



Proteção
em
tempo real

Ramificações
da árvore
bronquial, que
leva o ar da
traquéia aos
alvéolos
pulmonares

Equipamento avalia continuamente como reagem os pulmões submetidos à ventilação artificial nas UTIs | DINORAH ERENO

Um tomógrafo inovador, que monitora em tempo real a condição dos pulmões, já está sendo usado por pacientes das unidades de terapia intensiva (UTIs) do Hospital das Clínicas e do Instituto do Coração (InCor) de São Paulo submetidos à respiração artificial. O equipamento ajuda o médico a calibrar e controlar as três variáveis básicas utilizadas quando se injeta ar dentro do pulmão com o ventilador mecânico: volume, pressão e fluxo. Esse controle ajuda a reduzir o número de mortes nas UTIs, porque permite visualizar a reação do órgão enquanto ele recebe o ar. “O pulmão tem vários lobos e, em alguns casos, um está doente e o outro saudável. Isso faz com que, sem esse acompanhamento, haja uma distribuição desigual do ar dentro do órgão, extremamente prejudicial”, explica o professor Marcelo Amato, responsável pelo Laboratório de Pneumologia Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) e coordenador da pesquisa. “Além de um desperdício da ventilação artificial, essa má distribuição do ar causa uma lesão extra, que começa literalmente a rasgar o pulmão.”

Como a criação de equipamentos e dispositivos na área de bioengenharia aplicada à medicina exige, além do conhecimento da mecânica dos materiais utilizados, um entendimento profundo do complexo sistema biológico que rege o corpo humano, foram necessários dez anos de pesquisas para chegar ao tomógrafo de impedância elétrica, uma cinta com 32 eletrodos que, colocada no tórax do paciente e ligada a um monitor,

indica continuamente as reações do órgão por meio de imagens captadas pela emissão de pulsos elétricos de alta frequência e baixa intensidade. Atualmente não existe nenhum tomógrafo comercial para monitoramento de pulmão em tempo real. “Existe um outro protótipo usando os mesmos princípios, desenvolvido por pesquisadores de uma universidade alemã, só que eles ainda estão usando 16 eletrodos em vez de 32”, diz Amato. O número de eletrodos faz a diferença na nitidez e na visualização das imagens.

“Isso significa que eles estão cerca de três a cinco anos atrasados em relação ao nosso equipamento”, compara. Entre os planos dos pesquisadores brasileiros consta a ampliação dos 32 eletrodos para 64 ou 128, mas apenas futuramente, porque essa modificação vai encarecer bastante o custo. O pesquisador estima que ainda faltam pelo menos dois anos para os ajustes finais, necessários para deixar o equipamento pronto para ser usado por qualquer médico intensivista, sem grandes instruções prévias.

Desde 2006, dois tomógrafos estão sendo usados em pacientes no Hospital

das Clínicas e um no InCor. Em um dos estudos realizados, o aparelho possibilitou a detecção de problemas que acontecem durante o transplante pulmonar. “Em casos de transplante unilateral de pulmão, vimos que o pulmão remanescente apresenta um comportamento paradoxal que atrapalha o processo de ventilação alveolar, diminuindo a eficiência ventilatória e de trocas gasosas”, relata Amato. A descoberta pode ter implicações nos procedimentos cirúrgicos a serem adotados no futuro. É possível que um transplante unilateral de pulmão seja mais bem-sucedido quando acompanhado de uma remoção total dos pulmões doentes, em vez de deixar um dos pulmões dentro do tórax. “Da mesma forma que a ressonância magnética funcional possibilitou entender como o cérebro processa informações, a tomografia de impedância elétrica está permitindo observar a ventilação e perfusão pulmonar em tempo real, revelando fenômenos até então desconhecidos”, compara.

Implicações futuras - Foi durante uma visita ao laboratório do professor Bruchard Lachmann na Universidade Erasmus de Roterdã, na Holanda, em 1997, que Amato começou a planejar a construção de um tomógrafo desse tipo. Um estudante apareceu no laboratório com um protótipo da Universidade de Sheffield, na Inglaterra, que utilizava o mesmo princípio de injetar correntes elétricas e medir as voltagens. “Era um protótipo bem primitivo, que nunca tinha sido usado em doentes ou experimentos de ventilação artificial”, lembra Amato. “Mas quando eu vi os resultados dos experimentos em porquinhos percebi que era justamente aquilo que eu estava procurando. Um monitor que conseguisse enxergar dentro do pulmão, capaz de observar fenômenos distintos e simultâneos acontecendo em diferentes regiões pulmonares, durante a ventilação artificial.”

