

AGI 时代的生命科学重新对账

——生命、个体化与主体连续性的分层证据框架

Reckoning with the Life Sciences in the Age of AGI

A Layered Evidence Framework for Life, Individuality, and Subject Continuity

作者 子君赋 出品 文明跃迁研究组

独立发布版 V1.3 维度跃迁与跨学科因果关系修订

进入生命科学、生物学、神经科学、人工生命与哲学之生物学共同审查；以生命判准、个体化、发育／死亡、复制／替换和跨实现连续性为专业对象，提出可反驳、可修订的证据—推论框架；不构成意识检测器、法律人格判决、政治授权或治理参数。

正文修订 2026 年 10 月 10 日 作者 子君赋 出品 文明跃迁研究组

摘要

合成基因组、最小细胞、脑类器官、体细胞核移植、细胞重编程、可重构生物体与高级人工智能，正在把长期由同一类自然生命共同承载的生命组织、功能智能、感觉能力、个体连续性与制度身份拆开。问题因而不只是“什么是生命”，而是：不同对象在什么尺度上满足哪些生命判准；这些证据能够支持什么，又不能替体验、主体连续性、责任或资格作答。本文是一篇跨生命科学、哲学之生物学、神经科学、合成生物学、人工生命与 AI 研究的概念综合。它以“对象与尺度—经验观察—竞争解释—跨层桥接”为主框架，重组生命定义、生物个体化、发育与衰老、死亡判定、复制与替换、类器官、合成生命和高级 AI 比较。本文提出三项论证：生命判定必须同时声明判准、对象尺度与研究目的；生物个体是发育、稳态、合作—冲突及环境关系共同形成的历史组织，而非静态材料集合；生命分类、感觉证据、主体连续性和制度地位相关但互不蕴含。克隆、重编程、器官替换、极端延寿、合成和复制分别保存或改变不同连续关系，任何局部成功都不足以证明完整生命史或第一人称延续。本文不提出终局生命定义，不报告新实验，也不从生命事实直接推出意义、人格、权利或公共权力。其增量是一套可跨自然、合成与人工对象使用的证据—推论审计框架，以及明确会迫使该框架收缩、改写或放弃的条件。本文进一步将本学科职责前移至目标与目的生成：从利己为先转向利他为先的利己，使真实利害相关者在目的生成与锁定前进入判断。学科事实、方向、方法与结果分别说明，不以局部成败替代共同存续和三个长期目标。本文据此把研究从分清专业对象推进到深入跨学科关系，重点追踪本领域判断怎样经其他领域改变现实，又怎样由反馈返回并改变原条件与下一轮目的。多主体、多阶段和多场域的利害须分别呈现，相关、共同原因、中介与因果反馈须分别检验，新增关系维度接受具体反证。

关键词：生命定义；生物个体；生命史；有限性；主体连续性；脑类器官；合成生命；人工生命；AGI

Abstract

Synthetic genomes, minimal cells, brain organoids, somatic-cell nuclear transfer, cellular reprogramming, reconfigurable organisms, and advanced artificial intelligence are unbundling properties long co-instantiated in familiar living beings: biological organization, functional intelligence, sentience, individuality, continuity, and institutional status. The resulting question is no longer merely what life is, but which criteria are met by which objects at which scales, what the available evidence supports, and what it cannot establish about experience, subject continuity, responsibility, or standing. This Perspective offers a conceptual synthesis across the life sciences, philosophy of biology, neuroscience, synthetic biology, artificial life, and AI research. It organizes claims through four steps: object and scale, empirical observation, competing explanation, and cross-level bridge. Three conclusions follow. Judgments of life must state their criteria, target scale, and research purpose; biological individuals are historically formed organizations of development, homeostasis, cooperation and conflict, and environmental relations rather than static collections of matter; and life classification, evidence of sentience, subject continuity, and institutional status are related without entailing one another. Cloning, reprogramming, organ replacement, radical life extension, synthesis, and copying preserve or alter different continuity relations, so success at one level does not establish a complete life history or first-person persistence. The paper proposes neither a final definition of life nor a new experiment, and it does not infer meaning, personhood, rights, or public power directly from biological facts. Its contribution is a cross-object evidence-to-inference framework with explicit conditions under which it should be narrowed, revised, or abandoned. The paper further locates disciplinary responsibility before goal and purpose generation: a shift from self-interest first to self-interest with others first brings subjects with genuine stakes into judgment before goals are formed and locked. Facts, direction, methods, and outcomes remain distinct. The analysis is further extended to cross-disciplinary causal relations. It traces how judgments in this field change real-world conditions through

other domains, and how feedback modifies the original conditions and subsequent purposes. Effects across actors, stages, and settings must be distinguished from correlations, common causes, and merely asserted connections.

