

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA PLANEJAMENTO DAS EXPANSÕES DE PELE

Djenane C. Pamplona, CTC-PUC-RIO, djenane@puc-rio.br

Raquel Velloso, CTC-PUC-RIO, rqvelloso@gmail.com

Hans I. Weber, CTC-PUC-RIO, hans@puc-rio.br

Resumo. *Expansão da pele é um processo fisiológico definido pela capacidade da pele humana para aumentar a sua área superficial em resposta à tensão ou a uma dada deformação. Expandores de pele são sacos de silicone a serem implantados sob a pele. A pele apresentando fluência ou relaxamento, a pressão interna no expansor diminui após um determinado período de tempo, devido à deformação imposta. Expansões da pele são usadas para reconstruir as áreas queimadas, seios após uma mastectomia ou para esconder cicatrizes e defeitos. Esta técnica é geralmente realizada perto das zonas onde a pele é necessária, para proporcionar pele da mesma cor, textura, estrutura e sensibilidade como a que será removida, tal como nos casos de cicatrizes e queimaduras. No entanto, uma questão que se coloca constantemente durante a expansão da pele é se quantidade da pele obtida é suficiente ou, em outras palavras, se a expansão forneceu pele suficiente para reparar o defeito. O objetivo do presente estudo é calcular o número e tipo dos expandores de pele para assegurar que uma área adicional de pele esteja presente para alcançar a reconstrução. Assim, o aplicativo desenvolvido sugere o tipo, número e volume dos expandores de pele necessários para se obter uma quantidade adicional de pele que possa reparar uma condição médica específica. O aplicativo também determina a quantidade de pele obtida, mesmo nos casos em que a expansão não vem a termo. São analisadas expansões com expandores de pele redondos, retangulares e crescentes.*

Palavras chave: pele, cirurgia reparadora, expansão de pele, elementos finitos

1. INTRODUÇÃO

Expandores de pele são usadas para reconstruir as áreas queimadas, seios após uma mastectomia, para esconder as cicatrizes ou quaisquer outros defeitos da pele. A expansão é um processo fisiológico definido pela capacidade da pele humana em aumentar a sua área superficial em resposta à tensão ou a uma dada deformação. Expandores de pele são sacos de silicone que são implantados cirurgicamente sob a pele, Fig. 1. Através de uma válvula conectada ao expansor uma certa quantidade de líquido é infiltrada semanalmente. A pele apresentando fluência ou relaxamento, a pressão interna diminui com o tempo podendo chegar a zero ao final de uma semana. Depois que o volume interno do expansor, volume nominal, é atingido realiza-se uma cirurgia para remover o expansor e reconstruir a região desejada.



Figura 1: Expandores: redondo, retangulares e semilunar com suas válvulas

A questão que se coloca constantemente durante a expansão da pele é se se cria uma quantidade suficiente da pele ou, por outras palavras, se a expansão conseguida é suficiente para reparar o defeito. Estas perguntas são respondidas com informações sobre a quantidade de novo tecido que é necessário para alcançar a reconstrução em um determinado contexto e o cálculo do tecido desejado (área superficial) em relação ao volume infiltrado.

Várias tentativas têm sido feitas para calcular as dimensões desejadas do expansor, utilizando programas de computador e cálculos matemáticos. Raposio *et al.* (1997) determina que as dimensões da base de um expansor de tecido rectangular deve ser igual às dimensões do defeito. Eles multiplicaram a exigência de superfície por 3/2, um "factor de correção", que deve compensar a perda de tecido durante a transferência de tecidos. Patel (1986) discorda de Shively (1986) e apresenta um cálculo matemático para estimar o volume desejado e a altura de um expansor esférico, sem o auxílio de um computador. Ele sugeriu que, quando um cálculo analítico é possível, então não há necessidade de um computador para realizar estes cálculos simples. Além disso, Duits *et al.* (1989) apresentaram cálculos matemáticos para expandores rectangular e semi-lunar. O trabalho de Padam (2009) apresenta uma versão mais simplificada para calcular matematicamente do volume de um expansor esférico. Eles consideraram a necessidade de adicionar 20-30% de tecido no cálculo para considerar a retração do tecido e *dog-ear*. Van Rappard *et al.* (1988) descobriram que usando-se expandores esféricos ou semi-esféricos, a área da superfície ganha foi apenas 25% da obtida através de cálculo

