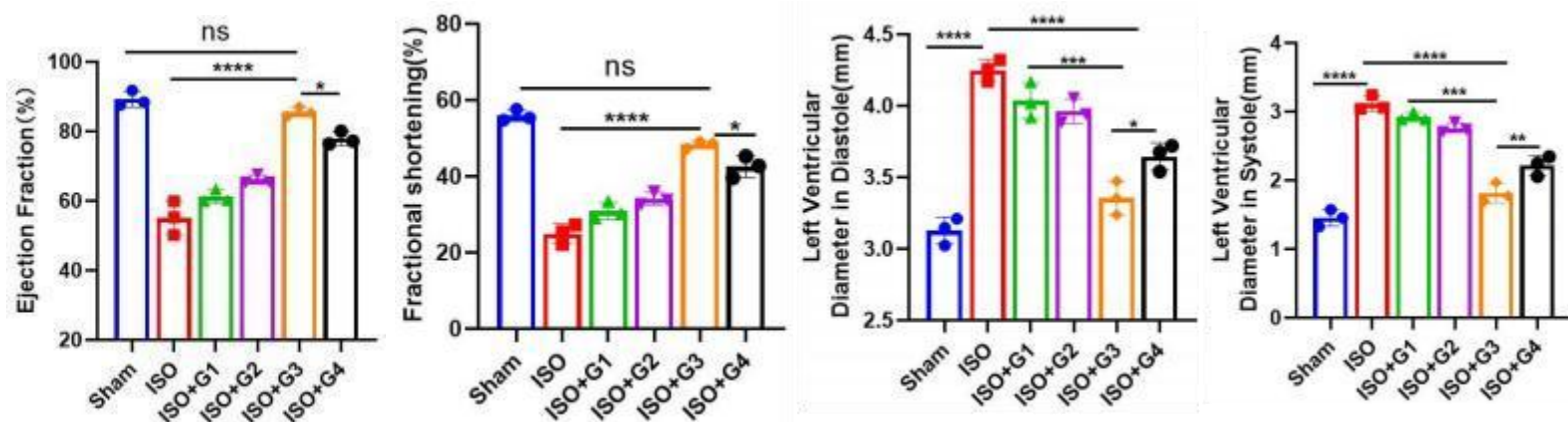


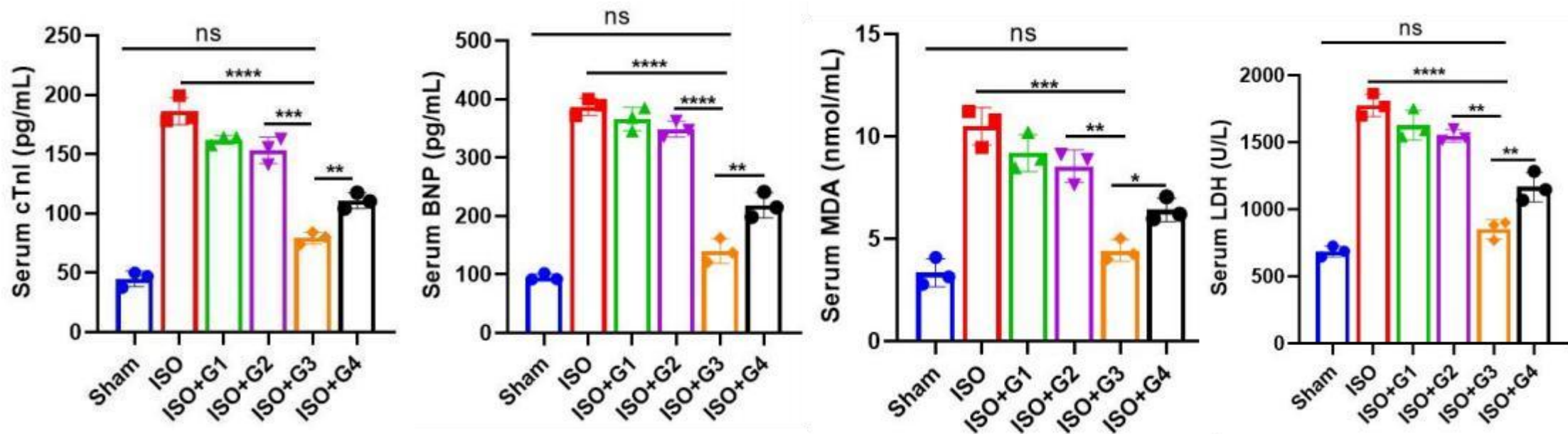
G1:普通脂质体
G2:皂苷脂质体
G3:辅酶Q10人参皂苷共载脂质体
G4:辅酶Q10软胶囊