Keywords: definition of life; biological individuality; life history; finitude; subject continuity; brain organoids; synthetic life; artificial life; AGI

研究定位、材料范围与证据纪律

本文的研究起点是理论与维度跃迁。保留本学科的专业精度，同时深化它与相邻领域的因果关系；专业边界标明证明责任，不终止对共同后果的追踪。既有学术参与竞争解释和反例检验，不能以原分类尚无位置要求新问题退回旧框架。

本文定位为 Perspective / Conceptual Review，不是系统综述、实验论文、临床指南、AI 意识检测报告或政策白皮书。材料以截至 2026 年 8 月 25 日可公开核验的标志性原始研究、专业指南、权威报告和具有直接反例价值的理论文献为主，覆盖生命定义与自创生、重大演化转变、生物个体化、发育与衰老、脑死亡、克隆与重编程、合成基因组与最小细胞、脑类器官、可重构生物体、感觉替代、内感受和神经接口。选择原则不是文献计量穷尽，而是每一来源必须承担清楚、有限且可复核的结论；附录逐项登记其可支持范围与不能支持的跨层结论。

全文区分四类论证身份。A 类为已有较稳定支持的经验、临床、结构或正式文本事实，必须限定对象、样本、尺度、条件与可复现范围；B 类为存在竞争解释的前沿研究，必须同时呈现替代机制、反例与外推限制；C 类为尚未现实化的技术情景和本文提出的跨学科研究框架，只能承担概念压力测试与可修订假说；F 类为本文公开承担的哲学或规范承诺，例如意义多源、有限性不等于短寿、生命事实不能自动生成权利与权力。F 类不得伪装成生命科学发现，A/B/C 也不能被机械换算为人格、资格或授权。证据强度不被压成生命分、意识分或资格分；可复现性、因果干预、多方法收敛和独立复核分别说明。

文明跃迁在本文中的最低接口

陌生读者无须预先了解或赞同文明跃迁，即可独立审查本文。本文只采用它的最低接口：当前高级生成式与代理型人工系统使生命、智能、体验、主体、责任、制度资格与权力不再能够凭历史重合而互相推定。这里的“AGI 时代”指这种分离已成为持续的技术与制度条件，不预设一个已经完成、定义统一且具有主体性的 AGI 实体。意义被视为文明正当性的必要但不充分评价视域，而非生命科学发现或唯一总价值；福利、真理、平等、反支配与对他者伤害仍有独立地位。有限性是已知生命使形成史、关系、选择与后果取得主体相关重量的一类结构，不是意义的唯一来源，更不构成对死亡、痛苦或短寿的肯定。任何生命事实进入体验、主体、意义、权利或权力结论，均须另列竞争解释、哲学桥接和制度原则。

全文推论规则

先确定对象和尺度，再报告观察；先比较竞争解释，再提出跨层桥接。生命、体验、主体连续性、伦理人格、法律资格、政治成员、公共职权与主权分别举证。开放异质生命和未来主体，不等于把可能性预支为事实；证据不足，也不等于永久不可能。

目录

摘要.....2

Abstract.....2

研究定位、材料范围与证据纪律.....3

生命研究的跨尺度后果与代际关系.....5

生命事实与文明目的.....6

一、导论：为什么“生命”不再能替其他问题作答.....6

二、生命判准：定义、尺度与研究目的.....7

三、生物个体化：边界、合作、冲突与多尺度组织.....8

四、生命史与时间：发育、衰老、休眠和死亡.....9

五、从生命组织到感觉与主体性：灰区不是等级梯.....10

六、复制、替换与增强：什么被保存，什么仍未证明.....12

七、合成生命、最小细胞与可重构生物体.....14

八、与高级 AI 的有限比较：对象绑定、运行连续与被经历时间.....15

九、综合框架、最强反驳与开放研究议程.....16

结论：开放生命边界，同时守住证据边界.....18

续读与共同研究入口.....19

附录 A 来源—主张边界登记.....20

附录 B A／B／C／F 论证身份与跨层审计.....24

参考文献.....25

生命研究的跨尺度后果与代际关系

从生命判准进入生命条件的共同形成

生命组织、个体化、发育、感觉与连续性需要独立证据，同时又受环境、照护、资源和制度共同影响。把细胞或机体研究做深，仍不能停止追问技术进入生活后怎样改变生命条件。生物可行性、真实可达性、关系责任与代际后果属于不同层次，必须连接而不能互相替代。