matemático, enquanto foi de 38% e 32%, utilizando os expansores retangulares e semilunares, respectivamente. Assim conclui-se que a área total de superfície necessária para reparar o defeito pode ser calculada como a área de superfície do defeito acrescentada de 20%.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi desenvolver um algoritmo para orientar os cirurgiões plásticos na escolha do número, forma e volume de expansores de pele necessários para obter uma determinada área do retalho de pele para ser usada em uma cirurgia plástica reconstrutiva. A pesquisa foi feita para os três expansores mais utilizados: redondo, retangular e semi-lunar. A informação fornecida pelo aplicativo é a área do retalho ganha, i.e., a área da superfície expandida da qual foi subtraída a retração da pele durante a cirurgia realizada para remover o expansor de pele (20%) e também a pele necessária para cobrir o local onde foi implantado o expansor. Para desenvolver o algoritmo, foi necessário calcular a relação entre o volume infiltrado e a área superficial. Os resultados obtidos através de fórmulas, especialmente no caso de um retangular, foram corrigidos ou validados por um trabalho experimental utilizando um scanner 3D para calcular a relação entre as áreas superficiais e os volumes internos. O algoritmo fornece informação para determinar o tipo, número e volume dos expansores de pele necessários para se obter uma quantidade adicional de pele para reparar uma condição médica específica e também para determinar a quantidade de pele obtida, mesmo nos casos em que a expansão não vem a termo.

3. ANÁLISE NUMÉRICA

Para obter um algoritmo que relacionasse a área superficial S_f^i , com o volume infiltrado V^i , onde i define se é retangular (r) ou redondo (c), foi relativamente simples para o caso dos expansores redondo e retangular, Fig. 2. A seguir seguem as expressões utilizadas: Eq. 1, para o retangular e Eq. 2 para o redondo.

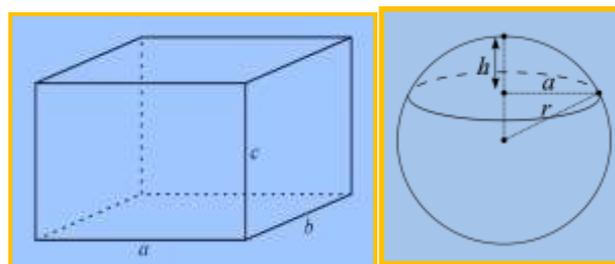


Figura 2: Formas retangular e calota esférica

$$S_f^r = \frac{2 \times V^r}{a \times b} (a + b) = \frac{2 \times (a + b)}{a \times b} V^r \quad [1]$$

$$S_f^c = \pi a^2 \left[\frac{\left(\sqrt[3]{4C + 4\sqrt{4 + C^2}} \right)^2 - 4}{2\sqrt{4C + 4\sqrt{4 + C^2}}} \right]^2 \quad C = -\frac{6V^c}{\pi a^3} \quad [2]$$

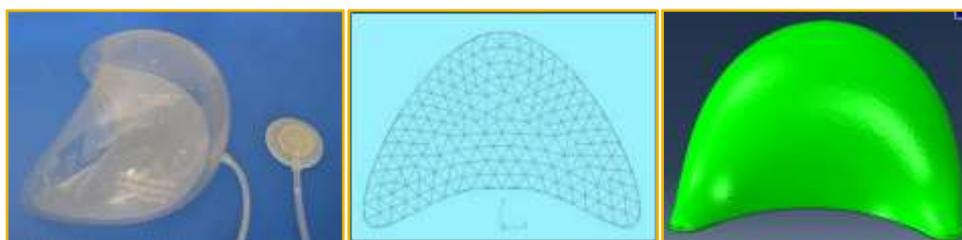


Figura 3: Expansor, malha de elementos finitos e forma para um expansor de 300 ml

No caso do expansor semi-lunar para relacionar a área superficial com o volume infiltrado foi necessário utilizar o método dos elementos finitos através do software ABAQUS® usando uma malha de elementos híbridos de membrana (M3D4) e para controlar o volume infiltrado usou-se os elementos fluidos do ABAQUS (F3D4), Fig. 3. Como o que

interessa para o modelo é a relação volume interno x área superficial, o cálculo independe das propriedades da membrana. As condições de contorno foram consideradas simplesmente apoiadas, já que não existe “peeling” no bordo.

4. ANÁLISE EXPERIMENTAL

Com o objetivo de validar os resultados numéricos foi realizada uma análise experimental através do escaneamento 3D dos expansores enquanto eram infiltrados, Fig.4. Dois aparatos de acrílico foram fabricados, um para realizar o experimento nos expansores redondo e retangular, outro para realizar o experimento em dois expansores semi-lunares com volumes nominais de 150 ml e 300 ml. O escaneamento foi realizado com diversores volumes infiltrados Fig. 4.

