



Um infusor autônomo para um expansor de pele subcutâneo

An autonomous infuser for a subcutaneous skin expander

DJENANE CORDEIRO PAMPLONA ^{1*}
RAPHAEL CURVELLO PIZZAIA ¹
HANS INGO WEBER ¹
GUILHERME RODRIGUES SAMPAIO ¹
HENRIQUE NASCIMENTO RADWANSKI ²

Instituição: Laboratório de Membranas e Biomembranas, Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Artigo submetido: 17/5/2018.
Artigo aceito: 4/10/2018.

Conflitos de interesse: não há.

DOI: 10.5935/2177-1235.2018RBCP0178

RESUMO

Introdução: A expansão da pele é um processo fisiológico definido como a capacidade de aumentar sua área superficial em resposta a uma tensão ou a uma dada deformação. Para realizar a cirurgia reconstrutiva, os expansores de pele são implantados sob a pele e periodicamente infiltrados com uma solução salina para fornecer um retalho extra de pele. Quando o volume interno prescrito do expansor é alcançado, a cirurgia reconstrutiva é realizada. **Métodos:** Foi desenvolvido um dispositivo semiautomático e portátil para facilitar um procedimento de expansão da pele. O dispositivo tem como objetivo simplificar o processo de infiltração, proporcionando mobilidade e independência para o paciente, e assegurando ao médico a qualidade e a precisão das infiltrações realizadas. O dispositivo também permite expansão contínua em pacientes hospitalizados. **Resultados:** Usando um código, o médico tem acesso ao menu do dispositivo e define a pressão máxima e/ou o valor máximo para cada expansor do paciente. O paciente pode realizar a infiltração e ter acesso ao controle da velocidade de infiltração, reverter ou parar a operação. Todos os dados são gravados em um SIM Card e incluem data, hora, volumes inicial e final, e pressão inicial e final de cada procedimento para cada expansor. **Conclusões:** O dispositivo automatiza e otimiza a expansão, de modo que o que o médico possa prescrever um limite para cada expansão, seja uma pressão máxima ou volume infiltrado. Todos os dados são gravados, fornecendo um importante banco de dados sobre o comportamento de pele relacionado a gênero, raça, idade e local da expansão.

Descritores: Dispositivos de expansão de tecido; Expansão de tecido; Desenvolvimento industrial; Procedimentos cirúrgicos ambulatoriais; Mamoplastia.

¹ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Instituto Ivo Pitanguy, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

■ ABSTRACT

Introduction: Skin expansion is a physiological process defined as the ability of human skin to increase its superficial area in response to a stress or given deformation. In reconstructive surgery, skin expanders are implanted beneath the skin and periodically infiltrated with a saline solution to provide an extra flap of skin. When the prescribed internal volume of the expander is reached, reconstructive surgery is performed. **Methods:** A semiautomatic and portable device was developed and built to facilitate a skin expansion procedure. The device aims to simplify the infiltration process, providing mobility and independence to the patient and assuring the physician of the infiltration quality and precision. The device also enables continuous expansion in hospitalized patients. **Results:** Using a code, the doctor accesses the menu of the device and sets the maximum pressure and/or value for each expander of the patient. The patient can control the infiltration velocity and reverse or stop the operation. All data are recorded on a simcard and include date, time, initial and final volumes, and initial and final pressures of each procedure for each expander. **Conclusions:** The device motorizes and optimizes the expansion, allowing the doctor to prescribe a maximum infiltration pressure or volume. All data are recorded to provide an important database of skin behavior related to sex, race, age, and expansion site.

Keywords: Tissue expansion devices; Tissue expansion; Industrial development; Ambulatory surgical procedures; Mammoplasty.

INTRODUÇÃO

A expansão da pele é um processo fisiológico definido como a capacidade da pele humana de aumentar sua área superficial em resposta à tensão ou a uma dada deformação. Os expansores de pele são próteses de silicone de diferentes formas e tamanhos que são implantados sob a pele. Como a pele é capaz de fluência ou relaxação, a tensão resultante diminui após um período de tempo específico em função de uma deformação imposta. A fisiologia da expansão da pele não consiste somente do alongamento da pele, mas também inclui o processo de relaxamento envolvido para obter um retalho extra de pele com características específicas.

