



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

(21) BR 112012010384-9 A2



(22) Data do Depósito: 29/10/2010

(43) Data da Publicação Nacional: 14/07/2020

(54) **Título:** MÉTODO PARA PROVER UM SINAL DE ESTÍMULO ELÉTRICO MUSCULAR AO TECIDO CORPORAL QUE TEM CONTATO COM O TECIDO MUSCULAR, EQUIPAMENTO PARA ESTÍMULO ELÉTRICO DO TECIDO MUSCULAR, USO DE UM EQUIPAMENTO, PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR, PORTADORA DE DADOS E COMPUTADOR

(51) **Int. Cl.:** A61N 1/36; A61B 5/0488; A61B 5/11; A61H 39/00; A61H 39/02.

(30) **Prioridade Unionista:** 05/11/2009 IB 09175147.9.

(71) **Depositante(es):** KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.

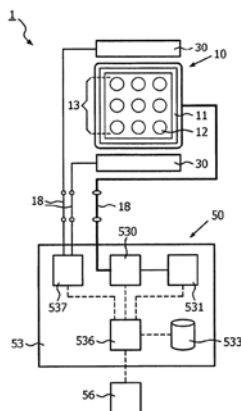
(72) **Inventor(es):** ALEXANDER F. KOLEN; AGATHE PUSZKA.

(86) **Pedido PCT:** PCT IB2010054901 de 29/10/2010

(87) **Publicação PCT:** WO 2011/055282 de 12/05/2011

(85) **Data da Fase Nacional:** 02/05/2012

(57) **Resumo:** MÉTODO PARA PROVER UM SINAL DE ESTÍMULO ELÉTRICO MUSCULAR AO TECIDO CORPORAL QUE TEM CONTATO COM O TECIDO MUSCULAR, EQUIPAMENTO PARA ESTÍMULO ELÉTRICO DO TECIDO MUSCULAR, USO DE UM EQUIPAMENTO, PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR, PORTADORA DE DADOS E COMPUTADOR. A invenção se refere a um método e um equipamento para estímulo elétrico do tecido muscular. Os eletrodos (12) de uma disposição de eletrodos (13) são ativados de acordo com uma sequência de padrões de ativação, cada padrão definindo um subconjunto de eletrodos (12) a ser ativado, cada subconjunto consistindo em pelo menos um eletrodo (12), ao prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido muscular por meio do subconjunto de eletrodos (12). De maneira alternativa, com a dita ativação de eletrodos (12), um sinal de resposta associado ao respectivo padrão de ativação é recebido de um sensor (30; 12). Opcionalmente, pelo menos um eletrodo (12) é, então, selecionado para estímulo, correspondente a uma localização determinada como sendo adequada para estímulo, e o tecido muscular é estimulado. O processo pode ser repetido a fim de rastrear a localização adequada para estímulo em uma situação dinâmica. Opcionalmente, a orientação de parte do corpo é estimada dos sinais de resposta medidos.



MÉTODO PARA PROVER UM SINAL DE ESTÍMULO ELÉTRICO MUSCULAR AO TECIDO CORPORAL QUE TEM CONTATO COM O TECIDO MUSCULAR, EQUIPAMENTO PARA ESTÍMULO ELÉTRICO DO TECIDO MUSCULAR, USO DE UM EQUIPAMENTO, PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR, PORTADORA DE DADOS E COMPUTADOR

A invenção se refere ao campo de estímulo elétrico muscular. Mais especificamente, a invenção se refere a um método para prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido corporal que tem contato com o tecido muscular, e a um equipamento para estímulo elétrico do tecido muscular.

HISTÓRICO DA INVENÇÃO

O estímulo elétrico ou estímulo elétrico funcional (FES - functional electrical stimulation) dos músculos é uma aplicação bem conhecida, por exemplo, nas áreas de reabilitação de acidente vascular cerebral, reabilitação de lesão na medula espinhal, tratamento de incontinência e tratamento de reforço de esporte.

De WO 2007/017778 A2, um equipamento para estímulo elétrico do tecido muscular é conhecido, que tem um sistema de eletrodos com uma disposição de eletrodos. O equipamento tem um seletor de eletrodo para selecionar um ou mais pás de eletrodo estimulantes. Em um exemplo, após o sistema de eletrodos serem posicionado na pele de um usuário, a impedância entre cada uma das pás de eletrodo e a pele é medida, e com base na impedância medida, uma ou mais pás de eletrodo de estímulo são selecionadas. Em outro exemplo, pás de eletrodo de estímulo podem ser selecionadas com base na área na qual o músculo apresenta a mais baixa atividade. O equipamento pode ser utilizado para estimular o tecido muscular ao prover um sinal elétrico, de modo que o tecido muscular contraia e relaxe alternadamente. Antes de estimular o tecido muscular, uma primeira medição da atividade do tecido muscular é realizada, e após estimular o tecido

muscular, uma segunda medição da atividade do tecido muscular é realizada. Assim, o efeito do estímulo na atividade do tecido muscular pode ser determinado. Os valores para as atividades determinados antes e depois do estímulo podem ser emitidos a uma interface de usuário.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Seria desejável ser capaz de encontrar localizações adequadas para o estímulo elétrico do tecido muscular de maneira conveniente e/ou sem ter de repor um eletrodo ou equipamento de estímulo.

Também seria desejável ser capaz de encontrar uma localização adequada para o estímulo elétrico do tecido muscular enquanto um músculo respectivo está ativado. Quando um músculo está ativado, uma localização ideal para o estímulo elétrico pode diferir de uma localização ideal para o estímulo em um estado não ativado do músculo.

Também seria desejável ser capaz de encontrar uma localização adequada para o estímulo elétrico do tecido muscular em uma situação não estática, por exemplo, enquanto um músculo respectivo contrai ou relaxa. Durante a contração ou relaxamento de um músculo, uma localização adequada para estímulo do tecido muscular pode se movimentar. A movimentação de uma localização adequada para estímulo de um músculo específico também pode ser causada pela ativação ou contração ou relaxamento de um músculo diferente.

Também seria desejável ser capaz de rastrear o movimento ou alteração de uma localização adequada para estímulo elétrico do tecido muscular em uma situação não estática, conforme descrito.

Também seria desejável aprimorar o estímulo muscular sem precisar de implantação de eletrodos. A implantação de eletrodos é um procedimento invasivo, custoso e arriscado e, portanto, limita-se a casos específicos.

Em particular, seria desejável ser capaz de encontrar uma localização adequada para estímulo elétrico do tecido muscular com um equipamento que pode ser aplicado da parte externa à pele acima do dito tecido muscular.

5 Também seria desejável ser capaz de localizar de maneira conveniente uma localização adequada para estímulo elétrico do tecido muscular a fim de estimular um músculo específico em um grupo de músculos.

10 Para se direcionar melhor a uma ou mais dessas questões, em um primeiro aspecto da invenção, é provido um método para prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido corporal que tem contato com o tecido muscular, compreendendo:

15 - posicionamento de uma disposição de eletrodos compreendendo uma pluralidade de eletrodos em contato elétrico com o dito tecido corporal;

20 - ativação dos ditos eletrodos, de acordo com uma sequência de padrões de ativação, cada padrão de ativação definindo um subconjunto de eletrodos a ser ativado, cada subconjunto respectivo consistindo em pelo menos um eletrodo, ao prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido corporal por meio do pelo menos um eletrodo do respectivo subconjunto e,

25 - alternadamente com a dita ativação de eletrodos de acordo com um padrão de ativação, medir um sinal de resposta associado ao padrão de ativação ao sentir uma propriedade do dito tecido muscular, essa propriedade forma uma medida para atividade do dito tecido muscular em resposta ao sinal de estímulo elétrico provido por meio do dito pelo
30 menos um eletrodo do padrão de ativação ao dito tecido corporal em contato com o dito tecido muscular. Por exemplo, a etapa de medição é realizada após cada realização da etapa de ativação.

Esse método permite testar diferentes padrões de ativação de eletrodos em relação à sua eficácia em estimular um tecido muscular alvo. Com isso, um padrão de ativação correspondente a uma localização adequada para estímulo elétrico pode ser determinado automaticamente. Isso é vantajoso, em particular, em aplicações nas quais a dita localização por mudar, por exemplo, devido ao movimento do tecido muscular sob a pele na qual a disposição de eletrodos está disposta. Assim, um padrão de ativação adequado para um músculo pode ser determinado tanto em situações de músculo estático (sem contração ou sem alteração de contração do músculo) como de dinâmico (durante a contração do músculo estimulado ou contração e/ou relaxamento dos grupos de músculos na mesma área).

Além disso, o método permite posicionar a disposição de eletrodos com um grau menor de precisão sem afetar o estímulo do tecido muscular, uma vez que o estímulo de um ou mais eletrodos da disposição de eletrodos pode ser selecionado dependendo dos sinais de resposta medidos, esses eletrodos estão presentes em uma área adequada para prover o sinal de estímulo. Também, uma vez que a disposição de eletrodos pode ser posicionado com um grau menor de precisão, a disposição de eletrodos pode ser colocada por uma pessoa sem conhecimento de especialista sobre o sistema muscular. Além disso, a colocação da disposição de eletrodos leva menos tempo. Além disso, eletrodos comparativamente menores podem ser utilizados para estimular em vez de, por exemplo, um único par de eletrodos grandes o suficiente para cobrir certamente a área adequada para estímulo. Eletrodos externos grandes podem ser dolorosos devido a uma grande corrente e/ou tensão necessária para estímulo. Além disso, eletrodos grandes não podem focar em grupos menores de músculos. Além disso, eletrodos grandes podem ter efeitos colaterais, como

estimular outro músculo ou outros tipos de nervos sob o eletrodo (por exemplo, nervos da dor, nervos sensoriais).