本研究采用C57BL/6小鼠，通过每日皮下注射异丙肾上腺素（50mg/kg，持续14天）构建心肌损伤模型。该模型通过大剂量异丙肾上腺素诱导心肌过度兴奋，导致耗氧量急剧增加、钙超载、氧化应激以及心肌细胞凋亡和坏死，是一种广泛应用的实验性心肌损伤模型。实验将小鼠随机分为六组：健康对照组（Control）、ISO模型组（ISO）、普通脂质体给药组（ISO+G1）、皂苷脂质体给药组

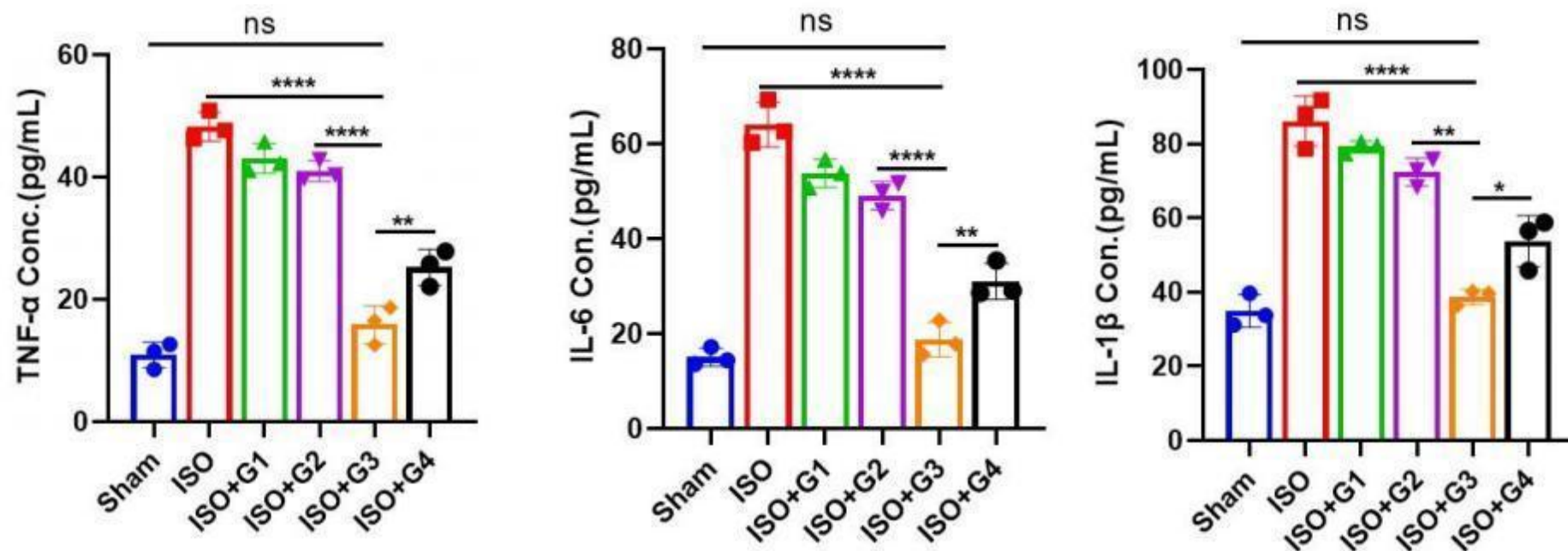
（ISO+G2）、辅酶Q10人参皂苷共载脂质体给药组（ISO+G3）以及辅酶Q10软胶囊阳性药对照组（ISO+G4）。

造模结束后连续给药一周，通过超声心动图评估心脏功能。M型超声结果显示，与对照组相比，ISO模型组小鼠左心室收缩功能指标射血分数（EF）和短轴缩短率（FS）均显著降低（ $P<0.0001$ ），而经辅酶Q10人参皂苷共载脂质体干预后能够显著逆转上述指标的下降（ $P<0.0001$ ），且效果优于市售辅酶Q10软胶囊（ $P<0.05$ ）。同时，左心室舒张末期内径（LVIDd）与收缩末期内径（LVIDs）在模型组中也较对照组明显增大（ $P<0.0001$ ），该结构性改变同样可被辅酶Q10共载脂质体治疗所逆转（ $P<0.0001$ ）。

