

ESTUDO DA SUTURA DA PELE UTILIZANDO SOLDAGEM A LASER

Elton Diêgo Bonifácio, eltondbonifacio@yahoo.com.br,
Cleudmar Amaral de Araújo, cleudmar@mecanica.ufu.br
Marcelo Emílio Beletti, mebeletti@ufu.br
Gilmar Guimarães, gguima@mecanica.ufu.br
Marcília Valéria Guimarães, mvvgmad@gmail.com
Gabriela Lima Menegaz, gabriela.menegaz@gmail.com
Márcio Peres de Souza, marcioperes.mec@hotmail.com

Resumo. O processo convencional de sutura da pele é utilizado para fechar uma incisão na qual o objetivo é reconstituir a forma e função do tecido após um procedimento operatório. Apesar dos avanços nos materiais utilizados para sutura, observa-se em alguns casos uma não uniformidade na cicatrização que pode gerar infecções e danos teciduais. Neste aspecto, estudos buscam alternativas para solucionar este problema. Uma aplicação promissora é o uso da soldagem de tecidos utilizando fontes de calor, e em particular, soldagem a laser. A soldagem a laser fornece vantagens comparativamente às técnicas convencionais como, por exemplo, fechamento imediato da incisão, menor tempo de reação à presença de corpo estranho e redução do tempo cirúrgico. No entanto, devido ao grande número de variáveis envolvidas no processo, os mecanismos que atuam na soldagem de tecidos ainda não são completamente conhecidos. Sabe-se que a soldagem a laser é um fenômeno termicamente dependente da absorção da energia do laser pelo tecido e consequentes alterações biotermomecânicas são supostamente a base da união dos tecidos. Assim a proposta deste trabalho foi avaliar a soldagem de pele utilizando uma fonte a laser. Para isso foi proposto um estudo in vitro utilizando pele de suínos visando avaliar o gradiente térmico, aspecto visual e a resistência da união sob influência de uma pressão externa nas bordas da incisão, potência de saída do laser e utilização de um material de adição. Neste estudo a resistência da união das amostras foi avaliada através do ensaio de tração. Paralelamente foi proposto um modelo matemático para estimar os efeitos térmicos nas peles utilizando técnicas de similitude considerando parâmetros como potência e tempo de exposição do laser e posição de medida da temperatura ao longo da espessura do tecido. Também foi adaptado um modelo matemático in vivo para o estudo in vitro proposto visando determinar o gradiente térmico na pele submetida ao laser. Os estudos mostraram que as incisões podem ser fechadas pela fonte a laser utilizando material de adição sendo que, para amostras in vitro, a pressão aplicada para unir a incisão possui pouca influência.

Palavras chave: soldagem de tecidos, pele, sutura, laser

1. INTRODUÇÃO

No campo da cirurgia a “soldagem” vem sendo estudada como alternativa à sutura convencional. Segundo Figueiredo (2009), várias técnicas alternativas à sutura vêm sendo estudadas, e potencialmente pode-se obter a “solda” do tecido através do aquecimento, que pode ser alcançado utilizando-se diversas fontes de energia, seja direta ou indiretamente, como ultrassom, resistência elétrica, microondas e etc., no entanto, a que se destaca é utilizando-se laser como fonte de energia que possibilita entre outras a realização de cirurgia endoscopicamente (OTT et al., 2001).

A utilização do laser na soldagem de tecidos é uma das inovações tecnológicas que está se movendo das bancadas dos laboratórios para aplicações clínicas (SCHERR; POPPAS, 1998; FIGUEIREDO, 2009). Recentemente as aplicações da soldagem de tecidos está começando a ganhar aceitação por parte dos profissionais da área da saúde, principalmente em técnicas como laparoscopia e endoscopia (MCNALLY, et al., 1999).

Apesar de várias pesquisas no campo da soldagem de tecidos avaliarem vasos sanguíneos, o laser como ferramenta de soldagem é aplicado em diversos campos como reparo de nervos (MENOVSKY; BEEK; VAN GEMERT, 1996) artérias e veias porcinas (OTT et al., 2001), aorta bovina (MCNALLY, et al., 1999) veia femoral de cachorro (SMALL, et al., 1998; WHITE, et al., 1986), pele (GULSOY, et al., 2006; TABAKOGLU; GÜLSOY, 2010), entre outros.