Por exemplo, os eletrodos podem ser pás de eletrodo ou eletrodos de superfície. Isso tem a vantagem de ser menos
5 invasivo que eletrodos de agulha, por exemplo.

Por exemplo, após cada ativação de eletrodos, de acordo com um padrão de ativação, a provisão do sinal de estímulo para ou é interrompida e, durante uma pausa de estímulo, o sinal de resposta é medido.

10 Em particular, a dita sequência de padrões de ativação pode ser uma sequência de diferentes padrões de ativação. Ao medir o sinal de resposta associado ao respectivo padrão de ativação, um padrão de ativação adequado ou melhor adequado para estímulo elétrico do dito tecido
15 muscular pode ser determinado. Assim, a localização adequada ou padrão de ativação para estímulo pode ser determinado sem reposicionar a disposição de eletrodos.

Por exemplo, o dito tecido corporal pode compreender uma pele acima do tecido muscular. De maneira
20 alternativa, por exemplo, o dito tecido corporal pode ser uma parte do dito tecido muscular.

As etapas de ativação dos ditos eletrodos, de acordo com uma sequência de padrões de ativação, e alternadamente com a dita ativação de eletrodos de acordo com
25 um padrão de ativação, de medição de um sinal de resposta associado ao padrão de ativação, também serão mencionadas como "etapas de busca" ou o "processo de busca" a seguir. Por exemplo, essas etapas são repetidas. Quando, por exemplo, uma localização adequada para estímulo elétrico se movimentar
30 dentro da área coberta pela disposição de eletrodos devido à contração ou relaxamento de um músculo, por exemplo, o método permite rastrear automaticamente a localização adequada para estímulo.

Por exemplo, a dita medição de um sinal de resposta é uma medição de eletromiografia.

Os detalhes úteis da invenção estão indicados nas reivindicações dependentes.

5 Por exemplo, o método pode ainda compreender:

- a seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos com base nos sinais de resposta medidos. Por exemplo, pelo menos um eletrodo adequado, em particular, mais adequado, para estimular o tecido muscular pode ser selecionado. Por exemplo, pelo menos um eletrodo pode ser selecionado para estimular o tecido muscular. Por exemplo, o pelo menos um da pluralidade de eletrodos pode ser selecionado com base na magnitude dos sinais de resposta medidos. Entretanto, a seleção do dito pelo menos um da pluralidade de eletrodos não é necessariamente seguida pelo estímulo do pelo menos um eletrodo selecionado. Por exemplo, a seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos adequados para estímulo, com base nos sinais de resposta medidos, pode ser para fins de coleta de informações, como para determinar uma orientação de uma parte do corpo, conforme será descrito adicionalmente abaixo.

15 Por exemplo, com base na seleção de pelo menos um eletrodo adequado para estimular o tecido muscular, uma posição da disposição de eletrodos em relação ao dito tecido muscular pode ser determinada. Assim, uma posição da disposição de eletrodos em relação a uma parte do corpo pode ser determinada. Assim, uma posição de um que está em relação de posição fixa com a disposição de eletrodos pode ser determinada em relação a uma parte do corpo. Por exemplo, o dito dispositivo pode ser integrado com a disposição de eletrodos. Por exemplo, o dito dispositivo pode incluir um acelerômetro. Assim, a posição do acelerômetro pode ser determinada em relação a uma parte do corpo. Assim, as

leituras do acelerômetro podem ser relacionadas ao movimento da dita parte do corpo com base na posição determinada do acelerômetro.

Por exemplo, o dito pelo menos um da pluralidade de eletrodos é selecionado com base em um critério adequado para determinar a atividade muscular a partir do sinal de resposta, em particular, um critério adequado para determinar a atividade muscular mais alta a partir dos sinais de resposta. Por exemplo, o dito pelo menos um da pluralidade de eletrodos é selecionado com base em pelo menos um dos critérios dentre:

- um valor mais alto de pico a pico do sinal de resposta,
- uma área sob a curva mais ampla do sinal de resposta,
- uma disposição de aumento mais rápido do sinal de resposta e
- uma taxa de redução mais rápida do sinal de resposta.

Sem desejar vincular-se a qualquer teoria, acredita-se que esses critérios são expressões da magnitude dos sinais de resposta que indicam a eficácia do estímulo do dito tecido muscular de acordo com o respectivo padrão de ativação. Por exemplo, o dito pelo menos um da pluralidade de eletrodos pode ser selecionado com base em uma magnitude de atividade muscular conforme representada pelos sinais de resposta medidos. Acredita-se que os ditos critérios representam a magnitude de atividade muscular em resposta ao estímulo elétrico de acordo com o padrão de ativação. Além disso, acredita-se que esse padrão de ativação é um padrão de ativação adequado para estimular o tecido muscular.

Por exemplo, a seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos com base nos sinais de resposta

medidos pode compreender a comparação de todos os sinais de resposta ou a comparação da magnitude dos sinais de resposta.

Por exemplo, pelo menos um da pluralidade de eletrodos pode ser selecionado ao selecionar pelo menos um dos padrões de ativação. Além disso, por exemplo, um subconjunto dos eletrodos pode ser selecionado, que corresponde a uma combinação de pelo menos dois dos padrões de ativação. Assim, os eletrodos podem ser selecionados correspondentes a uma combinação dos padrões de ativação mais promissores para estímulo do tecido muscular.

Em uma realização, o método ainda compreende:

- a provisão seletiva por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado e por meio do dito tecido corporal de um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido muscular. Assim, o método pode ser um método de estímulo elétrico do tecido muscular. Isso tem a vantagem adicional que o método permite determinar automaticamente uma localização adequada para estímulo e prover um sinal de estímulo ao tecido muscular. Isso pode permitir estimular um músculo em uma localização adequada para estímulo mesmo em uma situação de um músculo ativado ou, de modo mais geral, quando a localização para estímulo mudar após o posicionamento da disposição de eletrodos.

Por exemplo, na dita etapa de ativação dos ditos eletrodos, de acordo com uma sequência de padrões de ativação, um sinal de estímulo elétrico muscular pode ser provido ao dito tecido corporal correspondente a uma intensidade de estímulo que é menor que uma intensidade de estímulo correspondente ao sinal de estímulo elétrico muscular provido seletivamente por meio do pelo menos um eletrodo selecionado para estímulo. Isto é, durante o processo de busca de teste dos diferentes padrões de ativação, a intensidade de estímulo é menor que a intensidade

de estímulo na última etapa de provisão seletiva do sinal de estímulo. Com isso, a interferência do processo de busca com o estado atual do tecido muscular é minimizada.

5 Por exemplo, a intensidade de estímulo nas etapas de busca pode estar abaixo de um limite de percepção. Por exemplo, a intensidade de estímulo pode estar bem abaixo de um limite de estímulo, mas baixa o suficiente para não ser sentida.

10 Em uma realização, as etapas de ativação dos ditos eletrodos de acordo com uma sequência de padrões de ativação, medição, alternadamente com a dita ativação de eletrodos de acordo com um padrão de ativação, um sinal de resposta associado ao padrão de ativação, e seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos com base nos sinais de resposta
15 medidos são repetidas alternadamente com a etapa de provisão seletiva por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado e por meio do dito tecido corporal de um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido muscular. Isso permite selecionar eletrodos correspondentes uma localização de
20 estímulo adequada quando a dita localização se movimentar devido a um movimento, por exemplo. Com isso, por exemplo, o estímulo que suporta um movimento pode ser aprimorado. Por exemplo, o método pode permitir rastrear uma localização de estímulo adequada para suportar um movimento.

25 Em uma realização, o método ainda compreende:

- a determinação de uma orientação de uma parte do corpo com base nos sinais de resposta medidos. Por exemplo, a orientação é uma orientação em relação a uma orientação específica. Isso pode ter a vantagem de fazer com que
30 sensores de posição ou de movimento adicionais, como acelerômetros e giroscópios, sejam redundantes para determinar uma orientação de uma parte do corpo.

Por exemplo, a determinação de uma orientação da

parte do corpo com base nos sinais de resposta medidos pode compreender:

- a determinação de um estado do dito tecido muscular com base nos sinais de resposta medidos, e

5 - a determinação de uma orientação de uma parte do corpo com base no estado determinado do dito tecido muscular.

O estado do dito tecido muscular é relacionado à orientação da dita parte do corpo. Por exemplo, a orientação depende de um estado de ativação do dito tecido muscular. Por exemplo, ao ativar o dito tecido muscular, a dita parte do corpo pode ser movimentada. Em outro exemplo, uma posição de uma localização adequada para estímulo depende de um estado do tecido muscular. Por exemplo, quando um músculo antagonista é ativado, o dito tecido muscular pode ser movimentado e, assim, a posição de uma localização adequada para estímulo do dito tecido muscular pode mudar.

