

APARELHO INFUSOR DE LÍQUIDO EM EXPANSOR SUBCUTÂNEO ENEBI 2018

Raphael C. Pizzaia, Departamento de Engenharia Mecânica (PUC-Rio), raphapizzaia@gmail.com

Djenane C. Pamplona, Departamento de Engenharia Mecânica (PUC-Rio), djenane@puc-rio.br

Hans I. Weber, Departamento de Engenharia Mecânica (PUC-Rio), hans@puc-rio.br

Guilherme S. Eduardo, Departamento de Engenharia Mecânica (PUC-Rio), guiseduardo@gmail.com

Guilherme R. Sampaio, Departamento de Engenharia Mecânica (PUC-Rio), guirsp@hotmail.com

Resumo. Em virtude da dificuldade encontrada por pacientes de deslocarem-se até um ambulatório para realização da infiltração de líquido no processo de expansão de pele, foi desenvolvido e construído para este fim um aparelho semiautomático e portátil. Desta forma o processo de expansão de pele pode ser feito em qualquer momento e local de forma automatizada. O dispositivo possui capacidade de aquisição de dados e registro da pressão interna e volume infiltrado para monitoramento posterior do médico. No contexto das aplicações médicas, este dispositivo visa simplificar o processo com infiltrações em expansores de pele, dando mobilidade e independência ao paciente, além de assegurar ao médico a qualidade e precisão das infiltrações realizadas. O aparelho possibilita também expansão contínua em pacientes hospitalizados.

Palavras chave: Pele, Expansão de pele, Expansor, Cirurgia reparadora

1. INTRODUÇÃO

A técnica de expansão da pele tem como objetivo a obtenção de uma quantidade adicional de cobertura cutânea para a utilização em cirurgias reparadoras, ou seja, na recuperação de queimados, reconstrução mamária, retirada de cicatrizes com aparência indesejada. A expansão é um processo fisiológico, definido pela habilidade da pele em aumentar sua área superficial, em resposta a uma deformação imposta. O processo se vale de expansores de pele, Fig. (1), bolsas de silicone, que quando vazias são implantadas sob a pele. Estas têm seu volume interno aumentado periodicamente através de infiltração progressiva de solução salina, utilizando de uma válvula que via de regra também é implantada sob a pele, e está ligada ao expansor através de um tubo de comprimento variável. As formas mais comuns são redondo, retangular e em forma de *croissant* ou semi-lunar e com volumes que variam de 1 a 1000 centímetros cúbicos.



Figura 1. Expansores de pele.

Inicialmente é realizada uma cirurgia para a implantação do expansor sob a pele do paciente. Durante a cirurgia é inserida no interior do expansor uma solução líquida salina, com um volume de aproximadamente 10% do volume do expansor. Para que se possa iniciar efetivamente o processo de enchimento, após a cirurgia de implante, é necessário um intervalo de 15 dias para a cicatrização do local suturado.

A infiltração no expansor faz com que a pele seja tracionada, devido ao aumento de volume no expansor implantado sob ela. O aumento do volume do expansor ocasiona a deformação da pele, aumentando sua área superficial. Sendo a pele visco elástica, após certo tempo ela relaxa e a pressão dentro do expansor decresce e com ela a tensão à qual a pele estava sendo submetida. Esta deformação é mantida constante por um período de tempo (normalmente uma semana), ou seja, é

inserida uma quantidade de líquido no interior do expansor e somente após um período de tempo definido pelos médicos é promovida a infiltração de uma nova quantidade de líquido, dando prosseguimento à expansão.

A expansão em locais próximos à deformidade da pele, permite recobrir a parte defeituosa da pele com um material de cor, textura, sensação e estrutura similar à pele retirada. A pele expandida é avançada ou esticada sobre o defeito para cobertura.

