

**A** experiência de ter uma doença rara e de difícil diagnóstico, chamada hidrocefalia de pressão normal, levou o professor Sérgio Mascarenhas, coordenador do Instituto de Estudos Avançados de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP), a desenvolver um equipamento simples e minimamente invasivo para monitorar a pressão interna do cérebro, que consiste de um minúsculo sensor colocado logo abaixo da pele da cabeça do paciente e de um monitor externo especial para recepção e análise das informações. O aparelho avalia o volume do líquido cefalorraquidiano,

ou líquido, substância que reveste e protege o sistema nervoso central contra impactos, e também a concentração de sangue e a massa cerebral, entre outros fatores de risco para o aumento da pressão. Batizado de monitor de pressão intracraniana, o equipamento, que já foi patenteado, simplifica e torna acessível o acompanhamento do quadro clínico de portadores de hidrocefalia e vítimas de traumas cranioencefálicos decorrentes de acidentes de moto, carro e quedas.

Atualmente esse exame é feito por um sensor colocado dentro do cérebro, por meio de um procedimento cirúrgico invasivo, sujeito a infecções. “Como

pesquisador, não me conformei que fosse preciso furar a cabeça para medir a pressão”, diz Mascarenhas, professor aposentado do Instituto de Física da USP de São Carlos, explicando a motivação para, dois anos atrás, dar início a mais uma pesquisa aos 79 anos, quando ainda se recuperava da cirurgia que fez para implantar uma válvula no cérebro capaz de controlar o excesso de líquido produzido por um defeito no ventrículo cerebral. O acúmulo de líquido comprime o tecido nervoso contra a caixa craniana, causando sintomas como tonturas, problemas de coordenação motora e incontinência urinária. “O aumento da pressão intracraniana

