

岛津 AFM& 万能试验机测定子宫修复材料的力学性质

SPM-031

摘要： 宫腔粘连是指子宫内膜和子宫壁之间过度粘连在一起，导致子宫腔的形态和功能受损。宫腔粘连的严重程度可分为轻、中、重三个级别，严重宫腔粘连的复发率高达 60%，目前仍缺乏有效的预防和治疗。四川大学华西医院解研究员团队受子宫特性的启发，开发了一种具有仿生异质特征的双层支架 (ECM- SPS) 和子宫细胞外基质 (ECM) 微环境。其中使用了岛津万能试验机 AGX-V2 500N 测定该双层支架的粘接抗折强度，同时使用原子力显微镜 SPM-9700HT 的纳米物性分析软件 (Nano 3D Mapping) 对改性前后材料的形貌和力学性质进行了表征，为该材料的力学性质表征提供了有力数据支持。

关键词： 子宫修复 力学性质 原子力显微镜 万能试验机

技术特点：

- ❖ SPM-9700HT 结合 Nano 3D Mapping 软件可准确、快速地测量生物样品的表面形貌及力学性质；
- ❖ 采用岛津万能试验机配合使用各种引伸计 / 位移计，达到 0.5 级的精度要求，完成精确的应变测量。

宫腔粘连综合征是指子宫内壁粘连，造成宫腔全部或部分闭塞，导致的一系列症状。根据粘连的部位、程度及面积的不同，临床表现各种各样，如闭经、月经过少、痛经、反复流产及不孕等。严重宫腔粘连的复发率高达 60%，目前主要的治疗方法是依靠宫腔镜检查，并用宫颈扩张器或探针分离粘连，分离粘连后往宫腔内放置节育器 3~6 个月，阻止子宫前后壁闭合，从而起到预防粘连再次发生的作用。该方法存在的问题有一般放入节育环后，需要适应几个月，以及可能会出现宫内节育器造成子宫穿孔后进入腹腔而形成节

育器的移位，在取出节育环后也会存在宫腔粘连的复发。四川大学华西医院解慧琪研究员团队受子宫特性的启发，开发了一种具有仿生异质特征的双层支架 (ECM- SPS) 和子宫细胞外基质 (ECM) 微环境，从根源上来解决宫腔粘连问题。

本文使用了岛津万能试验机 AGX-V2 500N 测定该双层支架的粘接抗折强度，同时使用原子力显微镜 SPM-9700HT 的纳米物性分析软件 (Nano 3D Mapping) 对改性前后材料的形貌和力学性质进行表征，为该材料的力学性质表征提供了有力数据支持。

实验部分

1.1 仪器



图 1 仪器图片：岛津 AGX-V2 桌上型电子万能试验机（左），岛津原子力显微镜 SPM-9700HT（右）

1.2 分析条件

电子万能试验机：

测试设备：岛津 AGX-V2 100N

测试夹具：岛津 1KN 气动双推夹具

测试条件：室温

应用软件：TRAPEZIUM-V 软件

原子力显微镜：

功能模式：接触模式 (Nano 3D Mapping)

探针：弹性系数 2.8 N/m

扫描环境：大气环境

扫描范围：5 μm x 5 μm

像素：256 x 256

■ 样品前处理

2.1 万能试验机测试前处理：

保证子宫修复材料剥离试样形状规则，边缘光滑平整。将试样的功能层和基层的一端剥开，分别用上下夹具夹齿夹持住，分别按照图 2(B)、图 3(A) 方式放置样品。

2.2 原子力显微镜测试前处理：

用双面胶直接将样品固定到样品台上即可开展测试。

■ 结果与讨论

3.1 样品的粘接抗折强度表征

小肠粘膜下层 (SIS) 和聚氨酯 / 小肠粘膜下层 (PU/SIS) 复合物是由聚氨酯 (PU) 乳液粘接得到的一体化双层支架 (SPS)，为了评估不同浓度 PU 乳液的粘接强度，使用岛津 AGX-V2 电子万能试验机，采用标准 180° 剥离试验进行测试 (图 2B 和图 3A)，结果表明，当 PU 乳液浓度达到 9% 时，两层之间形成了强界面 (图 3)，因此，采用 9% PU 制备 SPS 双层支架，用于后续实验。将待测定的样品制备成 10 mm 宽，所有试验均以 10 mm/min 的恒定剥离速度进行。当剥离过程进入稳定状态时，测得的力达到平稳状态，最后通过计算公式 (剥离强度 = 达到平稳状态时的力 / 试样宽度) 计算出双层 SPS 复合材料的粘接抗折强度。