As imagens não eram nítidas e nem dava para vê-las em tempo real, mas já era um começo bem animador para o pesquisador, que no início da década de 1990, ao tratar na UTI pacientes de leptospirose com hemorragia nos pulmões, percebeu que dava para estancar a hemorragia com alguns ajustes na pressão e no volume de ar do res-

OS PROJETOS

1. *Novas estratégias em ventilação artificial: diagnóstico e prevenção do barotrauma/biotrauma através da tomografia de impedância elétrica (TIE)*
2. *Inteligência clínica para tomografia por impedância elétrica*

MODALIDADES

1. Projeto Temático
2. Cooperação ICTS Empresas

COORDENADOR

MARCELO BRITTO PASSOS AMATO - USP

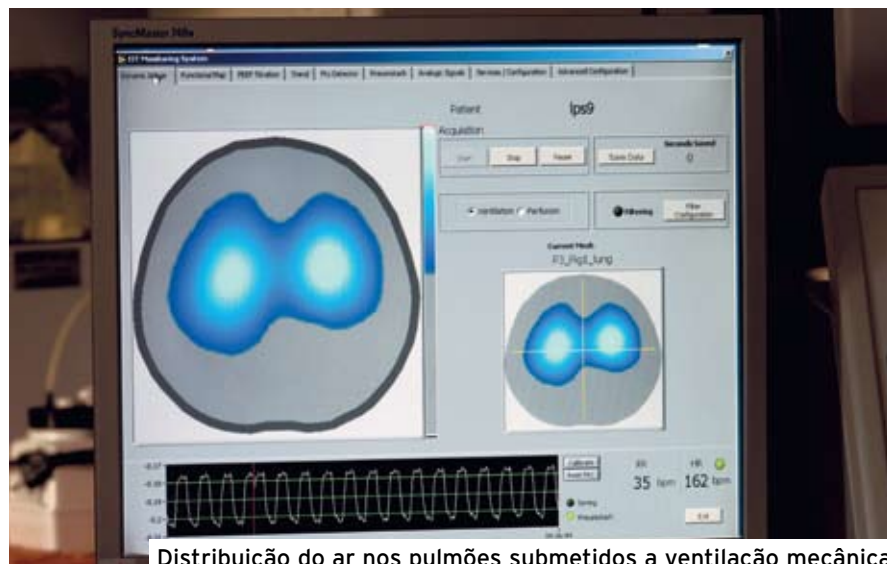
INVESTIMENTO

1. R\$ 4.947.662,98 (FAPESP)
2. R\$ 898.600,00 (Finep)

pirador artificial. “Percebemos que a mortalidade dos pacientes submetidos à ventilação artificial poderia cair pela metade se conseguíssemos diminuir os problemas de heterogeneidades e estresses excessivos dentro do pulmão, com manobras especiais e um tratamento ventilatório mais gentil”, explica Amato, que na época era médico assistente na Pneumologia e trabalhava na UTI respiratória do Hospital das Clínicas. A técnica, sobre estratégias protetoras pulmonares, foi tema de um artigo publicado na revista *The New England Journal of Medicine* em 1998. “O artigo está com mais de mil citações e tornou-

se referência na área”, diz o pesquisador. A partir dos dados desse trabalho, que foram confirmados por um estudo feito em 2000 por um grupo de pesquisadores da rede ARDSnet (*Acute Respiratory Distress Syndrome Network*) patrocinados pelos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos Estados Unidos, não se usam mais os mesmos volumes utilizados até então. “Era comum colocar 1 litro de ar dentro do pulmão a cada respirada do paciente, hoje em dia isso é impensável”, diz o pesquisador.

De volta ao Brasil após a visita à Holanda, Amato entrou em contato com a Universidade de Sheffield e conseguiu comprar o último protótipo disponível, que chegou aqui praticamente quebrado. Foi quando decidiu começar a desenvolver um equipamento que pudesse monitorar o paciente na beira do leito. O primeiro desafio era conseguir produzir uma imagem a partir de correntes elétricas passando pelo tórax. Enquanto no tomógrafo de raios X o detector capta emissões lineares de raios X, medidas sequencialmente após mudanças no ângulo de emissão menores que um grau, no tomógrafo de impedância a corrente elétrica chega ao detector de forma difusa, com mudanças no ângulo de emissão a intervalos maiores. “Um problema difícil, mas não impossível de resolver”, diz Amato. Na Escola Politécnica da USP, Amato encontrou no professor Raul Gonzalez Lima um dos parceiros para a empreitada, que começava com a resolução de um problema



Distribuição do ar nos pulmões submetidos a ventilação mecânica

matemático. Algum tempo depois, juntou-se ao grupo a professora Joyce Bevilaqua, do Instituto de Matemática e Estatística, também da USP.

