrica 44 e usa as informações de bioimpedância contidas nestes sinais para construir um mapa eletroanatômico 31 da cavidade, conforme adicionalmente detalhado abaixo. Durante e/ou após o procedimento, o processador 41 pode exibir o mapa de proximidade eletroanatômico 31 em uma tela 27.

[0038] Em algumas modalidades, o processador 41 é, ainda, configurado para estimar e verificar a qualidade do contato físico entre cada um dos eletrodos distais 55 e a superfície da parede 48 da cavidade cardíaca durante a medição, de modo a correlacionar os sinais bipolares de RF indicativos de proximidade com distâncias conhecidas. Usando os sinais de proximidade bipolares correlacionados e as respectivas posições medidas pelo sensor 50, o processador 41 constrói um modelo de esferas da cavidade, o qual é usado para identificar, por exemplo, uma abertura na parede 48.

[0039] O processador 41 é tipicamente programado em software para executar as funções aqui descritas. O software pode ser baixado para o computador sob forma eletrônica, por meio de uma rede, por exemplo, ou pode ser alternativa ou adicionalmente fornecido e/ou armazenado em mídias tangíveis não transitórias, como uma memória magnética, óptica ou eletrônica.

[0040] Em particular, o processador 41 executa um algoritmo dedicado que permite que o processador 41 execute as etapas reveladas, compreendendo os cálculos das proximidades e posições, as calibrações e o cálculo da superfície da cavidade, conforme descrito adicionalmente abaixo.

[0041] A ilustração exemplificadora mostrada na Figura 1 é escolhida puramente por uma questão de clareza conceitual. A Figura 1 mostra apenas elementos relacionados às técnicas reveladas, por uma

questão de simplicidade e clareza. O sistema 20 compreende, tipicamente, módulos e elementos adicionais que não estão diretamente relacionados às técnicas reveladas e são, portanto, intencionalmente omitidos da Figura 1 e da descrição correspondente. Os elementos do sistema 20 e os métodos aqui descritos podem ser, ainda, aplicados, por exemplo, a fim de controlar uma ablação do tecido da parede 48 do coração 26 com o uso de parte dos eletrodos distais 55.

[0042] Outros tipos de cateteres de detecção e/ou terapêuticos, como DECANAV®, SMARTTOUCH® e LASSO® (todos produzidos pela Biosense-Webster) podem ser empregados de modo equivalente. Uso de sistema de transmissão de RF para busca de aberturas na parede de tecido

[0043] As Figuras 2A a 2C são vistas laterais esquemáticas de um modelo de esferas da cavidade em proximidade tanto estreita como distante em relação a uma abertura em um tecido da parede da cavidade, de acordo com modalidades da presente invenção. Nas Figuras 2A a 2C, a extremidade distal do cateter 40 é vista imersa no sangue da cavidade, em proximidades variáveis do tecido 36 da parede da cavidade 48.

[0044] A Figura 2A mostra um cateter focal, como o cateter DECANAV®, o qual compreende múltiplos eletrodos distais 55. Em uma modalidade, os eletrodos distais 55 são usados para injetar e receber correntes bipolares (mostradas esquematicamente como setas curvas 60) em diferentes faixas de frequência de RF. Conforme visto, algumas das trajetórias elétricas passam parcialmente no tecido, enquanto outras passam totalmente no sangue.

[0045] Em uma modalidade, o processo é predefinido, no sentido de que os eletrodos de injeção e de recepção são selecionados com antecedência, assim como as frequências e tensões de acionamento das correntes fornecidas aos eletrodos de injeção.

[0046] Em algumas modalidades, as diferentes faixas de frequência elétrica compreendem as faixas de 1 a 4 kHz e de 12 a 100 kHz. A razão para o uso de duas faixas de frequência diferentes é que a impedância na faixa de 12 a 100 kHz é praticamente insensível ao tecido 36, enquanto sinais na faixa de 1 a 4 kHz mostram sensibilidade mensurável ao tecido 36. Usando a alta frequência como referência, pequenas alterações nas impedâncias de baixa frequência, ou seja, como uma função da proximidade do tecido, podem ser resolvidas com exatidão.

