
FMD 当“培养皿里的大脑”开始学习：类器官智能带来的伦理边界与治理难题

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/38953.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FMD

当“培养皿里的大脑”开始学习：类器官智能带来的伦理边界与治理难题。论文标题：Cerebral organoids and organoid intelligence: ethical challenges and governance pathway

期刊：Frontiers of Medicine

作者：Huiyu Luo, Xiangdong Xie

发表时间：28 Nov 2025

DOI：10.1007/s11684-025-1193-8

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

导读

河南医药大学生命伦理与科技治理重点实验室罗会宇、河南医药大学医学人文学院谢祥东在 Frontiers of Medicine 发表观点文章《大脑类器官与类器官智能：伦理挑战与治理路径》（Cerebral organoids and organoid intelligence: ethical challenges and governance pathway）。本文系统梳理大脑类器官（Cerebral Organoids）与类器官智能（Organoid Intelligence, OI）的伦理问题与治理需求，强调随着培养皿里的大脑被嵌入生物计算任务与脑机接口（BCI）平台，既有监管机制与技术能力之间正在出现显著治理鸿沟。为回应这一鸿沟，文章提出包含四个演进层级的伦理关注分层治理框架，并主张治理应从被动、临时的合规监管转向主动、前瞻性的（并可随技术里程碑更新的）适应性治理。

大脑类器官，这种由人类多能干细胞衍生的 3D 脑模型，正在迅速从单一的实验室工具演变为一个新兴跨学科领域——类器官智能（OI）。随着 3D 培养与神经接口技术进步（图1），以及 Brainware 等生物计算系统的出现，研究者已将大脑类器官嵌入计算电路并通过 BCI 实现信号交互，使其在训练中表现出可塑性并执行语音识别等任务。由此，我们正从人/机二元走向生物—算法混合体（图2）。然而，当神经组织呈现更复杂的电生理活动与信息处理迹象时，关于潜在意识、道德地位与跨物种嵌合体边界的争论随之上升；更棘手的是，材料来源、使用权与处置/销毁等基础