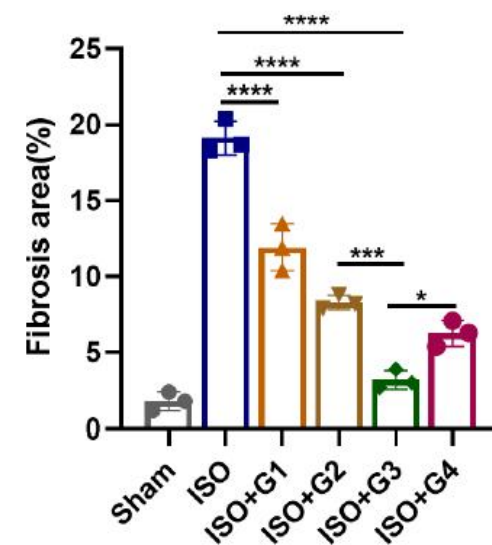
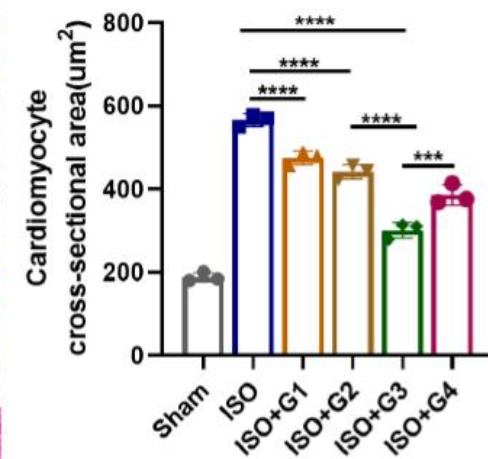
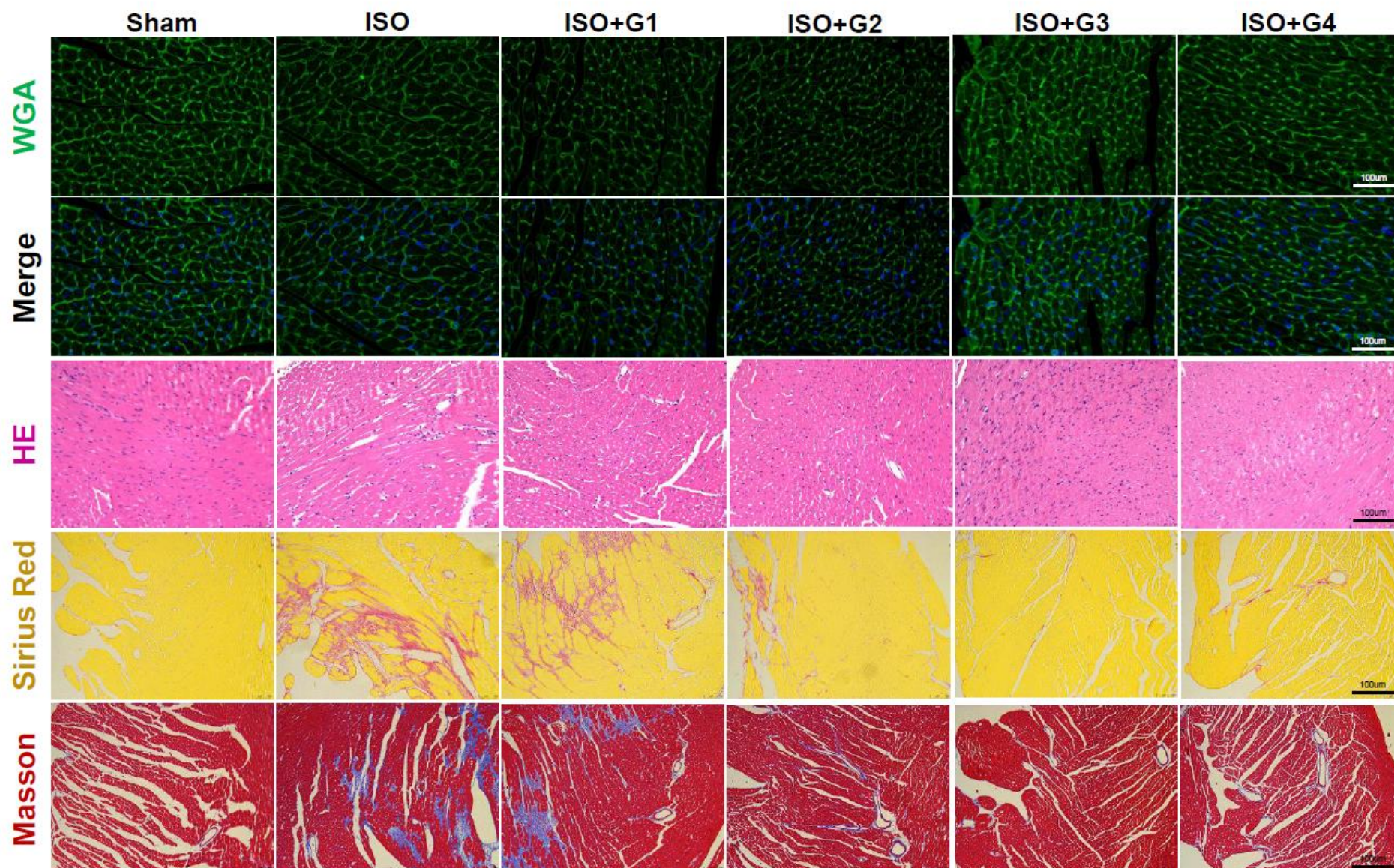