O tomógrafo ganhou impulso com a aprovação do projeto temático da FAPESP em 2002. Aí teve início o desenvolvimento da parte eletrônica com o apoio do pesquisador Harki Tanaka, que estava terminando a graduação na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, mais de duas décadas depois de se formar como engenheiro de eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. “Fazíamos reuniões duas a quatro vezes por semana com vários engenheiros, até conseguirmos montar um protótipo”, conta Amato. Bem diferente do tomógrafo atual, esse primeiro protótipo era meio desajeitado, mas funcionou muito bem em um porquinho.

Como ainda faltavam várias etapas para aprimorar o equipamento, e uma delas dizia respeito à área médica, Amato apresentou em 2004 o projeto à empresa brasileira Dixtal Biomédica, que se tornou inicialmente uma parceira sem vínculo oficial. Em 2007, quase na etapa final do temático, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) aprovou um projeto na mesma linha de pesquisa, uma parceria entre a universidade, representada pela Fundação Faculdade de Medicina, e a Dixtal, recentemente incorporada pela Philips.

Blindagem individual - Para que os ruídos e interferências eletromagnéticas de outros equipamentos da UTI não comprometessem a precisão da medida de voltagem de cada eletrodo, os pesquisadores desenvolveram uma cinta de eletrodos em que os cabos são completamente blindados. “Cada cabo tem um circuito eletrônico interno para anular o ruído eletromagnético individual”, diz Amato. O custo atual dos componentes utilizados no tomógrafo é de cerca de R\$ 10 a R\$ 15 mil. “A principal vantagem do equipamento é que ele não necessita de nenhum componente de *hardware* caro.” Duas patentes foram depositadas para o equipamento. Uma delas, em nome do médico e engenheiro Tanaka, sobre configurações eletrônicas. A outra, em nome da Dixtal, sobre configurações da cinta de eletrodos. “Existe um acordo de repasse de *royalties* firmado entre



a empresa e a Fundação Faculdade de Medicina”, ressalta Amato. “Ou seja, se a indústria vender o tomógrafo, teremos mais verbas para pesquisa.”

Antes do tomógrafo, Amato esteve à frente de outras pesquisas na área de ventilação artificial. Uma das tecnologias desenvolvidas por ele e adotadas na prática médica é a ventilação com suporte pressórico e volume assegurado (VAPSV), incorporada aos ventiladores artificiais da Intermed, empresa paulista fabricante de produtos de ventilação mecânica para UTI e anestesia, e a três ventiladores de empresas internacionais. A técnica consiste em otimizar a oferta de fluxo ao pulmão do paciente quando ele acorda da anestesia e começa a respirar. “Com essa tecnologia, o ventilador percebe o ritmo de respiração do paciente e faz uma calibragem para trabalhar em sincronia, ajustando a oferta à demanda de fluxo, ao mesmo tempo que assegura a manutenção de um volume mínimo de ventilação.” ■

► Artigos científicos

1. AMATO, M. B. P. *et al.* Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. **The New England Journal of Medicine**. v. 338, n. 6, p. 347-354. 5 fev. 1998.
2. COSTA, E. L. V. *et al.* Real-time detection of pneumothorax using electrical impedance tomography. **Critical Care Medicine**. v. 36, n. 4, p. 1230-1238. abr. 2008.

