

COMPORTAMENTO MECÂNICO DA PELE DE ORIGEM SUÍNA: UMA BREVE REVISÃO

André Santos da Costa¹; Katharine Valeria Saraiva Hodel²; Bruna Aparecida Souza Machado³; Josiane Dantas Viana Barbosa⁴

¹ Graduando em Engenharia de Materiais; Iniciação Científica – FAPESB; andre.costas@hotmail.com

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; k2hodel@gmail.com

³ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; brunam@fieb.org.br

⁴ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; josianedantas@fieb.org.br

RESUMO

O estudo da pele humana vem ganhando mais ênfase devido a maior necessidade do entendimento sua funcionalidade, bem como de seu comportamento mecânico, para que se tenha melhores protocolos de tratamentos em acidentes na pele. Ela é a primeira barreira de proteção para com o ambiente externo, entretanto o estudo com pele humana apresenta dificuldades devido a sua disponibilidade e questões éticas, com isso, o estudo de outros materiais sintéticos como substituto, vem ganhando notoriedade. Um possível material para desempenhar essa função é a pele de origem suína, devido a suas propriedades mecânicas e morfológicas apresentarem certa similaridade. Neste sentido, o objetivo desse estudo é trazer uma breve revisão de literatura sobre esse assunto, apresentando pontos de como realizar essa caracterização para a avaliação de suas propriedades e de armazenamento, mostrando que a pele de origem suína se faz como bom suplente a pele humana.

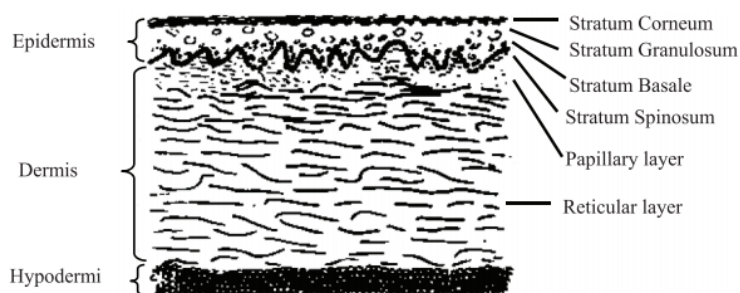
PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de tecidos; Biomateriais; Pele suína.

1. INTRODUÇÃO

Para a maioria dos vertebrados, a pele é a camada mais externa do corpo e atua como uma primeira proteção barreira contra agentes externos, como calor, luz, infecção e lesões. É também uma importante interface com o nosso ambiente, hospedando uma infinidade de sensores, glândulas, canais e poros que permite que os organismos sintam toque, calor, dor, regulem sua temperatura corporal e higrometria.¹

A estrutura da pele pode ser composta por três regiões principais, a epiderme, a derme e a hipoderme (Figura 1). Na sua primeira divisão e a parte mais externa temos a epiderme (50 µm - 150 µm de espessura para humanos)^{2,3,4} em que realiza a principal função de interface de barreira e troca com o exterior.⁵ A derme (150 µm - 4 mm de espessura para humanos)^{6,7} apoia a epiderme, garantindo-lhe nutrientes e suporte estrutural através da derme papilar (próxima a epiderme), outra região importante da derme é a derme reticular (a baixo da derme papilar) que compreende por uma variedade de sensores, glândulas e vasos, e é responsável por grande parte das propriedades mecânicas da pele devido uma camada e de densos arranjos de fibras onduladas de colágeno (~ 60 - 80% do peso do tecido seco) e elastina reta transversal fibras (~ 1-4% do peso do tecido seco).^{7,8} A terceira subdivisão é a hipoderme que é a camada mais interna da pele, sendo composta principalmente pelo tecido adiposo, suas principais funções são de fornecer isolamento térmico, armazenamento de energia, e a absorção de choque, visto que sua estrutura de tecido conjuntivo permite minimizar o atrito com o tecido muscular vizinho.^{8,9}

Figura 1 - Visão esquemática da seção transversal da pele humana mostrando as diferentes camadas. Fonte: Joodaki & Panzer, 2018.



Diante do exposto a acima a pele é um dos maiores órgãos dos seres humanos, e hoje problemas associados a pele como queimaduras e cortes profundos ainda se fazem necessários uma serie de cuidados e de protocolos terapêuticos. As queimaduras são responsáveis por 180.000 mortes por ano e está entre as principais causas do índice de esperança de vida corrigida por incapacidade (EVCI) em países de media e baixa renda, além de queimaduras não fatais são as principais causas de morbidade, incapacidade e geralmente resultam em estigma e rejeição pela população.¹⁰ Outro fator muito presente em acidentes

domésticos é a laceração de pele, feitos com cortes ou facas, que representa 36,2% dos acidentes domésticos no Japão.¹¹