心肌肌钙蛋白I（cTnI）与B型利钠肽（BNP）作为心肌损伤的关键血清标志物，在异丙肾上腺素（ISO）诱导的小鼠心肌损伤模型中均呈现显著升高。经辅酶Q10共载脂质体及辅酶Q10软胶囊干预后，这两种标志物的水平均出现明显回落，表明心肌损伤得到有效逆转，且辅酶Q10共载脂质体的治疗效果显著优于市售辅酶Q10软胶囊（ $P < 0.01$ ）。

进一步通过氧化应激标志物丙二醛（MDA）和血清乳酸脱氢酶（LDH）的检测验证ISO所致心脏损伤程度，结果显示两者活性均显著上升，提示存在明显氧化应激及细胞膜结构损害。经上述两种辅酶Q10制剂治疗后，MDA与LDH的水平均被显著抑制，再次证实药物对心肌的保护作用，且共载脂质体组在降低上述标志物方面依然表现出更优的疗效（ $P < 0.05$ ）。



血清中炎症细胞因子的水平是评估小鼠心脏炎症程度的关键指标；为进一步探究辅酶Q10共载脂质体对炎症反应的调控作用，定量检测了多种关键促炎细胞因子（包括IL-6、IL-1β和TNF-α）的表达水平。结果显示，与对照组相比，经异丙肾上腺素（ISO）腹腔注射诱导的模型组小鼠血清中上述细胞因子均显著上调（ $P < 0.0001$ ）。而经辅酶Q10共载脂质体及辅酶Q10软胶囊干预后，这些因子的表达均显著回落并趋于正常范围，表明两种制剂均能够有效抑制ISO所引发的促炎细胞因子升高。进一步的组间比较显示，辅酶Q10人参皂苷共载脂质体在降低炎症因子水平方面显著优于市售辅酶Q10软胶囊（ $P < 0.05$ ），说明其具有更强的心脏保护与抗炎治疗潜力。



麦胚凝集素（WGA）染色是一种常用的组织化学染色技术，用于特异性标记心肌细胞的细胞膜和细胞间盘，从而清晰勾勒出单个心肌细胞的轮廓。通过清晰勾勒出心肌细胞的边界，可以使用图像分析软件（Image J）精确测量单个心肌细胞的面积。苏木精伊红（H&E）染色可以提供心脏组织的基本形态学架构，用于评估细胞结构、组织排列、炎症和坏死等基本病理情况。通过ISO注射构建心肌损伤模型后，小鼠心肌细胞横截面积显著增大（ $P < 0.0001$ ）；经辅酶Q10人参皂苷共载脂质体干预后，该增大现象被明显抑制（ $P < 0.0001$ ），且其效果显著优于辅酶Q10软胶囊组（ $P < 0.001$ ）。

在心脏病理学研究中，天狼星红染色（Sirius Red）与马松染色（Masson's Trichrome）是评估心肌纤维化的经典组织学方法。天狼星红作为一种强酸性染料，可特异性结合胶原蛋白中的碱性基团，使胶原纤维呈现亮红色，具有良好的特异性和对比度；而马松染色通过复染策略可区分心肌纤维（红色）与胶原成分（蓝色），从而在宏观与微观层面清晰显示纤维化的分布与严重程度。

实验结果显示，与健康对照组相比，心肌损伤模型组小鼠的心脏组织中胶原沉积显著增加，纤维化面积占比明显升高（ $P < 0.0001$ ），表明心肌纤维化程度显著加剧。经辅酶Q10人参皂苷共载脂质体干预治疗后，纤维化面积显著减少（ $P < 0.0001$ ），提示该制剂可有效抑制胶原增生、延缓心肌重塑进程。进一步组间比较发现，其抗纤维化效果显著优于市售辅酶Q10软胶囊（ $P < 0.05$ ），说明共载脂质体制剂在改善心肌胶原代谢方面具有更优的生物利用度或药效学潜能。