

DESCRIÇÃO
DA
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 97.481

REQUERENTE: THE VICTORIA UNIVERSITY OF MANCHESTER, britã
nica, com sede em Oxford Road, Manchester
M13 9PL, Grã-Bretanha

EPÍGRAFE: "Processo e aparelho de varrimento aperfeiçoa-
dos"

INVENTORES: Alun Roy Williams,

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4.º da Convenção de Paris
de 20 de Março de 1883.
Grã-Bretanha, 26 de Abril de 1990, sob o Nº 9009423

THE VICTORIA UNIVERSITY OF MANCHESTER

"PROCESSO E APARELHO DE VARRIMENTO APERFEIÇADOS"

A presente invenção diz respeito a um processo e a um aparelho aperfeiçoados de exploração por varrimento que utiliza técnicas ultrassônicas de formação de imagens, mais particularmente para o estudo da posição e/ou do fluxo de escoamento de líquidos, e em especial para o estudo da posição e/ou do escoamento de líquidos no interior de tecidos, por exemplo de sangue no sistema vascular.

É conhecida a utilização de radiação ultrassônica para o estudo de várias massas, por exemplo tecidos corporais, e a produção de imagens da sua estrutura interna. Esta técnica é por vezes designada por "formação de imagens por reflexão de impulsos". Tem a vantagem de os estudos não exigirem quaisquer procedimentos intrusivos. Porém, as radiações ultrassônicas não distinguem entre tecidos e componentes semelhantes, não distinguindo especialmente entre tecidos e canais contendo líquidos no seu interior - em especial vasos sanguíneos e outras partes do sistema vascular.

Foi proposta a utilização de bolhas gasosas minúsculas como meio para fazer com que o sangue seja sensível à exploração ultrassônica por varrimento que permita distinguir as posições do sangue (por exemplo vasos sanguíneos) e dos tecidos envolventes que, de outro modo, seriam sensíveis de maneira semelhante

e portanto indescerníveis. As bolhas gasosas diminutas oscilam quando accionadas pela radiação ultrassónica, de uma maneira que os tecidos circundantes e o sangue sem bolhas não podem fazer. Como meio para colocar essas bolhas diminutas no lugar, foi proposto preparar composições contendo um grande número de bolhas gasosas microscópicas (com diâmetro da ordem de 1 a 10 micrómetros) e introduzir essa composição no sistema vascular a estudar e depois detectar e estudar o mesmo por técnicas de exploração de varrimento ultrassónico.

Isso não é inteiramente satisfatório, quer no que respeita à introdução de bolhas no sistema vascular, quer à utilização da radiação ultrassónica que exige cuidados se se pretender evitar acidentes. As bolhas de dimensões microscópicas apresentam um menor risco potencial mas, mesmo quando são usadas, pode ser difícil garantir um contraste satisfatório entre o sangue e os tecidos circundantes quando os vasos sanguíneos forem muito pequenos (na microvascularização), visto que a intensidade da radiação ultrassónica necessária para produzir o contraste desejado pode aproximar-se do nível ao qual podem verificar-se danos nos tecidos.

Verificou-se agora que é possível ultrapassar este problema, podendo melhorar-se consideravelmente os resultados da exploração por varrimento (imagens), modificando o processo e o aparelho para a exploração por varrimento ultrassónica e a análise das respostas obtidas a partir das bolhas na corrente sanguínea do sujeito em exame.

Isto baseia-se no facto de os sistemas convencionais de expolarção ultrassónica por varrimento e formação de imagens funcionarem, no modo de operação normal, transmitindo impulsos de ultrassons com uma frequência dada e medindo depois o intervalo de tempo entre esta transmissão e a recepção dos "ecos" reflectidos a partir do interior do tecido que é objecto do estudo. O grande número de bolhas muito pequenas comporta-se colectivamente como um reflector de grandes dimensões. Este sistema (como em qualquer sistema normal de exploração por varrimento) baseia-se em medições da radiação reflectida com a mesma frequência que a transmitida.

Verificou-se agora que o processo pode ser grandemente melhorado utilizando a capacidade de as bolhas gasosas transformarem a frequência da radiação ultrassónica a que estão sujeitas (isto é, emitem frequências diferentes das que recebem) e portanto usando medições destas outras frequências. As bolhas respondem de maneira substancialmente instantânea aos impulsos ultrassónicos que recebem e irradiam variações (harmónicas) da frequência de excitação.

Assim, segundo a presente invenção, proporciona-se um processo aperfeiçoado para o estudo da posição e/ou do escoamento de um líquido por um processo ultrassónico de formação de imagens, no qual estão presentes bolhas microscópicas no referido líquido, sendo estas detectadas pela sua capacidade de responder à radiação ultrassónica, o qual compreende a etapa de incluir uma medição da energia ultrassónica que é irradiada a

partir das referidas bolhas e tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte de radiação ultrassônica no procedimento de formação de imagens.