Desde o estudo realizado por Austad & Rose¹, vários autores como Schmidt et al.² tentaram melhorar o processo de expansão utilizando expansões auto-infláveis ou contínuas e controladas, conforme o estudo de Duffy & Shuter³. Vários autores também examinaram conceitos e complicações envolvidas no processo cirúrgico, e numerosos estudos descrevendo resultados associados à expansão da pele de uma perspectiva

médica têm sido publicados. No entanto, poucos estudos investigaram o processo de bioengenharia.

Uma pergunta que surge durante a expansão da pele tem relação com a pressão dentro do expansor, que é importante para determinar se a infiltração deve prosseguir. Atualmente, o médico faz isto de forma intuitiva.

Quando Pamplona & Mota⁴ monitoraram a pressão interna e o volume injetado durante várias expansões de pele, perceberam discrepâncias na expansão nas situações em que a prótese é localizada sobre tecidos gordurosos. Para monitorar a expansão da pele e verificar e identificar o comportamento da pele resultante de expansões cutâneas sucessivas, foi necessário medir a pressão dentro do expansor de pele antes, durante e após da injeção da solução salina para cada expansão⁵⁻⁷.

OBJETIVO

Para estudar o processo de expansão da pele, um dispositivo portátil de infiltração de líquido foi desenvolvido, permitindo registrar a relação entre

a pressão interna e o volume do líquido infiltrados durante a expansão da pele, bem como o monitoramento da pressão interna ao longo do tempo. Este sistema semiautomático tem como objetivo ajudar o cirurgião no procedimento de expansão da pele, assim como permitir que o processo seja realizado pelo paciente, seguindo as diretrizes do médico.

Assim, um paciente em locais remotos e com acesso limitado à eletricidade pode realizar o procedimento de forma semiautônoma, eliminando a necessidade de atendimento ambulatorial periódico. A aquisição dos dados da expansão possibilitará vários estudos subsequentes: o exame da diminuição da pressão de infusões em implantes subcutâneos ao longo do tempo, a geração de dados para identificar os parâmetros viscoelásticos da pele, a determinação dos limites de infiltração, a otimização de expansores e implantes e muito mais.

MÉTODOS

O dispositivo tem um design de fácil transporte e limpo, sendo protegido por uma maleta de transporte, que contém todos os acessórios necessários para o uso, conforme indicado na Figura 1. Sua operação apresenta uma interface fácil de usar e sensível ao toque para uso do paciente e do médico. Além disso, ao longo do processo de infiltração, o usuário pode controlar a pressão, o fluxo máximo e o volume, e pode interromper o procedimento a qualquer momento.

Apenas o médico pode ajustar as configurações e alterar a data e hora; estas são protegidas por senha. O médico insere configurações para cada expansor, em um máximo de 5, para o volume máximo e pressão de cada expansão da pele, assim como o volume total máximo a ser infiltrado. O processo para automaticamente quando a pressão atinge um valor crítico ou quando o volume total de líquido se infiltrando. A bomba peristáltica pode infiltrar e retirar líquido do expansor.

O paciente usa a tela exibida na Figura 2 para iniciar cada infusão, selecionando o expansor de pele a ser infiltrado, uma vez que esta operação pode ser realizada usando vários expansores. A tela mostra a pressão real dentro do expansor, e o paciente pode controlar o fluxo da infiltração, podendo interromper o processo a qualquer momento.

Os dados para cada expansão são registrados separadamente em arquivos “.csv” para relacionar a pressão e o volume com a data e a hora. A bomba é facilmente esterilizada através de uma cabeça de bomba resistente a autoclave, e a bomba peristáltica não entra em contato com o líquido.



Figura 1. Infusor autônomo: tela (a), bomba (b), solução salina (c) e cabo de eletricidade (d).

