

脱細胞化組織へのジルコニウム金属および酸化物薄膜の堆積

薄膜・表面物性研究室 関口 大介

S151079 Daisuke SEKIGUCHI

背景と目的

生体由来材料の一つである脱細胞化組織は、成分が生体と同様なため、生体内に埋入した後にCT、MRI、エコーなどの非侵襲技術で観察することが困難である。そこで、観察を可能とするための脱細胞化組織マーカーの作製が求められている。先行研究ではバランス型マグネトロンスパッタ法（BMS法）で、チタン（Ti）薄膜を脱細胞化組織に製膜した。しかし、TiはMRIで観察するとアーチファクト（MR画像の欠損やゆがみ）が生じてしまうことが知られている。本研究では、Ti同様に生体適合性に優れ、磁化率がTiと比べて1/2と低いジルコニウム（Zr）を用い、Zrおよびその酸化物の薄膜が脱細胞化組織に安定して製膜できる条件を探索した。また、作製した試料をラット皮下に埋入し、エコーで視認できるか評価した。

実験方法

BMS法で、Zr膜を脱細胞化組織（ウシ心膜、ブタ軟骨）の上に製膜した。ターゲット材料：Zr、雰囲気ガス：Ar（10.00 sccm）、電力：300 W、ターゲットと基板の距離（T-S距離）：110 mm、Ar圧力：1.5 Paを共通条件とした。酸化物モード（O_xモード）の際はO₂流量：4.2 sccmを加えた。組織の上に直径3 mmの穴が等間隔に開いている金属製の固定具を被せ、ネジで固定して製膜した。金属堆積（Mモード）とO_xモードにおいて組織が熱変性を起こさない膜厚の限界を探索した。密着性の高い膜が得られるAr圧力の探索のために1.5, 3.0, 6.0 Paの試料を作製し、生理食塩水に浸漬させて攪拌させることで密着性評価を行った。走査型電子顕微鏡（SEM）を用い、異なるAr圧力の試料の表面と断面の観察も行った。Mモードの膜厚500, 2000 nmとO_xモードの膜厚500 nmの3試料をラット皮下に埋入してエコー観察を行った。

結果と考察

膜厚の限界を探索した結果、Mモードの膜厚5000 nmで製膜した際に、ウシ心膜は熱変性を起こしたが、ブタ軟骨は熱変性しなかった。ブタ軟骨の方がウシ心膜より表面が硬く、厚さが厚かったため、熱による影響が伝わりづらいためであると考えられる。ウシ心膜は膜厚2000 nmまで製膜が可能であった。O_xモードでは膜厚500 nmまで製膜が可能であった。

エコー観察を試みたところ、ブタ軟骨はMモードの膜厚500, 2000 nmが埋入前の殺菌を目的とした高静水圧処理の時点で薄膜が剥がれた。埋入から2週間後、ウシ心膜でのMモードの膜厚500 nmは剥がれていた。最も容易に観察できたのは膜厚2000 nmであった。O_xモードはウシ心膜、ブタ軟骨どちらも観察することができた。ウシ心膜のMモードの膜厚2000 nm、O_xモードの膜厚500 nmでZrとTiを比べた結果、Zrの方が容易に観察できた。以上の結果より、ZrのMモード膜厚2000 nmの薄膜マーカーがウシ心膜には有用であるとわかった。



図1. 埋入2週間後のエコー画像

(a) M 500 nm, (b) M 2000 nm, (c) O_x 500 nm (以上ウシ心膜), (d) O_x 500 nm (ブタ軟骨)