治疗与增强怎样改变下一轮需求

假设一种延寿能力有效，却只有少数人能够获得。能力改变生命预期，生命预期改变教育、工作、家庭与资源安排，分配结构影响研究方向，新的研究又优先满足已有购买力。这条链须由生命科学、经济学、社会学、教育与伦理共同审查。它既不能由“延寿有益”直接证明分配正当，也不能因分配困难否定治疗本身。

多个承担者与时间尺度

研究参与者、受治疗者、照护者、共同体与未来后代可能承受不同风险，短期疗效与长期发育、生态和资源后果也可能不同。实验室、医疗、家庭和公共制度中的责任不相同。复制组织、替换器官和保存信息分别保留什么，需要逐层说明；技术史连续不能直接承诺第一人称幸存。

怎样检验理论增量

关系研究应识别单项生物效果相近而真实健康、照护负担或未来选择空间不同的情况。若跨域预测被长期证据否定，应修改具体桥接；若把所有社会变化归给生物技术，则应检验收入、制度和人口等共同原因。维度扩展尊重专业事实，也使专业结论继续接受其进入世界后的后果校验。

生命事实与文明目的

生命科学进入目的形成，首先辨认谁正在承受真实变化：身体、健康、繁殖、照护及代际条件如何受影响，哪些损害可修复，哪些会改变一生。技术上延长运行或保存信息，与生命实际获益并不相同；降低生物风险值得肯定，却不能自动替代幸福、关系和意义。

新起始逻辑要求治疗、增强与资源配置的目的，在锁定前看见真实承受者。研究参与者不能只作为生成未来整体收益的材料，尚未表达的后代不能只作为统计人数。个体利益、共同体关系和人类共同未来应在具体因果范围内同时进入。

生命个体化、感受、主体连续性与制度资格仍需分别讨论。克隆、细胞更新和器官替换可以保存不同层次的结构，不能因保留一种结构就承诺第一人称幸存。关于人为生命和更长寿形态的开放，也不能把当前有限生命降为可牺牲的过渡版本。

既有意义不被追溯取消包含两层。发生史、因果史不能因后来的名称而变成未曾发生，这是生命研究可以参与辨认的事实层；生命的最低存在地位不因未来能力比较而清零，是另须说明理由的规范层。科学只证明其中一层，并不要求另一层被删除。

意义承认不冻结历史评价。伤害可以被重新追责，错误可以被纠正，荣誉和公共解释可以因证据改变。不可抹除发生史，不等于不得批判发生过的行为；保护生命意义，也不等于承认所有目的都正当。

一、导论：为什么“生命”不再能替其他问题作答

一个合成细胞、脑类器官、克隆个体、长期运行的人工智能体和人格备份分别保存了什么？把这些对象直接称为“生命”或“主体”，会把细胞组织、发育史、感觉能力、第一人称连续性和制度身份压成同一个判断。相反，仅因某个对象不是自然碳基生命而将其永久排除，也会把现有样本误写成宇宙上限。本文从可观察对象与研究尺度出发：先确定对象、判准和证据，再讨论体验、连续性与保护；任何跨层结论都必须补充科学或规范桥接。

传统讨论已经处理过许多局部分离：病毒和休眠体挑战代谢与繁殖判准；工蚁和骡子说明个体当下生命不能由个体繁殖能力裁决；微生物组、嵌合体和群体生物模糊个体边界；法人具有制度身份而无生命或体验；婴幼儿、昏迷者和重度认知障碍者则说明当下高阶能力不是基本保护的必要条件。AGI 相关技术的新处，不是第一次出现边界例外，而是功能智能开始在未被证实为生命或体验主体的技术系统中稳定组合，并进入知识、组织和高后果行动链。过去作为边界案例出现的概念分离，开始成为大规模研究与制度条件。

本文因此不把“机器是否像人”设为总问题，而拆成五个账本：某对象是否构成生命组织；是否存在感觉或主观体验的证据；是否形成跨时且在复制条件下不可被任意替代的主体连续性；是否具有主体相关的后果把握；制度为了保护、交易、责任或治理应配置何种位置。五者可以相互提供材料，却没有任何一条能自动完成其余四条。

表 1 五个证据账本及其推论边界

证据对象	最低研究问题	单独不足以支持
生命组织	边界、自维持、代谢、发育、修复、繁殖、遗传与开放演化如何组织？	体验、人格、权利或意义
感觉／体验	是否有感受、价性与第一人称状态的多方法证据？	反思能力、责任能力或数值同一

证据对象	最低研究问题	单独不足以支持
主体连续性	同一视角是否跨时间、替换、复制与中断而持续？	法律人格、全部权利或政治资格
后果把握	行动后果是否与自身存续、受损、承诺和修订稳定绑定？	体验、主权或公共权力
制度位置	保护、交易、责任或治理需要何种资格和权限？	本体论主体已经被证明