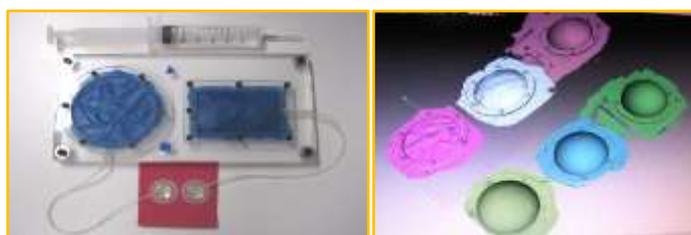


Figura 4: Aparato desenvolvido para o escaneamento 3D e resultado para o redondo

Os resultados do algoritmo do expensor retangular necessitaram ser corrigidos pelo fator 0,83 tendo em vista que o expensor sob a pele tem seus cantos arredondados e com isso a área superficial é menor. Já os resultados para o expensor redondo e semilunar foram validados pela análise experimental.

5. APLICATIVO “SKIN CALC” para i-PHONE

O aplicativo tem como objetivo orientar o cirurgião plástico na escolha do tipo, número e volume de expansores de pele que devem ser utilizados para obter um determinado retalho de pele necessário à reconstrução. A informação fornecida pelo aplicativo é a área ganha, i.e., a área superficial, corrigida no caso do expensor retangular, subtraída de 20% referente à retração e *dog ear*, e também da área necessária para recobrir o local onde foi implantado o expensor. A restrição para os resultados é que os mesmos devem ser utilizados para uma expansão sobre base rígida e não sobre base elástica, Pamplona e Mota (2012).

O aplicativo tem duas funções *CHOOSE SKIN EXPANDER* e *CALCULATE SKIN GAIN*. A função *CHOOSE SKIN EXPANDER*, Fig. 5(a), pede o tamanho do defeito (em centímetros ou polegadas), e fornece para cada tipo de expensor duas escolhas relativas à quantidade e ao volume nominal necessários para se obter o retalho de pele a ser utilizado. A função *CALCULATE SKIN GAIN* permite conhecer o retalho obtido na expansão usando determinado expensor quando certa quantidade de líquido foi infiltrada.

A função *CHOOSE SKIN EXPANDER*; pede o tamanho do defeito, Fig. 5(b), (no caso foi escolhido 10x12 cm, i.e., 120 cm²); pede o tipo de expensor escolhido, Fig. 5(c) (no caso foi o retangular); retorna duas possibilidades um de 600 ml, Fig. 5(d), com suas dimensões que fornecerá um retalho de 173,91 cm² ou dois expansores de 200 ml, Fig. 5(e), com suas dimensões que fornecerão 175,08 cm².

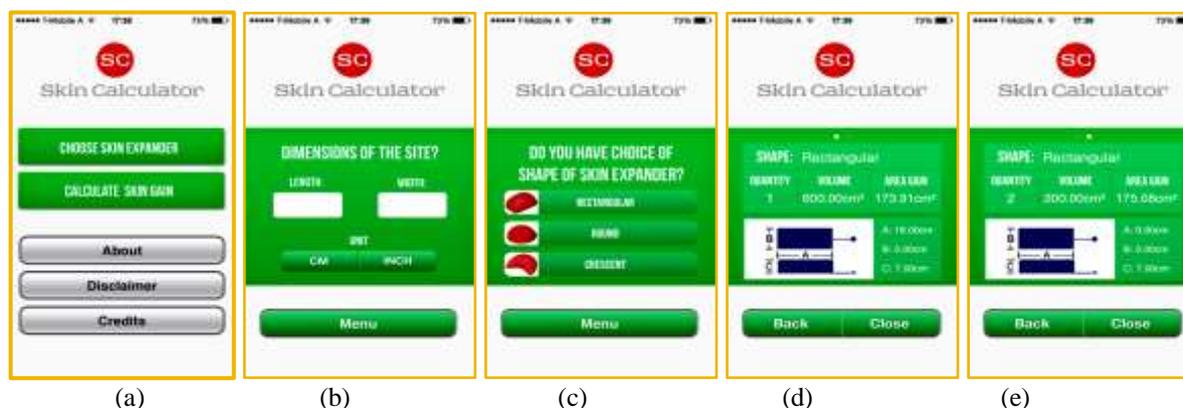


Figura 5. Telas do aplicativo “SKIN CALC”: (a) tela inicial; (b) pede o tamanho do defeito; (c) pergunta o tipo de expensor; (d) fornece a opção de um expensor retangular; (e) fornece a opção de dois expansores retangulares