Para o desenvolvimento de novas tecnologias para a resolução desses problemas é necessário o meio e melhor entendimento sobre a tolerância da pele a forças externas, entretanto essas informações a cerca de propriedades mecânicas são limitadas e difíceis de obter. Uma maneira a solucionar esse gargalo nas pesquisas é com a utilização da pele de origem suína, que vem sendo utilizada em estudos clínicos e comparada a estudos passados da pele humana.¹¹ A partir disso esse presente artigo tem como objetivo reunir dados referente a outras pesquisas em que foram estudados o desempenho da pele de porco como possível substituto a pele humana, como o teste de propriedades de tração anisotrópica,¹¹ microindentação antes e após uma preservação por congelamento¹² e testes “in vivo” e “ex-vivo” para caracterização de peles.¹³

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi a busca por artigos e teses acadêmicas no buscador “GOOGLE ACADÊMICO”, a partir de palavras relacionadas ao tema central como “*PORCINE SKIN*”, na linha inglesa devido a dificuldade de encontrar conteúdos em português do Brasil, com a finalidade de obter mais informações teóricas e práticas que enriquecessem o arcabouço acadêmico da pesquisa e da área de engenharia de tecidos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao primeiro estudo relacionado as propriedades de tração anisotrópica,¹¹ foi utilizado amostras da parte do dorso e do ventre, em que foram separadas amostras em paralelo e perpendicularmente a espinha do animal, armazenadas em solução salina fisiológica para posteriormente serem medidas e submetidas ao teste de tração a uma carga quase estática de 100mm/min, obtendo assim a curva de tensão deformação. Sendo assim obteve resultados relacionados a localização da amostra (ventre e dorso) e a direção do carregamento nas propriedades mecânicas da pele (paralelo ou perpendicular).

Verificou-se que a localização da amostra tem um efeito significativo na tensão final da pele, enquanto a direção de carregamento tem um efeito significativo no módulo de elasticidade e tensão de ruptura, bem como na tensão final da pele, fazendo uma relação que a linha de clivagem pode orientar as propriedades de tração anisotrópica, outro resultado importante é a comparação com a literatura de pele humana, trazendo a pele suína como substituto adequado.

Ao segundo estudo, em que traz uma relação da comparação micromecânica da pele humana e suína antes e depois da preservação por congelamento e também com duas umidades relativas (35% e 100%).¹² O estudo utilizou pele humana fresca retirada da região do abdômen de quatro pacientes com abdominoplastia (com devido consentimento) e pele suína retirada do abdômen de quatro porcas *Yucatan*. As peles foram imediatamente congeladas a 80 °C negativos, para não sofrerem com a formação de cristais de gelo, e foram descongeladas a temperatura ambiente 1 hora antes dos testes. As camadas “*Stratum Corneum*” (SC) foram separadas das demais camadas por um tratamento térmico a 60 °C durante 180 s em um saco plástico selado em banho-maria. As amostras de pele foram incubadas em condições de umidade relativa (UR) de 35% e 100% por 20 minutos antes do teste, em que, as condição de 35% de UR representou um nível de umidade fisiologicamente relevante para a pele, enquanto que as condição de 100% UR foi atingida de forma reprodutível para teste cutâneo e também mostrou influência nas propriedades mecânicas da pele.

Como isso o artigo traz o impacto do congelamento, mostrando as alterações mecânicas como diminuição da rigidez e aumento da energia total necessária para romper o SC, outro ponto importante foi o estudo da umidade, que é um dos principais estímulos externos em que influencia a mecânica da pele, que para estudos com micro agulhas o uso de pele suína fresca em condições de alta umidade pode apresentar um substituto mais adequado para a pele humana fresca, melhor até que a pele humana congelada, facilitando assim futuros estudos de pele humana.

Sobre os testes “in vivo”,¹³ o referente artigo traz testes como extensímetro, torsão, sucção e método de indentação. O primeiro teste, extensímetro, remete a aplicação de um deslocamento entre duas ou mais almofadas que são fixadas na superfície do material testado para medição da força resultante, em que poder ser em geometrias uniaxiais ou multiaxiais, novas tecnologias já trazem a utilização de micro-robôs triaxiais sensíveis à força. Outro teste mencionado é o de torsão (ou indução ao cisalhamento), em que consiste em uma cabeça de fricção colocada em contato com a superfície da pele e colocada em rotação, porém não podem ser usados para avaliar a anisotropia do material, pois não tem um alinhamento específico, devido a rotação, com tudo, é usado para uma resposta viscoelástica e comparada entre condições diferentes da pele testada, e também pode ser utilizada para calculo do modulo de elasticidade.