Estágio de captura de dados

[0047] Em uma modalidade, conforme o cateter 40 se move no interior da cavidade cardíaca, o processador 41 recebe medições de impedância medidas entre pares de eletrodos distais 55. Cada medição de impedância depende dos eletrodos de transmissão e de recepção, das frequências e das tensões de injeção, bem como do material interposto (sangue e/ou tecido). Tipicamente, o tecido tem uma impedância mais alta que a do sangue, especialmente na faixa de frequência mais baixa, de modo que as impedâncias são geralmente mais altas se os eletrodos estiverem em estreita proximidade com a parede 48 do tecido 36, e *vice-versa*. A dependência das impedâncias quanto à frequência e ao sangue e/ou tecido, em uma modalidade, é fornecida no pedido de patente n° de série 15/991.291, depositado em 29 de maio de 2018, citado acima.

[0048] Na Figura 2A o cateter 40 está posicionado mais perto do centro da cavidade, aproximadamente equidistante das paredes da cavidade, enquanto o processador 40 constrói, de modo correspondente, esferas 33 do modelo de esferas da cavidade que têm diâmetros aproximadamente iguais em todas as direções.

[0049] O processador 41 correlaciona cada impedância medida com o par de eletrodos 55 a uma respectiva posição medida pelo sen-

tor de posição 50 no qual são medidas as impedâncias bipolares, conforme descrito no pedido de patente n° de série 16/141.125, depositado em 25 de setembro de 2018, citado acima.

Estágio de calibração

[0050] Nos casos em que o cateter 40 entra em contato com a parede da cavidade 48, o processador 41 correlaciona os sinais bipolares com uma distância geometricamente conhecida entre o par de eletrodos e o sensor magnético, que está em um respectivo local. A ocorrência de contato físico pode ser determinada por qualquer sensor adequado, por exemplo, por uma força medida por um sensor de força no cateter 40, e/ou uma alteração de impedância entre eletrodos distais 55 selecionados.

Estágio de busca de abertura

[0051] Em uma modalidade, conforme o cateter 40 se move ao longo da cavidade para mais perto da parede 48 da cavidade, o modelo de esferas da cavidade reflete esta proximidade. Conforme visto na Figura 2B, as esferas 60 em direção à parede 48 são menores que as esferas 33. Com base naquela propriedade do modelo de esferas, o processador 41 gera um formato anatômico local da parede 48, o qual é mostrado na Figura 2B, a título de exemplo, como um contorno linear 75B.

[0052] Como todas as esferas 60 ao longo do contorno 75B (sendo que o contorno 57B representa localmente a parede 48) são todas aproximadamente do mesmo tamanho, isto é, têm aproximadamente o mesmo raio 61, o formato de mapa anatômico resultante é bastante uniforme, refletindo uma parede da cavidade substancialmente inalterada.

[0053] Quando, por outro lado, o cateter 40 é movido para mais perto de uma abertura 58 na parede 48 da cavidade, conforme visto na Figura 3C, o modelo de esferas da cavidade inclui uma ou mais esfe-

ras anormalmente dimensionadas na direção da parede 48. Conforme visto, a esfera 66, na direção da abertura, é anormalmente maior que as esferas 60 vizinhas, que estão situadas ao longo de um contorno 75C, em ao menos um dado fator. Em outras palavras, a razão entre o raio 71 e os raios 61 das esferas vizinhas está acima de um dado mínimo. Conforme visto, uma seta 70 indica a direção derivada pelo processador 41, ao longo da qual o processador estima que a abertura 58 esteja situada na parede da cavidade 48. Na Figura 2C, o contorno linear 75C representa, a título de exemplo, uma superfície que é localmente perpendicular à seta 70.