A presente invenção proporciona igualmente um aparelho para o estudo da posição e/ou do escoamento de líquido por um processo ultrassônico de formação de imagens, no qual estão presentes bolhas microscópicas no referido líquido, sendo estas detectadas pela sua capacidade de responder à radiação ultrassônica, que compreende meios para transmitir impulsos de radiação ultrassônica para o interior do sujeito a estudar e meios para medir a energia ultrassônica que é irradiada das referidas bolhas e que tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassônica no processo de formação de imagens.

Por outras palavras, a presente invenção proporciona um aparelho para o estudo da posição e/ou do escoamento de um líquido, que compreende meios para emitir impulsos de radiação ultrassônica para o interior do sujeito a estudar e meios para detectar as radiações provenientes das referidas bolhas em resposta aos referidos impulsos com uma ou mais frequências diferentes da que é transmitida, um meio para o processamento ou análise dos impulsos irradiados a partir do sujeito em exame para separar e/ou seleccionar dados relacionados com pelo menos uma frequência que é diferente da que foi transmitida, e meios para registar e/ou visualizar os dados.

Estas frequências diferentes irradiadas das bolhas po-

dem ser mais altas ou mais baixas do que a frequência transmitida usada para excitação das bolhas, sendo convenientemente designadas respectivamente por "harmônicas" ou "sub-harmônicas", sendo a frequência transmitida usualmente designada por "fundamental". É importante, para os fins da presente invenção, reconhecer que são estas frequências transformadas irradiadas das microbolhas sob a excitação pelos impulsos de ultrassons que são relevantes e são as que são utilizadas. Estas frequências não devem confundir-se com quaisquer variações da frequência fundamental que possam ser produzidas por simples movimento das bolhas em consequência de um deslocamento de Doppler da radiação simplesmente reflectida; este efeito de Doppler não está na base da presente invenção, não incluindo o termo "frequência diferente" tal como é aqui usado frequências alteradas que devem a sua alteração apenas ao efeito de Doppler da fundamental.

A presente invenção pode assim ser vista como uma modificação do sistema de exploração por varrimento convencional (o processo e o aparelho) de modo que ele possa detectar ou seleccionar uma ou mais frequências novas (convenientemente designadas por "harmônicas") irradiadas a partir das microbolhas para a visualização (por exemplo num mostrador) utilizando o conceito convencional de "tempo de voo", excepto que neste caso se trata do atraso no tempo entre a emissão de impulsos de excitação e a recepção de uma harmónica irradiada a uma frequência diferente. A intensidade destes sinais irradiados pode ser medida e usada mais facilmente porque os sinais retrodifundidos

usuais a partir da mesma bolha (isto é, à frequência igual à transmitida) podem ser separados por filtragem e o tecido circundante não estará a reflectir ou emitir ultrassons à mesma frequência destes sinais irradiados, donde resulta que a relação sinal/ruído é muito mais melhorada e limitada apenas ao ruído electrónico.

Os parâmetros da emissão dos impulsos de ultrassons (por exemplo a frequência, a duração dos impulsos, a frequência e a duração da emissão de impulsos e a intensidade dos ultrassons emitidos) podem variar de acordo com as circunstâncias particulares e a escolha para qualquer caso particular estará bem dentro da capacidade de um especialista destas matérias. Deve ter-se o cuidado de garantir que estes factores sejam mantidos dentro de limites de segurança e não produzir danos ou efeitos indesejáveis, por exemplo para células sanguíneas adjacentes ou para as paredes dos vasos ou da microvascularização.

A presente invenção é aplicável especialmente para o estudo dos tecidos corporais quando o líquido for o sangue (isto é, a circulação sanguínea), mas pode ser aplicada a outros líquidos no interior de tecidos vivos, se se desejar. É especialmente apropriada para o estudo de tecidos e indivíduos vivos.

A presente invenção é especialmente aplicável ao estudo de líquidos no interior de tecidos corporais, sendo neste caso mais aplicada ao estudo de sangue (isto é, à circulação sanguínea), mas pode ser aplicada a outros líquidos no interior dos tecidos, se se desejar. É substancialmente apropriada para o es-

tudo de tecidos e indivíduos vivos. Mas, a utilização da presente invenção não se limita ao estudo de tecidos orgânicos, vivos ou mortos, podendo também ser aplicada ao estudo de outros sistemas de líquidos no interior de tecidos corporais. Por exemplo, pode ser aplicada ao estudo de cavidades ou áreas no interior de um tecido ou corpo se elas puderem ser cheias (total ou parcialmente) com um líquido no qual estejam presentes as microbolhas necessárias. Isso torna a presente invenção utilizável como um meio para estudar, por exploração ultrassônica de varrimento, uma certa variedade de cavidades e canais interiores corporais cujo estudo ou obtenção de imagens respectivas possa ser difícil por outras técnicas.