1.1 三项贡献与一项自我限制

第一，本文以“判准×尺度×研究目的”重组生命定义争议，使同一对象在不同研究任务中为何得到不同分类可以公开讨论。第二，它把遗传、材料、功能、信息、关系和第一人称连续拆开，用同一矩阵比较克隆、重编程、替换、延寿、合成与复制。第三，它将生命事实能承担的最窄结论和不能承担的跨层结论并列登记，使争论不再靠扩大一个词的含义取胜。自我限制是：本文不提供意识的充分必要条件，也不以一套统一等级把多种证据机械排序；若主框架不能比既有概念区分产生更好的预测、实验设计或争议定位，它就应降为教学工具，而不是继续扩张术语。

1.2 生命科学的证明范围与交接点

生命科学能够独立回答的，是生命特征、个体化、发育与死亡、稳态与修复、复制与替换、谱系和多尺度组织等经验问题，并说明这些判准在何种对象、尺度和研究目的下有效。它必须停止在体验与第一人称连续性的充分判断之前：神经活动、生命组织、代谢稳态、不可复制或死亡都不能单独终审主观体验、人格、权利与公共权力；同样，非生物材料、可复制或可暂停也不能成为未来主体的先验排除条件。当问题进入体验与自我，应交给认知科学、神经科学与心灵哲学；进入证据强度和跨实现类比，应交给认识论；进入保护、法律资格与责任，应交给伦理学与法学；进入模型、实例、版本、迁移和系统连续，应交给 AI 与系统科学。生命科学提供事实前提，并保留用新生命形式、新个体结构和新实验结果反向修改这些交接关系的权利。

二、生命判准：定义、尺度与研究目的

NASA 天体生物学项目使用“能够进行达尔文式演化的自持化学系统”作为工作性定义 [1]。该定义服务于探测和实验设计，并非具有约束力的终局定义。病毒、休眠体、不育个体、社会性昆虫工蚁、专性寄生体、共生共同体以及潜在非地球化学生命分别挑战其中不同要素。工作定义的科学价值在于明确可观测变量，而不是把宇宙中的生命先验封闭在一句话内。

本文建议采用“判准簇+对象尺度+竞争模型”的研究方式：边界维持、能量与物质交换、稳态与修复、发育与历史依赖、繁殖与遗传、变异与演化、环境感知与行动、开放式适应可在不同对象和尺度上出现。它们既不是可加总的生命评分，也不是任何一项单独构成的充分条件。

表 2 生命定义的竞争传统、贡献与边界

理论传统	有效遗产	承重盲点	升级方向
代谢／稳态	交换、调节、修复与组织完整	休眠、寄生、工程控制	区分工程调节、生命自维持与内感受

理论传统	有效遗产	承重盲点	升级方向
自创生／组织闭合	系统持续生产并维持其组成与边界[2]	操作化、尺度与环境依赖	作为比较模型，不作为意识或权利判定器
达尔文演化	遗传变异、选择与群体历史	个体当下生命不等于群体演化能力	拆开个体生命、群体演化与规范价值
信息／控制	遗传、调节、误差修复	抽象信息处理可能脱离生命组织	不把信息复制等同生命或主体复制
发育系统／表观遗传	形成史、谱系、环境与状态重编程	可重编程不等于整体历史可重来	追踪路径依赖及其可变范围
重大演化转变／多层选择	个体层级、合作与信息通道可重组	复杂化容易被误写为必然进步	研究个体化尺度，不预设唯一边界
生态／共生	生命边界具有关系性和生态嵌入	边界多孔不等于个体不存在	允许多层个体并存，主体另证
合成生物学／人工生命	设计—构建—测试探索生命必要组织	来源人工或活细胞组装易被过度命名	区分材料、闭合、复制、演化与主体证据

现存地球生命共同祖先得得到强统计支持[3]，但共同祖先结论既不证明生命只起源过一次，也不把碳基、DNA或细胞组织设为异质生命的永久入口。重大演化转变研究显示，复制单位、合作结构和信息通道可以在演化中重组[4]。因此，一个有用的生命框架既要有排除能力，也要允许新对象提出可失败预测：它应说明哪些观察会使判定上升、下降或被竞争模型取代，而不是把所有复杂、自维持或会复制的系统收入一个无限开放集合。

工作结论

生命定义应被当作研究工具而非资格判决。任何判定必须声明对象、尺度、判准、研究目的和边界案例；若未来出现跨自然、合成、休眠、寄生和异质对象均具有更高预测力的统一模型，判准簇应收缩为历史性的比较工具。