15 Por exemplo, as etapas de ativação dos ditos eletrodos de acordo com uma sequência de padrões de ativação e medição, alternadamente com a dita ativação de eletrodos de acordo com um padrão de ativação, de um sinal de resposta associado ao padrão de ativação, são repetidas, o método ainda compreendendo:

- determinação de um movimento de uma parte do corpo com base nos sinais de resposta medidos repetidamente.

25 Por exemplo, um movimento de uma parte do corpo pode ser determinado ao determinar sequencialmente uma orientação da parte do corpo com base nos sinais de resposta medidos.

30 Em uma realização do método, a etapa de seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos com base nos sinais de resposta medidos compreende selecionar pelo menos um primeiro eletrodo e pelo menos um segundo eletrodo da pluralidade de eletrodos com base nos sinais de resposta

medidos, e a etapa de provisão seletiva por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado e por meio do dito tecido corporal de um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido muscular compreende prover seletivamente, por meio do

5 pelo menos um do dito pelo menos um primeiro eletrodo selecionado e ditos pelo menos um segundo eletrodo selecionado e por meio do tecido corporal, um sinal de estímulo elétrico muscular a pelo menos um tecido muscular de um primeiro músculo e tecido muscular de um segundo músculo.

10 Por exemplo, o sinal de estímulo muscular pode ser provido ao tecido muscular de um músculo dependente de um estado do tecido muscular de que o mesmo músculo, e/ou dependente de um estado do tecido muscular de um músculo diferente, o dito estado sendo determinado com base nos

15 sinais de resposta medidos. Isso permite, por exemplo, aprimorar a segurança de estímulo ao evitar o estímulo de um músculo antagonista para um músculo agonista ativado. Além disso, isso permite aprimorar o cancelamento de atividade muscular não desejada, como tremor ou atividade de espasmo,

20 pelo estímulo antagonista.

Por exemplo, o sinal de estímulo muscular pode ser provido dependendo de uma orientação de uma parte do corpo que é determinada com base nos sinais de resposta medidos. Isso facilita o estímulo de músculos a ser realizado de

25 acordo com uma sequência de movimento desejada de uma ou mais partes do corpo.

Em um aspecto adicional da invenção, é provido um equipamento para estímulo elétrico do tecido muscular, o dito equipamento compreendendo:

30 - uma disposição de eletrodos compreendendo uma pluralidade de eletrodos, para posicionamento em contato elétrico com tecido corporal que tem contato com o dito tecido muscular; a disposição de eletrodos sendo conectável a

um gerador de sinal para gerar um sinal de estímulo elétrico muscular;

- um seletor de eletrodo para selecionar da pluralidade de eletrodos um ou mais eletrodos para prover um
5 sinal de estímulo elétrico de um gerador de sinal conectado ao dito tecido corporal;

- um sensor para medir um sinal ao sentir uma propriedade do dito tecido muscular, essa propriedade forma uma medida para atividade do dito tecido muscular; e

10 - uma unidade de controle para controlar o seletor de eletrodo e para receber um sinal do sensor, a unidade de controle sendo adaptada para:

- ativação dos ditos eletrodos de acordo com uma sequência de padrões de ativação, cada padrão de ativação
15 definindo um subconjunto de eletrodos a ser ativado, cada subconjunto respectivo consistindo em pelo menos um eletrodo, ao controlar o seletor de eletrodo para selecionar o pelo menos um eletrodo do respectivo subconjunto para prover um sinal de estímulo elétrico muscular do gerador de sinal ao
20 dito tecido corporal por meio do dito pelo menos um eletrodo, e,

- alternadamente com a dita ativação de eletrodos de acordo com um padrão de ativação, recepção de um sinal de resposta associado ao padrão de ativação do sensor.

25 Por exemplo, o sensor pode ser formado por pelo menos um da pluralidade de eletrodos.

Por exemplo, a disposição de eletrodos é conectável ao gerador de sinal por meio do seletor de eletrodo.

Por exemplo, os eletrodos são pás de eletrodo.

30 Por exemplo, o equipamento ainda compreende o dito gerador de sinal.

Por exemplo, a unidade de controle é adaptada para:

- ativação dos ditos eletrodos de acordo com uma

sequência de padrões de ativação, cada padrão de ativação definindo um subconjunto de eletrodos a ser ativado, cada subconjunto respectivo consistindo em pelo menos um eletrodo, ao prover um sinal de estímulo elétrico muscular do gerador de sinal ao dito tecido corporal por meio de pelo menos um eletrodo do respectivo subconjunto sendo selecionado pelo seletor de eletrodo, e,

5
- alternadamente com a dita ativação de eletrodos de acordo com um padrão de ativação, a recepção de um sinal de resposta associado ao padrão de ativação do sensor.

10
Por exemplo, a unidade de controle compreende unidades separadas, por exemplo, uma primeira unidade de controle para controlar o seletor de eletrodo e/ou o gerador de sinal, e uma segunda unidade de controle para receber o respectivo sinal de resposta. Por exemplo, a primeira unidade de controle é uma unidade de estímulo elétrico muscular, e a segunda unidade de controle é uma unidade de registro de EMG. As unidades podem ser duas unidades separadas ou combinadas em um estojo. Por exemplo, o gerador de sinal é separado do equipamento e é conectável ao equipamento.

15
Em uma realização, a unidade de controle é ainda adaptada para selecionar pelo menos um da pluralidade de eletrodos com base nos sinais de resposta. Por exemplo, a unidade de controle é ainda adaptada para comparar os sinais de resposta associados aos respectivos eletrodos e recebidos pela unidade de controle e para selecionar pelo menos um da pluralidade de eletrodos com base em uma comparação dos sinais de resposta.

25
Em uma realização, o equipamento ainda compreende uma unidade de processamento de sinal para analisar um sinal de resposta recebido do sensor, em que a unidade de processamento de sinal é adaptada para determinar um critério adequado para determinar a atividade muscular a partir do

30

sinal de resposta. Por exemplo, o processamento de sinal é adaptado para determinar pelo menos um dentre:

- um valor de pico a pico do sinal de resposta,
- uma área sob a curva do sinal de resposta
- 5 - uma taxa de aumento do sinal de resposta, e
- uma taxa de redução do sinal de resposta.

Acredita-se que os valores mencionados sejam uma indicação de uma magnitude da atividade do tecido muscular.

Por exemplo, a unidade de processamento de sinal é adaptada para emitir um valor correspondente a uma magnitude de uma atividade do tecido muscular conforme representado pelo sinal de resposta medido. Por exemplo, o valor produzido pode ser um dos valores mencionados acima.

Por exemplo, a unidade de controle é adaptada para realizar o método conforme descrito acima.

Um aspecto adicional da invenção é o uso de um equipamento, conforme descrito acima, para o tratamento de um músculo.

Em um aspecto adicional da invenção, é provido um produto de programa de computador compreendendo partes de código de programa para realizar um método, conforme descrito acima, quando for executado em um equipamento programável.

Esses e outros aspectos da invenção serão aparentes e ilustrados com referência às realizações doravante descritas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 apresenta uma representação esquemática de um equipamento para estímulo elétrico do tecido muscular.

A Figura 2 apresenta esquematicamente o equipamento da Figura 1, uma disposição de eletrodos sendo colocado em um antebraço de um usuário.

A Figura 3 apresenta um fluxograma de um método para prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido

corporal que tem contato com o tecido muscular.

A Figura 4 apresenta esquematicamente um exemplo de dados EMG.

5 A Figura 5 apresenta esquematicamente uma realização adicional de um método para prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido corporal que tem contato com o tecido muscular.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS REALIZAÇÕES

10 O equipamento de eletro-estímulo 1 apresentado nas Figuras 1 e 2 compreende um sistema de eletrodos 10 que pode ser colocado na pele de um animal, como um ser humano. Na Figura 2, o sistema de eletrodos 10 é colocado em uma parte de pele do antebraço de um usuário. Entretanto, o sistema de eletrodos 10 pode ser colocado em outra parte do corpo e pode ter uma forma adaptada à forma da parte do corpo específica. Por exemplo, no caso de o sistema de eletrodos 10 tiver de ser colocado na área vertebral do corpo, o sistema de eletrodos 10 pode ter uma forma alongada.

20 O sistema de eletrodos 10 inclui, conforme é apresentado na Figura 1, uma disposição de eletrodos 13 com uma pluralidade de eletrodos 12 na forma de pás de eletrodo. Ainda, no exemplo da Figura 1, o sistema de eletrodos inclui um eletrodo oposto 11. O eletrodo oposto 11 funciona como uma terra. De maneira alternativa, por exemplo, ao estimular por meio de um subconjunto dos eletrodos 12, pelo menos um outro eletrodo 12 pode funcionar como um eletrodo oposto ou terra. Assim, o eletrodo oposto dedicado 11 é opcional.