义务也被迫重新定义，传统伦理框架已难以单独覆盖这些叠加风险。

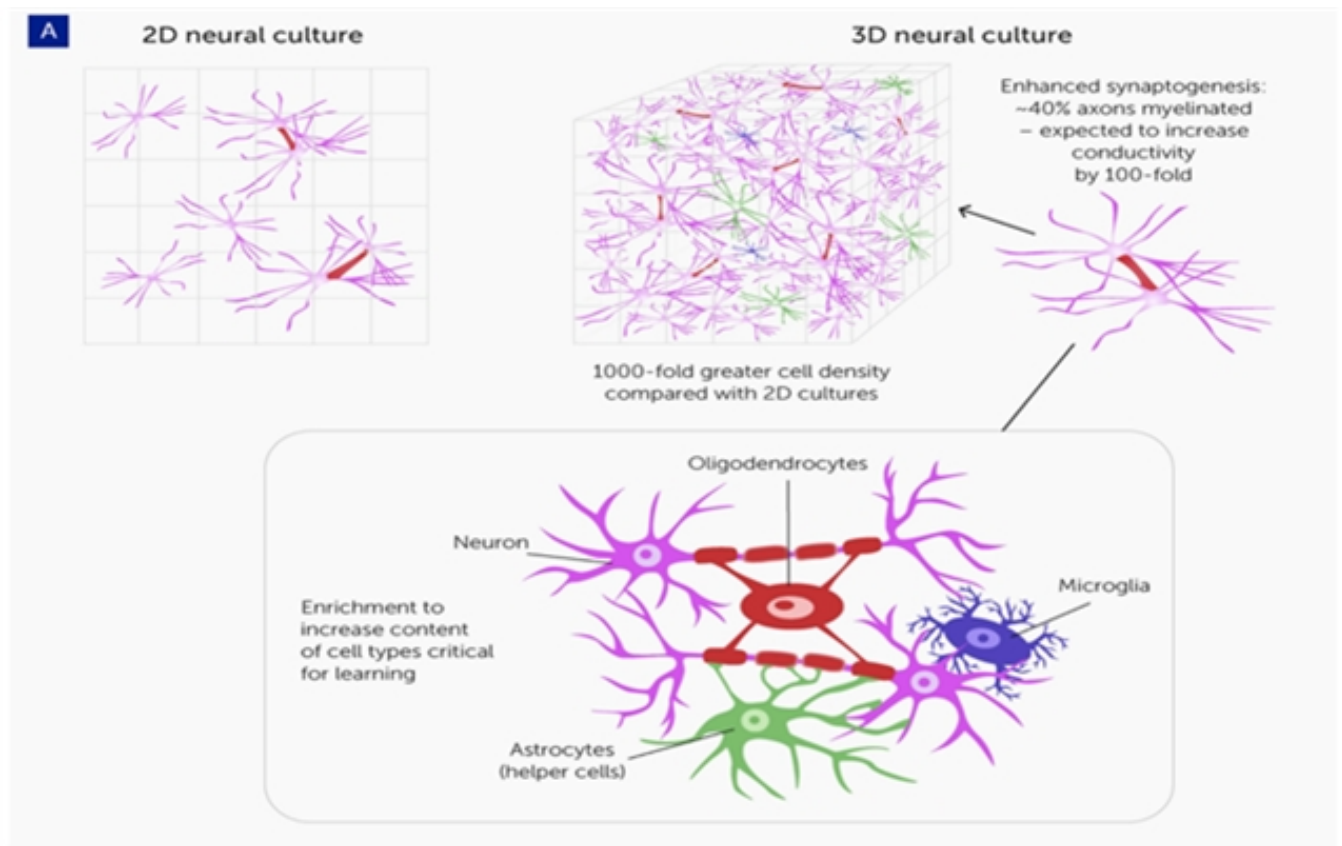


图1 3D 细胞培养技术的进步为探索类器官智能提供了基础。与传统的 2D 单层培养相比，3D 神经细胞培养在生物学习方面具有重要优势——即细胞密度远更高、突触生成增强、髓鞘化水平高，以及富含对学习至关重要的细胞类型（Source of the picture: Smirnova L, Caffo BS, et al. Organoid intelligence (OI): the new frontier in biocomputing and intelligence-in-a-dish. Front Sci (2023) 1:1017235. doi: 10.3389/fsci.2023.1017235. Licensed under CC BY 4.0.)

图2 从人机到生物 — 算法混合体的演进路径

针对上述挑战，本文提出一个包含四个维度的分层治理框架（图3），以系统绘制不断演变的伦理风险图谱。该框架依据治理复杂度递增，将伦理关注点划分为四个同心圆层级：

1. 基础层（Foundational Layer）涵盖知情同意、捐赠者权利、材料管理与处置等先决义务。文章指出，传统广泛同意在类器官研究中日益失效，需转向特定用途与动态知情同意，并将材料处置纳入分级管理，以回应未来生物计算与数据驱动应用的可预见扩展。
2. 核心层（Core Layer）聚焦神经功能、潜在意识与认知能力争议。研究主张采用预防性/谨慎原则：在缺乏确凿证据排除意识可能性之前，应以可观测的功能标记（如特定神经振荡模式、长程网络同步证据）作为伦理审查触发点，优先开展前瞻性风险控制。
3. 风险层（Risk Layer）涉及技术融合带来的前沿风险，包括跨物种嵌合体、OI 以及与 BCI/AI 的耦合。此时类器官可能作为生物中介嵌入混合系统，使道德主体性、控制与责任边界出现结构性模糊，伦理影响不再是单点困境，而是跨系统联动。
4. 治理层（Governance Layer）代表社会、法律与政策响应，强调在准则制定、公众沟通、监管工具设计与政策协同中实现多方参与，并推动治理从单一自律转向可持续的适应性治理。

