

洞察生命能量，解构真实功能

安捷伦高通量类器官代谢与功能研究平台



类器官代谢与功能研究的重要性

类器官作为体外三维细胞培养模型，能够高度模拟人体器官的结构与功能，已成为生命科学研究与转化医学的重要工具和研究对象。其核心价值不仅在于组织结构能够模拟在体器官，更重要的是其代谢与功能特性的生理相关性。代谢状态直接影响类器官的生长、分化、信号传导及药物反应，因此全面评估类器官的代谢与功能对于疾病机制解析、药物筛选及个性化医疗具有关键意义。

安捷伦高通量类器官代谢与功能研究平台

创新性的将 Cytation C10 共聚焦微孔板成像检测系统与 Seahorse XF 实时细胞能量代谢分析技术整合并打通均一化流程，帮助研究者在同一个工作流程中，实现类器官结构与表型可视化与代谢功能量化的有效衔接，加速从表型筛选到功能验证的多维度闭环研究，从而实现对类器官代谢与功能的系统化、动态化监测，为机制研究到临床应用提供全面、可靠的数据支撑。

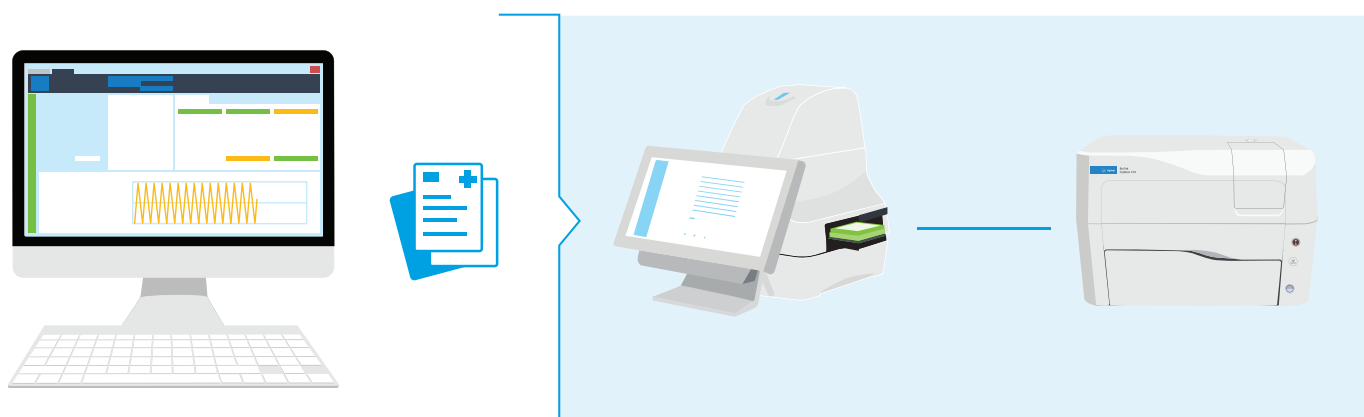


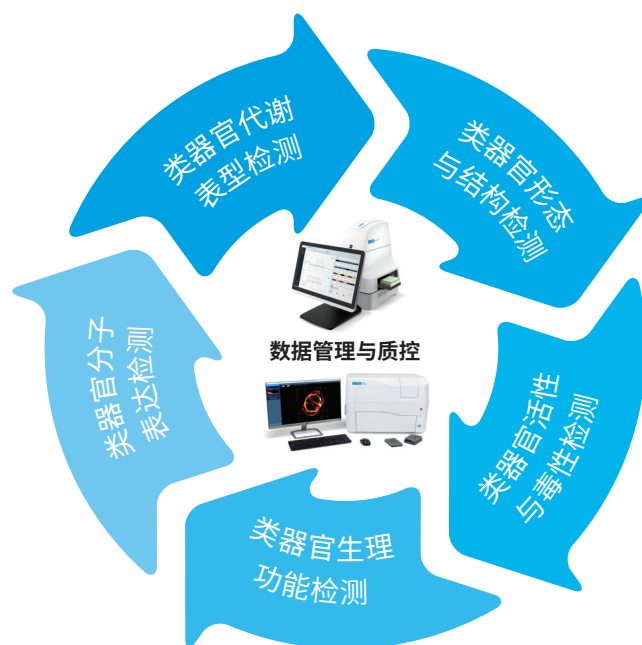
图 1. 安捷伦类器官代谢与功能研究平台示意图

平台特点

- 突破单一维度局限，支持类器官在代谢与功能层面的多维度复杂变化检测
- 支持类器官活体状态代谢表型和功能表型的联合应用
- 提供类器官从细胞研究 - 模型构建 - 下游应用的全流程代谢与功能检测应用平台
- 支持基于图像及活性检测多种方案的类器官能量代谢检测数据归一化

理想的类器官多维度功能研究平台

从形态到代谢，从静态“快照”到动态追踪，多维度表型分析能力，正成为衡量一个类器官实验室研究深度与产出质量的关键分水岭。安捷伦高通量类器官代谢与功能研究平台，能够为您的实验室提供从整体到局部，从宏观到微观的类器官多重表型分析，满足类器官研究各个阶段的科研与应用转化需求。



类器官模型能量代谢分析

Seahorse XF Flex 细胞能量代谢分析仪

细胞能量代谢能够反映类器官的健康程度、药物响应及疾病状态。Seahorse XF Flex 分析仪具有更高的灵敏度和精度、更宽的检测范围以及专为类器官优化的工作流程，配合专用类器官培养检测板，适用多种类器官研究模型及其他 3D 培养体系。结合先进的实验设计和数据分析工具，该分析仪能够帮助研究人员获得类器官水平更深入的科学见解，提升数据转化能力，推动研究迈向新高度。

