ブタ皮表面における低 pH 法を用いた大気圧低温プラズマによる殺菌力の評価と菌回収方法の比較

Evaluation of bactericidal activity on porcine skin of non-thermal atmospheric pressure plasma with Reduced pH-method and comparison of bacterial recovery method

阪大工 [1]，大阪技術研 [2]　○横山 高史 [1]，井川 聡 [2]，北野 勝久 [1]

Osaka Univ. [1], ORIST [2], ◦Takashi Yokoyama[1], Satoshi Ikawa[2], Katsuhisa Kitano[1]

E-mail: yokoyama@ppl.eng.osaka-u.ac.jp

プラズマ殺菌技術の医療応用の研究を進めている。我々は、これまで溶液中の殺菌に注目し、菌懸濁液にプラズマを照射する際、酸性 (pH<4.8) に調整することで、中性条件と比較し、殺菌力が 100 倍以上強くなる「低 pH 法」を開発した[1]。低 pH 法による殺菌技術を、人体の組織表面の消毒に応用することを目的とし、ブタの表皮組織をモデル組織として用いて、有用性の検証を行ってきた。ブタの表皮組織に黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) を植菌した後、バッファー（pH3.5, 6.5）を塗布し、ヘリウムプラズマ (~5kV) を照射した。表皮表面の細菌をカップスクラブ法により回収し、生菌数を求めたところ、pH 6.5 と比較し pH 3.5 の系では、生菌数の減少が大きく、ブタ皮表面においても低 pH 法は有効であることが確認された[2]。しかし、pH 3.5 における生菌数の減少 (LogR) は 1.7 程度と、薬液消毒の目安である 3.0 には至っていなかった。

本研究では、表皮組織からの菌回収方法の検討を行い、さらに LogR > 3.0 を目標にプラズマ照射条件の検討も行った。これまで様々な研究者によって、ブタの表皮組織を用いて、生体組織表面におけるプラズマの殺菌効果が検証されてきたが、菌回収方法は統一されていない。今回、菌回収方法として、薬液による表皮の殺菌試験で一般的に使用される①カップスクラブ法と、既往のプラズマ殺菌の研究で使用された実績のある②静置法[3]とを比較した。静置法によって回収された生菌数はカップスクラブ法に比べて少なく、特にプラズマ照射回数が増加した場合でその差は顕著になった(Fig.1)。静置法を用いた従来研究ではブタ皮表面のごく表層のみの菌回収しか行えておらず、殺菌が困難な深部では回収が十分ではなかったために、殺菌力を過剰評価していた可能性が高い。引き続きカップスクラブ法を採用することとし、プラズマ照射条件の見直しを行った。これまでは低 pH 法の検証を目的としていたために低い電圧でプラズマ生成をしていたが、約 7kV まで上昇させても表皮組織に熱傷が生じない事が確認されたために、本条件で実験を行ったところ、酸性条件下において LogR = 3.5 (>3.0) が得られ、プラズマ殺菌が薬液に対して遜色ないことが示された。従来のプラズマ殺菌の研究で用いられている静置法と比べ、カップスクラブ法は菌回収率が高いために殺菌力が低く見積もられてしまうが、プラズマ生成条件を見直すことで薬液殺菌と比べて十分な殺菌力を実証できた。

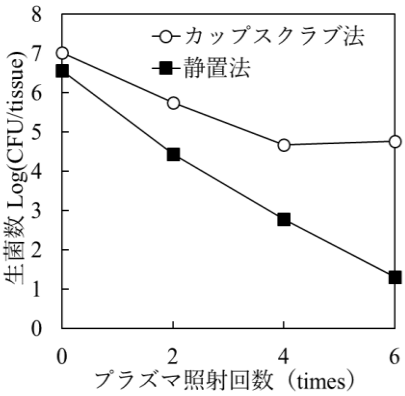

Fig.1 菌回収方法毎のプラズマ照射回数と生菌数の推移

[1] S. Ikawa, *Plasma Process. Polym.*, 7, 33 (2010).特許第 4408957 号. [2] T. Yokoyama, 第 63 回春季応物学会, (2016) [3] O. Lademann, *Skin Pharmacol. Physiol.*, 24, 5 (2011)