As maiores desvantagens do processo de expansão de pele são:

1. O paciente ter de se deslocar semanalmente para o ambulatório, clínica ou hospital para realizar a infiltração, que muitas vezes requer longas viagens periódicas.
2. O médico infiltra a pele sem saber qual é a pressão que a mesma está sendo submetida. Podendo até causar necrose por pressões extremas. O cirurgião só conta com o desconforto do paciente e sua própria sensação ao toque para verificar quão distendida está a pele.
3. O médico não sabe também qual é a pressão residual na pele antes de começar a nova infiltração dias após a anterior. Pode-se injetar a mesma quantidade de líquido? Infiltrar mais? Infiltrar menos?
4. Não existe registro da relação volume infiltrado x pressão interna.

Esta pesquisa dá continuidade às pesquisas anteriores, onde foram obtidos parâmetros elásticos com a equação constitutiva de Delfino visando caracterizar a elasticidade da pele, Pamplona e Carvalho (2012), e será muito importante refazer o estudo, considerando outras equações constitutivas e comparar os parâmetros encontrados em diversas regiões do corpo, considerando-se também gênero, idade e raça. Expansões sobre o tecido adiposo não oferecerão a área de retalho esperada para a realização da reconstrução, tendo em vista que parte do volume entrará neste tecido, sem expandir a pele, Pamplona e Mota (2012). Em trabalho recente, Pamplona e Velloso (2013) discutiu-se o procedimento cirúrgico como um todo, abordando os principais pontos do presente projeto. Entendemos que devido às propriedades visco-elásticas da pele a pressão no interior do expansor cai drasticamente nos primeiros dias e mesmo nas primeiras horas de expansão, sendo importante a quantificação da pressão intra-expansor e seu histórico com o tempo.

2. OBJETIVO

Com o intuito de estudar detalhadamente o processo de expansão da pele foram projetados e construídos dois aparelhos infiltradores de líquido, portáteis, com capacidade de registrar a relação entre a pressão interna e o volume infiltrado do líquido ao longo da expansão de pele, assim como o acompanhamento da pressão interna ao longo do tempo. Seu sistema semiautomático visa auxiliar o cirurgião no procedimento de expansão de pele, assim como possibilitar que o processo seja realizado pelo próprio paciente, seguindo as diretrizes do médico. Assim o paciente em localidades remotas e com acesso deficiente à energia elétrica consegue fazer de forma semiautônoma o procedimento, eliminando a necessidade do comparecimento periódico ao ambulatório.

A aquisição dos dados da expansão viabilizará vários estudos posteriores: do decaimento das pressões em infusões em implantes subcutâneos ao longo do tempo, gerando dados para identificação de parâmetros viscoelásticos da pele; da determinação dos limites de infiltração, de otimização de expansores e de implantes.

3. DESCRIÇÃO

O aparato tem um design de fácil transporte e limpeza protegido por uma maleta, que contém todos os acessórios exigidos para sua utilização, Fig. (2). Seu funcionamento conta com uma interface amigável sensível ao toque, visando a utilização tanto do paciente quanto do médico, além disso durante todo o processo de infiltração o usuário conta com o controle de pressão, de vazão e volume máximos, além da capacidade de parar o procedimento a qualquer momento.

O processo é automaticamente interrompido quando a pressão atinge um valor crítico ou quando o volume total de líquido infiltrado é atingido, valores estes prescritos pelo médico. Essas configurações assim como o ajuste de data e hora, portanto, podem ser feitas no aparelho pelo médico e são protegidas por senha. É possível também a utilização da bomba peristáltica tanto para a infiltração quanto para a retirada de líquido no expansor. É possível manter registro em cartão de memória de até cinco expansores de pele, que podem ter diferentes localizações no mesmo paciente, além do registro para o acompanhamento da pressão ao longo do tempo. Os dados de cada expansão são gravados separadamente em arquivos nomeados “.csv”, relacionando portanto pressão, volume com data e hora.

A invenção é de fácil esterilização, por apresentar uma cabeça de bomba removível e resistente a autoclave, além de seu funcionamento permitir que não haja contaminação do líquido da infiltração, posto que a bomba peristáltica não entra em contato com o líquido.