多功能分析仪：

- 高灵敏度和精度
- 宽检测范围
- 经验证的性能



智能检测微孔板：

- 双传感器 (O_2 和 pH)
- 内置加药口
- 更强的 3D 模型分析能力



3D 模型研究专用消耗品

先进的软件可实现：

- 简化的实验设置
- 自动化数据 QC
- 快速将数据转化为有用见解



优化的 3D 工作流程和定制的检测试剂盒

安捷伦 Seahorse XF Flex 类器官能量代谢检测流程

实验前数天

在 XF Flex 类器官微孔板中
制备类器官培养物



实验前一天

准备实验



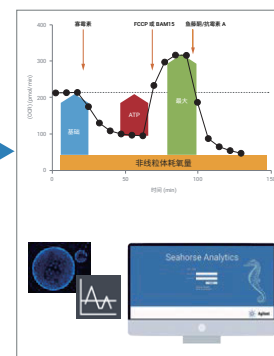
实验当天

准备化合物并进行 XF 检测



数据分析

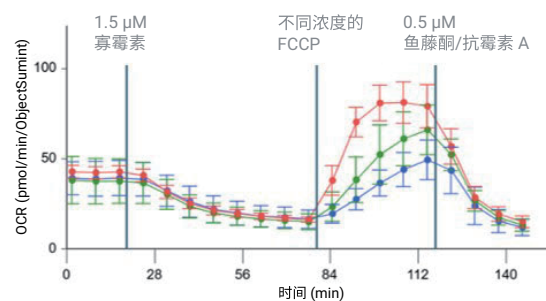
数据/图像处理和归一化



类器官能量代谢检测全流程方案。全新 XF Flex 类器官微孔板旨在将类器官培养在基质支架嵌入的环境中，可测量 OCR 和 ECAR 并获取高分辨率图像。类器官培养条件和基质类型可根据测试模型不同而变化。基质支架体积需控制在 $8 \sim 12 \mu\text{L}/\text{well}$ ($10 \pm 2 \mu\text{L}/\text{well}$)。

A.

小鼠肝脏类器官 OCR 数据



类器官模型构建、验证质控与功能分析

Cytation 共聚焦微孔板成像检测系统

类器官的研究趋向于多元化，对于正准备或刚刚搭建类器官平台的实验室，单一功能的设备难以满足全部实验需求，研究者常常不得不在多台仪器之间转换，操作成本更高，效率反而更低。Cytation 共聚焦微孔板成像检测系统将高内涵成像、酶标检测功能以及高精度活细胞环境控制集成于一套系统中，为研究者提供从类器官培养、表型分析、功能验证到活力检测的一体化实验流程解决方案。您可以根据实验室需求和预算，选择不同的 Cytation 型号与配置。