Portanto, além disso, a presente invenção proporciona um processo e um aparelho para o estudo de qualquer sistema no qual haja áreas (canais, cavidades ou similares) nas quais esteja presente ou possa ser introduzido um líquido contendo microbolhas.

Portanto, a presente invenção proporciona um processo para o estudo de cavidades e similares por introdução nas mesmas de um líquido contendo bolhas microscópicas e detectando depois estas por exploração por varrimento com ultrassons e medição da energia de ultrassons que é irradiada das referidas bolhas e tendo uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassônica no procedimento de formação de imagens.

O processo e o aparelho segundo a presente invenção são especialmente importantes quando o líquido em estudo for o san-

gue e, em especial, para o estudo do sangue no interior dos tecidos. Isso é mais difícil quando o sangue está em canais muito pequenos (isto é, a vascularização é muito menor do que as veias e as artérias), visto que os processos para as examinar não estão facilmente disponíveis e, mesmo com o processo das microbolhas até aqui proposto, a quantidade de sangue contendo bolhas que os atinge pode ser tão pequena que os sinais obtidos pela exploração ultrassônica por varrimento convencional podem ser tão fracos que não dão muita informação.

Como a essência da presente invenção reside em se proporcionar um processo aperfeiçoado para detectar microbolhas contidas num líquido, usando técnicas de exploração ultrassônicas por varrimento, o processo pode também ser aplicado ao estudo de zonas (por exemplo espaços ou cavidades) que normalmente não conteriam um tal líquido (ou, na realidade, mesmo qualquer outro líquido) mas nas quais possa introduzir-se um líquido contendo bolhas de modo que, pela presença das microbolhas, as referidas zonas possam tornar-se detectáveis por exploração ultrassônica por varrimento. Isso pode ser aplicado, por exemplo, ao estudo de uma ampla variedade de tecidos corporais, por exemplo órgãos (como os rins) ou tractos ou partes destes (por exemplo, as trompas de Falópio) para descobrir a sua forma ou quaisquer peculiaridade ou defeitos nas mesmas.

Não é essencial que o objecto examinado seja um tecido orgânico, podendo ser qualquer coisa - natural ou artificial - contendo espaços nos quais possa introduzir-se o líquido con-

tendo bolhas e sendo o material que envolve o referido líquido permeável à radiação ultrassónica e não entre, ele próprio, em ressonância de uma maneira que obscureça o efeito das bolhas e impeça a liberdade de as microbolhas entrarem em ressonância. Assim, a presente invenção pode ser aplicada ao estudo de materiais naturais, artificiais ou sintéticos, ou de produtos fabricados com os mesmos.

A invenção também proporciona um aparelho para o estudo da posição e/ou do escoamento de líquido por um processo de formação de imagens ultrassónico, no qual bolhas microscópicas estão presentes no referido líquido e sendo estas detectadas pela sua capacidade para responder à radiação ultrassónica, que compreende meios para transmitir impulsos de radiação ultrassónica para o interior de um objecto a estudar e meios para medir a energia ultrassónica que é radiada das referidas bolhas e tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassónica no processo de formação de imagens.

Por outras palavras, a presente invenção proporciona um aparelho para o estudo da posição e/ou do escoamento de líquido que compreende meios para emitir impulsos de radiação ultrassónica para o interior do objecto a estudar e meios para detectar as radiações das referidas bolhas em resposta aos referidos impulsos, a uma ou várias frequências diferentes da frequência transmitida, meios para processar ou analisar os impulsos irradiados do objecto em exame para separar e/ou seleccionar dados relativos a pelo menos uma frequência que é diferente da fre-

quência transmitida e meios para registrar e/ou visualizar os dados.

Numa forma de realização, a presente invenção pode utilizar a medição de uma frequência única recebida que é diferente da frequência emitida (isto é, transformada pelas microbolhas) e, neste caso, os dados provenientes da medição da radiação recebida podem ser usados para formar uma imagem única que pode ser usada para estudo. Em alternativa, a presente invenção pode ser usada para incluir a medição de várias frequências, podendo neste caso estas frequências ser todas diferentes da frequência emitida ou podendo incluir a frequência emitida; os dados provenientes da medição destas frequências podem ser usados para formar imagens múltiplas (correspondentes a frequências diferentes) e estas podem ser comparadas.