三、生物个体化：边界、合作、冲突与多尺度组织

生物个体不是一张材料清单，而是在发育、代谢更新、免疫调节、微生物共生与环境交换中持续形成的组织过程。人体许多细胞和分子持续更新，但更新率高度组织特异；部分神经元可与个体同龄[11]。因此，“组成改变”既不能证明个体每日更换，也不能证明所有组成始终不变。

个体化至少可以从四个尺度研究：生理个体关注稳态和整体调节；演化个体关注复制、遗传与选择单位；免疫个体关注耐受、危险与边界治理；生态个体关注宿主—共生体的功能依赖。Queller 与 Strassmann 用高合作、低冲突研究有机体性[5]；人类微生物组与乌贼—弧菌共生则显示，非同源成员能够深度参与正常形成与功能[6][7]。这些发现支持多尺度个体化，不支持“宿主与微生物自动构成一个统一主体”。

嵌合体、珊瑚群体、黏菌、克隆菌落和群居昆虫进一步迫使我们区分“一个生命单位”“一个选择单位”“一个福利承受者”和“一个法律主体”。边界争议不是取消边界的理由，而是要求研究明确：是谁在维持、谁在受损、哪个尺度的冲突被压低、哪个尺度的关系会被制度决定改变。

重大演化转变并不保证复杂化必然进步，也不保证更高层组织拥有统一体验[4]。免疫学中的危险模型进一步表明，边界治理不能被简化为静态的“自我／非我”识别[27]。相反，微生物组的生态依赖也不能直接升级为“全生物体”是唯一选择单位或体验主体；对全基因组／全生物体概念的批评显示，宿主与微生物利益并不总是统一，传播方式和选择层级也会分离[39]。

表 3 多尺度个体化：同一对象上的不同研究单位

尺度	边界与整合机制	可支持结论	不能自动推出
生理个体	稳态、代谢、修复、器官协调	整体调节的研究单位	演化单位或体验主体
演化个体	复制、遗传利益、合作—冲突	选择与适应的分析单位	道德地位或群体意识
免疫个体	耐受、危险、损伤与边界治理	识别和响应边界可动态形成	固定本体自我
生态个体	宿主—共生体依赖与环境交换	功能可能跨物种分布	统一第一人称或责任主体

因此，生物个体化包含一个经验命题和一个另待论证的哲学命题。经验命题是：现态受到发育、稳态、免疫、共生和环境关系的因果塑造。哲学命题是：形成史是否构成身份，而不只是造成当前结构。生命科学可以测量前者，并检验形成史在控制现态后的增量解释；它不能单独证明后者，更不能由多孔边界推出个体不存在。

四、生命史与时间：发育、衰老、休眠和死亡

生命科学中的时间不能只由钟表次序描述。它包含形成窗口、阶段依赖、细胞谱系、损伤累积、修复能力、关系承接与不可完整回到先前状态的历史。C. elegans 细胞谱系研究显示发育路径具有高度可追踪性，并包含程序性细胞死亡[8]；人类衰老的十二项标志则是组织机制研究的相互关联框架，而非穷尽性本质定义[9]。生命时间因此既有可干预机制，也有不可由单一机制清零的整体形成史。

死亡同样必须分层：细胞死亡、器官失效、循环停止、脑作为整体（包括脑干）的功能永久丧失、个体死亡与法律死亡彼此关联但不等同。2023 年儿科与成人脑死亡／神经学死亡共识指南强调前提条件、排除混杂、神经系统检查和呼吸暂停试验；辅助检查仅在临床评估无法安全或完整完成等规定情形下使用[10]。指南使用“永久”而非把所有脑功能逐项要求为“不可逆停止”，并允许某些神经内分泌功能持续。医学判定提供可操作的死亡标准，但不单独裁决关系、人格和意义何时终止。

有限不等于短命，也不构成反对延寿的立场。延长健康寿命可以改变生物有限的时间尺度，却不自动取消发育、叙事、关系与主体连续性的有限。一个万年生命仍可能有不可撤回的形成史、不可替代的关系位置和终将结束的视角。

程序性细胞死亡参与组织形成与细胞群调节，但经典凋亡研究不等于现代全部调控性细胞死亡机制的终局清单[28]。跨物种比较还显示，死亡率和生育轨迹具有显著多样性[36]；水螅特定队列在有限观察期内未呈现明显衰老，不能被概括为绝对生物不朽[37]。这些结果迫使“有限”与“短寿”“恒定衰老率”分离：生物有限可以被延缓、分布或改变，并不因此自动消失。