O botão *BACK* possibilita ao usuário reescolher a forma de expansor a ser analisada, no caso de redondo; retorna duas possibilidades de um expansor de 1000 ml, Fig. 6(a), com suas dimensões que fornecerá um retalho de $136,3 \text{ cm}^2$ ou dois expansores de 400 ml com suas dimensões que fornecerão um retalho de $136,6 \text{ cm}^2$, Fig. 6(b). Se o usuário escolher a opção semilunar; o aplicativo retorna duas possibilidades de um expansor de 700 ml, Fig. 6(c), com suas dimensões que fornecerá um retalho de $152,02 \text{ cm}^2$ ou dois expansores de 200 ml com suas dimensões que fornecerão um retalho de $149,42 \text{ cm}^2$, Fig. 6(d). O expansor redondo é a pior escolha.

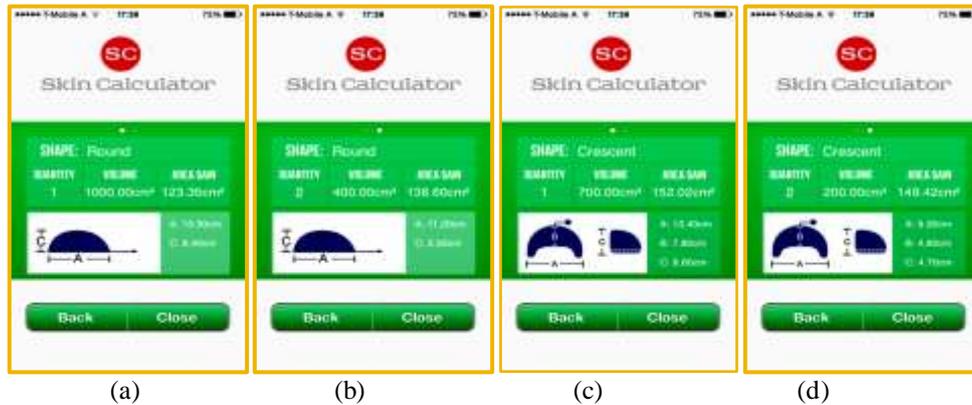


Figura 6. Telas do aplicativo “*SKIN CALC*”: (a) fornece a opção de um expansor redondo; (b) fornece a opção de dois expansores redondos; (c) fornece a opção de um expansor semilunar; (d) fornece a opção de dois expansores semilunares

A função *CALCULATE SKIN GAIN*; pede o tipo de expansor em questão, Fig. 7(a), no caso de retangular pede suas dimensões de base e volume infiltrado, Fig. 7(b); retorna a área do retalho de pele obtida Fig. 7(c) $42,69 \text{ cm}^2$.



Figura 7. Telas do aplicativo “*SKIN CALC*”: (a) pede o tipo de expansor; (b) pede as dimensões da base do expansor retangular e o volume infiltrado; (c) retorna a área do retalho de pele obtida

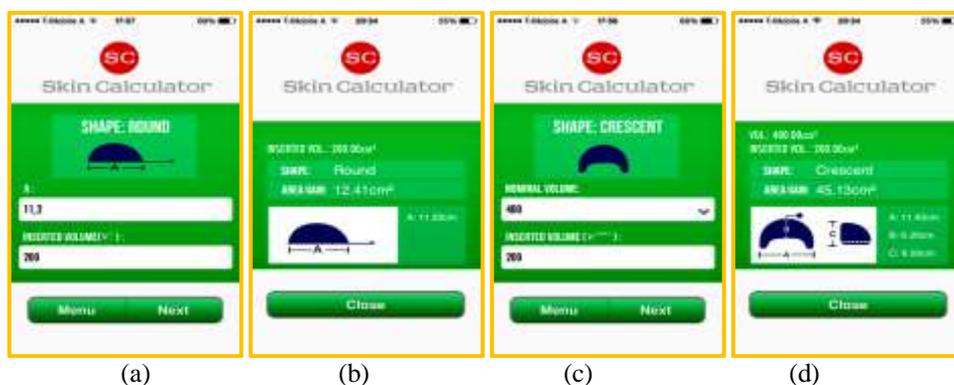


Figura 8. Telas do aplicativo “*SKIN CALC*”: (a) pede dimensão do redondo e volume infiltrado; (b) retorna a área do retalho de pele obtida; (c) pede o volume nominal do expansor semilunar o volume infiltrado; (c) retorna a área do retalho de pele obtida