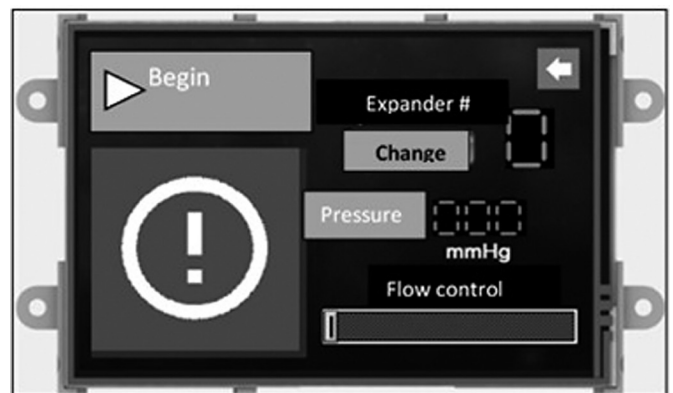


Figura 2. Telas do paciente em que a infusão começa.

RESULTADOS

Para simular o processo de expansão da pele, uma membrana elástica foi utilizada para fazer simulação na pele em um expansor de pele redondo

de 200 ml, conforme indicado na Figura 3, que, por sua vez, é acoplado à plataforma em acrílico. Usando o dispositivo com quatro infiltrações contendo volumes de aproximadamente 50 ml em quatro dias consecutivos, a pressão interna vs. o volume interno no expansor de pele para cada expansão, conforme indicado na Figura 4.

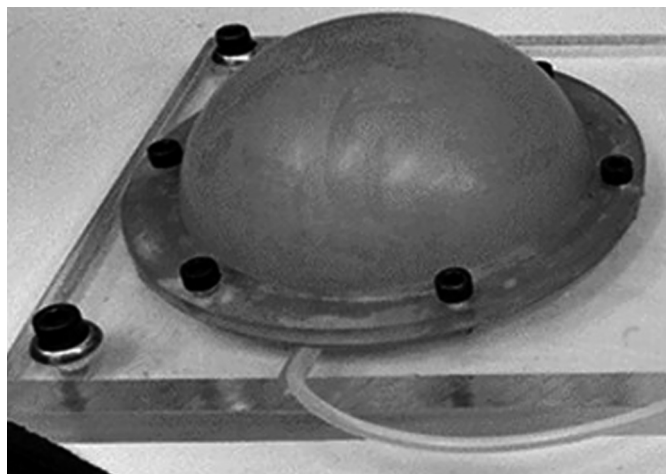


Figura 3. Banco de testes.

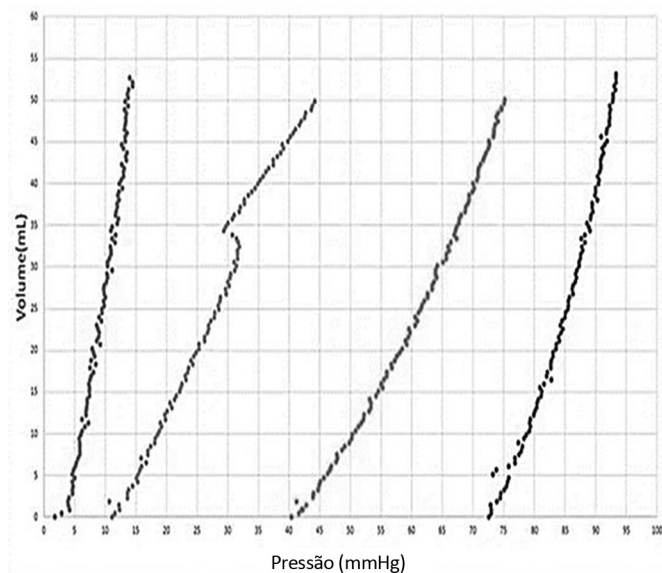


Figura 4. Volume interno vs. pressão interna sobre cada expansão.