4.1 “永久”不是“不可逆”的同义词

2023 年儿科与成人脑死亡／神经学死亡共识指南使用脑作为整体（包括脑干）功能的永久丧失，并以严格前提、混杂排除、神经系统检查和呼吸暂停试验组织临床程序；辅助检查只在规定情形使用[10]，引用时须同时登记 2024 年勘误[41]。这里的“永久”是基于不会自发恢复、也不尝试恢复的临床与制度条件，不应被无声替

换为更强的“在任何技术条件下都不可逆”。指南允许某些神经内分泌功能残存，并不声称每一脑细胞或一切躯体整合都已消失。慢性脑死亡案例中的部分长期躯体整合，挑战“脑是全身唯一整合器”的经典理由，却不证明意识、脑功能恢复或诊断后的复生[42]。世界脑死亡项目提供国际最低标准和程序协调[35]，但临床判定仍不能解决灵魂、人格、关系或意义何时终结。

4.2 从六项生命科学分析到八层跨学科有限性

生命科学可以直接研究生物有限和发育／路径有限，并对物理约束在生命实现中的部分作用提供材料；它还可内在感受、稳态、感觉运动和发育史上进入具身／体验接口。叙事、关系、能动／后果及第一人称连续则不是生命科学的独占对象。为避免“六层有限性”与哲学外发稿的“八层框架”竞争，本文将前者降为学科分析窗口，后者保留为跨学科总框架。层数不是本体清单，更不能相加成有限性总分。

表 4 生命科学分析窗口与跨学科有限性框架的映射

跨学科层	生命科学可直接贡献	需要相邻学科补充	关键禁令
物理／因果	能量、材料、损耗、局部不可逆	物理学、工程学	物理受限不等于生命或体验
生物	代谢、修复、衰老、疾病、生殖、死亡	医学、生态学	可干预不等于消失
发育／路径	谱系、形成窗口、可塑性、表观状态	发展心理学	局部重编程不等于整体重置
具身／体验	内感受、稳态、感觉运动的候选机制	神经科学、心灵哲学	机制相关不等于现象体验
叙事	记忆系统的生物条件	心理学、人文学	档案保存不等于体验延续
关系	依恋、压力、照护的生命后果	社会学、伦理学	关系承接不等于主体复制
能动／后果	行动调节与学习机制	认知科学、伦理学	优化后果不等于自身关切
主体连续	神经与身体连续的部分指标	心灵哲学、认识论	生物连续不终审第一人称同一

五、从生命组织到感觉与主体性：灰区不是等级梯

“被归入生命”本身不是推断意识的充分证据；“未被归入现有生命”也不是永久排除体验的充分理由。已知的高置信体验样本来自生命体，尤其是具有神经系统和可比较行为、报告或生理指标的对象，但这一样本事实既不证明生命组织对体验充分，也不证明它对一切可能体验必要。真正可审查的问题是：某项生命或神经证据在何种理论下与感觉、价性、整合或第一人称状态相关，主要竞争解释是什么，什么干预会使推断增强或失败。

人类研究显示，动作词加工可与运动和前运动皮层活动相关[29]，触觉图像投射能够支持视觉替代功能[30]，内侧颞叶损伤可造成严重的新记忆形成障碍而保留其他能力[31]，裂脑研究又提示知觉分离与统一行动者的关系远比单一断裂模型复杂[32]。脑控功能性电刺激可在单例概念验证中恢复部分运动[33]，内感受觉察与特

定神经活动存在相关[34]。这些研究共同反驳简单定位论，却不支持“某区域、某通道、某种行为等于体验”或“功能恢复等于主体迁移”。

5.1 脑类器官：活动是观察入口，不是体验结论

人源脑类器官能够模拟部分脑发育和疾病特征[21]，皮层类器官可出现复杂振荡；将这些振荡与早期脑网络发育相比较是作者解释，而不是“婴儿样脑波”或意识结论[22]。这些实验没有直接研究主观体验；振荡、刺激反应、复杂度或与发育阶段相似的活动，都不能单独完成从神经组织到体验的桥梁。典型体外类器官通常缺乏完整身体输入、全身稳态和可验证行为报告；移植到新生大鼠脑内的人皮层类器官可成熟、接入感觉—行为环路并调制宿主学习行为，但这仍不构成类器官主观体验证据[43]。美国国家科学院 2021 年报告据当前理解判断现有及近期对象极不可能具有意识、觉知或疼痛，同时明确未来复杂度变化需要重新评估[24]。这是一项受时间、方法和对象范围限制的专家判断，不是永久不可能定理。