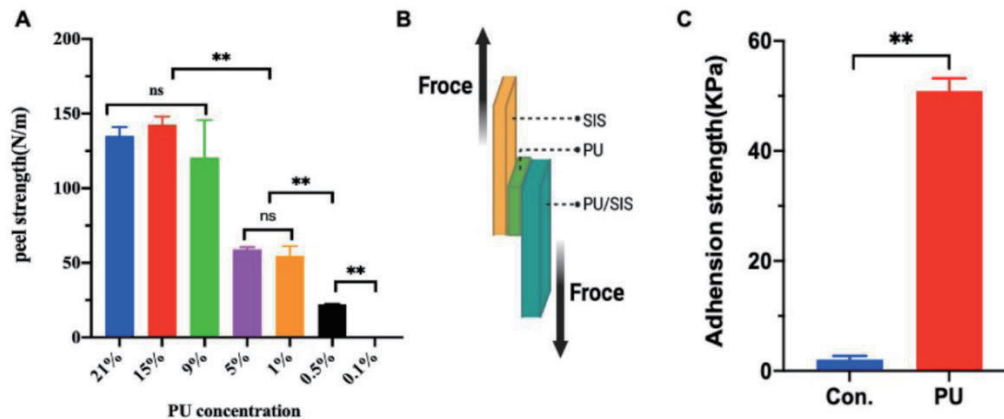


图 2 (A) 不同浓度 PU 乳液在 SPS 上的剥离强度，(B) 重叠剪切试验示意图，(C) 双层 SPS 复合材料的平均粘着剪切强度。

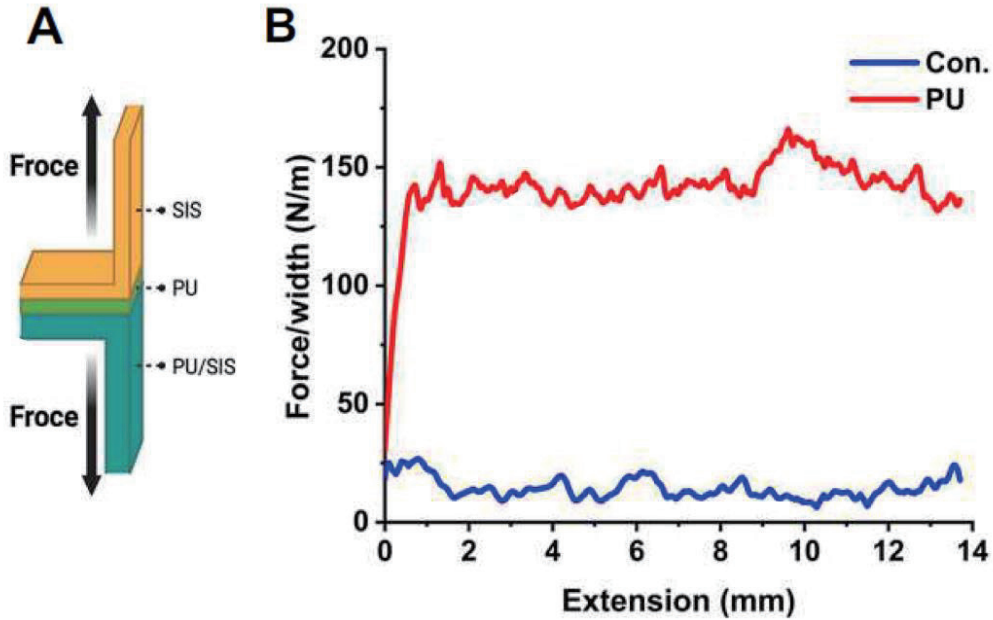
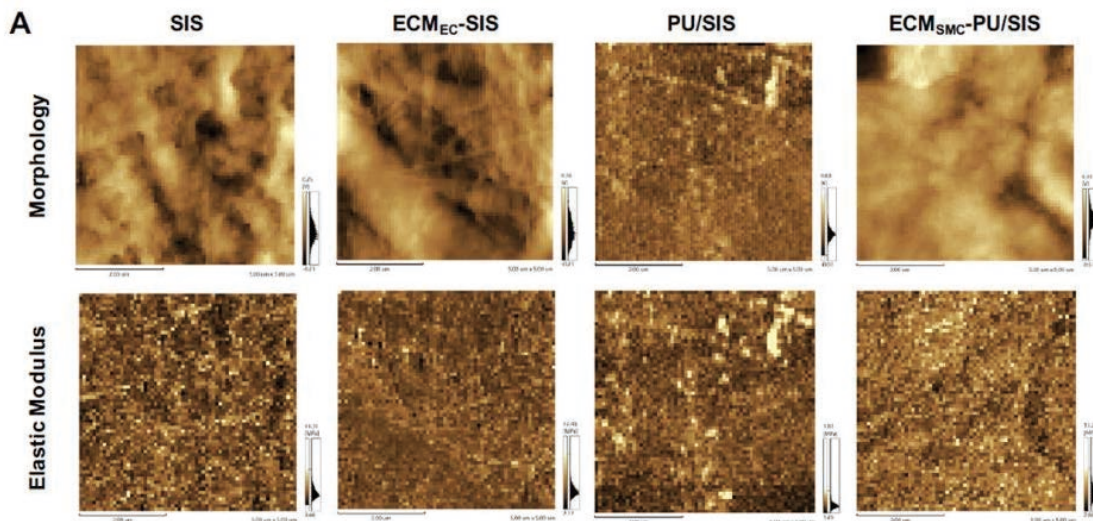