No entanto, conforme destacam Menovsky; Beek; Van Gemert (1996), a escolha do sistema a laser e dos parâmetros utilizados para soldagem são baseados em informações empíricas, bem como o mecanismo de soldagem que ainda não é bem compreendido (SCHERR; POPPAS, 1998; MENOVSKY; BEEK; VAN GEMERT, 1996; TALMOR; BLEUSTEIN; POPPAS, 2001; BRODIE, 2003; FIGUEIREDO, 2009).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A utilização do laser na soldagem de tecidos é uma das inovações tecnológicas que está se movendo das bancadas dos laboratórios para aplicações clínicas (SCHERR; POPPAS, 1998). No entanto, conforme destacam Menovsky; Beek;

Van Gemert, (1996), a escolha do sistema a laser e dos parâmetros utilizados de soldagem são baseados em informações empíricas, uma vez que o mecanismo de soldagem não é bem compreendido.

Apesar da possibilidade de utilizar uma fonte qualquer de energia, o laser é o mais empregado. O progresso no campo da soldagem de tecidos a laser é lento devido em parte ao grande número de parâmetros envolvidos (FRIED; WALSH, 2000; BRODIE, 2003). Como o processo não é bem entendido torna-se difícil ajustar os parâmetros do laser para uma soldagem ótima e determinar quando a solda foi alcançada. O nível de energia e tempo de exposição do laser pode ser adequado para um tipo de tecido e ser inadequado para outros tecidos, ou situações (POPPAS; SCHLOSSBERG, 1994).

2.1. Ensaio *in vitro*

Alguns aspectos do problema da soldagem de tecidos utilizando sistema de laser de diodo de 808 nm foram avaliados através de uma abordagem *in vitro*. Para tal, foram utilizadas peles de suínos com o propósito de estudar a influência da pressão e material de adição no processo de união. Para isso, foi projetado um dispositivo no qual é possível aplicar uma pressão no tecido a ser soldado e ao mesmo tempo movimentar a fonte de laser em um percurso pré-definido conforme indicado na Fig.(1).

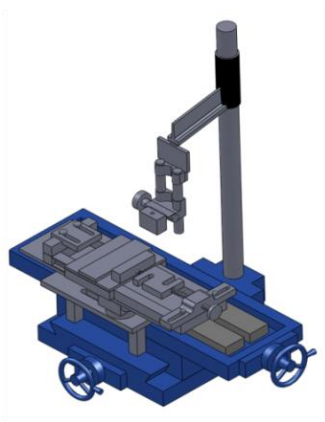


Figura 1. Desenho esquemático do aparato experimental.

Devido a sua semelhança com tecidos humanos os tecidos de suíno vêm sendo amplamente empregados em trabalhos científicos (SULLIVAN et al., 2001). Assim, neste estudo, a análise *in vitro* da soldabilidade da pele foi feita através de pele de suínos.

O ensaio de tração, em amostras de pele de suínos, foi conduzido com uma velocidade de 2 mm/min nas amostras soldadas e 10 mm/min nas amostras suturadas.

O procedimento de soldagem das amostras de pele foi realizado conforme o fluxograma da Fig.(2).