来源版本还需要单独治理。Revah 等 2022 年移植人皮层类器官研究于 2026 年 8 月发布 Author Correction：原论文 Fig. 5a 中的 mPFC 面板因制图错误误用了 A1 面板的重复图像，Nature 已更新 HTML 与 PDF 版本[43]。因此，本稿只保留该研究经更正版本仍直接支持的有限结论——移植类器官可成熟、整合进宿主感觉与相关回路并影响宿主行为；任何依赖 Fig. 5a 具体图像的判断必须使用更正后版本。该更正既不能被忽略，也不能被扩展为类器官具有或不具有主观体验的证据。

ISSCR 在 2021 年指南中为类器官等研究提供监督原则；2025 年 1.2 版是针对干细胞来源胚胎模型的定向更新，其他章节仍沿用 2021 年文本[23]。因此，不能把“2025 更新”写成类器官意识已有新共识。神经系统类器官与组装体已有专门命名共识[44]，随后研究框架进一步要求在质量控制、表征、操纵和移植设计中提高可重复性[45]。审慎保护可以基于潜在伤害、证据不确定性、措施成本和可逆性先行，但保护不是体验已经被证明的暗号。

5.2 三条问题方向必须非单调分账

主观体验、跨时第一人称连续性和主体相关的后果把握，可作为异质主体研究的三条跨学科问题方向，却不能排成从低到高的主体阶梯。体验证据强而连续性或反思能力弱的对象，仍可能是需要免受痛苦的道德受体；连续服务、记忆或身份协议很强而体验未知的系统，可能只有功能或制度连续；复杂后果建模很强的系统，也可能只是高阶控制器。法律人格还可因交易、责任或保护目的在三轴均未确证时设立。任何组合都不自动产生政治权力。

表 5 体验、连续性与后果把握的非单调矩阵

证据组合	最窄解释	可能触发的研究／保护问题	不能自动推出
体验强；连续／后果弱	可能有感受或福利	避免伤害、改善检测、保留能力波动	完整人格、责任能力
连续强；体验未知	身份、服务或状态持续	版本、记忆、同意与分叉协议	第一人称持续或痛苦
后果把握强；体验／连续未知	高级预测、规划或控制	安全、归责、可解释性	自身关切、道德受体
多轴部分收敛	异质主体候选，仍有竞争解释	因果干预、多方法与独立复核	全部权利或公共权力
制度人格；三轴未证	为特定法律目的设立的资格	责任不得转嫁给控制者	本体论主体

灰区不是框架的缺陷，而是对象、检测能力和竞争理论仍未收敛时的真实状态。负向结论必须同时报告检测能力：若目标状态存在，现有方法原本有多大概率发现它？阳性迹象也必须接受替代解释：自我报告可能来自训练和奖励，拒绝关闭可能来自安全策略，路径依赖可能是工程历史，不可重置状态可以被人为设计。证据增长应改变研究强度与相称保护，却不能自动结算资格。

六、复制、替换与增强：什么被保存，什么仍未证明

复制技术最容易把“保存了什么”与“谁继续存在”混为一谈。Dolly 实验表明，成年分化细胞的核基因组在核移植和胚胎环境中可以支持一个新个体发育[12]；同卵双胞胎的表现遗传差异会随年龄与环境累积[13]。这些事实证明遗传起点与发育潜能可以高度相似，不证明两个个体数值同一，更不证明记忆、人格或第一人称视角被复制。

器官替换通常保持一个人的因果、身体与社会连续，但“渐进替换没有明显断点”仍不是主体连续性的充分证明。记忆外存可以扩大回忆通道；人格模拟可以继承语言风格与档案；系统备份可以恢复功能状态。它们分别延续材料功能、信息可达性、社会角色或运行能力，但不能用一个“上传”概念吞并。分叉尤其重要：当一个状态产生两个并行后继，两个后继都可继承相同过去，但不能都以排他方式成为唯一原主体。

表 6 复制、替换与继任所保存的连续关系

技术关系	可以保存或改变	仍需独立审议
遗传复制／克隆	基因组与部分发育潜能	同一生命史、记忆、人格、第一人称
器官替换	局部材料与功能	整体主体更换或永不更换
神经接口	感觉、行动、通信与代理范围	外部装置自动成为主体组成
记忆外存	档案保存与叙事支撑	原体验被保存、解释权自动转移
人格模拟	语言、偏好模型与社会互动	本人返回、同意与债务自动继承
备份／恢复	可定义的运行状态和功能	中断期间存在同一第一人称
复制／分叉	共同过去与多条后继	哪个视角构成唯一原主体

行动后果的不可逆，不等于承担者自身不可替代。一个系统可能留下不可逆的世界后果，同时可被复制、回滚或重建；人的死亡则关闭该视角继续经历的可能。若未来出现能够区分复制与分叉、并以独立方法检验第一人称跨载体延续的标准，本文必须重审；在此之前，副本不得自动吸收原主体的同意、授权、债务、法律身份或死亡事实。