图3 (A) 180°剥离试验示意图, (B) 双层 SPS 复合材料剥离强度 - 位移曲线。

3.2 样品的表面形貌和弹性模量表征

在生物实验中，选择子宫内膜上皮细胞 (ECs) 和平滑肌细胞 (SMCs) 作为功能细胞，在 SPS 支架表面构建组织特异性 ECM，验证功能细胞衍生的 ECM 对组织功能再生的影响。为了对比观测 SIS、ECM_{ECs}-SIS、PU/SIS 和 ECM_{SMCs}-PU/SIS 膜的形貌和力学性质，使用岛津 SPM-9700HT 的纳米物性分析软件 (Nano 3D Mapping) 进行表征，获得了四组样品同一区域的表面形貌图和弹性模量分布图 (图 4A)，同时通过软件计算获得了它们的弹性模量，结果表明：ECM_{ECs}-SIS 的弹性模量低于 SIS，而 ECM_{SMCs}-PU/SIS 的弹性模量高于 PU/SIS。



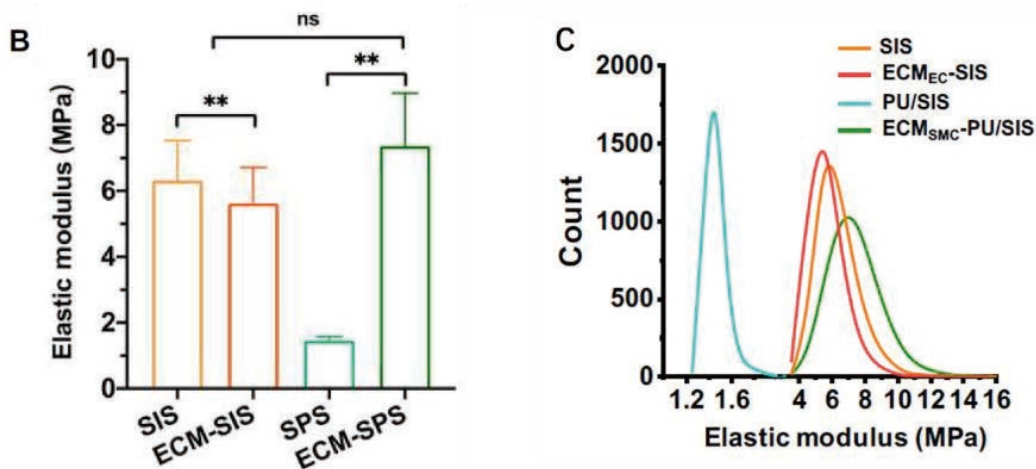


图4 不同样品的表面形貌及弹性模量分布图

■ 总结

电子万能试验机 AGX-V2 是岛津精心打造的新一代电子万能试验机，采用了先进的技术和设计理念，结合了先进的力学性能测试功能和智能控制器，是一款综合能力强的仪器，在医疗研究领域的应用越来越广泛。SPM-9700HT 是岛津公司在售的原子力显微镜系列中的一款，其标配高速扫描器，可配置各种功能模块实现样品表面电流、电势、磁畴及纳米力学性质的测量；可配置专业的环境控制舱，实现不同氛围下的原位测试，是一款综合能力强的仪器。在本工作中，配合使用上述两种仪器，分别从宏观和微观角度测定了子宫修复材料的力学性质，为该材料的研究提供了有力的数据支持。

岛津应用云