30 Por exemplo, os eletrodos na disposição de eletrodos 13 estão posicionados ao longo de linhas retas, formando uma disposição de matriz retangular. No exemplo da Figura 1, a matriz é uma matriz de 3 por 3; entretanto, a matriz pode ter outras dimensões, por exemplo, menor ou maior. Ainda, o espaçamento das colunas da matriz pode ser

diferente do espaçamento das fileiras da matriz. Além disso, a matriz pode, conforme apresentado no exemplo da Figura 1, ser quadrada. Além disso, a matriz pode ter diversos números diferentes do número de fileiras. Além disso, os eletrodos 12 também podem estar posicionados em uma posição não retangular, como uma disposição circular ou uma disposição triangular, por exemplo.

No exemplo da Figura 1, o eletrodo oposto 11 tem uma forma de loop fechado e envolve a disposição de eletrodos 13. Entretanto, o eletrodo oposto 11 pode ter uma forma diferente e pode, por exemplo, seguir um caminho sinuoso entre os eletrodos 12.

O sistema de eletrodos 10 pode ser colocado na pele de modo que os eletrodos 12 e o eletrodo oposto 11 façam contato elétrico com a pele, isto é, o tecido corporal que tem contato com o tecido muscular abaixo da pele. A disposição de eletrodos 13 estará então eletricamente em contato com o dito tecido muscular e, em particular, será capaz de receber ou transmitir um sinal elétrico à região do músculo abaixo da área da pele ocupada pela disposição de eletrodos 13. Em particular, os eletrodos 12 serão capazes de injetar, por meio da pele, uma corrente no tecido muscular na forma de um sinal de estímulo muscular a fim de estimular o tecido muscular.

Conforme apresentado na Figura 1, o equipamento 1 ainda inclui uma unidade de operação 50, que é conectada à disposição de eletrodos 10 por meio de uma conexão 18. No exemplo da Figura 1, a conexão 18 é uma conexão com fio. Entretanto, a conexão 18 também pode ser uma conexão sem fio. Por exemplo, o sistema de eletrodos 10 pode ser acionado por bateria e incluir um receptor/transmissor de rádio.

A unidade de operação 50 pode receber sinais gerados pelo sistema de eletrodos 10 e controlar a operação

do sistema de eletrodos 10, conforme é explicado abaixo em mais detalhes.

Os eletrodos 12 e eletrodo oposto 11 podem ser providos em uma superfície de um carregador flexível, preferencialmente resiliente. Isso permite que o sistema de eletrodos adote a forma da parte do corpo na qual o sistema de eletrodos 10 é colocado. O carregador pode ser provido de componentes elétricos que conectam os eletrodos 12 e eletrodo oposto 11, por meio da conexão 18, à unidade de operação 50.

Por exemplo, a unidade de operação 50 inclui um alojamento. Dentro do alojamento, uma unidade de controle 53 é provida, que é conectada ao sistema de eletrodos 10 por meio da conexão 18 e a uma interface de usuário opcional 56. A interface de usuário 56 pode compreender, por exemplo, uma tela que forma uma interface de saída que emite informações a um usuário do equipamento 1 e botões de controle que formam uma interface de entrada. Por exemplo, o usuário pode prover a entrada à unidade de controle 53 por meio da interface de usuário 56, como por exemplo, ajustes desejados para a operação realizada pelo equipamento. Nesse exemplo, a interface de saída permite emitir dados visualmente; entretanto, os dados podem de maneira alternativa ou adicional serem emitidos como áudio ou qualquer outra maneira adequada.

A unidade de controle 53 inclui, conforme é apresentado na Figura 1, um seletor de eletrodo 530 para selecionar dos eletrodos 12 na disposição de eletrodos 13 um ou mais eletrodos de estímulo. Por exemplo, o sistema de eletrodos 10 pode compreender unidades seletoras de linha e unidades seletoras de fileira para endereçar os eletrodos 10. Entretanto, por exemplo, o sistema de eletrodos 10 pode compreender unidades de endereçamento de eletrodo adaptadas para endereçar independentemente os eletrodos individuais 12

e suas combinações. Isso permite que eletrodos de estímulo sejam selecionados de acordo com qualquer padrão de ativação ou subconjunto dos eletrodos 12 a ser utilizado para estímulo.

5 Um gerador de sinal 531 é conectado ao seletor de eletrodo 530. Em operação, o gerador de sinal 531 provê um sinal de estímulo elétrico muscular às pás de eletrodo de estímulo selecionados pelo seletor de eletrodo 530 de acordo com um padrão de ativação. O sinal de estímulo é transferido
10 por meio dos eletrodos de estímulo 12 à superfície na qual o sistema de eletrodos 10 é colocado, por exemplo, a pele. O sinal de eletrodo então penetra através da pele no tecido muscular, em resposta a isso, o tecido muscular pode contrair. Desse modo, o tecido muscular é estimulado.

15 Os valores para os parâmetros do estímulo, como por exemplo, a quantidade de corrente e a duração do período de estímulo, podem ser determinados pelo gerador de sinal 531 com base nos dados armazenados em uma memória do gerador de sinal 531. O gerador de sinal 531 é conectado a um
20 microprocessador programável 536, que é, por exemplo, adaptado para ajustar os parâmetros para o estímulo. Por exemplo, os valores para os parâmetros do estímulo podem ser determinados por um usuário por meio da interface de usuário
56.

25 O microprocessador 536 é conectado ao seletor de eletrodo 530 e é adaptado para controlar o seletor de eletrodo 530 a fim de selecionar os eletrodos de estímulo de acordo com um padrão de ativação.

O microprocessador 536, por exemplo, também
30 compreende um cronômetro para controlar a ordem da operação do microprocessador 536 de modo que, em operação, uma sequência de etapas de um método para prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido corporal por meio do

sistema de eletrodos 10 seja realizada conforme será descrito abaixo.

Além disso, o microprocessador 536 é conectado a e/ou equipado com memória 533, por exemplo, para armazenar parâmetros de estímulo ou dados associados aos sinais de resposta conforme será descrito abaixo.

No exemplo da Figura 1, o sistema de eletrodos 10 inclui um sensor separado na forma de dois eletrodos de sensor 30. Nesse exemplo, os eletrodos de sensor 30 se estendem paralelos entre si em lados opostos do sistema de eletrodos 10 fora da disposição de eletrodos 13 e do eletrodo oposto 11. Por exemplo, os eletrodos de sensor são pás de eletrodo que formam tiras de, por exemplo, forma retangular. No exemplo da Figura 2, o sensor é um sensor de eletromiografia bipolar (EMG - electromyography).

O sensor pode sentir uma propriedade do tecido muscular, essa propriedade forma uma medida para a atividade do dito tecido muscular. O sensor tem uma saída de sensor, que é conectada a uma entrada de uma unidade de processamento de sinal 537 na unidade de controle 53. Por meio da saída do sensor, o sensor pode prover um sinal de sensor à unidade de processamento de sinal 537. A unidade de processamento de sinal 537 pode determinar a partir do sinal de sensor um valor da medida para atividade, isto é, medida de um sinal sentido pelo sensor e produzir o valor por meio de uma saída de processador ao microprocessador 536. Assim, a unidade de processamento de sinal 537 pode produzir um valor de uma magnitude de atividade muscular, conforme representado por um sinal medido ao microprocessador 536.

Por exemplo, o microprocessador 536 pode determinar um parâmetro do tecido muscular com base no valor determinado pela unidade de processamento de sinal 537 e produzir esse valor em uma forma perceptível ao usuário na interface de

usuário 56. Além disso, por exemplo, uma indicação se a disposição de eletrodos ainda está posicionada acima da localização adequada para estímulo pode ser gerada com base nos sinais de resposta, e pode ser indicada ao usuário. Isso
5 é uma vantagem quando o sistema de eletrodos 10 for um sistema de eletrodos seco, isto é, um sistema que não adere à pele, como eletrodos "colados", mas também no caso de eletrodos "colados".

Em uma realização modificada, o sensor está na
10 forma de um único eletrodo de sensor 30 para medição de EMG unipolar. Assim, o sensor é um sensor EMG unipolar. Por exemplo, o sensor pode estar disposto próximo à disposição de eletrodos 13.

Em uma realização adicional modificada, pelo menos
15 um eletrodo selecionável dos eletrodos 12 forma o sensor. Por exemplo, os eletrodos 12 têm uma função dupla de estimular eletricamente o tecido muscular e sentir a dita propriedade do tecido muscular, essa propriedade forma uma medida para a atividade do dito tecido muscular. Por exemplo, a entrada da
20 unidade de processamento de sinal 537 é conectada aos eletrodos 12, ou é conectável por meio do seletor de eletrodo 530 aos eletrodos 12. Por exemplo, pelo menos um eletrodo dos eletrodos 12 pode funcionar como um sensor EMG unipolar ou bipolar. Assim, os eletrodos de sensor separados 30 não são
25 necessários. Por exemplo, a unidade de controle 53 pode ser adaptada para controlar o seletor de eletrodo 530 para selecionar pelo menos um eletrodo 12 para formar o sensor para sentir a dita propriedade do tecido muscular por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado 12, e para receber um
30 sinal de resposta.

A Figura 3 apresenta um fluxograma de um exemplo de um método para prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido corporal que tem contato com o tecido muscular, em

particular, à pele acima de um músculo.

Em uma primeira etapa 110, o sistema de eletrodos 10 compreendendo a disposição de eletrodos 13 está posicionado em uma superfície desejada, por exemplo, uma parte da pele acima de um tecido muscular.