Figura 2. Aparelho de infusão de líquido.

4. METODOLOGIA

O aparato utiliza conhecimentos em eletrônica e programação de sistemas embarcados, somados às ferramentas de projeto para o desenvolvimento de circuitos eletrônicos, e de modelagem mecânica. Desenvolveu-se um *design* próprio internamente a uma maleta à prova d'água, que visa portabilidade, segurança e facilidade de manuseio, com as capacidades de aferir a pressão, volume, mostrá-las em interface sensível ao toque, e salvá-las em cartão *MicroSd* removível, associando data, hora e minuto, para até cinco expansores. Além disso o aparelho é alimentado por bateria de *Ion Lithium* recarregável, e utiliza um microcontrolador programável. Em detalhes ele é composto por:

- a) Uma peça de design próprio composta por duas peças: uma tampa em plástico ABS, desenvolvida para uma maior portabilidade e conveniência na sua utilização, dimensionado para ser operado internamente a uma maleta; onde ficam contidos e fixados todos os componentes e a tampa que apresenta as funcionalidades e a interface gráfica para o usuário.
- b) Um componente eletrônico integrado com: um sensor de pressão; um contador relógio de hora, minuto, segundo e data com compensação de temperatura e com suporte próprio de energia, do tipo bateria moeda; um módulo leitor e gravador de dados em cartão *MicroSd*; bateria *Ion Lithium* de doze volts com circuito BMS (*Battery Management System*) recarregável; regulador de tensão com filtro de ruído; divisor de tensão para nível da bateria; microcontrolador; display sensível ao toque; botão liga e desliga; conector de tomada convencional; ventoinha; bomba peristáltica associada à uma caixa de redução planetária e um motor de passo; driver de motor de passo; fonte bivolt do tipo colmeia; placa de circuito que integra todos os componentes.
- c) Dois componentes de código programado, um no microcontrolador principal e outro no display sensível ao toque, compostos por diversas funções que controlam o aparelho e aquisicionam os dados. Dentre elas as devidas transformações, dos sensores de pressão, tensão elétrica da bateria, e volume de líquido. Além da geração da interface gráfica, leitura e gravação no cartão *MicroSd* e aquisição da data, hora, minuto e segundo, mais especificamente o aparelho é capaz de:
 - a. Comparar as medições com os valores limites para a tensão da bateria avisando por display o nível da mesma;
 - b. Carregar e salvar as configurações no cartão *MicroSd*;
 - c. Usando o microcontrolador comunicar-se com o display a fim de controlar a interface gráfica para visualização dos dados, acesso às funcionalidades e configuração;
 - d. Gravar os dados aquisicionados no cartão *MicroSd*, pressão, volume, data, hora, minutos, segundos em arquivos independentes (.csv) para cada expensor, com um limite de até cinco. Os dados são somados ao arquivo do expensor respectivo em linhas subsequentes sem sobrescrever as anteriores;
 - e. Controlar o motor de passo associado à bomba peristáltica, respeitando os limites máximos de volume, vazão e pressão de operação, configurados pelo médico. Além de permitir o início, parada, e ajuste de velocidade pelo paciente, registrar todos os dados ao longo do processo;

- f. Acompanhar a pressão interna do expansor ao longo do tempo e registra-la no cartão *MicroSd*, calibrando a medição da pressão subtraindo o valor do momento em que o botão foi pressionado, pelos valores medidos subsequentemente.

5. RESULTADOS

Foi montada uma bancada que simula o processo de expansão de pele, Fig. (3), onde uma membrana elástica da cor verde foi utilizada para simular a pele sobre o expansor de 200ml, que por sua vez se encontra fixo na plataforma de acrílico. Foram colhidos dados ao longo de quatro infiltrações de aproximadamente 50 ml em dias diferentes, tendo resultado em dois gráficos: o avanço da pressão ao longo das infusões, Fig. (4); e a relação da pressão interna com o volume interno do expansor, Fig. (5).