[0054] As ilustrações mostradas nas Figuras 2A a 2C são usadas puramente por uma questão de clareza conceitual. Por exemplo, algumas das esferas mostradas podem não estar em escala exata, para fins de clareza de apresentação. Em uma modalidade, uma dada razão entre os raios das esferas 66 e das esferas 60 é usada como um critério mínimo sobre o qual o processador 41 estima que exista uma abertura 58 na parede 48 da cavidade (isto é, uma dada razão entre raios de esferas vizinhas 66 e 60 está acima de um dado mínimo).

[0055] A Figura 3 é um fluxograma que ilustra esquematicamente um método para identificar uma abertura na parede de uma cavidade, de acordo com uma modalidade da presente invenção. Tipicamente, o processador 41 é programado com software que executa as várias etapas deste algoritmo.

Estágio de captura de dados 100 (etapas 80 a 82)

[0056] O processo começa com o médico 30 movendo o cateter 40, o qual está equipado com sensor magnético 50, dentro de uma cavidade cardíaca, a fim de capturar múltiplos sinais de posição magnéticos e sinais de proximidade elétricos bipolares, em uma etapa de captura de dados de proximidade 80.

[0057] Em paralelo, o cateter 40, o qual compreende meios para

detectar contato físico com a parede da cavidade cardíaca, ocasionalmente indica ao processador 41 um contato físico que os cateteres 40 fazem com o tecido da parede, em uma etapa de captura de indicação de contato físico 82.

[0058] Com base nos sinais de posição e nos respectivos sinais de proximidade, e com o uso do algoritmo dedicado, o processador 41 calcula as posições e as respectivas proximidades relativas (ou seja, fora de escala), em uma etapa de cálculo de posição e de proximidade fora de escala 84. Em seguida, o processador 41 representa uma porção da cavidade cardíaca com esferas $\{(P, \rho)\}$, em uma etapa de construção de modelo de esferas local 86.

Estágio de calibração 110

[0059] Em seguida, com base em uma indicação de contato físico nas adjacências, isto é, na etapa 82, o processador 41 calibra o modelo de esferas em um modelo de esferas com raio conhecido, $\{(P, R)\}$, em uma etapa 88 de calibração. As etapas 80 a 88 são tipicamente repetidas N vezes até que uma porção suficiente da parede da cavidade esteja mapeada.

Estágio de busca de abertura 120

[0060] O processador 41 analisa o modelo para determinar se há uma abertura na parede 48 da cavidade, nas proximidades do cateter 40, com base, por exemplo, na identificação de que uma ou mais esferas em uma direção de uma parede da cavidade têm raios ρ anormalmente maiores, em comparação com as esferas vizinhas, em uma etapa de identificação da abertura 90.

[0061] Em seguida, em uma etapa de estimativa de localização da abertura 92, com base no modelo de esferas e na direção estimada na etapa 90, o processador 41 estima uma localização da abertura (por exemplo, abertura) no tecido da parede da cavidade. O processador 41 armazena na memória 47 a localização da possível abertura, em

uma etapa de armazenamento 94. Finalmente, em uma etapa de exibição 96, o processador 41 apresenta a um usuário a abertura candidata encontrada, na tela 27. Em uma modalidade, o processador apresenta a localização exibindo ao usuário a localização da abertura, sobreposta a um mapa anatômico da porção da parede.

[0062] O fluxograma ilustrado na Figura 3 é altamente simplificado, por uma questão de clareza. Por exemplo, em uma modalidade, uma análise na etapa 84 pode comparar os tamanhos das esferas com aqueles esperados, com base em uma anatomia conhecida de uma abertura típica na parede da cavidade, de modo a aumentar a confiabilidade da constatação.

[0063] Embora as modalidades aqui descritas abordem principalmente aplicações cardíacas, os métodos e sistemas aqui descritos podem também ser usados em outras aplicações, como em aplicações renais.