Cytation — 多场景智能高内涵

- 高通量多功能微孔板定量检测
- 宽场成像
- 共聚焦成像
- 长时程活细胞检测
- 超快速活细胞检测
- 双模式连用检测
- 智能图像分析与数据管理

进样系统

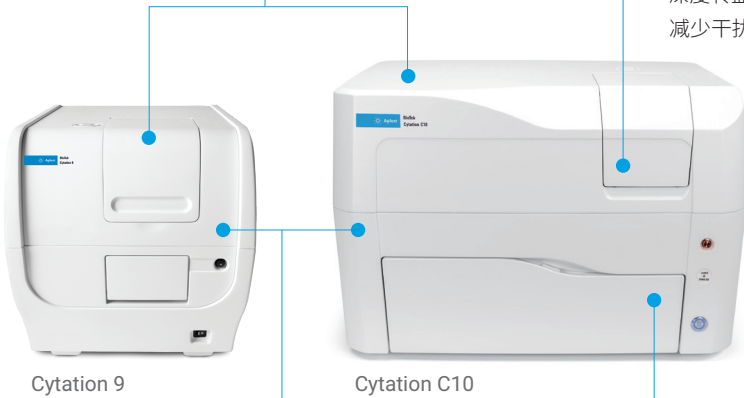
- 成角度双自动进样器
- 支持快速动力学检测

环境控制

- 温度和 CO₂/O₂控制支持
- 活细胞成像与检测

转盘共聚焦显微镜

- 为厚组织样本提供高分辨率成像
- 深度转盘切片有助于减少干扰



独立光学模块设计

- 全自动宽场显微成像
- 多功能微孔板检测

水镜

- 更强的光信号捕获能力、更短的曝光时间和更低的光毒性

多维度类器官表型检测

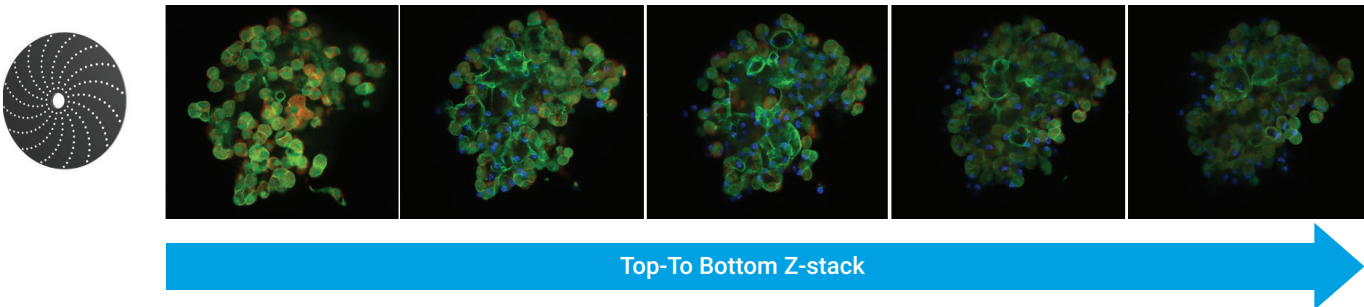
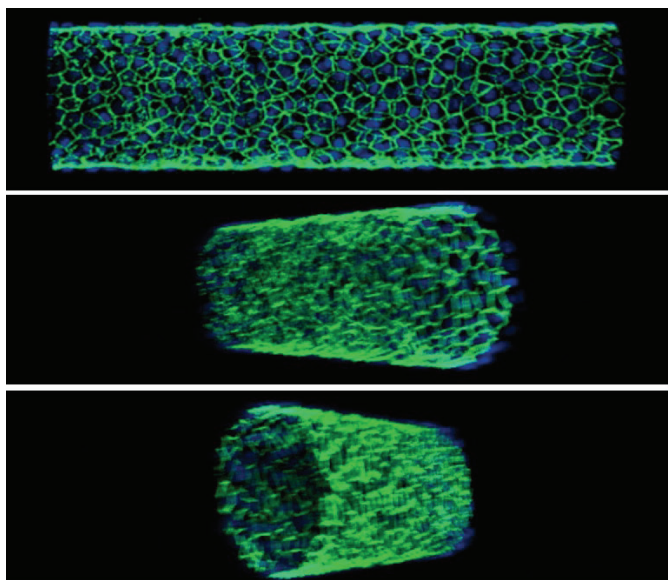
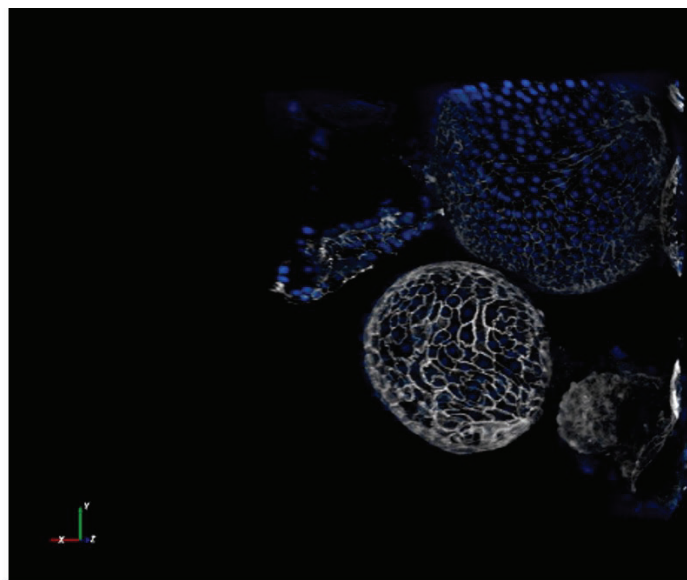


图 2. 使用 Cytation C10 的 DSD 共聚焦转盘（深组织成像转盘）获取类器官内部精细光学切片（图片来源：安捷伦）



官腔状类器官芯片 3D 重构



球体形类器官样本 3D 重构

图 3. 使用 Cytation C10 共聚焦光路拍摄类器官样本 3D 结构 (图片来源：安捷伦)

MCF10A organoid, 60x magnification, XF Flex plate

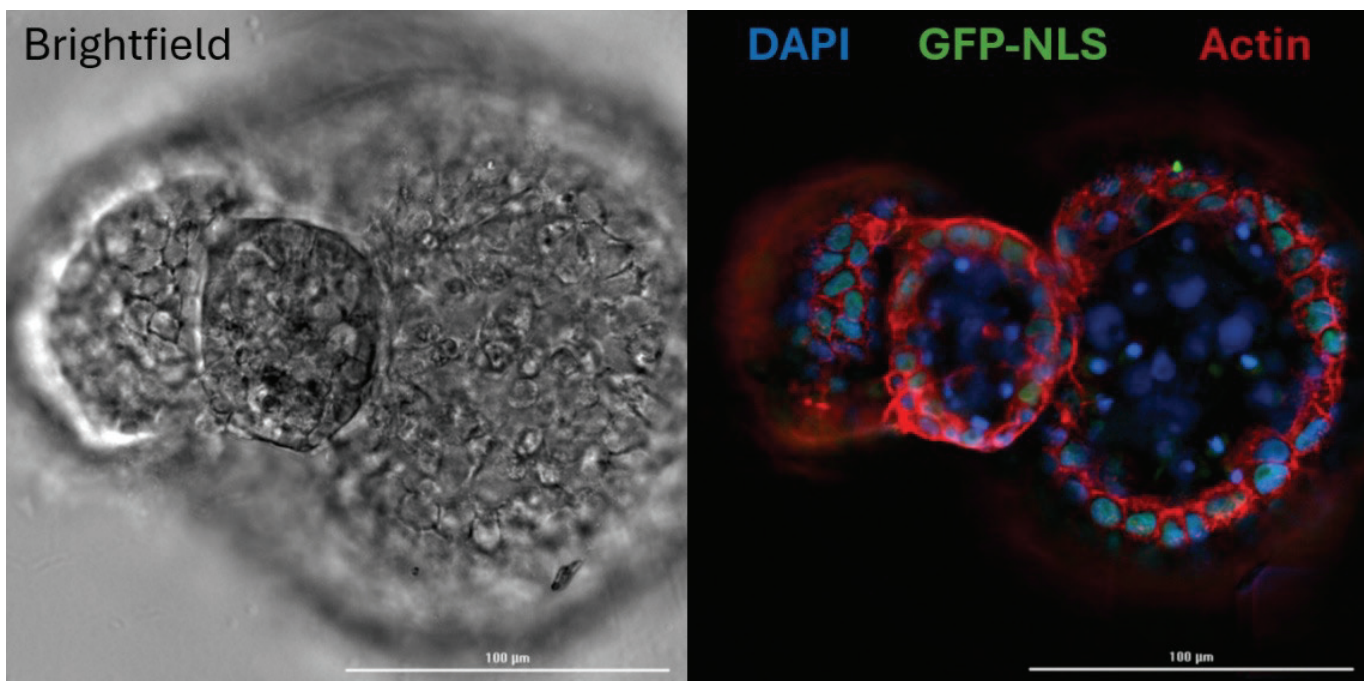
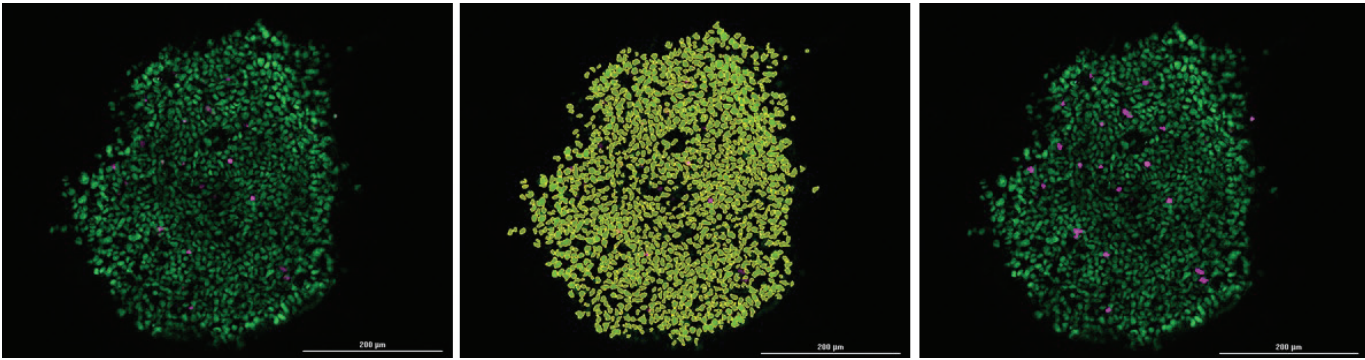