Os sinais recebidos podem ser processados ou analisados por uma certa variedade de processos, por exemplo fazendo o transdutor de recepção selectivo relativamente a uma harmónica ou a harmónicas desejadas (de modo a ignorar, parcial ou totalmente, a frequência fundamental), ou utilizando filtros para separar as várias frequências e aceitar ou rejeitar as mesmas de maneira apropriada, ou por qualquer combinação que incorpore tais meios.

Por conseguinte, um aparelho segundo a presente invenção inclui de preferência meios para comparar dados referentes a uma ou mais componentes dos impulsos recebidos com uma frequência diferente da frequência emitida com dados referentes a outras

frequências recebidas, que podem optativamente incluir reflexões que têm a mesma frequência que os impulsos emitidos.

As dimensões das bolhas e os processos e composições que podem ser usados para levar essas bolhas diminutas ao lugar (por exemplo a sua introdução no sistema vascular a estudar) são substancialmente os mesmos que até agora têm sido propostos, por exemplo a preparação SHU 454 (também chamada "Echovist") fabricada pela Schering AG, Berlim. Outras modificações deste preparado (por exemplo SHU 508) contêm bolhas gasosas susceptíveis de passar através dos pulmões e proporcionar um contraste ultrassónico dentro do lado esquerdo do coração e da circulação arterial embora o agente tenha sido introduzido na circulação venosa.

As dimensões das bolhas estão usualmente na gama compreendida entre 1 e 10 micrómetros, em especial entre 1 e 5 micrómetros, podendo no entanto ser maiores ou menores, se se desejar, podendo ainda ser optimizadas por forma a entrar em ressonância à frequência do ultrassom usado. A natureza do gás nas bolhas pode ser qualquer que não seja prejudicial ao objecto em exame, em especial como se usa na técnica conhecida.

Analogamente, os processos e aparelhos usados para efectuar a exploração por varrimento ou a formação das imagens segundo a presente invenção e os procedimentos usados para recolher, processar e apresentar os dados, podem utilizar os mesmos princípios gerais que os convencionais até agora usados na exploração ultrassónica por varrimento e na formação de imagens.

As modificações necessárias são as apropriadas para permitir a detecção (recepção) e a medição das frequências que não são iguais à emitida, e permitir distinguir estas e processá-las de modo que os dados a elas referentes possam ser examinados, ou só, ou em comparação com outros dados, por exemplo os relacionados com os ecos convencionais recebidos à mesma frequência que a transmitida.

As características dos impulsos de ultrassons usados são comparáveis às que se usam correntemente para a exploração ultrassónica por varrimento. Assim, a frequência ultrassónica transmitida usada está convenientemente na gama compreendida entre 1 e 20 MHz, podendo este e outros factores tais como os níveis de potência, a duração dos impulsos e o intervalo entre impulsos ser optimizados para a frequência particular e as várias circunstâncias de qualquer utilização particular.

Na apresentação dos dados é vantajoso utilizar meios para comparar a imagem derivada de: a) a detecção e a medição de ultrassons irradiados das bolhas e da frequência diferente da emitida com a derivada, e b) a detecção e a medição de radiação reflectida com a mesma frequência dos sinais emitidos.

A presente invenção também proporciona um processo como atrás foi definido, no qual o tecido em exame é examinado duas vezes: a) com as microbolhas presentes e b) sem as mesmas presentes, e comparando os resultados destes dois exames.

Vantajosamente, o processo compreende o exame do objecto por varrimentos múltiplos, com e sem as bolhas presentes, e com-

parando os resultados dos diferentes varrimentos. Assim, no caso do exame de tecidos, compreende a exploração de varrimento do objecto por ultrassons:

a) depois da administração da composição contendo bolhas para a introduzir na corrente sanguínea e as bolhas terem atingido o sítio estudado em particular, e

b) sem a presença das bolhas introduzidas e comparando os resultados destes dois exames.

As duas medições podem ser feitas por qualquer ordem, podendo ser repetidas se se desejar. A sequência pode ser determinada como for mais conveniente para a prática clínica.

A análise, a separação, a visualização ou qualquer combinação destas operações são conseguidas da maneira mais conveniente por meios electrónicos, muitos dos quais são bem conhecidos ou estão disponíveis ou podem facilmente ser encontrados por qualquer especialista da técnica electrónica para satisfazer a determinada especificação de eficácia estipulada.

Esses meios para a análise e/ou a separação dos dados relativamente às frequências diferentes podem estar situados em qualquer sítio que seja mais conveniente para o construtor ou para o utilizador. Por exemplo, pode ser mais conveniente colocá-los na ou junto da unidade para o registo e/ou a visualização dos dados, mas se se desejar podem ser incorporados na unidade de transdutores (emissor ou emissor/receptor) de modo a concentrar as características novas principais dos circuitos numa única unidade conveniente.