[0064] Desta forma, será reconhecido que as modalidades descritas acima são citadas a título de exemplo e que a presente invenção não se limita ao que foi particularmente mostrado e descrito anteriormente neste documento. Em vez disso, o escopo da presente invenção inclui tanto combinações como subcombinações dos vários recursos anteriormente descritos neste documento, bem como variações e modificações dos mesmos que ocorreriam aos versados na técnica após a leitura da descrição acima e que não são revelados na técnica anterior. Os documentos incorporados a título de referência no presente pedido de patente devem ser considerados uma parte integrante do pedido exceto que, até o ponto em que quaisquer termos são definidos nestes documentos incorporados de uma maneira que entra em conflito com as definições feitas explícita ou implicitamente no presente relatório descritivo, apenas as definições no presente relatório descritivo devem ser consideradas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método, caracterizado pelo fato de compreender:

receber, de uma sonda que compreende eletrodos e está posicionada dentro de uma cavidade em um órgão de um paciente, (i) sinais de proximidade indicativos da proximidade dos eletrodos a uma parede da cavidade e (ii) sinais de posição indicativos das posições dos eletrodos no interior da cavidade;

com base nos sinais de proximidade e nos sinais de posição, representar ao menos uma porção de um volume da cavidade por meio de um modelo de esferas compreendendo múltiplas esferas;

identificar uma direção ao longo da qual uma ou mais esferas são maiores que uma ou mais esferas circundantes em ao menos um dado fator;

com base na direção indicada, estimar uma localização de uma abertura na parede da cavidade; e

apresentar a um usuário a localização da abertura.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a identificação da direção compreender construir, com base no modelo de esferas, uma superfície correspondente à parede, e identificar que os raios de uma ou mais esferas ao longo da superfície são maiores que os raios das esferas vizinhas por ao menos o dado fator.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender armazenar em uma memória a localização estimada da abertura.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a apresentação da localização compreender exibir ao usuário a localização da abertura, sobreposta a um mapa anatômico da porção da parede.

5. Sistema, caracterizado pelo fato de compreender:

uma interface configurada para receber de uma sonda que compreende eletrodos e está posicionada dentro de uma cavidade em um órgão de um paciente, (i) sinais de proximidade indicativos da proximidade dos eletrodos a uma parede da cavidade, e (ii) sinais de posição indicativos da posição dos eletrodos dentro da cavidade; e

um processador configurado para:

com base nos sinais de proximidade e nos sinais de posição, representar ao menos uma porção de um volume da cavidade por meio de um modelo de esferas compreendendo múltiplas esferas;

identificar uma direção ao longo da qual uma ou mais esferas são maiores que uma ou mais esferas circundantes em ao menos um dado fator;

com base na direção indicada, estimar uma localização de uma abertura na parede da cavidade; e

apresentar a um usuário a localização da abertura.

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de o processador ser configurado para construir, com base no modelo de esferas, uma superfície correspondente à parede, e para identificar a direção por meio da identificação de que os raios de uma ou mais esferas ao longo da superfície são maiores que os raios das esferas vizinhas ao menos no dado fator.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de o processador ser, ainda, configurado para armazenar em uma memória a localização estimada da abertura.

8. Sistema, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de o processador estar configurado para apresentar a localização exibindo ao usuário a localização da abertura, sobreposta a um mapa anatômico da porção da parede.