图3 大脑类器官与神经技术的伦理多层框架

文章进一步对比 ISSCR（国际干细胞研究学会）、OECD（经合组织）、NIH（美国国立卫生研究院）、中国国家科技伦理委员会以及英国纳菲尔德生命伦理理事会（Nuffield Council on Bioethics, NCOB）等主要国际与国家级伦理准则（见原论文 Table 1），指出各方治理逻辑存在显著差异，构成从行业自律到国家监管、从软法引导到强制边界的谱系：

- ISSCR 侧重科学共同体自我监管，主张风险分级管理。
- OECD 强调负责任创新与跨部门协调，推动跨国政策逻辑。
- NIH 路径更为保守，主要通过联邦资助条件与合规要求实现约束。
- 中国指南体现国家主导的自上而下监管模式，强调明确技术红线与风险分级审查。
- 英国纳菲尔德生命伦理理事会提供前瞻性伦理分析，通过识别新兴挑战并倡导功能性标记来影响未来政策制定。

以上分歧揭示了当前全球在技术共识与规范协同方面的不足，也进一步凸显治理鸿沟的结构性成因。

为了弥合治理鸿沟并促进负责任的创新，文章提出三项具体行动建议：

1. 建立专门伦理委员会 研究机构应组建由神经科学、伦理学、法律和计算机科学专家组成的神经—类器官伦理委员会，提供定制化监管。

2. 定义功能阈值

国际机构需与科学家合作，界定触发更高级别伦理审查的最小功能阈值（如特定 EEG 样模式或长程网络同步证据）。

3. 促进国际协同治理 建立专门的国际协作平台，协调伦理基线，防止伦理标准逐底竞争；并以可周期性更新的适应性治理应对不确定性，提升制度韧性。

文章最后强调，随着类器官智能走向更复杂的融合场景，治理必须具备动态适应性。探索生物智能的前沿，不仅是科学问题，更迫使我们在培养皿里的大脑开始学习这一现实面前，持续重划人类与智能的伦理边界——这需要科学家、伦理学家及全社会的共同审慎与前瞻。

原文信息

标题

Cerebral organoids and organoid intelligence: ethical challenges and governance pathway

作者

Huiyu Luo, Xiangdong Xie

机构

Key Laboratory of Bioethics and Science Technology Governance, Henan Medical University, Xinxiang 453003, China; School of Medical Humanities, Henan Medical University, Xinxiang 453003, China

通讯作者

Huiyu Luo

引用这篇文章

Huiyu Luo, Xiangdong Xie. Cerebral organoids and organoid intelligence: ethical challenges and governance pathway. *Front. Med.*, 2025, 19(6): 1311-1319 DOI:10.1007/s11684-025-1193-8

<https://journal.hep.com.cn/fmd/EN/10.1007/s11684-025-1193-8>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11684-025-1193-8>

感谢作者对Frontiers of Medicine的信任和支持。

期刊简介

MedScience (原名Frontiers of Medicine) 是中国工程院院刊, 由教育部主管, 高等教育出版社、中国工程院与上海交通大学医学院附属瑞金医院共同主办。期刊聚焦医学前沿领域的学术进展, 关注国际研究热点与中国优秀研究成果, 主编为陈赛娟院士、张伯礼院士和王小凡院士。主要报道领域涵盖临床医学、基础医学、转化医学、流行病学、公共卫生、中医药学和人工智能医学等, 刊载文章类型包括 Research Article、Review、Perspective、Editorial、Case Report、Comment、Letter

期刊已被SCI、PubMed、Scopus、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心库、第三批临床医学领域高质量科技期刊分级目录T1级、化学文摘数据库(CAS)等权威数据库收录, 在2025中国科学院文献情报中心期刊分区表医学大类中位列二区。

在线浏览

<https://journal.hep.com.cn/fmd>

<https://link.springer.com/journal/11684>

投稿

<https://mc.manuscriptcentral.com/fmd>

来源: Frontiers of Medicine

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有, 请勿用于商业用途, [爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发