ENGENHARIA BIOMÉDICA

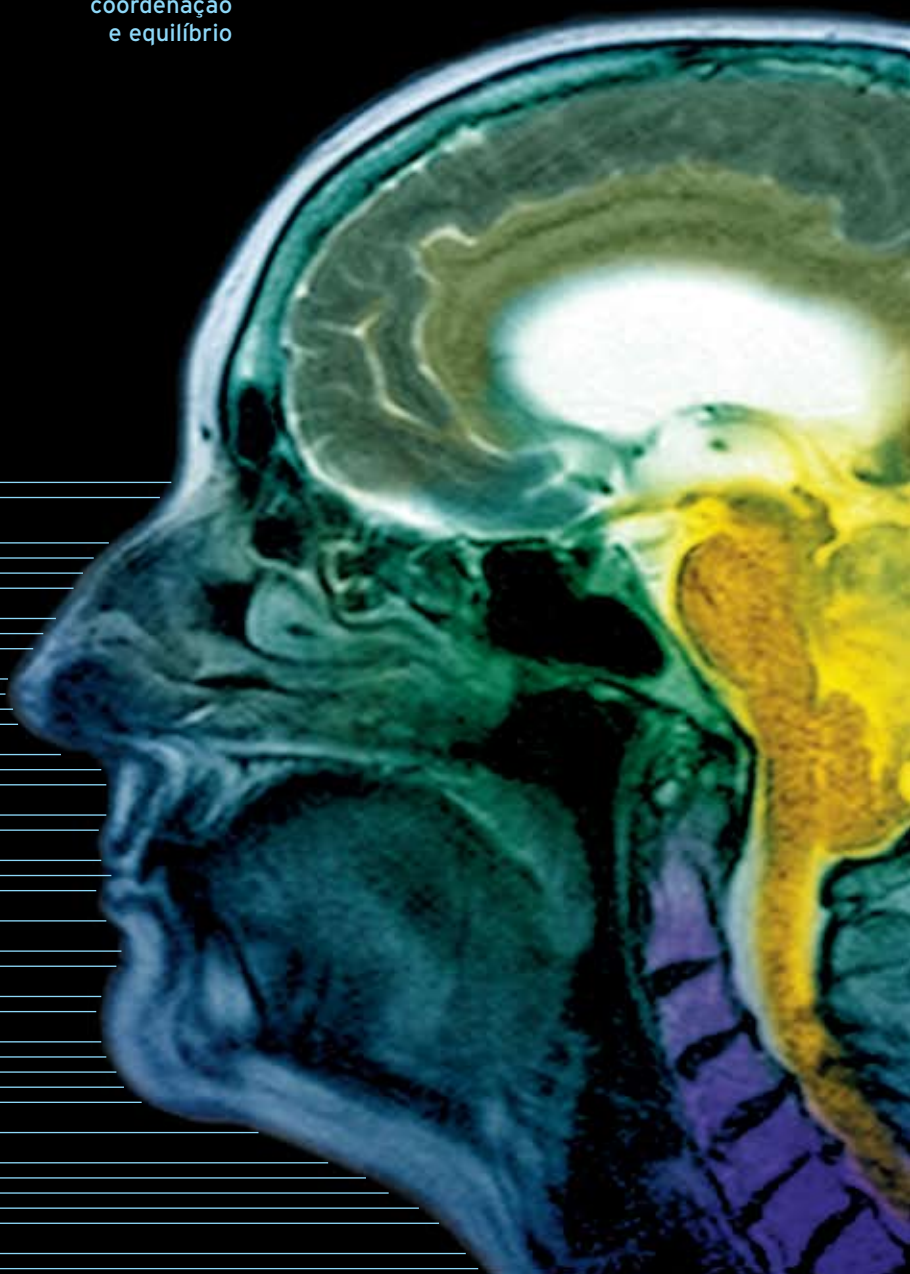
# Cérebro vigiado

**Sensor subcutâneo monitora pressão intracraniana em casos de acidentes e doenças** | DINORAH ERENO

começa a comprimir os neurônios e, com isso, altera suas funcionalidades”, diz Mascarenhas. Como a doença atinge principalmente pessoas acima de 60 anos, os sintomas costumam ser confundidos com os do mal de Parkinson, dificultando o diagnóstico.

**Deformação medida** - A inspiração para o desenvolvimento do sensor subcutâneo, que mede a pressão intracraniana pela deformação que o excesso de líquido produz no crânio, veio de um equipamento usado pelos engenheiros para monitorar a presença de rachaduras em paredes e o movimento das vigas, chamado *strain gage* (sensor

Tumor encontrado no cerebelo, hemangioblastoma comprime área que controla coordenação e equilíbrio



## Equipamento começará a ser testado em 30 pacientes do Hospital das Clínicas da USP de Ribeirão Preto

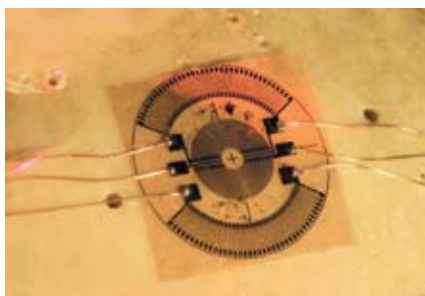
de deformação). Os primeiros experimentos foram feitos em uma bancada doméstica, na casa do pesquisador, com um crânio emprestado da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). “Peguei o aparelho que usam para medir a deformação das vigas no laboratório de estruturas da USP e coleí no crânio por fora”, relata o professor que, entre muitas outras atividades, fundou e dirigiu a Embrapa Instrumentação Agropecuária, unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de São Carlos, e participou da criação da UFSCar e do curso de engenharia de materiais (*ver entrevista com o pesquisador em Pesquisa FAPESP nº 137*). Como o crânio é cheio de buracos, Mascarenhas tinha que preenchê-lo para simular a pressão intracraniana. Usou então um balão colorido de borracha esquecido pelo seu neto, que foi colocado dentro do crânio e inflado. Mascarenhas queria simular a pressão sobre o osso e a deformação que causaria. Para completar a expe-

riência caseira, desmontou um aparelho para medir a pressão arterial e usou o medidor de pressão em milímetros de mercúrio para fazer a leitura. O experimento consistia em comparar o sensor externo com o usado atualmente dentro da caixa craniana e, ao mesmo tempo, provocar variação de pressão para mostrar que ele era sensível às mudanças induzidas. Os resultados mostraram que ele estava no caminho certo.

Depois de vários experimentos realizados com ratos, coelhos e ovelhas, em que foram feitas comparações entre o método invasivo e o sensor subcutâneo, o equipamento começará a ser testado em 30 pacientes do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP de Ribeirão Preto, em colaboração com o chefe da neurocirurgia, professor Benedicto Oscar Colli. “Os pacientes com traumas que chegarem ao hospital vão receber o sensor tradicional e o nosso, para fazer a comparação”, diz Mascarenhas. O aparelho, que

inicialmente foi pensado para atender pacientes de hidrocefalia, poderá ser usado por qualquer paciente com risco de aumento na pressão intracraniana decorrente de hemorragias, edemas, tumores e infecções.

Vítimas de acidentes de trânsito com pancadas na cabeça e região cervical também serão beneficiários do monitoramento, já que o alto custo do exame atual é um obstáculo ao seu uso em grande escala. “O sensor tradicional, descartável, colocado dentro do cérebro custa em torno de R\$ 5.000,00 o importado, da marca Codman Johnson, e R\$ 2.500,00 o nacional do fabricante Ventura”, relata o pesquisador. “O preço do monitor para o hospital é de cerca de R\$ 30.000,00.” Uma diferença de preços muito grande em relação ao aparelho desenvolvido por Mascarenhas. “O sensor, também descartável, custará cerca de R\$ 350,00, com impostos previstos inclusos, enquanto o monitor ficará em R\$ 3.200,00”, compara.