图 4. 使用 Cytation C10 共聚焦模块拍摄生长在 Seahorse XF Flex 类器官微孔板内的乳腺癌类器官结构表型 (图片来源：安捷伦)



20X z-projection 总细胞识别 (金色 mask) 凋亡细胞识别 (紫色 mask)

图 5. 使用 Cytation C10 共聚焦模式能够提高 Gen5 软件对类器官及 3D 样本内部细胞计数量的准确性 (图片来源：安捷伦)

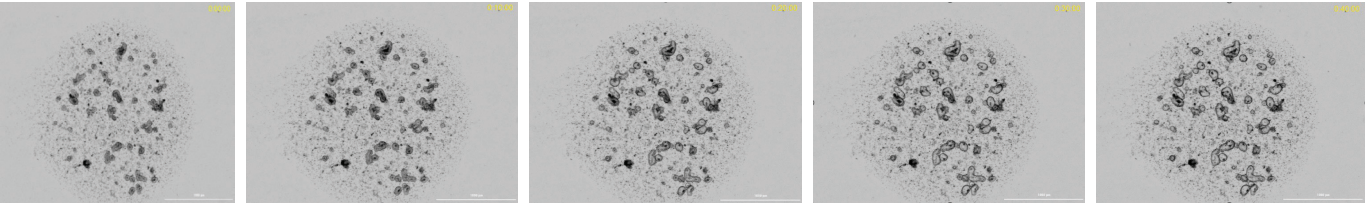


图 6. 使用 Cytation9 宽场活细胞成像模式对肠道类器官膨胀表型进行快速定量 (384 孔板) (图片来源：凯斯西储大学)