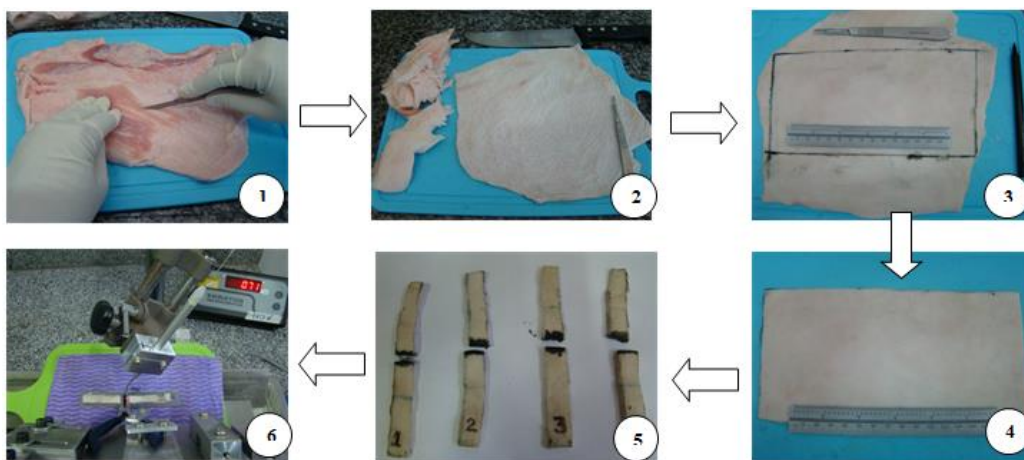


Figura 2. Fluxograma do processo de preparação das amostras de tecido para a soldagem a laser.

Conforme indicado pela Fig.(2), na etapa 01 é feita uma limpeza superficial das amostras de pele, na etapa 02 com o auxílio de um bisturi a pele é deixada o mais uniforme possível, restando apenas a epiderme e a derme e uma fina camada de gordura, na etapa 03 é feita uma marcação para os cortes das amostras, na etapa 04 as amostras são cortadas

em tiras de 100 mm de comprimento por 12 mm de largura, na etapa 05 é feita uma incisão de espessura completa na mesma dimensão da largura das amostras. Na etapa 06 as amostras já preparadas são posicionadas no aparato experimental para o procedimento de soldagem. Após proceder com toda a metodologia descrita, os passos seguintes foram a aplicação do laser e em seguida as amostras soldadas foram submetidas ao ensaio de tração. A Tabela (1) sintetiza os parâmetros utilizados no presente trabalho para a operação de soldagem a laser da pele.

Tabela 1. Parâmetros utilizados durante o processo de soldagem da pele.

Potência de saída [W]	Material de adição	Pressão[kPa]
$W_1 = 0,5$	M = Albumina + “índia ink”	$P \approx 693$
$W_2 = 1,0$	SM = Sem material de adição	SP = Sem Pressão
$W_3 = 1,5$	-----	-----

O fluxograma da Fig.(3) mostra o esquema de combinações entre os parâmetros da Tab.(1) que foram utilizados nos estudos *in vitro*. Para cada configuração foram realizadas 3 repetições dos testes totalizando 36 diferentes análises.

A nomenclatura utilizada neste trabalho é: W: Potência; P: Pressão; SP: sem pressão; M: material de adição; SM: sem material de adição.

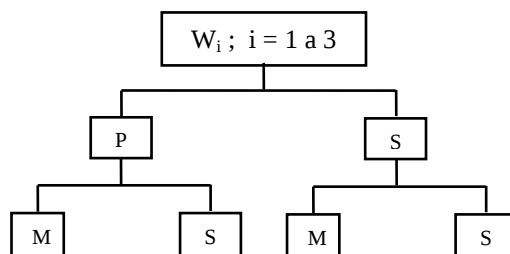


Figura 3. Fluxograma das diferentes combinações utilizadas no estudo *in vitro*.

3. RESULTADOS

As amostras que foram soldadas sem o material de adição apresentaram uma coloração mais escura além de um aspecto mais rígido em alguns pontos relacionados a um processo localizado de desidratação. As amostras que foram soldadas sem material de adição não apresentaram uma união efetiva.

Foi observado um fechamento das bordas das incisões de todas as amostras que foram soldadas com adição de proteína (albumina do ovo) e corante (índia ink). A Figura 4 mostra uma amostra soldada ilustrando a homogeneidade da solda.

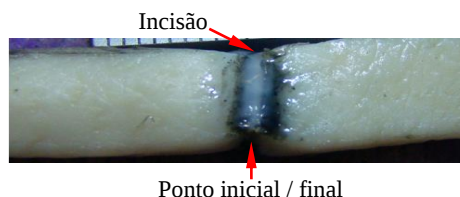


Figura 4. Amostra soldada com material de adição, ilustrando a homogeneidade da solda.