O sistema de visualização pode usar quaisquer meios convenientes ou modos convenientes conhecidos ou disponíveis para este fim. Um modo muito conveniente para isso compreende a sobreposição de um registo correspondente aos ecos para as frequências "diferentes" e a "original" num único suporte de visualização (por exemplo um ecrã de vídeo). Para realçar a diferença, as curvas ou os dados podem ser de cores diferentes para ajudar o observador a fazer a sua distinção.

Isso pode ser feito, por exemplo, utilizando um tubo de raios catódicos como meio de visualização, no qual se produzem os gráficos diferentes simultaneamente, ou os registos correspondentes a frequências diferentes podem ser visualizados em sequência (em especial alternadamente - por vezes designado por "visualização em fotogramas alternados") para simular a visualização simultânea. Podem usar-se outras formas de dispositivos de visualização, se se desejar.

Um modo muito conveniente de visualização consiste em processar os sinais de entrada (energia ultrassónica) e apresentar os que correspondem a frequências diferentes das transmitidas num ecrã de vídeo de uma maneira que permita ao utilizador observá-los simultaneamente com outros dados.

Para os fins de levar a presente invenção à prática com o mínimo custo e com a necessidade mínima de substituição de equipamento existente, a presente invenção também proporciona unidades de modificação, adaptadas para serem apropriadas para utilização em conjunção com equipamento existente de exploração

ou formação de imagens.

Em especial, tais unidades de modificação podem ser unidades de transdutores ultrassônicos modificados, unidades de processamento do sinal e unidades de visualização de dados adaptadas para usar nos processos segundo a presente invenção atrás descritos. Estas unidades de modificação incluem:

1) um conjunto transdutor ultrassônico, para utilizar no aparelho e no processo atrás definidos, que compreende uma combinação de meios para transmitir impulsos de radiação ultrassônica para o interior do objecto a estudar, juntamente com meios para detectar energia de ultrassons que tenha uma frequência diferente da frequência emitida pela fonte de ultrassons. Esta unidade é adaptada de modo que: a) emita impulsos de radiação ultrassônica com uma frequência escolhida e b) receba radiação ultrassônica de pelo menos uma frequência que é diferente da frequência usada na emissão.

Se se desejar pode ser adaptada para receber numa certa faixa de frequências (um transdutor de "banda larga") ou a uma ou várias frequências escolhidas diferentes, optativamente incluindo a frequência da emissão.

O mesmo transdutor pode ser usado para gerar os impulsos emitidos e para receber as frequências radiadas de entrada induzidas pelos impulsos. Como alternativa, podem usar-se um ou mais transdutores sensíveis adicionais para detectar as frequências irradiadas, os quais podem ser separados do emissor ou incorporados no conjunto transdutor.

Este pode ser feito com materiais e componentes tradicionais, dispostos de qualquer maneira ou forma que possa conseguir o resultado desejado. Este poderá ser facilmente determinado por um especialista da técnica de produção de transdutores.

Um tal conjunto transdutor ultrassônico pode ser um conjunto no qual os meios de emissão e de recepção se combinam para constituir uma unidade única, isto é, um conjunto transdutor combinado de emissão/recepção. Este conjunto é de preferência construído de modo que sejam usados elementos transdutores de emissão e de recepção separados. Isto porque a construção convencional de um transdutor para a exploração ultrassônica de varrimento utiliza um transdutor único que emite os impulsos ultrassônicos mas é construído de modo que, depois da emissão, a sua vibração é interrompida rapidamente (usualmente por material que carrega ou amortece as suas vibrações) de modo que fica então pronto para receber o "eco" reflectido do alvo e ser excitado pelo mesmo. Infelizmente, isso torna o transdutor muito ineficiente como receptor e tem uma sensibilidade reduzida. Assim, utilizando-se um transdutor para a emissão de impulsos e um transdutor separado para a recepção do "eco" recebido, é possível que o elemento transdutor de emissão tenha a forma amortecida usual enquanto o elemento receptor pode ser feito com uma forma mais sensível à frequência a receber, melhorando assim a eficácia global e a sensibilidade do sistema. Este elemento transdutor "de recepção" pode funcionar ou com uma sensibilidade maior (por exemplo mediante a redução da acção de amortecimento) ou fazen-

do-se mais selectivo para a frequência recebida, pois, na presente invenção, ela já não é a mesma da emissão. Este efeito selectivo pode fazer parte da construção do próprio transdutor, ou pode estar em meios associados para o processamento do sinal recebido, em especial "sintonizando" o transdutor de modo a realçar a sua sensibilidade para a harmónica desejada ou para rejeitar frequências não desejadas, em especial a fundamental.