A partir desta figura, observa-se na transição ao longo dos dias que a pressão interna no expansor diminui; acredita-se que isso ocorre devido às propriedades viscoelásticas da membrana, que se relaxa ao longo do tempo e é muito inferior àquela da pele. Observa-se também um comportamento diferente na segunda expansão, em que ocorre uma queda na pressão, seguida de uma curva que não segue a

tendência anterior. Isto pode ser devido ao ajuste do expansor de pele sobre a base de acrílico.

DISCUSSÃO

Um design proprietário foi desenvolvido em um caso à prova de água para portabilidade, segurança e facilidade de manuseamento com a capacidade de determinar a pressão e o volume, exibindo-os na interface de tela de toque, e salvando-os em um cartão MicroSD removível, registrando a data e a hora para o até cinco expansores. Além disso, o dispositivo é alimentado por uma bateria de íons de lítio recarregável e usa um microcontrolador programável.

CONCLUSÕES

Para melhorar o processo de expansão da pele, um dispositivo portátil de infiltração de líquido foi desenvolvido, permitindo registrar a relação entre a pressão interna e o volume do líquido infiltrado durante a expansão da pele, assim como o monitoramento da pressão interna ao longo do tempo. Este sistema semiautomático pode auxiliar o cirurgião no procedimento de expansão da pele, permitindo que o processo seja realizado pelo paciente. Dessa forma, um paciente em um local remoto e com pouco acesso à eletricidade pode realizar o procedimento.

O dispositivo automatiza e otimiza a expansão, uma vez que o médico pode prescrever um limite para cada expansão tanto para a pressão máxima quanto o volume infiltrados. Todos os dados são registrados, o que fornece uma base de dados importante e precisa sobre o comportamento de pele para estudos de bioengenharia médica relacionados a gênero, raça, idade e local de expansão. O dispositivo permite uma nova forma de realizar a expansão da pele devido à sua portabilidade e ampla capacidade de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Ivo Pitanguy e a sua equipe pelo apoio dado aos nossos projetos ao longo dos anos.

COLABORAÇÕES

DCP Análise e/ou interpretação dos dados; aquisição de financiamento; conceitualização; concepção e desenho do estudo; gerenciamento de recursos; gerenciamento do projeto; investigação; metodologia; realização das operações e/ou experimentos; redação - preparação do original; redação - revisão e edição; supervisão; validação.

- RCP** Coleta de dados; conceitualização; concepção e desenho do estudo; investigação; realização das operações e/ou experimentos.
- HIW** Análise e/ou interpretação dos dados; investigação.
- GRS** Metodologia; realização das operações e/ou experimentos.
- HNR** Aprovação final do manuscrito; conceitualização.

REFERENCES

1. Austad ED, Rose GL. A self-inflating tissue expander. *Plast Reconstr Surg.* 1982;70(5):588-94.
2. Schmidt SC, Logan SE, Hayden JM, Ahn ST, Mustoe TA. Continuous versus conventional tissue expansion: experimental verification of a new technique. *Plast Reconstr Surg.* 1991;87(1):10-5.
3. Duffy JS, Shuter M. Evaluation of soft-tissue properties under controlled expansion for reconstructive surgical use. *Med Eng Phys.* 1994;16(4):304-9.
4. Pamplona DC, Motta DEJS. Numerical and experimental analysis of inflating a circular hyperelastic membrane over a rigid and elastic foundation. *Int J Mech Sci.* 2012;65(1):18-23.
5. Pamplona DC, Carvalho CR. Characterization of human skin through skin expansion. *J Mech Mater Struct.* 2012;7(7):641-55.
6. Pamplona DC, Velloso RQ, Radwanski HN. On skin expansion. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;29:655-62.
7. Pamplona DC, Weber HI, Leta FR. Optimization of the use of skin expanders. *Skin Res Technol.* 2014;20(4):463-72.

***Autor correspondente:**

Djenane Cordeiro Pamplona

Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio

Rua Marquês de São Vicente nº 225 - Gávea - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

CEP 22451-900

E-mail: djenane@puc-rio.br