Sensor subcutâneo (no detalhe, acima) testado inicialmente em um crânio



FOTOS EDUARDO CESAR

A medida da pressão intracraniana é feita em milímetros de mercúrio, como na pressão arterial. Em condições normais, a pressão intracraniana tem flutuações determinadas pelos ciclos respiratório e cardíaco e mede de 5 a 15 milímetros de mercúrio (mmHg<sub>2</sub>). Entre 20 e 30 enquadra-se na hipertensão intracraniana causada por traumas ou doenças. Acima desse limite, o paciente pode entrar em coma. Nos casos de acidentes com traumatismo craniano, por exemplo, a pressão poderia ser constantemente monitorada no hospital com o novo aparelho, evitando muitas mortes. Atualmente isso não é feito porque o sensor tradicional não está disponível pelo Sistema Único de Saúde (SUS) devido ao alto custo, e a grande maioria dos acidentados não tem como pagar pelo procedimento. É esse público que Mascarenhas quer atingir. “Eu me recuso a ser um acadêmico que se esquece de que o conhecimento é para estar a serviço da sociedade”, diz.

O traumatismo cranioencefálico é uma das causas mais frequentes de aumento da pressão intracraniana no Brasil. Dados do SUS mostram que só em 2007 foram notificados 98.945 casos de traumatismos intracranianos, 12.800 de neoplasias malignas do encéfalo e 12.630 de hidrocefalias, totalizando 124.375 ocorrências com potencial para serem monitoradas. “Esses números não correspondem à realidade, porque muitos pacientes morrem sem diagnóstico”, diz Mascarenhas. A tendência é que os traumatismos aumentem ainda mais, já que diariamente mais carros e motos entram em circulação no país. “São 430 mil acidentes de carro por ano, dos quais 35 mil resultam em morte.” Foi pensando nesse grande número de pacientes que não têm acesso ao monitoramento da pressão intracraniana que o professor decidiu transformar o sensor subcutâneo em um produto,

## > O PROJETO

*Desenvolvimento de um equipamento para monitoramento minimamente invasivo da pressão intracraniana*

### MODALIDADE

Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe)

### COORDENADOR

SÉRGIO MASCARENHAS - Sapra

### INVESTIMENTO

R\$ 203.010,88 (FAPESP)

apoiado pela FAPESP na modalidade Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe). A empresa associada ao projeto é a Sapra, de São Carlos, que atua na área de tecnologia da saúde e foi criada pelo pesquisador em 1979. Hoje quem está à frente da empresa é a sua filha Yvone Mascarenhas, doutora em física.

Os testes para avaliar a biocompatibilidade do sensor foram feitos pelo doutorando Gustavo Frigieri, formado em farmácia e bioquímica e orientado pelo professor Mascarenhas no Instituto de Física da USP. Após o 21º dia de implantação do sensor na cabeça da ovelha, foram colhidas amostras de tecido no local e feitos exames citológicos e microbiológicos para avaliar riscos de alergia, inflamação ou infecção. “Nenhum dos três riscos foi observado”, diz Frigieri. Mascarenhas ressalta que esse é um aspecto importante a ser observado, porque no caso do sensor tradicional o risco de infecção faz com que ele tenha que ser retirado em poucos dias.

O sensor subcutâneo ficou durante 21 dias na cabeça da ovelha, sem nenhuma alteração na normalidade dos parâmetros avaliados. Na ovelha, a

variação da pressão intracraniana foi induzida por alterações posturais, como levantar e abaixar a cabeça, e pela compressão das jugulares. Nos ratos, Mascarenhas avaliou também as variações de pressão durante um ataque epilético. Os testes foram feitos com uma cepa de ratos audiogênicos – em que a epilepsia é induzida pelo som – criados pelo professor Norberto Garcia-Cairasco, da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP. “Durante a crise, quando o rato levanta a cabeça, ele joga o líquido para a coluna e a pressão interna do cérebro abaixa”, diz Mascarenhas. “Quando ele abaixa a cabeça, o líquido vai para o cérebro e a pressão aumenta.”

**Novas avaliações** - Ao mesmo tempo que novos experimentos estão sendo feitos para testar as várias aplicações do sensor, Mascarenhas e a sua equipe, da qual também faz parte o doutorando Wilson Seluque, estão trabalhando em outros métodos ainda mais avançados para medição da pressão intracraniana. Um deles consiste de um capacete que, ao entrar em contato com o osso, funciona como um sensor. Dessa forma, não será preciso nem raspar o couro cabeludo para a colocação do sensor. “Um dos nossos focos de estudo é saber como se comporta a pressão intracraniana durante uma crise de enxaqueca”, diz o pesquisador. Ou avaliar a resposta de um tumor cerebral à quimioterapia. “Se o tumor diminuir, a pressão intracraniana vai abaixar”, diz, acrescentando que o acompanhamento da evolução da doença pode ser feito sem necessidade de exames caros. A ideia é transformar, futuramente, o monitor de pressão intracraniana em um instrumento doméstico, como o termômetro e o medidor de pressão arterial, para possibilitar a prestação de socorro rápido em caso de elevação da pressão intracraniana. ■