Para o teste de sucção, método que utiliza um equipamento no qual aplica uma pressão negativa na pele, resultando em uma deformação para cima, em que utilizando a equação de *Treger* e as informações da pele e do experimento, pode ser calculado a curva tensão-deformação, em que é uma das técnicas não invasivas mais utilizadas por dermatologista avaliar a idade, gênero ou mudanças relacionadas a algum tratamento, e também usado para estudos clínicos como indicadores de envelhecimento.

Como ultimo teste para estudos “in vivo” o teste de indentação, em que atualmente é muito utilizado a nanoidentacao para caracterização de materiais, para essa técnica um penetrador rígido aplica um deslocamento controlado em um determinado local na pele, e a força normal é registrada, a partir dessa informações e da área de contato é possível calcular aproximadamente o modulo de elasticidade da pele, porém a anisotropia não pode ser estudada com essa técnica, e também as curvas tensão-deformação são difíceis de obter devido a deformação da região.

Já para os teste “ex-vivo” temos os testes de tensão uniaxial e biaxial em que reforçam a utilidade desses testes devido a maior facilidade de realiza-los e a capacidade de quantificar a anisotropia dos materiais, e também estudos que mostram a influência da localização de onde a amostra é retirada, hidratação das amostras e taxa de deformação que são sujeitas, outro ponto que correlaciona esse artigo com os demais são a forma de corte dos corpos de prova, em forma de haltere.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados esperados das caracterizações mecânicas e morfológicos para esse projeto serão próximos aos apresentados na fundamentação teórica, assim como o seu desenvolvimento, com o objetivo de fortalecer a produção de biomateriais na área de engenharia de tecidos do Instituto Senai de Sistemas Avançado de Saúde do SENAI CIMATEC.

Agradecimentos

Agradecimento a minha orientadora Josiane Dantas, ao laboratório do Instituto Senai de Sistemas Avançado de Saúde do SENAI CIMATEC e a FAPESB pelo fomento a essa pesquisa.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan H. **Principles of anatomy and physiology**. John Wiley & Sons, 2018.
- ² J.T. Whitton, J.D. Overall, **The thickness of the epidermis**, Br. J. Dermatol. 89 (1973) 467–476. doi:10.1111/j.1365-2133.1973.tb03007.x.
- ³ M. Huzaira, F. Rius, M. Rajadhyaksha, R.R. Anderson, S. González, **Topographic variations in normal skin, as viewed by in vivo reflectance confocal microscopy**, J. Invest. Dermatol. 116 (2001) 846–852. doi:10.1046/j.0022-202X.2001.01337.x.
- ⁴ J. Sandby-Møller, T. Poulsen, H.C. Wulf, **Epidermal Thickness at Different Body Sites: Relationship to Age, Gender, Pigmentation, Blood Content, Skin Type and Smoking Habits**, Acta Derm. Venereol. 83 (2003) 410–413. doi:10.1080/00015550310015419.
- ⁵ F.M. Hendriks, D. Brokken, C.W.J. Oomens, D.L. Bader, F.P.T. Baaijens, **The relative contributions of different skin layers to the mechanical behavior of human skin in vivo using suction experiments**, 28 (2006) 259–266. doi:10.1016/j.medengphy.2005.07.001.
- ⁶ J.W.Y. Jor, M.D. Parker, A.J. Taberner, M.P. Nash, P.M.F. Nielsen, **Computational and experimental characterization of skin mechanics: Identifying current challenges and future directions**, Wiley Interdiscip. Rev. Syst. Biol. Med. 5 (2013) 539–556. doi:10.1002/wsbm.1228.
- ⁷ G.L. Wilkes, I.A. Brown, R.H. Wildnauer, **The biomechanical properties of skin**, CRC Crit. Rev. Bioeng. 1 (1973) 453–95. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4581809>.
- ⁸ G. Limbert, **Mathematical and computational modelling of skin biophysics: a review**, Proc. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci. 473 (2017) 20170257. doi:10.1098/rspa.2017.0257.
- ⁹ JOODAKI, Hamed; PANZER, Matthew B. **Skin mechanical properties and modeling: A review**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, v. 232, n. 4, p. 323-343, 2018.
- ¹⁰ WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO. **Fact Sheets: Burns**. [S. l.], 6 mar. 2018. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns>. Acesso em: 3 abr. 2020.
- ¹¹ PRAMUDITA, Jonas A. et al. **Tensile properties of porcine skin in Dorsal and Ventral regions**. Journal of the Japanese Society for Experimental Mechanics, v. 14, n. Special_Issue, p. s245-s250, 2014.
- ¹² RANAMUKHAARACHCHI, S. A. et al. **A micromechanical comparison of human and porcine skin before and after preservation by freezing for medical device development**. Scientific reports, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2016.
- ¹³ Pissarenko, A., Meyers, M.A., **The materials science of skin: Analysis, characterization, and modeling**, Progress in Materials Science (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2019.100634>