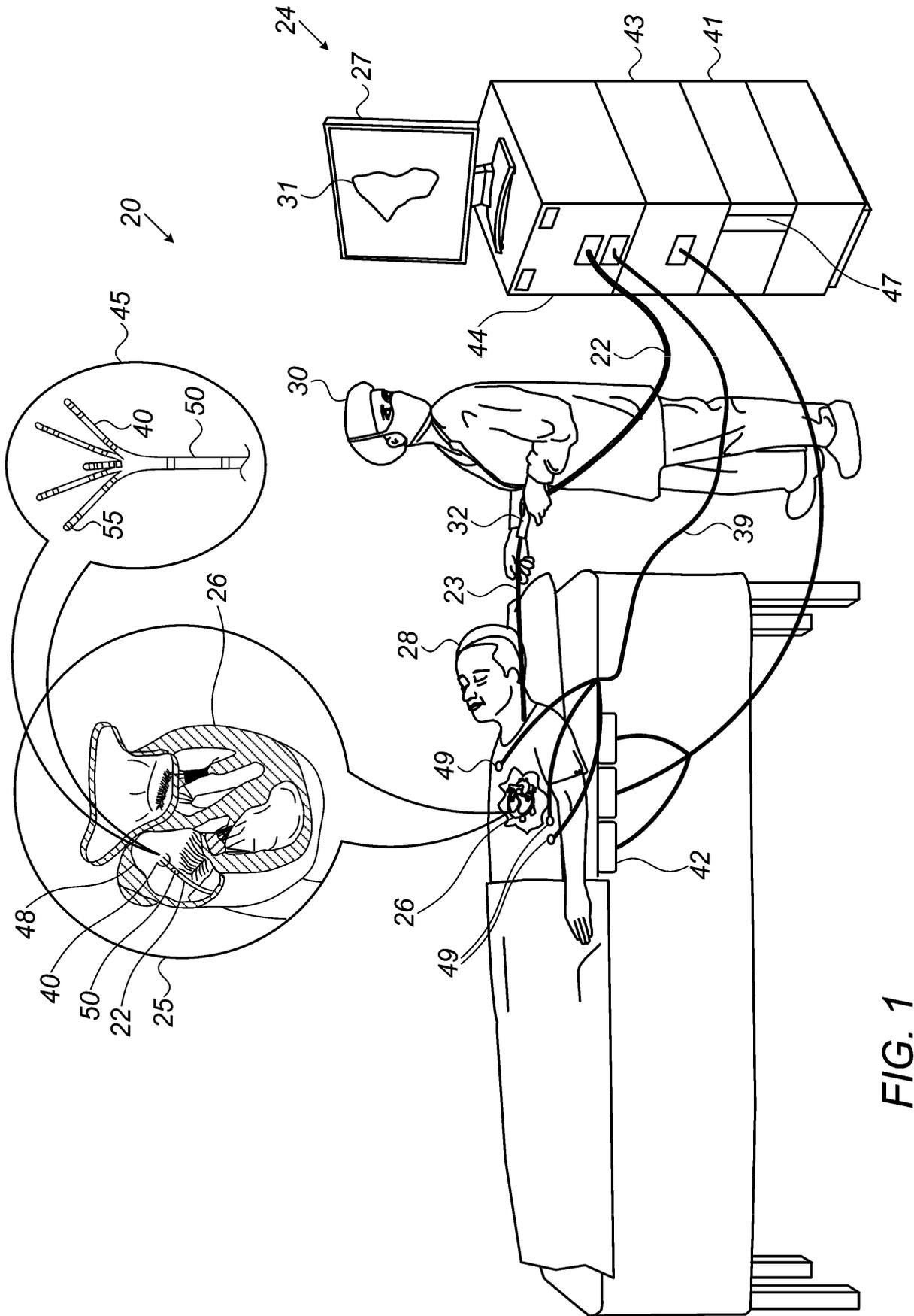


FIG. 1

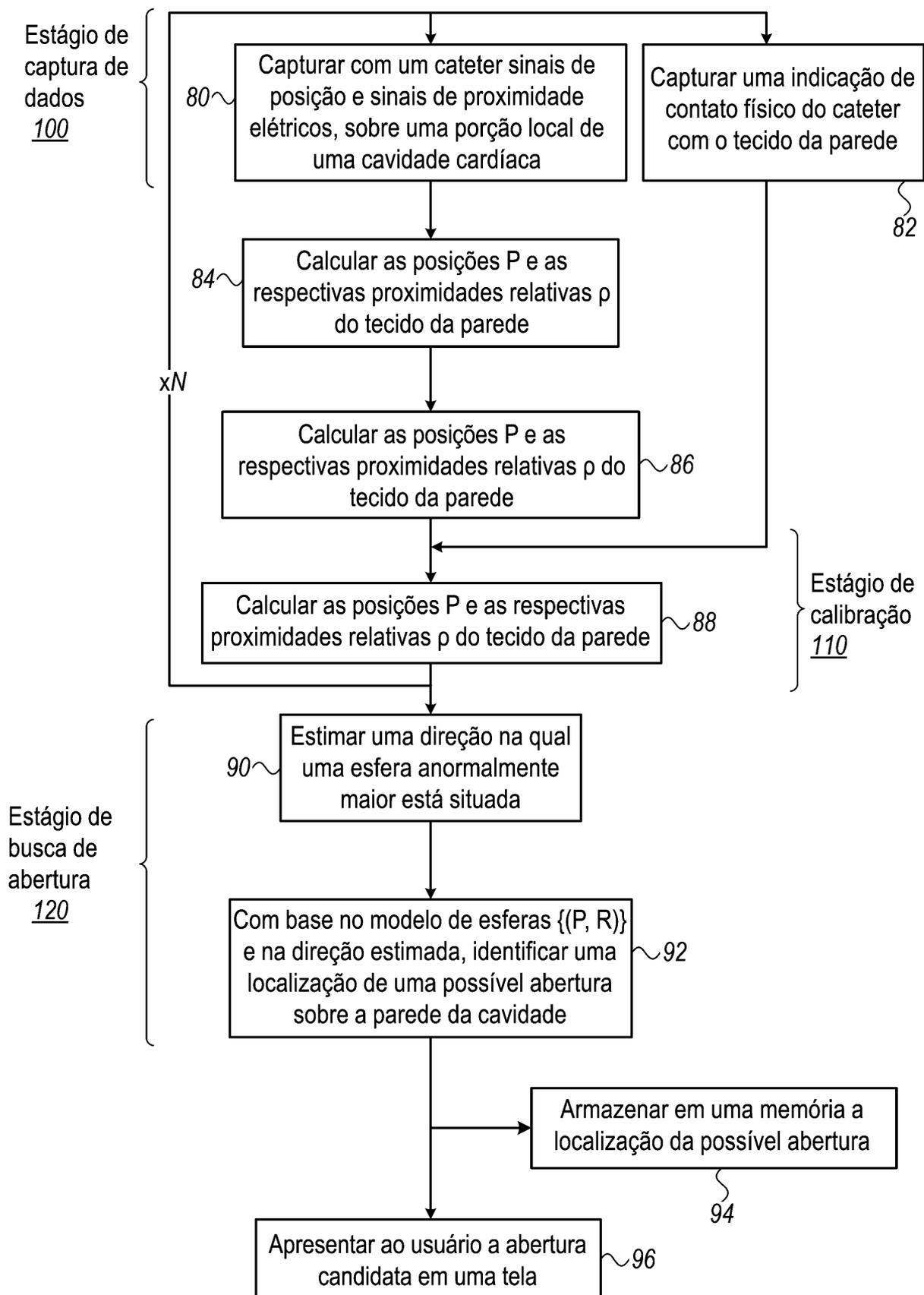


FIG. 3

RESUMO

Patente de Invenção: **"USO DE SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE RADIOFREQUÊNCIA (RF) PARA BUSCA DE ABERTURAS NA PAREDE DE TECIDO"**.

Método, caracterizado pelo fato de incluir receber, de uma sonda que inclui eletrodos e está posicionada dentro de uma cavidade em um órgão de um paciente, (i) sinais de proximidade indicativos da proximidade dos eletrodos a uma parede da cavidade, e (ii) sinais de posição indicativos das posições dos eletrodos no interior da cavidade. Com base nos sinais de proximidade e nos sinais de posição, ao menos uma porção de um volume da cavidade é representada por um modelo de esferas que inclui múltiplas esferas. É identificada uma direção ao longo da qual uma ou mais esferas são maiores que uma ou mais esferas circundantes em ao menos um dado fator. Com base na direção indicada, uma localização de uma abertura na parede da cavidade é estimada e apresentada a um usuário.