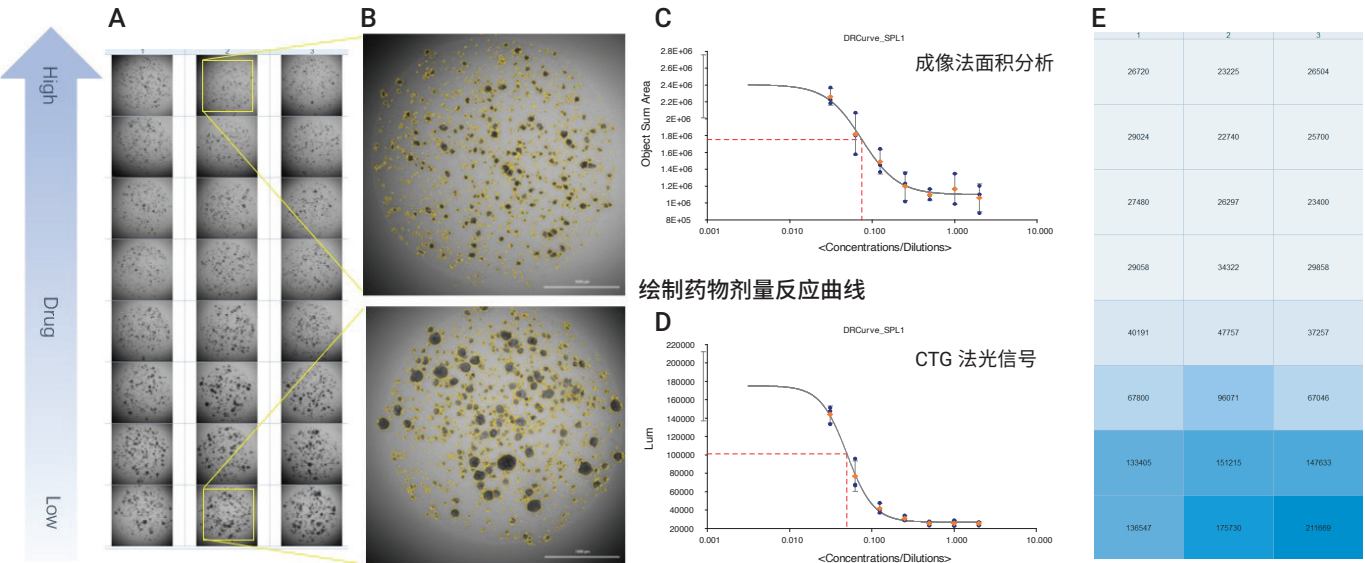


图 7. 使用 Cytation9 宽场成像及微孔板发光检测双模式进行类器官药敏测试，同步分析类器官形态和活性。

类器官代谢与功能研究应用案例

癌细胞来源肿瘤类器官的代谢分析

患者来源的肿瘤类器官能够在体外保留肿瘤的三维结构特征和部分生物学异质性，是研究肿瘤行为和药物响应的重要模型。然而，单纯依赖形态或生长状态的表型分析，难以全面反映肿瘤类器官的功能状态，尤其是与增殖、耐药密切相关的代谢重编程特征。因此，将类器官表型动态监测与能量代谢功能定量分析相结合，对于准确评估肿瘤类器官状态及药物作用机制具有关键意义。

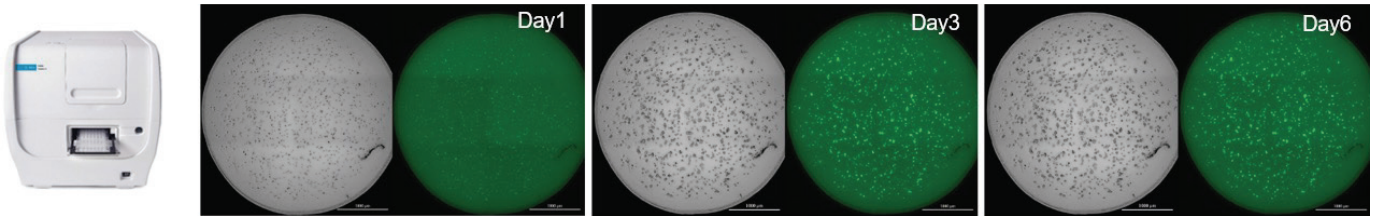


图 8. 使用 Cytation 宽场活细胞模式动态监测 HCT116 结直肠癌类器官的生长过程，确保类器官形态结构及密度满足后续代谢检测需求。

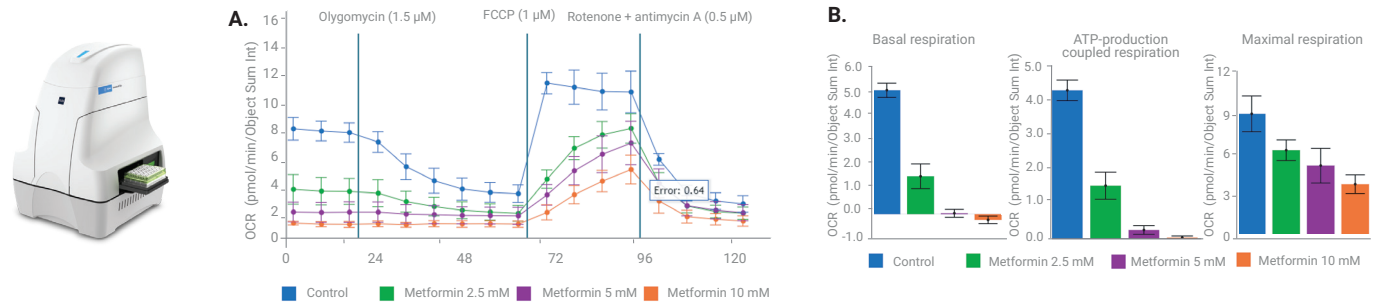
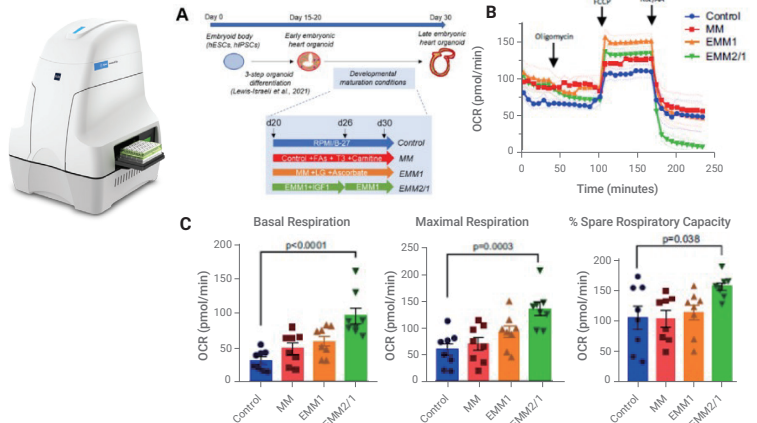


图 9. 在 Seahorse XF Flex 类器官微孔板上测定二甲双胍对 HCT116 结直肠癌类器官能量代谢影响。A: 不同剂量二甲双胍引起的 OCR 数据变化；B: 关键生物能量代谢参数变化，数据均一化采用 Cytation 基于图像的定量方案。（案例来源安捷伦应用文档 5994-8888EN）