3.1. Ensaio de tração – avaliação da resistência mecânica

a. Amostras Soldadas

Conforme destacado, somente as amostras soldadas com material de adição tiveram uma efetiva união nas bordas da incisão. Verifica-se uma variação elevada nos valores obtidos pelo ensaio de tração, conforme destaca a Tab.(2), demonstrando uma grande não-linearidade da união soldada. Diversos fatores podem influenciar este processo ligado com a adesão do tecido principalmente as dificuldades na realização do experimento, dentre as quais pode-se destacar: preparação da amostra; aplicação da pressão nas bordas da incisão; quantidade de material de adição; habilidade do operador; manuseio adequado das amostras soldadas.

Tabela 2. Carga máxima de ruptura e deslocamentos médios referente à carga ruptura para W-P/SP-M.

Configuração	Carga Máx. [N]	Desl. Carga Máx. [mm]
W ₁ _P_M	0,50	3,27
W ₁ _SP_M	0,40	2,54
W ₂ _P_M	0,35	4,76
W ₂ _SP_M	1,18	4,38
W ₃ _P_M	0,19	1,88
W ₃ _SP_M	0,25	1,69

b. Amostras Suturadas

O ensaio de tração nas amostras suturadas foi conduzido até o rompimento dos nós. A Tabela (3) mostra os resultados obtidos para essas amostras.

Tabela 3. Carga máxima de ruptura e deslocamento referente à carga máxima de ruptura para as amostras suturadas.

Amostra	Desl. na Carga Ruptura [mm]	Carga de Ruptura [N]
1	7,10	5,48
2	4,65	2,94
3	3,48	1,98
4	5,36	4,43
Média	5,15	3,71

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da variabilidade dos resultados, de forma geral, observa-se, para todas as configurações, que é possível obter um fechamento imediato da incisão através do processo de soldagem a laser, mesmo em ensaios in vitro. Do ponto de vista in vivo, isso poderia representar uma vantagem, uma vez que os fenômenos biológicos de cicatrização estão atuando no sentido de restaurar a continuidade dos tecidos e sua resistência. Além disso, pode-se destacar que o fato da incisão permanecer fechada durante o processo de cicatrização impede a entrada de agentes externos no local da incisão

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

AGRADECIMENTOS

Aos órgãos de fomento (FAPEMIG, CNPq e CAPES) pelo apoio financeiro, à FEMEC/UFU e ao LPM/UFU.

REFERÊNCIAS

- BRODIE, L. M. **Welding of Skin using Nd:YAG Laser with Bipolar Contact Applicators**. University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying. [S.l.], p. 242. 2003.
- FIGUEIREDO, R. L. P. D. **Soldagem Térmica de Tecido Biológico Rico em Colágeno (Aorta Porcina)**. Dissertação de Mestrado -Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 90 f. 2009.
- FRIED, N. M.; WALSH, J. T. J. Laser skin welding: in vivo tensile strength and wound healing results. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 27, p. 55-65, 2000.
- MCNALLY, K. M.; SORG, B. S.; WELCH, A. J.; DAWES, J. M.; OWEN, E. R. Photothermal effects of laser tissue soldering. **Phys. Med. Biol.**, Austrália, v. 44, p. 983-1002, 1999.
- MENOVSKY, T.; BEEK, J. F.; VAN GEMERT, M. J. C. Laser tissue welding of dura mater and peripheral nerves: a scanning electron microscopy study. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 19, p. 152-158, 1996.
- POPPAS, D. P.; SCHLOSSBERG, S. M. Laser tissue welding in urologic surgery. **Urology**, v. 43, n. 2, p. 143-148, February 1994.
- SCHERR, D. S.; POPPAS, D. P. Laser tissue welding. **Technologic Advances in Urology: Implications for the Twenty-First Century**, v. 25, n. 1, p. 123-135, Fevereiro 1998.
- SULLIVAN, T. P.; EAGLSTEIN, W. H.; DAVIS, S. C.; MERTZ, P. The pig as a model for human wound healing. **Wound Repair and Regeneration**, v. 9, p. 66-76, 2001.