Em uma segunda etapa 112, o microprocessador 536 controla o seletor de eletrodo 530 para selecionar pelo menos um eletrodo de estímulo de acordo com um primeiro padrão de ativação de uma sequência de padrões de ativação. Por exemplo, cada padrão de ativação pode consistir em um único eletrodo diferente dos eletrodos 12 a serem ativados. Por exemplo, a sequência de padrões de ativação é uma sequência dos eletrodos em uma ordem específica. Por exemplo, os eletrodos 12 podem ser ativados fileira por fileira e, dentro de cada fileira, coluna por coluna no caso de uma disposição de eletrodos retangular 13. Entretanto, o microprocessador 536 também pode ser habilitado para controlar o seletor de eletrodo 530 para selecionar eletrodos de estímulo de acordo com um padrão de ativação consistindo em mais de um eletrodo.

Em uma terceira etapa 114, um sinal de estímulo muscular gerado pelo gerador de sinal 531 é provido por meio do eletrodo de estímulo selecionado pelo seletor de eletrodo 530 à pele e, assim, ao tecido muscular em contato elétrico com a pele. Assim, o tecido muscular pode ser eletricamente estimulado. A eficácia do estímulo geralmente dependerá da posição do eletrodo de estímulo ou, de modo mais geral, do padrão de ativação.

Em uma quarta etapa 116, um sinal do sensor é medido pela unidade de processamento de sinal 537. Por exemplo, a etapa de medição se sobrepõe à etapa de estímulo. Em particular, o sinal é medido ao longo de um intervalo de tempo permitindo determinar uma magnitude da atividade muscular. Em particular, por exemplo, um sinal é medido

durante esse intervalo de tempo após aplicar o sinal de estímulo por meio do eletrodo de estímulo. Assim, o sinal medido inclui um sinal de resposta associado ao eletrodo de estímulo ou, de modo mais geral, ao padrão de ativação para estímulo. Por exemplo, o sinal do sensor é continuamente adquirido pela unidade de processamento de sinal 537, e um sinal de resposta associado a um eletrodo de estímulo específico é identificado com base nas informações sobre os momentos da aplicação dos respectivos sinais de estímulo. Por exemplo, essas informações e, opcionalmente, as informações sobre o padrão de ativação utilizado para estímulo podem ser providas à unidade de processamento de sinal 537 por meio do microprocessador 536.

Em vez de utilizar um sensor tendo os eletrodos de sensor 30 da Figura 1, a etapa de recepção de um sinal de resposta associado ao padrão de ativação do sensor pode compreender controlar o seletor de eletrodo 530 para selecionar pelo menos um eletrodo 12 para formar o sensor para sentir a dita propriedade do tecido muscular por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado 12, e receber o sinal de resposta do dito pelo menos um eletrodo selecionado 12.

Em uma quinta etapa 118, a unidade de processamento de sinal 537 determina um valor de uma magnitude da atividade muscular conforme representado pelo sinal de resposta medido, conforme será descrito abaixo.

As etapas de busca 112, 114, 116 e 118 são então repetidas com o próximo padrão de ativação da sequência de padrões de ativação sendo selecionado na etapa 112 e o respectivo pelo menos um eletrodo sendo estimulado na etapa 114. As etapas são repetidas para cada padrão de ativação adicional na sequência de padrões de ativação. No exemplo dos padrões de ativação consistindo em diferentes eletrodos individuais, isso significa que a sequência das etapas 112 a

118 é realizada uma vez para cada um dos nove eletrodos 12. Os eletrodos 12 são ativados um após o outro e os sinais de resposta associados são analisados. Entretanto, o sinal de resposta medido na etapa 116 também pode ser registrado, e as etapas 112 a 116 podem ser repetidas para a sequência de padrões de ativação, antes de a etapa de análise 118 ser realizada para cada sinal de resposta.

A Figura 4 apresenta um exemplo de um sinal de eletromiografia (EMG) conforme recebido pela unidade de processamento de sinal 537 do sensor. A curva apresentada na Figura 4 apresenta picos agudos correspondentes à aplicação dos sinais de estímulo aos eletrodos individuais, que são numerados na Figura 4 de 1 a 9. Nas lacunas entre o estímulo, um sinal de resposta associado ao respectivo eletrodo de estímulo é registrado. Por exemplo, conforme é indicado na Figura 4, os eletrodos de estímulo são sequencialmente ativados em uma frequência F .

Por exemplo, a unidade de processamento de sinal 537 determina um valor de pico a pico de cada um dos sinais de resposta associados aos diferentes eletrodos de estímulo ou padrões de ativação. Na Figura 4, o valor de pico a pico máximo do sinal de resposta associado ao eletrodo número 5 é indicado por uma seta dupla.

Após um sinal de resposta para estímulo de cada eletrodo ser medido e analisado, pelo menos um dos eletrodos 12 é selecionado com base na magnitude de atividade muscular conforme representada pelos sinais de resposta medidos em uma sexta etapa 120. Em particular, por exemplo, o eletrodo de estímulo que foi descoberto por ter causado a maior magnitude de atividade muscular pode ser selecionado. No exemplo da Figura 4, o eletrodo número 5 será, então, selecionado. Em particular, por exemplo, pelo menos um eletrodo pode ser selecionado para estimular o tecido muscular. O

microprocessador 536 seleciona o dito pelo menos um eletrodo. Além disso, por exemplo, o microprocessador 536 pode controlar o seletor de eletrodo 530 para selecionar o dito pelo menos um eletrodo.

5 Em uma sétima etapa 122, um sinal de estímulo muscular do gerador de sinal 531 é provido por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado dos eletrodos 12 e através da pele ao tecido muscular a fim de estimular o tecido muscular. Acredita-se que o eletrodo que apresenta a maior
10 magnitude de resposta seja o eletrodo mais adequado para estímulo do tecido muscular. Entretanto, por exemplo, mais de um eletrodo pode ser selecionado para estímulo. Por exemplo, todos os eletrodos podem ser selecionados para estímulo, o sinal de resposta associado deles apresenta uma magnitude de
15 atividade muscular acima de um limite específico. No exemplo da Figura 4, isso pode resultar nos eletrodos números 5 e 6 sendo selecionados para estímulo na etapa 120, ele sendo os sinais de resposta com o maior valor de pico a pico.

 Em vez de selecionar, na etapa 120, pelo menos um
20 eletrodo com base no critério de um valor de pico a pico mais alto do sinal de resposta associado, outros critérios podem ser utilizados para selecionar o pelo menos um eletrodo. Exemplos de critérios adequados são: a maior área sob a curva do sinal de resposta, a taxa de aumento mais rápida do sinal
25 de resposta, uma taxa de redução mais rápida do sinal de resposta, etc.

 O método da Figura 3, conforme descrito até agora, pode ser útil na determinação de eletrodos para estimular tecido muscular em uma situação estática do músculo. Sem
30 desejar vincular-se a qualquer teoria, acredita-se que a localização dos eletrodos que apresentam a maior magnitude de atividade muscular em resposta ao estímulo é a mais adequada para estimular a atividade do tecido muscular. Assim, o pelo

menos um eletrodo de estímulo selecionado na etapa 120
corresponde a uma localização adequada ou mais adequada para
estimular o dito tecido muscular. Espera-se que essa
localização corresponde ao ponto motor do respectivo músculo,
5 isto é, a área na qual um nervo motor entra no músculo.

Por exemplo, no método da Figura 3, após estimular
o tecido muscular na etapa 122, as etapas do método são
repetidas começando novamente com a seleção do primeiro
eletrodo de estímulo ou padrão de ativação na etapa 112.
10 Assim, o processo de busca das etapas 112 a 118 e o processo
de estímulo das etapas 120 e 122 são repetidos. Assim, uma
localização adequada para estimular o tecido muscular pode
ser rastreada nas situações dinâmicas, por exemplo, em uma
situação na qual o músculo contrai ou relaxa ou é movimentado
15 devido à atividade de um músculo adicional.

Por exemplo, as etapas de busca 112 a 116 podem ser
realizadas por uma sequência de padrões de ativação
dependendo de pelo menos um eletrodo de estímulo previamente
selecionado. Por exemplo, a busca pode ocorrer nos eletrodos
20 na proximidade de um eletrodo de estímulo previamente
selecionado.

Assim, quando a localização de um ponto motor em
relação à superfície de a pele mudar devido a uma contração
de músculo induzida ou pela contração ou relaxamento de
25 grupos de músculos na mesma parte do corpo, o método descrito
facilita rastrear o ponto motor a fim de manter um estímulo
eficaz.

Além disso, por exemplo, uma localização do ponto
motor ou do pelo menos um eletrodo de estímulo selecionado na
30 etapa 120 pode ser exibida em uma tela da interface de
usuário 56. Isso pode permitir monitorar constantemente a
localização do ponto motor em situações estáticas e
dinâmicas.