2) um sistema de visualização, para ser utilizado no aparelho e no processo atrás definidos, que compreende uma combinação de meios para preparar um registo das frequências irradiadas recebidas, induzidas pelos impulsos emitidos, a uma ou mais frequências diferentes da que foi emitida. Isso pode ser tal que se registam dados relativos a uma frequência seleccionada ou a várias frequências seleccionadas, podendo optativamente ser tal que se produza um registo sob a forma apropriada para retenção permanente ou temporária (por exemplo, memorização para utilização futura) ou de modo a produzir os dados sob a forma de uma visualização imediata, ou uma combinação qualquer dos mesmos.

A forma de visualização preferida é uma forma que processa sinais representativos das frequências ultrassónicas recebidas do objecto e apresenta sinais que correspondem a uma frequência diferente da emitida com sinais correspondentes a outra frequência (que pode ser ou a frequência emitida ou também outra diferente da frequência emitida).

Para certas aplicações, as visualizações unidimensionais ou bidimensionais dos ecos à frequência fundamental e à frequên-

cia ou frequências harmônicas, podem fazer-se em monitores de visualização diferentes.

3) uma unidade de processamento de sinais, para ser usada no aparelho e no processo atrás definidos, que compreende meios para receber as frequências chegadas dos impulsos ultrasônicos transmitidos detectados por um transdutor de detecção e processar os mesmos para distinguir pelo menos um componente que tem uma frequência diferente da do impulso emitido.

Um tal analisador pode funcionar de modos variáveis, por exemplo pela utilização de filtros ou outros circuitos selectivos, de modo que as frequências recebidas sejam separadas (de modo que podem usar-se mais de uma) ou de modo que se retenham apenas frequências seleccionadas e se rejeitem outras, consideradas como indesejadas.

Uma outra variante que pode ter vantagens na prática para minimizar a necessidade de modificar equipamento existente compreende a irradiação da área do alvo do objecto com impulsos de ultrassons a partir de transdutores de emissão situados separados do transdutor de recepção. O transdutor de recepção pode então ser usado e adaptado como for apropriado e por quaisquer meios mais convenientes, de modo que se detectem as frequências harmônicas desejadas para visualização.

O espectro acústico irradiado por uma bolha de gás activada para oscilar por um impulso ultrasônico é complexo e varia também com as limitações físicas postas a essa bolha. Assim, pode ser necessário, para detectar uma harmónica superior ou uma

harmónica inferior (uma sub-harmónica) (ou ambas) permitir que as bolhas sejam detectadas quando estão no interior de vasos microcapilares de um tecido em contraste com a mesma bolha no interior de um grande volume de sangue. Pode ser necessário, detectar duas harmónicas ou sub-harmónicas relacionadas, ou uma ou mais harmónicas ou sub-harmónicas em coincidência, para deduzir um sinal não ambíguo característico dessa bolha num ambiente particular.

A geração e a emissão subsequente de harmónicas e sub-harmónicas por uma bolha são substancialmente instantâneas e assim o atraso temporal entre o instante em que o impulso acústico fundamental foi emitido e o momento em que os sinais harmónicos foram recebidos pode ser processado exactamente da mesma maneira por que se processam os ecos fundamentais para obter a distribuição espacial analógica das bolhas no interior do volume irradiado.

Se as bolhas estiverem em movimento, então as harmónicas e sub-harmónicas recebidas serão desviadas, por efeito de Doppler, de um valor proporcional à grandeza da velocidade das bolhas e à sua orientação relativa aos transdutores de excitação e/ou de recepção. A medição do desvio Doppler pode ser muito útil como meio auxiliar para proporcionar informação sobre a velocidade do movimento das bolhas (e portanto do líquido que as transporta), além de informação sobre a localização das bolhas.

Para certas aplicações pode haver vantagens adicionais a obter se os sinais das harmónicas recebidos forem combinados

electronicamente com um sinal apropriado de frequência constante para obter o valor do desvio Doppler como uma frequência de batimento.

Um outro processo de apresentação da informação adicional proporcionada pela presença das bolhas gasosas é subtrair o valor do sinal fundamental e/ou das harmônicas superior ou inferior obtido a partir de um dado volume de tecido antes de se ter administrado o agente de contraste para as bolhas gasosas, do mesmo sinal obtido a partir do mesmo volume de tecido depois de se ter administrado o agente de contraste para as bolhas. O valor do sinal resultante deste processo de subtração é uma indicação directa da densidade de bolhas no interior do referido volume de tecido.