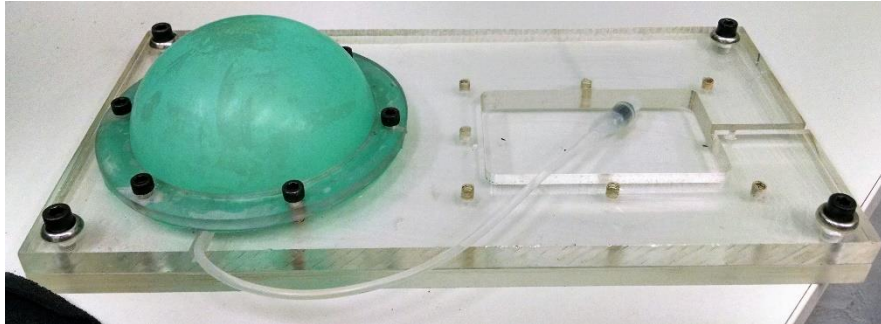


Figura 3. Bancada de Expansão de Pele.

Em Fig. (4), pode-se observar na transição entre os dias, que há uma queda da pressão interna no expansor, acredita-se ser devido as propriedades viscoelásticas da membrana, que relaxa com o tempo. É possível notar também que na segunda expansão, dia 15, existe um comportamento diferente, com uma queda da pressão seguida de uma curva que não acompanha a tendência anterior, Fig. (5). Levando a crer que o expansor ao desdobra-se sofreu acomodação no suporte de acrílico.

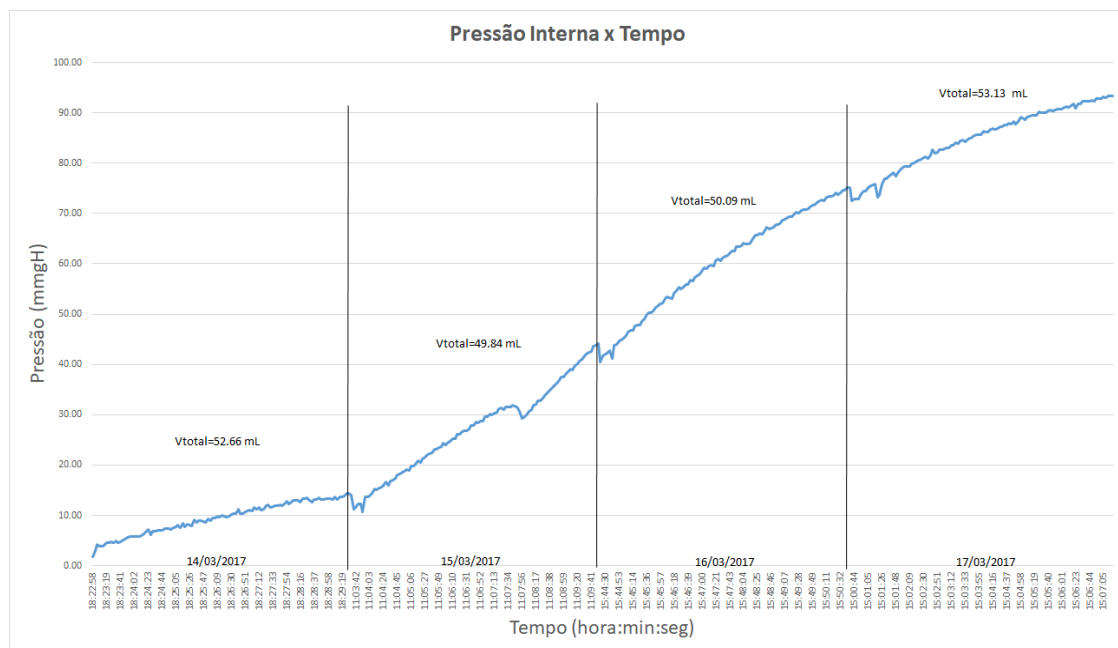


Figura 4. Evolução da pressão no expansor ao longo do tempo.