Na realização descrita da Figura 3, a etapa 120 de seleção de pelo menos um eletrodo para estímulo e/ou a etapa 122 de estímulo podem ser etapas opcionais. Por exemplo, após determinar pelo menos um eletrodo adequado para estímulo do tecido muscular na etapa 120, o método pode continuar com o processo de busca das etapas 112, 114, 116 e 118. Isso pode permitir monitorar a posição de uma localização adequada para estímulo. Nesse caso, a intensidade de estímulo deve ser a mais baixa possível, mas acima do limite de estímulo; preferencialmente baixa o suficiente para não sentir o processo de busca e bem acima do limite de estímulo.

Em outra modificação da realização da Figura 3, as etapas descritas do método podem ser realizadas simultaneamente para o tecido muscular de músculos diferentes, por exemplo, músculos diferentes de um grupo de músculos. Assim, por exemplo, as etapas 120 e 122 podem ser simultânea ou subsequentemente realizadas para estímulo do tecido muscular de músculos diferentes. Por exemplo, na etapa 120, pelo menos um primeiro eletrodo pode ser selecionado para estímulo de um primeiro músculo, e pelo menos um segundo eletrodo pode ser selecionado para estímulo de um segundo músculo. Por exemplo, na etapa 122, é provido seletivamente por meio do primeiro pelo menos um eletrodo selecionado um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido muscular do dito primeiro músculo, e é provido seletivamente por meio do segundo pelo menos um eletrodo selecionado um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido muscular do segundo músculo. Por exemplo, eletrodos ou padrões de ativação associados a uma magnitude grande de atividade muscular são atribuídos a pelo menos um dentre o primeiro ou segundo ou músculos adicionais com base no conhecimento predeterminado da orientação relativa das localizações adequadas para estímulo ou pontos motores dos músculos diferentes. Essas

informações predeterminadas podem ser armazenadas na memória 533, por exemplo. De maneira adicional ou alternativa, essas informações podem ser ganhas ao analisar a resposta muscular para os diferentes eletrodos de estímulo ou padrões de ativação e inserindo dados do músculo por meio da interface de usuário 56. Por exemplo, na etapa de análise 118, o usuário pode ser solicitado a inserir informações nas quais o músculo foi ativado na etapa de estímulo anterior 114. A permissão de estimular seletivamente mais de um músculo é vantajosa especialmente para estímulo em uma área na qual múltiplos pontos motores estão muito próximos entre si.

Além disso, a realização simultânea das etapas do método da Figura 3 para o tecido muscular de músculos diferentes pode permitir relacionar alterações de localização de determinados pontos motores aos movimentos de outros pontos motores ou músculos. Isso é vantajoso, por exemplo, em uma situação na qual a posição de um ponto motor de um primeiro músculo influencia na posição de pontos motores de outros músculos, por exemplo, músculo antagonistas, de acordo com uma determinada dependência.

Além disso, a realização simultânea das etapas do método da Figura 3 para o tecido muscular de músculos diferentes é vantajosa em aplicações como re-estabelecimento da função de agarrar com a mão, que requer estimular músculos diferentes em uma sequência específica para alcançar um movimento desejado da mão. A unidade de controle 53 pode controlar a dita etapa 122 de provisão seletiva por meio do respectivo pelo menos um eletrodo selecionado de um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido muscular do respectivo músculo de acordo com uma sequência de ativação desejada para os músculos diferentes. Por exemplo, a duração e o tempo nos quais o estímulo ocorre para um músculo específico podem ser determinados de acordo com a sequência de estímulo desejada.

Além disso, o estímulo do tecido muscular de músculos diferentes pode ser realizado dependendo de um estado de um músculo antagonista àquele músculo. Por exemplo, o estímulo de um músculo agonista e o respectivo antagonista
5 pode ser realizado mutuamente exclusivo. Isso aumenta a segurança do estímulo muscular. Além disso, por exemplo, o estímulo de um músculo agonista é realizado sob a condição de que não haja atividade muscular do músculo antagonista detectada. Isso permite aumentar mais a segurança do estímulo
10 muscular.

Em uma realização modificada adicional do método da Figura 3, o estímulo na etapa 122 pode ser realizado sob a condição de que a atividade do músculo antagonista foi detectada nos respectivos sinais de resposta. Isso pode ser
15 vantajoso a fim de cancelar um tremor ou movimento de espasmo. Assim, atividade muscular antagonista, por exemplo, devido ao tremor ou espasmo, é medida e o músculo agonista é estimulado na etapa 122 da mesma forma para "cancelar" o tremor ou espasmo. Por exemplo, as etapas do método da Figura
20 3 podem ser realizadas simultaneamente para o tecido muscular de um músculo agonista e tecido muscular de um músculo antagonista.

A Figura 5 apresenta um fluxograma de um exemplo adicional de um método para prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido corporal que tem contato com o
25 tecido muscular. O método é semelhante ao da Figura 3, mas difere do dito método em que a etapa de estímulo 122 é a etapa oito, e entre as etapas 120 e 122, é realizada uma sétima etapa 130 de determinação de uma orientação de uma
30 parte do corpo com base nos sinais de resposta medidos.

Na etapa 130, por exemplo, um estado do tecido muscular é determinado com base nos sinais de resposta medidos da etapa 116 e na etapa de análise 118.

Por exemplo, quando uma localização adequada para estímulo for determinada, conforme descrito acima, essa localização pode ser uma indicação do estado do músculo. Por exemplo, o dito estado do tecido muscular pode ser um estado da orientação do tecido muscular ou de uma parte do corpo incluindo o dito tecido muscular ou de uma orientação de uma parte do corpo diferente que depende do estado de contração ou relaxamento do dito tecido muscular.

Além disso, por exemplo, na etapa 130, uma orientação de uma parte do corpo é determinada, isto é, estimada, com base no estado determinado do dito tecido muscular.

Por exemplo, a orientação de uma parte do corpo é determinada com base no estado determinado do dito tecido muscular e com base nos dados de calibração. Os dados de calibração podem ser adquiridos em uma etapa de calibração inicial na qual p usuário realiza um movimento específico e/ou toma uma postura específica e/ou aciona ou relaxa um músculo específico. Os dados de calibração podem ser armazenados na memória 533.

Opcionalmente, o método é continuado com a etapa de estímulo 122, antes de as etapas do método serem opcionalmente repetidas começando com a etapa 112 do processo de busca, conforme descrito acima. Assim, a determinação de uma orientação de uma parte do corpo pode ser combinada ao estímulo do tecido muscular. Por exemplo, o estímulo pode ser realizado dependendo da orientação determinada. Isso permite, por exemplo, estimular o tecido muscular de acordo com um movimento de uma parte do corpo, por exemplo adaptando o estímulo conforme necessário para alcançar um movimento desejado.

Em uma realização modificada do método da Figura 5, as etapas do método podem ser realizadas simultaneamente para

o tecido muscular de músculos diferentes, semelhante ao que foi descrito acima em relação ao método da Figura 3.

Por exemplo, uma orientação de uma parte do corpo também pode ser determinada com base no estado determinado do tecido muscular de mais de um músculo. Por exemplo, as localizações adequadas para estímulo podem ser determinadas conforme descrito acima para tecidos musculares de mais de um músculo. Por exemplo, pontos motores do bíceps e tríceps podem ser determinados e, na etapa 130, uma orientação do braço pode ser determinada com base nos estados determinados desses músculos.

Em outro exemplo, o estímulo na etapa 122 do tecido muscular dos músculos individuais pode ser realizado de acordo com uma sequência de contração muscular de músculos diferentes a fim de alcançar um movimento desejado. Por exemplo, em uma aplicação de re-estabelecimento da função de agarrar com a mão, uma sequência de estímulo muscular é necessária para alcançar o movimento necessário. Por exemplo, a posição do braço e/ou mão e/ou dedos pode ser determinada ao localizar os pontos motores muscular individuais, e uma sequência de ativação dos músculos diferentes pode ser derivada das posições ou orientações determinadas na etapa 130. Isso tem a vantagem que não é necessário dispositivo extra para determinar a orientação da respectiva parte do corpo, como por exemplo, um acelerômetro ou um giroscópio.

Embora a invenção tenha sido ilustrada e descrita em detalhes nos desenhos e descrição anterior, essa ilustração e descrição não devem ser consideradas ilustrativas ou exemplares e não restritivas. A invenção não se limita às realizações reveladas.

Em particular, cada característica descrita do equipamento de acordo com a invenção pode ser utilizada de maneira vantajosa com o método de acordo com a invenção e

vice-versa.

Variações às realizações reveladas podem ser entendidas e efetuadas pelos técnicos no assunto na prática da invenção reivindicada, a partir de um estudo dos desenhos, da revelação e das reivindicações anexas.

Por exemplo, os diferentes elementos da unidade de operação 50 descritos como estando contidos em um alojamento também poderiam ser separados entre si, por exemplo, formando dispositivos separados. Além disso, partes da unidade de operação poderiam ser incluídas no sistema de eletrodos 10 ou a unidade de operação poderia ser integrada ao sistema de eletrodos 10.