Um modo muito conveniente de operação do processo segundo a presente invenção compreende a execução de um exame do tecido duas vezes, uma antes da administração da composição que contém as bolhas, de modo a introduzi-la na corrente de sangue, e de novo depois da administração ter sido feita e as bolhas terem atingido o sítio particularmente estudado. Este modo de "antes e depois" de exame pode ter um valor especial no estudo de vasos muito pequenos no sistema vascular e pode diminuir a susceptibilidade do processo a interferências e aumentar a sua sensibilidade. Os dados para os dois varrimentos de exploração podem ser comparados de qualquer maneira apropriada ou conveniente.

A presente invenção compreende também a utilização dos

componentes conhecidos integrados, para o fabrico de um aparelho e/ou para a execução de um processo de formação de imagens como atrás se descreveu.

A presente invenção pode ser usada para proporcionar informação posicional da presença de bolhas transportadas no sangue, que podem sobrepor-se sobre a visualização anatómica "existente" para demonstrar se ou não esses tecidos estão a ser sujeitos a perfusão de sangue. Esta nova técnica amplia grandemente a gama das investigações clínicas que podem ser feitas usando sistemas de diagnóstico de ultrassons com formação de imagens.

O sistema pode permitir a obtenção de informação, quer qualitativa quer quantitativa, relativa à perfusão vascular de zonas seleccionadas de tecido e tem muitas aplicações na prática médica. Alguns exemplos de aplicações médicas onde estes sinais induzidos por bolhas gasosas proporcionariam informação clínica adicional e valiosa incluem:

a) a detecção de zonas isquémicas do músculo cardíaco a seguir a um ataque cardíaco. (O traumatismo associado à injeção intravenosa de uma preparação com bolhas de gás que possa passar através dos pulmões e ser detectada por um dispositivo de ultrassons seria muito menor que tentar obter a mesma informação utilizando técnicas de raios X);

b) a detecção de zonas isquémicas em rins ou no lado materno da placenta;

c) a detecção e quantificação das dimensões de zonas isquémicas no interior do cérebro depois de uma pancada;

d) a detecção de estenoses e de oclusões parciais ou mesmo completas de vasos sanguíneos. Nesta aplicação a visualização do efeito Doppler atrás referida pode ser a mais eficaz, pois a velocidade do sangue é especialmente significativa no diagnóstico e no tratamento; e

e) o exame de transplantações de órgãos para verificar se há o grau de perfusão requerido dos vasos. (Isto é muito importante para determinar o êxito ou a falha de uma transplantação e pode dar um certo aviso de estar iminente a falha de uma transplantação ou da acção de emergência necessária para salvar o paciente).

REIVINDICAÇÕES

1.- Processo para o estudo da posição e/ou do escoamento de um líquido por um processo de formação ultrassônica de imagens, caracterizado por estarem presentes no referido líquido bolhas microscópicas e estas serem detectadas pela sua capacidade para responder à radiação ultrassônica, que compreende a fase de incluir uma medição da energia ultrassônica proveniente das referidas bolhas e que tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassônica no procedimento de formação de imagens.

2.- Processo de acordo com a reivindicação 1 adaptado para o estudo de áreas nas quais pode estar presente ou pode ser introduzido um líquido que contém microbolhas, caracterizado

por compreender a introdução nas referidas áreas de um líquido que contém bolhas microscópicas e depois a detecção desras por varrimento com ultrassons e a medição da energia ultrassônica que é irradiada das referidas bolhas e tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassônica no processo de formação de imagens.

3.- Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por o objecto sujeito a exame ser examinado: a) de pois da administração da composição que contém bolhas para a introduzir no líquido e de as bolhas terem atingido o local sujeito ao estudo particular, e b) sem a presença das bolhas introduzidas, sendo os resultados destes exames comparados.

4.- Processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 3, caracterizado por a frequência da radiação de ultrassons recebida (e em especial a que tem um valor diferente do da transmitida) ser comparada com a frequência recebida das bolhas introduzidas quando estas estão estáticas, de modo a determinar a velocidade do movimento das referidas bolhas no interior do sujeito em estudo pela sua diferença e referência ao efeito de Doppler.

5.- Processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 4, caracterizado por o líquido estudado ser sangue no interior do sistema vascular dos tecidos do corpo.

6.- Processo para o estudo de cavidades e similares pela introdução nas mesmas de um líquido contendo bolhas microscópicas e depois pela detecção destas por varrimento com ultrassons e medição da energia ultrassônica que é irradiada a partir das referidas bolhas e tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassônica no procedimento de formação de imagens, caracterizado por se utilizar um processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 5.

7.- Aparelho para o estudo da posição e/ou do escoamento de um líquido por um processo de formação de imagens ultrassônico, estando presentes no referido líquido bolhas microscópicas que são detectadas pela sua capacidade de responder à radiação ultrassônica, caracterizado por compreender meios para transmitir impulsos de radiação ultrassônica para o interior do objecto a estudar e meios para medir a energia ultrassônica que é irradiada das referidas bolhas e tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassônica no processo de formação de imagens.