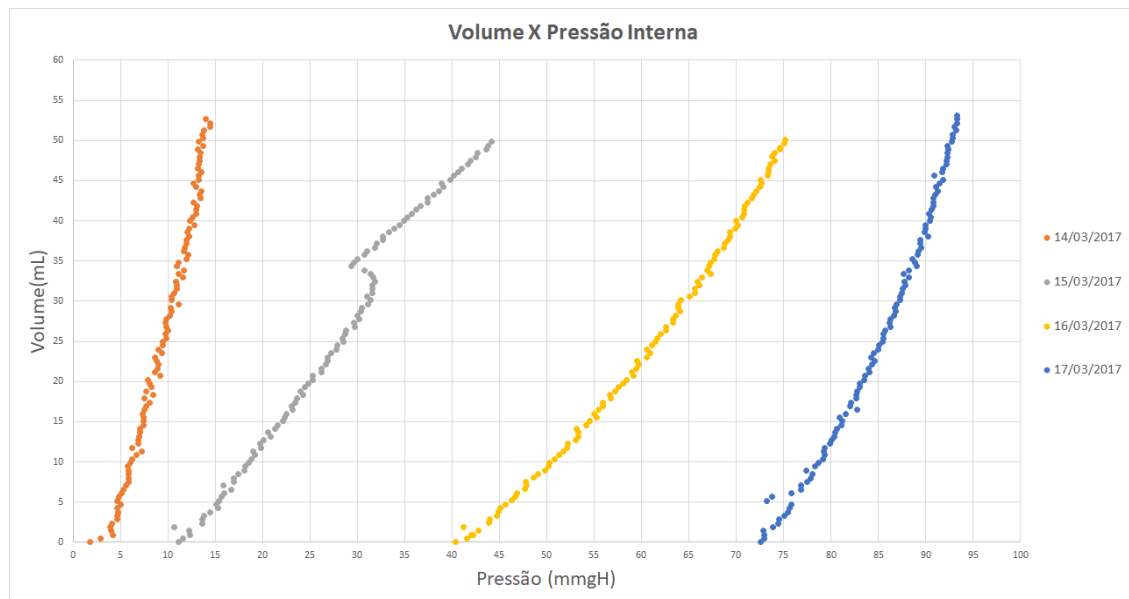


Figura 5. Relação do volume pela pressão.

Na fabricação do segundo aparelho, foram levadas em consideração todas as melhorias necessárias notadas no período de testes e geração de resultados anteriores. Das melhorias realizadas, a mais relevante foi o acréscimo de refrigeração ativa por ventoinha, já que ao longo de períodos extensos de funcionamento os dados passavam a apresentar dispersões causadas pelo sobre aquecimento do aparelho. O segundo aparelho foi preparado para entrega ao usuário, sendo produzido, também, um manual de operação, acompanhando cabo de força, e soro fisiológico.

6. CONCLUSÕES

O aparelho permite com sucesso uma nova forma de realizar o processo de expansão de pele e de coletar dados para estudos médicos na área da bioengenharia, com precisão, portabilidade e vasta capacidade de armazenamento. Segue atualmente em processo de patente com registro de depósito 0001/0113-PAT.

7. REFERÊNCIAS

- D.C. PAMPLONA, C.R. CARVALHO, Characterization of human skin through skin expansion. **Journal of Mechanics of Materials and Structures**, v. 7, p. 641-655, 2012.
- D.C. PAMPLONA, D E J S MOTA, Numerical and experimental analysis of inflating a circular hyperelastic membrane over a rigid and elastic foundation International Journal of Mechanical Sciences, v. 65, p. 18-23, 2012.
- D.C. PAMPLONA, R. VELLOSO, On Skin Expansion, Mechanical Behavior of Biomedical Materials v. 32, p. 128, 2013.

8. AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi apoiado pelo Edital Universal 479894/2013 do CNPq-Brasil.

9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.