Nas reivindicações, a palavra "compreendendo" não exclui outros elementos ou etapas, e o artigo indefinido "um" ou "uma" não exclui uma pluralidade. Quaisquer sinais de referência nas reivindicações não devem ser construídos como limitantes do escopo.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA PROVER UM SINAL DE ESTÍMULO ELÉTRICO MUSCULAR AO TECIDO CORPORAL QUE TEM CONTATO COM O TECIDO MUSCULAR, caracterizado por compreender:

5 - posicionamento de uma disposição de eletrodos (13) compreendendo uma pluralidade de eletrodos (12) em contato elétrico com o dito tecido corporal;

 - ativação dos ditos eletrodos (12) de acordo com uma sequência de padrões de ativação, cada padrão de ativação
10 definindo um subconjunto de eletrodos (12) a ser ativado, cada subconjunto respectivo consistindo em pelo menos um eletrodo (12), ao prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido corporal por meio do pelo menos um eletrodo (12) do respectivo subconjunto e,

15 - alternadamente com a dita ativação de eletrodos (12) de acordo com um padrão de ativação, medir um sinal de resposta associado ao padrão de ativação ao sentir uma propriedade do dito tecido muscular, essa propriedade forma uma medida para atividade do dito tecido muscular em resposta
20 ao sinal de estímulo elétrico provido por meio do dito pelo menos um eletrodo (12) do padrão de ativação ao dito tecido corporal em contato com o dito tecido muscular.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado em que o método compreende ainda:

25 - a seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos (12) com base nos sinais de resposta medidos.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado em que o dito pelo menos um da pluralidade de eletrodos (12) é selecionado com base em um critério adequado
30 para determinar a atividade muscular a partir do sinal de resposta.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado em que o método compreende:

- a provisão seletiva por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado (12) e por meio do dito tecido corporal de um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido muscular.

5 5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado em que as etapas de ativação dos ditos eletrodos (12), de acordo com uma sequência de padrões de ativação, medição, alternadamente com a dita ativação de eletrodos (12) de acordo com um padrão de ativação, de um
10 sinal de resposta associado ao padrão de ativação, e seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos (12) com base nos sinais de resposta medidos são repetidas de maneira alternativa com a etapa de provisão seletiva por meio do dito pelo menos um eletrodo (12) selecionado recentemente e por
15 meio do dito tecido corporal de um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido muscular.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 4 ou 5, caracterizado em que a etapa de seleção de pelo menos um da pluralidade de eletrodos (12) com base nos sinais de resposta
20 medidos compreende a seleção de pelo menos um primeiro eletrodo e pelo menos um segundo eletrodo da pluralidade de eletrodos (12) com base nos sinais de resposta medidos, e

em que a etapa de provisão seletiva por meio do dito pelo menos um eletrodo selecionado (12) e por meio do
25 dito tecido corporal de um sinal de estímulo elétrico muscular ao dito tecido muscular compreende prover seletivamente, por meio do pelo menos um do dito pelo menos um primeiro eletrodo selecionado e do dito pelo menos um segundo eletrodo selecionado, e por meio do dito tecido
30 corporal, um sinal de estímulo elétrico muscular a pelo menos um dentre o tecido muscular de um primeiro músculo e o tecido muscular de um segundo músculo.

7. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 6, caracterizado em que o método compreende ainda:

- determinação de uma orientação de uma parte do corpo com base nos sinais de resposta medidos.

5 8. EQUIPAMENTO PARA ESTÍMULO ELÉTRICO DO TECIDO MUSCULAR, caracterizado por compreender:

- uma disposição de eletrodos (13) compreendendo uma pluralidade de eletrodos (12), para o posicionamento em contato elétrico com tecido corporal que tem contato com o dito tecido muscular; a disposição de eletrodos (13) sendo conectável a um gerador de sinal (531) para gerar um sinal de estímulo elétrico muscular;

- um seletor de eletrodo (530) para selecionar da pluralidade de eletrodos (12) um ou mais eletrodos (12) para prover o sinal de estímulo elétrico de um gerador de sinal conectado (531) ao dito tecido corporal;

- um sensor (30; 12) para medir um sinal ao sentir uma propriedade do dito tecido muscular, essa propriedade forma uma medida para atividade do dito tecido muscular; e

20 - uma unidade de controle (53) para controlar o seletor de eletrodo (530) e para receber um sinal do sensor (30; 12), a unidade de controle (53) sendo adaptada para:

- ativação dos ditos eletrodos (12) de acordo com uma sequência de padrões de ativação, cada padrão de ativação definindo um subconjunto de eletrodos (12) a ser ativado, cada subconjunto respectivo consistindo em pelo menos um eletrodo (12), ao controlar o seletor de eletrodo (530) para selecionar o pelo menos um eletrodo (12) do respectivo subconjunto para prover um sinal de estímulo elétrico muscular do gerador de sinal (531) ao dito tecido corporal por meio do dito pelo menos um eletrodo (12), e,

30 - alternadamente com a dita ativação de eletrodos (12), de acordo com um padrão de ativação, receber um sinal

de resposta associado ao padrão de ativação do sensor (30; 12).

5 9. EQUIPAMENTO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado em que a unidade de controle (53) é ainda adaptada para selecionar pelo menos um da pluralidade de eletrodos (12) com base nos sinais de resposta.

10 10. EQUIPAMENTO, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado em que compreende ainda uma unidade de processamento de sinal (537) para analisar um sinal de resposta recebido do sensor, em que a unidade de processamento de sinal (537) é adaptada para determinar um critério adequado para determinar a atividade muscular a partir do sinal de resposta.

15 11. EQUIPAMENTO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado em que a unidade de controle (53) é adaptada para realizar o método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7.

20 12. USO DE UM EQUIPAMENTO, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 8 a 11, caracterizado pelo tratamento de um músculo.

25 13. PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR, caracterizado por compreender partes de código de programa para realizar um método, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, quando executadas em um equipamento programável.

14. PORTADORA DE DADOS, caracterizado por incluir um programa de computador para realizar as etapas do método, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7.

30 15. COMPUTADOR, caracterizado para executar um produto de programa de computador conforme definido na reivindicação 13.