复杂人类心脏类器官模型建立

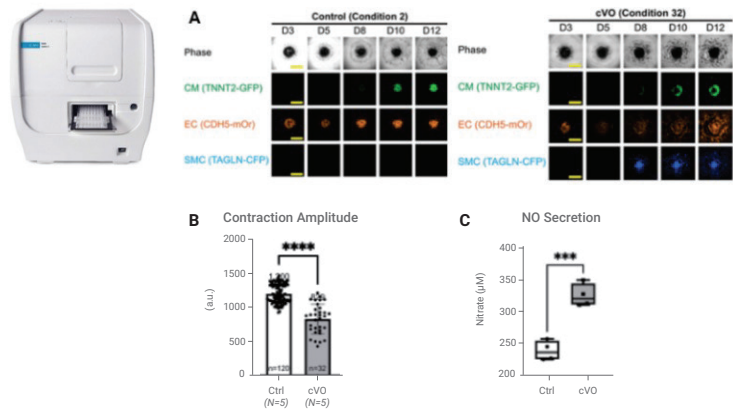
心脏是人体中能量需求最高的器官之一，在心脏类器官模型的建立过程中，能量代谢是评估其功能成熟度、生理相关性与模型可靠性的核心环节。成人心肌以脂肪酸氧化驱动的氧化磷酸化为主要产能途径，而 iPSC 来源的早期心脏类器官往往依赖糖酵解。

通过实时监测耗氧率 (OCR) 和细胞外酸化率 (ECAR)，能够量化类器官从糖酵解向氧化磷酸化的成熟度转变进程，从而指导培养条件优化。右图使用 Seahorse XF 检测平台对心脏类器官线粒体代谢功能进行表征，从而筛选类器官培养最优条件。



Volmert B, Kiselev A, Juhong A, et al. A patterned human primitive heart organoid model generated by pluripotent stem cell self-organization[J]. Nature communications, 2023, 14(1): 8245.

安捷伦 Cytation 细胞成像多功能微孔板检测仪将高内涵成像系统与微孔板检测定量功能相结合，为心脏类器官表型分析提供了更连贯、更高效的解决方案。例如左图中，来自美国斯坦福大学的研究团队在开发血管化心脏类器官的研究中使用 Cytation 平台进行了多项心脏表型和功能检测，包括在活细胞长期培养的模式下，监测心脏类器官构建中不同培养条件下心肌细胞（CM）、内皮细胞（EC）和平滑肌细胞（SMC）共分化形成心肌细胞-血管复合体（cVO）的情况（A），然后通过快速动力学模式检测心脏类器官收缩力（B），最后通过微孔板化学发光检测模式评价不同模型组的 NO 分泌能力（C）。

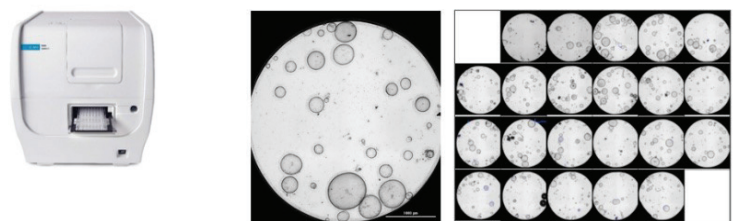


Abilez O J, Yang H, Guan Y, et al. Gastruloids enable modeling of the earliest stages of human cardiac and hepatic vascularization[J]. Science, 2025, 388(6751): eadu9375.

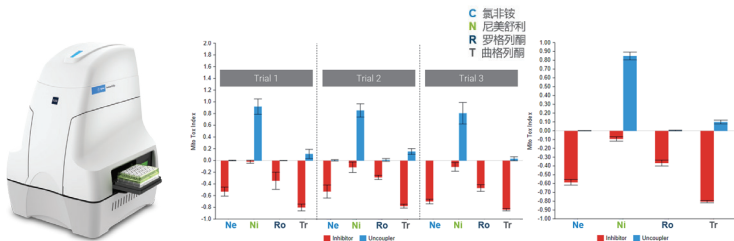
肝类器官模型用于线粒体毒性测试

线粒体毒性测试是指通过检测化合物对线粒体功能的干扰程度，来评估其诱发细胞能量代谢障碍的风险。肝脏作为人体代谢中枢，富含线粒体且承担药物解毒、脂质氧化、糖异生等核心功能，对线粒体损伤尤为敏感。

安捷伦提供高通量肝脏类器官线粒体毒性测试解决方案：首先，使用 Cytation 宽场活细胞无标记成像模式对 Seahorse XF Flex 类器官微孔板中所有孔里完整的肝脏类器官进行成像，评估类器官状态，确保毒性测试可行性（右图上）。同时还为优化培养和检测体系提供支持。



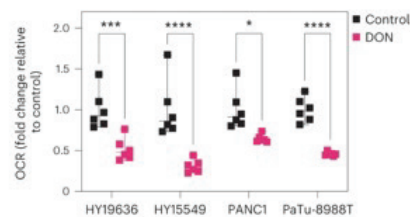
类器官状态得到确认后，使用 Seahorse XF Flex 在类器官微孔板中进行完整肝脏类器官线粒体毒性测试。右图下分别测试 4 种药物对类器官线粒体功能的影响：三次重复实验数据结果保持一致，并通过专业数据分析软件将三次独立实验结果进行拟合。使用肝脏类器官模型的验证实验表明，基于 MTI（线粒体毒性指数）的线粒体毒性筛查在基质嵌入类器官系统中是可行的（实验数据来自安捷伦实验室）。



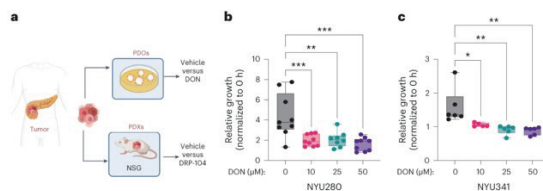
靶向恶性肿瘤代谢靶点的新治疗策略发现

来自美国纽约大学的研究团队发现了一种广泛靶向谷氨酰胺代谢的治疗途径,为胰腺导管腺癌 (PDAC) 提供一种全新的策略。

研究者使用 Seahorse XF 技术测量多种 PDAC 细胞的耗氧率 (OCR) 来评估线粒体功能,提示 Gln 拮抗剂 (DON) 能够抑制 PDAC 线粒体功能 (右图上)。