Marca-passo nacional

Desenvolvimento de circuito integrado teve participação de quatro universidades

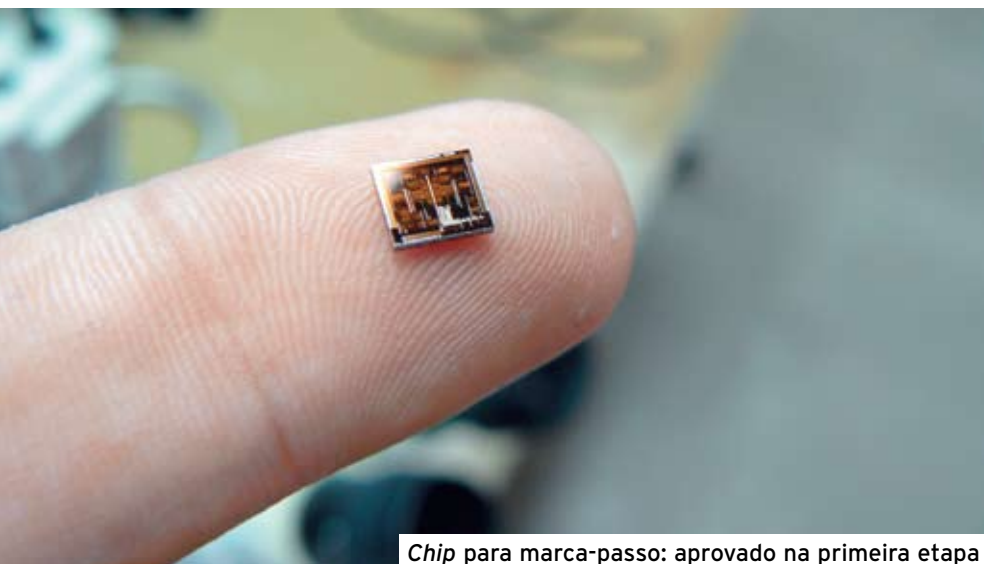
Na área de bioengenharia com foco na cardiologia, o projeto de desenvolvimento de um marca-passo com tecnologia nacional reuniu o Genius Instituto de Tecnologia e o Instituto do Coração (InCor) de São Paulo, com apoio da empresa Dixtal. O equipamento é indicado para pessoas com problemas de arritmia cardíaca, alteração na frequência dos batimentos do coração que pode causar desde mal-estar até parada cardíaca. Na primeira etapa do projeto, iniciado em 2005, os pesquisadores desenvolveram o circuito integrado do equipamento, o primeiro *chip* comercial brasileiro para marca-passos cardíacos.

Pesquisadores de várias universidades participaram do desenvolvimento do *chip*. A Universidade Federal de Santa Catarina ficou responsável pelos circuitos de baixo consumo, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo circuito de alta-tensão – até 7 volts, mas uma tensão considerada alta para o universo da microeletrônica –, a Universidade Federal da Paraíba por parte da integração do *chip* e a Universidade Católica do Uru-

guai pela consultoria em marca-passo. O Genius coordenou o desenvolvimento do *software*, da parte eletrônica e dos circuitos integrados, enquanto o InCor ficou responsável pela validação funcional do dispositivo. “Fizemos testes em suínos como, por exemplo, o bloqueio atrioventricular, distúrbio da condução do estímulo elétrico no coração”, diz Idagene Cestari, diretora de pesquisa e desenvolvimento da Divisão de Bioengenharia do InCor. Essa etapa foi concluída com sucesso.

“A tecnologia do marca-passo é antiga, mas atualmente é dominada por poucas empresas”, diz Mario Ferreira Filho, gerente executivo de pesquisa e desenvolvimento do Genius. Atualmente apenas cinco empresas, uma delas no Uruguai, atendem a toda a demanda mundial do produto. Em 2006, somente com importação de marca-passos o Brasil gastou US\$ 134 milhões. Na década de 1970, o InCor desenvolveu os primeiros marca-passos brasileiros, encapsulados em epóxi. Uma empresa foi criada para fabricá-los e 700 deles foram implantados em pacientes. A produção parou porque a empresa não conseguiu apoio financeiro para dar continuidade ao desenvolvimento tecnológico. Desde então a tecnologia evoluiu com a microeletrônica, que consegue integrar várias outras funções em uma peça de tamanho reduzido.

Na primeira fase, o projeto recebeu R\$ 800 mil da Dixtal e R\$ 1,6 milhão da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). “Na próxima etapa, que está sendo negociada, iremos trabalhar na miniaturização do atual protótipo até chegar a um protótipo pré-industrial e começar os testes clínicos para confirmação de sua eficácia”, explica Ferreira Filho. A estimativa é que serão necessários mais dois anos e meio para os primeiros marca-passos ficarem prontos, período necessário inclusive para registro do produto na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). ■



Chip para marca-passo: aprovado na primeira etapa

GENIUS INSTITUTO DE TECNOLOGIA