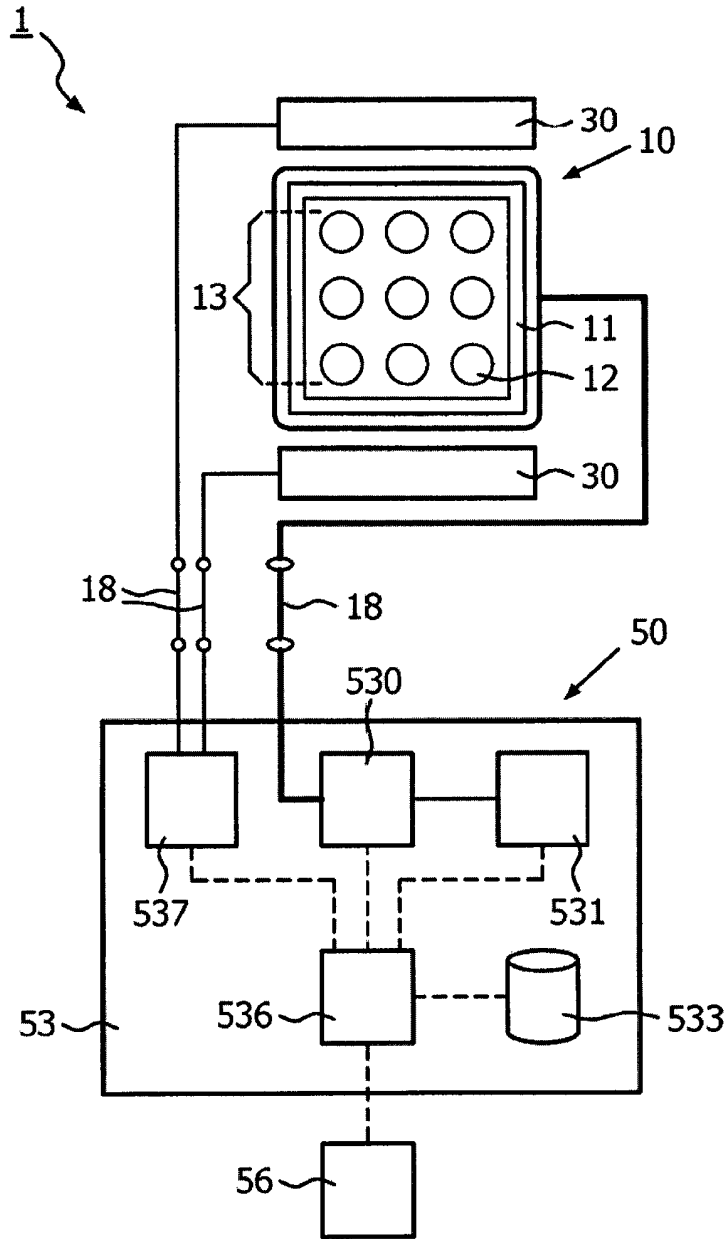


FIG. 1

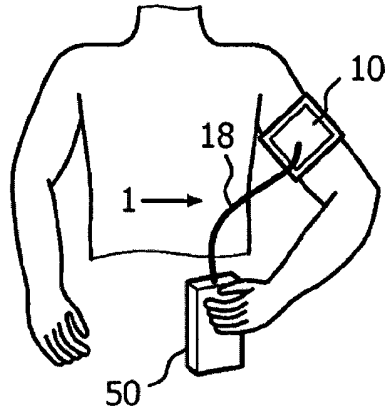


FIG. 2

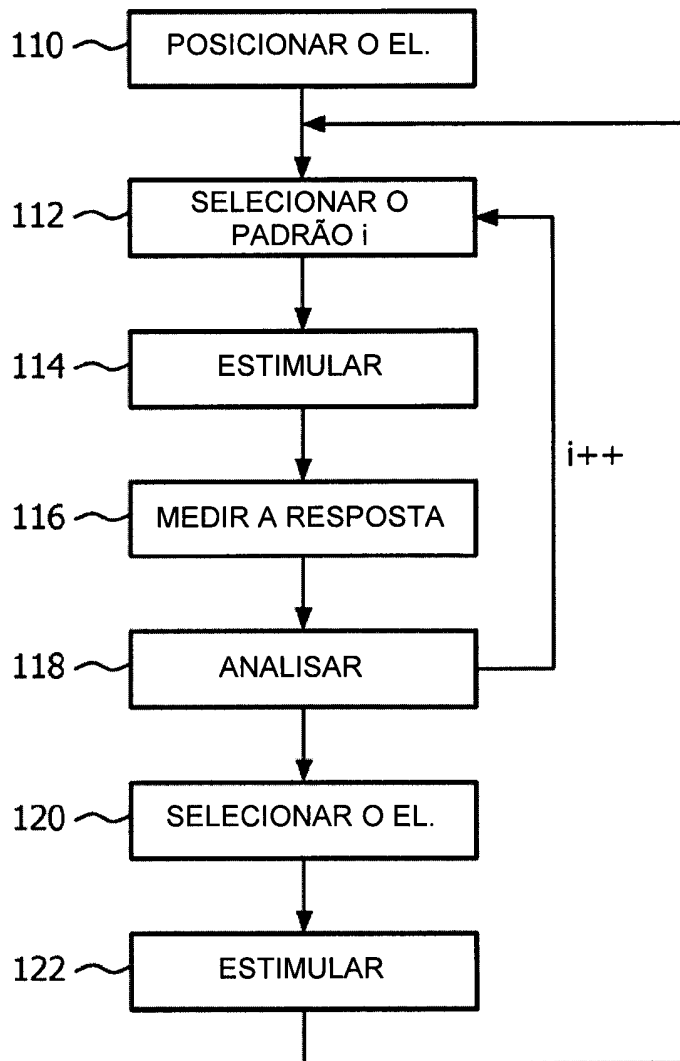


FIG. 3

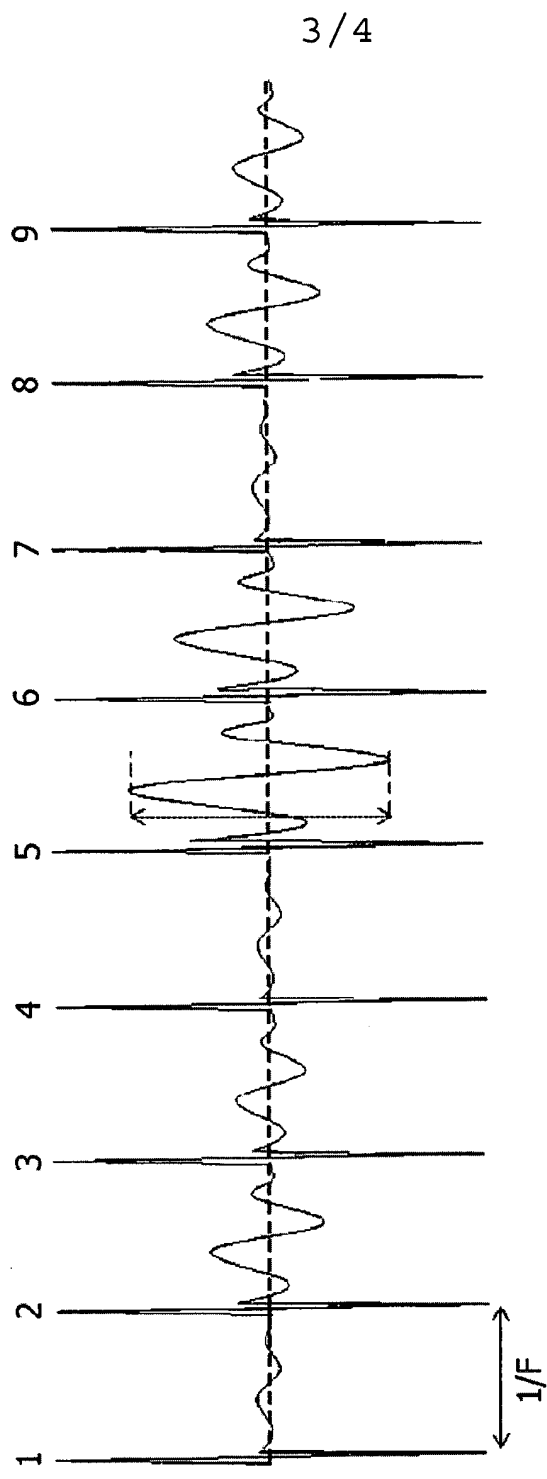


FIG.4

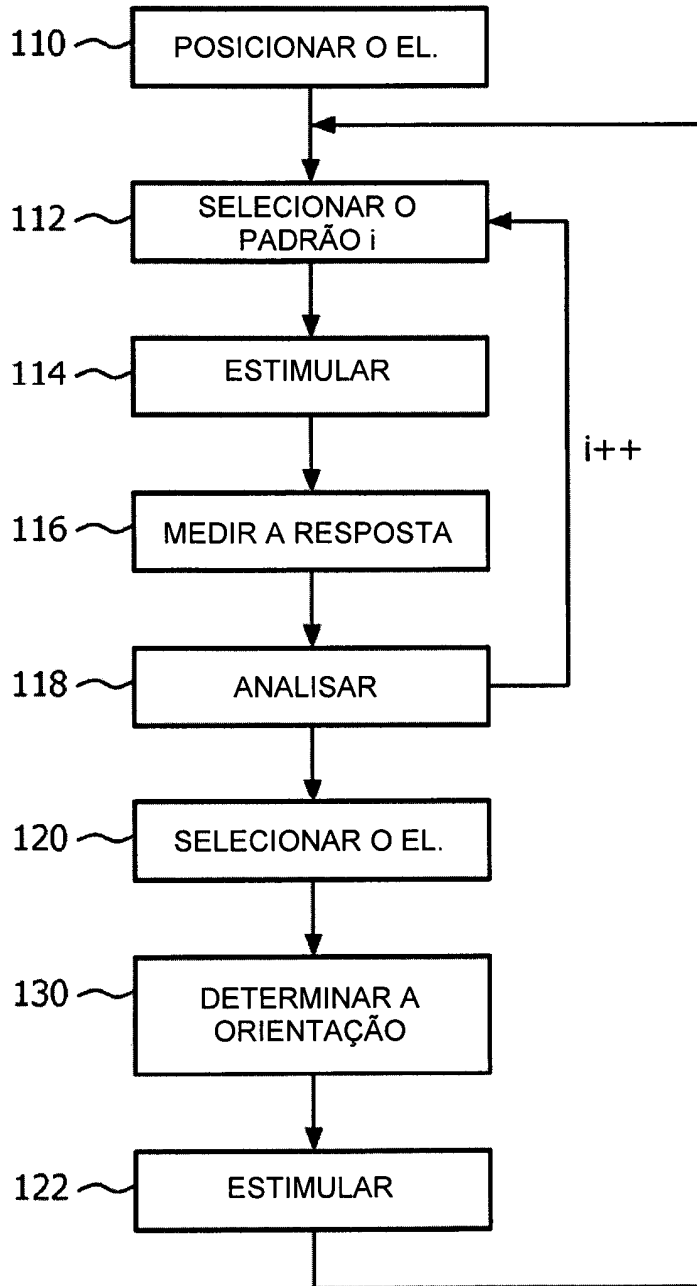


FIG. 5

RESUMO

MÉTODO PARA PROVER UM SINAL DE ESTÍMULO ELÉTRICO MUSCULAR AO TECIDO CORPORAL QUE TEM CONTATO COM O TECIDO MUSCULAR, EQUIPAMENTO PARA ESTÍMULO ELÉTRICO DO TECIDO MUSCULAR, USO DE UM EQUIPAMENTO, PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR, PORTADORA DE DADOS E COMPUTADOR

A invenção se refere a um método e um equipamento para estímulo elétrico do tecido muscular. Os eletrodos (12) de uma disposição de eletrodos (13) são ativados de acordo com uma sequência de padrões de ativação, cada padrão definindo um subconjunto de eletrodos (12) a ser ativado, cada subconjunto consistindo em pelo menos um eletrodo (12), ao prover um sinal de estímulo elétrico muscular ao tecido muscular por meio do subconjunto de eletrodos (12). De maneira alternativa, com a dita ativação de eletrodos (12), um sinal de resposta associado ao respectivo padrão de ativação é recebido de um sensor (30; 12). Opcionalmente, pelo menos um eletrodo (12) é, então, selecionado para estímulo, correspondente a uma localização determinada como sendo adequada para estímulo, e o tecido muscular é estimulado. O processo pode ser repetido a fim de rastrear a localização adequada para estímulo em uma situação dinâmica. Opcionalmente, a orientação de parte do corpo é estimada dos sinais de resposta medidos.