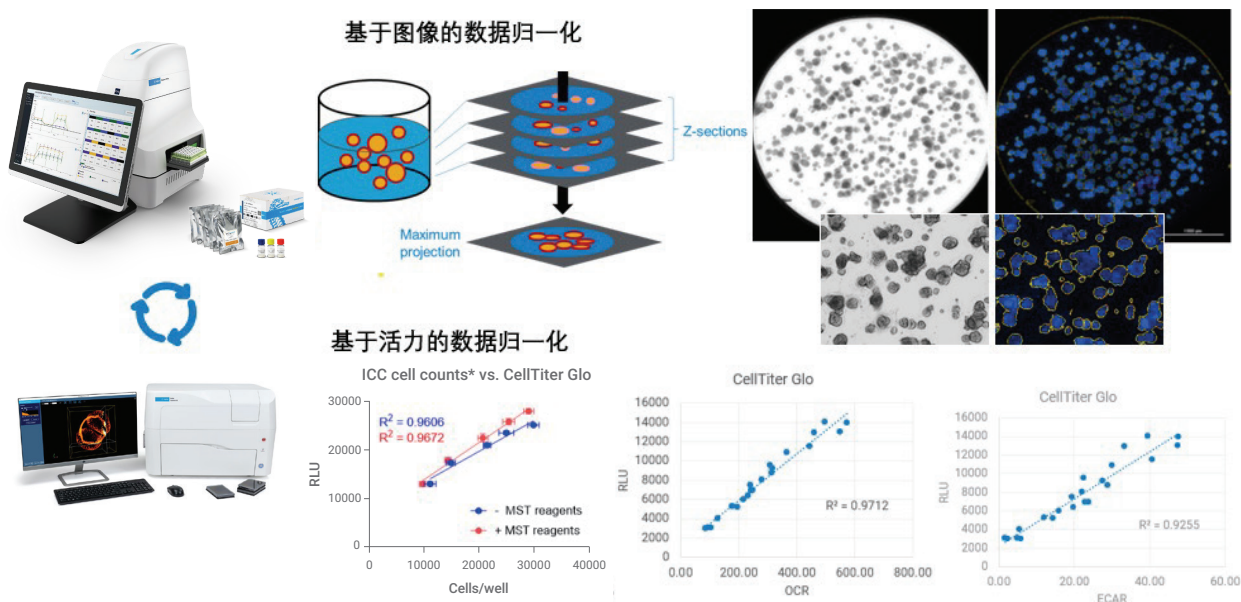


随后,研究团队使用来自胰腺导管腺癌 (PDAC) 患者的胰腺类器官 (PDO) 样本,在 Cytation C10 平台的高通量活细胞检测模式,开展类器官增殖实验,通过类器官生长速率结果评价了 DON 的体外疗效 (右图下)。



Encarnacion-Rosado J, Sohn A S W, Biancur D E, et al. Targeting pancreatic cancer metabolic dependencies through glutamine antagonism[J]. Nature cancer, 2024, 5(1): 85-99.

类器官能量代谢检测数据归一化



安捷伦 Seahorse XF Flex 和 Cytation 联合构建的高通量类器官代谢与功能验证平台,通过能量代谢实验数据的精准归一化,实现了跨模态数据的高质量整合。依托 Cytation 兼具高内涵成像与微孔板定量检测的双重功能,该平台为类器官代谢与功能研究提供两种互补的数据归一化方案:基于类器官形态学参数(如面积、三维体积)成像归一化,和基于类器官活力检测的数据归一化(实验数据来自安捷伦实验室)。两种方案可灵活选用或者组合使用,有效消除类器官异质性对代谢检测结果的干扰,提升多孔、多批次实验数据的可比性与生物学结论的可靠性。为高质量、可比较的类器官功能表征奠定了数据标准化基础。