8.- Aparelho para o estudo da posição e/ou do escoamento de um líquido, caracterizado por compreender meios para transmitir impulsos de radiação ultrassônica para o interior do objecto a estudar e meios para detectar as radiações provenientes das referidas bolhas em resposta aos referidos impulsos a uma ou

mais frequências diferentes da transmitida, meios para processar ou analisar os impulsos irradiados a partir do objecto em exame para separar e/ou seleccionar dados referentes a pelo menos uma frequência que é diferente da frequência transmitida e meios para registar e/ou afixar os dados.

9.- Aparelho de acordo com as reivindicações 7 ou 8, caracterizado por compreender meios para comparar dados referentes a um ou mais componentes dos impulsos recebidos que são de frequência diferente da frequência transmitida, com dados referentes a outras frequências recebidas que podem incluir optativamente reflexões que têm a mesma frequência que foi transmitida.

10.- Conjunto de transdutor ultrassónico para ser usado no processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 6, ou num aparelho de acordo com qualquer das reivindicações 7 a 9, caracterizado por compreender uma combinação de meios para transmitir impulsos de radiação ultrassónica para o interior do objecto a estudar juntamente com meios para detectar energia ultrassónica que tem uma frequência que é diferente da frequência transmitida pela fonte ultrassónica.

11.- Conjunto de transdutor ultrassónico de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por os meios de transmis-

são e de recepção serem combinados para constituir um transdutor combinado de transmissão/recepção e ser construído de modo que são usados elementos transdutores separados de transmissão e de recepção, sendo o elemento de transmissão da forma amortecida habitual e sendo o elemento de recepção de uma forma que é mais sensível a uma harmónica da frequência transmitida.

12.- Sistema de visualização para ser usado no processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 6, ou num aparelho de acordo com qualquer das reivindicações 7 a 9, caracterizado por compreender uma combinação de meios para preparar um registo das frequências irradiadas recebidas pelos impulsos transmitidos a uma ou mais frequências diferentes da transmitida, e que pode ser tal que registre dados referentes a uma frequência seleccionada ou a várias frequências e que pode optativamente ser tal que produza um registo sob a forma apropriada para a retenção permanente ou temporária (por exemplo memorização para utilização futura) ou tal que produza os dados sob a forma de uma visualização imediata, ou qualquer combinação das mesmas.

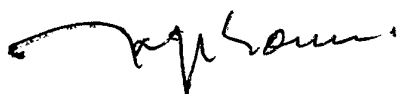
13.- Forma de visualização de acordo com a reivindicação 12, caracterizada por processar sinais representativos das frequências ultrassónicas de entrada provenientes do objecto e apresentar sinais que correspondem a uma frequência diferente da

transmitida com sinais correspondentes a outra frequência (que pode ser ou a frequência transmitida ou outra também diferente da frequência transmitida).

14.- Unidade de processamento de sinais para utilizar no processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 6 ou num aparelho de acordo com qualquer das reivindicações 7 a 9, caracterizado por compreender meios para receber as frequências chegadas dos impulsos ultrassônicos transmitidos detetadas por um transdutor detector e processá-las para distinguir pelo menos uma componente que tem uma frequência diferente da do impulso transmitido.

15.- Unidade de modificação, para utilizar em ligação com equipamento de varrimento ou formação de imagens ultrassónico existente, caracterizada por compreender meios transdutores ultrassónicos adaptados para a) transmitir impulsos de radiação ultrassónica com uma frequência escolhida e b) receber radiação ultrassónica de pelo nos uma frequência diferente da frequência usada para a transmissão.

Lisboa, 26 de Abril de 1991
O Agente Oficial da Propriedade Industrial



R E S U M O

"PROCESSO E APARELHO DE VARRIMENTO APERFEIÇADOS"

A invenção refere-se a um processo e um aparelho de varrimento aperfeiçoados utilizando técnicas de formação ultrasónica de imagens, nos quais bolhas microscópicas presentes num líquido são exploradas e detectadas por medição da energia ultrassónica irradiada das bolhas com uma frequência diferente da transmitida (isto é, uma harmónica) de modo que podem estudar-se a posição e/ou o escoamento do líquido contendo as bolhas.

Isto aplica-se ao estudo de uma ampla variedade de materiais nos quais pode introduzir-se um tal líquido contendo bolhas, mas é aplicável especialmente ao estudo do sangue no sistema vascular, especialmente na microvasculatura nos tecidos.

Medindo-se também a variação da frequência das harmónicas por efeito Doppler pode obter-se uma medida da velocidade de escoamento do líquido, além da sua posição.

Lisboa, 26 de Abril de 1991

O Agente Oficial da Propriedade Industrial