No caso do expansor redondo a tela pede o diâmetro da base e volume infiltrado, Fig. 8(a); retorna a área do retalho de pele obtida 12,41 cm², Fig. 8(b). No caso do semilunar a tela pede o volume nominal, Fig. 8(c); retorna a área do retalho de pele obtida 45,13 cm², Fig. 8(d). Observa-se que outra vez no redondo com um expansor de volume nominal de 400 ml, que é o caso dos três, inserindo o mesmo volume se obtém um retalho menor.

6. CONCLUSÕES

O aplicativo mostrou-se muito útil, tendo sido considerado revolucionário por cirurgiões plásticos. Comprovou-se que alguns expansores de pele apesar de terem volumes nominais maiores fornecem retalhos de pele menores. O expansor de pele redondo provou ser bastante ineficiente. Como trabalho futuro encara-se a questão da expansão sobre tecido mole e suas correções no aplicativo, além de desenvolver um aplicativo para *Androide*.

7. REFERÊNCIAS

- Dutis, E.H., Molenaar, J., van Rappard, J.H., 1989, ‘The modeling of skin expanders’, *Plast Reconstr Surg*, Vol. 80, pp. 362–365.
- Padam, S.B., 2009, ‘Mathematical Calculations in a Spherical Tissue Expander’, *Annals of Plastic Surgery*, Vol. 62(2), pp. 200-204.
- Pamplona, C.D., Mota, D.E.J.S., 2012, ‘Numerical and experimental analysis of inflating a circular hyperelastic membrane over a rigid and elastic foundation’, *Int. Journal of Mechanical Sciences*, Vol. 65, pp. 18–23.
- Patel, P.K., 1986, ‘Estimating the tissue-expander volume: a poor man's recipe’, *Plast Reconstr Surg*, Vol. 78, pp. 426.(Letter)
- Raposo, E., Santi, P., 1997, ‘Computer-aided preoperative planning of tissue expansion’, *Ann Plast Surg*; Vol. 39, pp. 41-48.
- Shively, R.E., 1986, ‘Skin-Expander volume estimator’, *Plast Reconstr Surg*, Vol. 77, pp. 482-3.
- van Rappard, J.H.A., Molenaar, J., van Doorn, K., Sonneveld, G.J., Borghouts, J.M.H.M., 1988, ‘Surface-area increase in tissue expansion’, *Plast Reconstr Surg*, Vol. 82, pp. 833-7.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos especialmente ao Professor Ivo Pitanguy e Dr. Henrique N. Radwanski assim como à sua equipe, pelo suporte aos projetos nos anos seguidos, e ao Dr. Rodrigo B. Burgos que se envolveu no estágio inicial desta pesquisa. A Santa Casa da Misericórdia do Rio de Janeiro e o Instituto Professor Ivo Pitanguy aprovaram esta pesquisa. O auxílio financeiro foi fornecido pela CAPES (E: 0567-2006) e CNPq (301832/2009-9).

8. ABSTRACT

Skin expansion is a physiological process that is defined as the ability of the human skin to increase its superficial area in response to stress or to a given deformation. Skin expanders are silicon bags that are implanted underneath the skin. Because the skin presents creep or relaxation, the resulting stress decreases after a specific amount of time due to the imposed deformation. For example, skin expansions are used to reconstruct burned areas and breasts after a mastectomy or to hide scars. This technique is usually performed near areas where skin is required, to provide skin of the same color, texture, sensibility and structure as that to be removed, such as in cases of scars and burns. However, a question that constantly arises during skin expansion is whether it creates a sufficient amount of skin or, in other words, whether the achieved expansion is sufficient to resurface the defect. These questions may be answered with information about how much new tissue is required to achieve the reconstruction in a given context and if this required tissue (surface area) might be calculated in relationship to the volume infiltrated. The goal of the present study is to calculate the number and shape of skin expanders required to ensure that an extra area of skin is present to achieve the reconstruction. Thus, this study provides information to determine the type, number and volume of skin expanders necessary to obtain an extra amount of skin to repair a specific medical condition and to determine the amount of skin obtained even in cases when the expansion does not come to term. Round, as well as rectangular and crescent skin expanders are discussed.

9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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