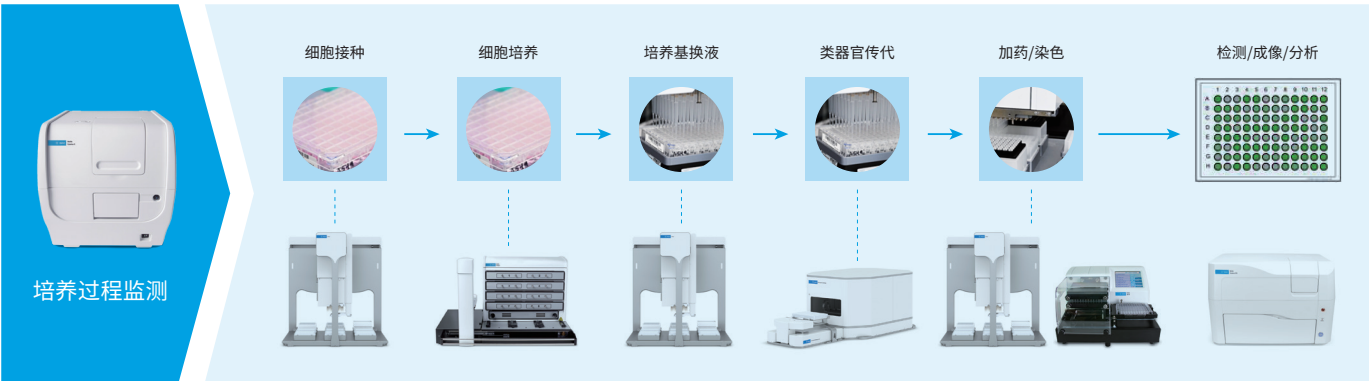
安捷伦高通量类器官代谢与功能研究平台的全流程应用场景

应用场景	Seahorse XF Flex	Cytation™
前期细胞研究	- 鉴定干细胞多能状态和分化状态的转换 - 器官细胞代谢异质性研究¹	- 干细胞信号通路研究 - 干细胞分化表型检测
类器官模型开发	- 测定干细胞群体代谢水平² - 测定增殖和分化细胞群体的代谢表型 - 类器官代谢功能检测	- 类器官形态结构评价（共聚焦） - 特异性标志物表达分布（宽场 / 共聚焦） - 生理功能测定^{3, 10, 11}（全模式）
类器官培养	- 通过代谢功能检测优化培养基条件² - 类器官线粒体功能评价	- 类器官生长速率测定⁴（宽场） - 类器官活性检测⁴（宽场 / 酶标仪） - 类器官质控标准建立⁵（全模式）
疾病机制研究	- 特定基因对类器官能量代谢表征的影响⁶ - 疾病类器官模型线粒体代谢功能评价	- 特定基因对形态表征的评价（共聚焦） - 类器官模型线粒体膜电位⁷（宽场 / 共聚焦） - 类器官线粒体自噬检测⁸（宽场 / 共聚焦）
治疗药物开发	- 类器官水平药物的作用效果⁹ - 类器官水平药物线粒体毒性	- 基于类器官的表型靶点联合药物筛选¹²（宽场 / 酶标仪） - 类器官药物毒性评价（宽场 / 酶标仪）
精准医疗	- PDOs 模型代谢表型检测	- PDOs 模型药敏测试¹⁰（宽场 / 酶标仪）
数据整合与质控	- 获得类器官能量代谢关键指标	- 能量代谢测定结果类器官成像和活力数据均一化

注：以上未标注参考文献的应用源自安捷伦实验室应用文档及客户案例等资料。

安捷伦类器官自动化解决方案

智能、高通量设备联合自动化技术助力类器官研究各环节高效整合



安捷伦集成化类器官工作站整合了类器官培养、检测及分析流程中所需要的液体处理、微孔板离心、样本孵育、显微镜成像和数据定量检测等多项环节，并且可以根据用户需求灵活调整处理通量和拓展功能，以及与更大的自动化平台对接。这样的设计能够极大提高类器官培养和下游应用例如药物筛选的效率，增强实验结果的稳定性和可重复性，有助于不同研究领域的用户建立标准化和智能化的类器官应用平台。

参考文献

1. Rodríguez-Colman, M., Schewe, M., Meerlo, M. et al. Interplay between metabolic identities in the intestinal crypt supports stem cell function. *Nature*, 2017,543, 424–427
2. Okkelman, I.A. · Neto, N. · Papkovsky, D.B. A deeper understanding of intestinal organoid metabolism revealed by combining fluorescence lifetime imaging microscopy (FLIM) and extracellular flux analyses. *Redox Biol.* 2020; 30:101420
3. Truong V, Viken K, Geng Z, et al. Automating human induced pluripotent stem cell culture and differentiation of iPSC-derived retinal pigment epithelium for personalized drug testing[J]. *Slas Technology: Translating Life Sciences Innovation*, 2021, 26(3): 287-299.
4. Darrigues E, Zhao E H, De Loose A, et al. Biobanked glioblastoma patient-derived organoids as a precision medicine model to study inhibition of invasion[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, 22(19): 10720.
5. Hong H, Jun Y, Yoon S B, et al. Manufacturing uniform cerebral organoids for neurological disease modeling and drug evaluation[J]. *Biomaterials Research*, 2024, 28: 0104.
6. Schell J C, Wisidagama D R, Bensard C, et al. Control of intestinal stem cell function and proliferation by mitochondrial pyruvate metabolism[J]. *Nature cell biology*, 2017, 19(9): 1027-1036.
7. Bodenstein D F, Powlowski P, Zachos K A, et al. Optimization of differential filtration-based mitochondrial isolation for mitochondrial transplant to cerebral organoids[J]. *Stem Cell Research & Therapy*, 2023, 14(1): 202.
8. Tao Z H, Han J X, Xu J, et al. Screening of patient-derived organoids identifies mitophagy as a cell-intrinsic vulnerability in colorectal cancer during statin treatment[J]. *Cell Reports Medicine*, 2025, 6(4).
9. Yoshihara E, O' Connor C, Gasser E, et al. Immune-evasive human islet-like organoids ameliorate diabetes[J]. *Nature*, 2020, 586(7830): 606-611.
10. Martin M L, Adileh M, Hsu K S, et al. Organoids reveal that inherent radiosensitivity of small and large intestinal stem cells determines organ sensitivity[J]. *Cancer research*, 2020, 80(5): 1219-1227.
11. Li Y, Zou J, Fang Y, et al. Lung tumor organoids migrate as cell clusters containing cancer stem cells under hypoxic condition[J]. *Biology of the Cell*, 2025, 117(2): e2400081.
12. Ramm S, Vary R, Gulati T, et al. High-throughput live and fixed cell imaging method to screen matrigel-embedded organoids[J]. *Organoids*, 2022, 2(1): 1-19.
13. Volmert B, Kiselev A, Juhong A, et al. A patterned human primitive heart organoid model generated by pluripotent stem cell self-organization[J]. *Nature communications*, 2023, 14(1): 8245.
14. Abilez O J, Yang H, Guan Y, et al. Gastruloids enable modeling of the earliest stages of human cardiac and hepatic vascularization[J]. *Science*, 2025, 388(6751): eadu9375.
15. Encarnacion-Rosado J, Sohn A S W, Biancur D E, et al. Targeting pancreatic cancer metabolic dependencies through glutamine antagonism[J]. *Nature cancer*, 2024, 5(1): 85-99.

www.agilent.com

DE-014997

安捷伦对本资料可能存在的错误或由于提供、展示或使用本资料所造成的间接损失不承担任何责任。

本文中的信息、说明和技术指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2026
2026 年 7 月，中国出版
5994-9263ZHCN