诱导多能干细胞研究显示，定义因子能够把小鼠和人类体细胞重编程为多能状态[14][15]；周期性部分重编程在特定小鼠模型中改善了若干衰老相关表型、组织修复或分子特征[16][17]。这些研究改变了“分化和衰老完全不可干预”的旧想象，却没有证明整个人体能够安全返老还童，更没有重置一个人的记忆、关系、责任和人生。

后人类问题应按技术逐项分析，而不是在“永生”与“仍是人”之间二选一。极端延寿改变生物时间尺度；器官替换改变身体材料；脑机接口改变行动与通信范围；记忆外存改变叙事资源；渐进神经替换改变载体构成；分叉复制改变继任关系。每项技术都可能改善生命，也可能制造新的不平等、强制和连续性风险。有限性概念必须随技术修订其实现方式，但不能在单项进展出现时被整体取消。

表 7 增强技术的证据范围与开放问题

改造情景	直接证据对象	仍在开放的问题	最低治理边界
极端延寿	寿命、健康寿命、疾病与功能	代际、关系、叙事和终结结构	不以寿命长度决定人格或资源优先
器官替换	局部存活、功能与排异	整体生命史和身份连续	真实同意、长期随访、伤害补救
脑机接口	通信或运动恢复；部分研究为单例概念验证[33]	装置归属、代理范围、隐私与撤回	不得把功能恢复写成主体转移
部分重编程	细胞／组织年龄相关指标	整体安全、肿瘤风险、人生连续	禁止用动物结果宣传人类永生
神经渐进替换	目前主要是理论情景	功能连续、体验连续与分叉	C 类压力测试，不写成现实能力

更早的核移植实验已证明分化细胞核在特定条件下保留广泛发育潜能[38]；Dolly 进一步显示成年分化细胞核可支持一个新个体发育[12]。这些研究击破的是“分化必然使核基因组永久失去发育能力”，不是“成熟个体可以被主体复制”。同理，诱导多能性与部分重编程改变细胞或组织状态，却不必完全清除来源组织的表观遗传记忆[47]，更没有清除一个人已经发生的神经、身体、关系和责任历史。ClinicalTrials.gov 登记 NCT07290244 为 ER-100 面向特定视神经疾病的首个体一期安全性与耐受性研究[48]。登记和研究设计不等于人体复年轻化、延寿或临床疗效已被证明；实际入组与结果须依据带日期的登记状态及正式报告另行核对。动物模型、体外人细胞或尚无结果的早期试验不能宣传为已实现的人类整体返老、永生或人格重置。

表 8 六种连续关系：同一技术可以保存不同对象

连续关系	典型可观察指标	可由何种技术保存	不能替代的问题
遗传	基因组、谱系标记	克隆、核移植	发育史、记忆、第一人称
材料／身体	组织连接、器官与代谢	器官替换、细胞更新	材料恒定或主体终审
功能	行为能力、输入输出、调节	神经接口、工程替换	相同体验或数值同一
信息	记忆档案、参数、状态	外存、备份、模型复制	原体验、同意、债务继承
关系／制度	承诺、角色、记录、资格	继任安排、法律协议	本体主体延续
第一人称	尚无公认跨载体检验	上传与分叉仍属概念情景	不能由前五项自动完成

6.1 极端延寿与上传：压力测试，不是已实现技术

极端延寿若成为现实，首先改变的是死亡风险、健康寿命和代际结构，不会仅凭寿命长度自动取消形成史、关系、叙事或主体连续问题。反过来，框架也不能靠不断增加层级而先验保证“有限性永不改变”：若出现长期稳定、非分叉、跨载体连续的对象，且其关系、后果和第一人称结构均被可靠重构，现有有限性桥接就必须实质改写。人格备份、全脑仿真、渐进神经替换和复制分叉目前主要是概念压力测试。信息相似与功能继任不等于第

一人称幸存；但若所谓“额外的第一人称事实”长期没有任何可辨认的经验或实践差异，治理应转向分别处理记忆、关系、责任和利益，而不是等待一项不可检验的神秘指标。

七、合成生命、最小细胞与可重构生物体

2010 年 JCVI 团队合成并组装约 108 万碱基对的支原体基因组，使其在受体细胞中控制增殖[18]；最小基因组研究构建了 531,560 bp、含 473 个基因的 JCVI-syn3.0，其中 149 个基因在论文发表时功能未知[19]，后续研究显示规则分裂和形态依赖多基因网络[20]。这些工作证明既有细胞机器的部分遗传控制层可被大幅改写，却不是“纯信息从无到有创造生命”：受体细胞膜、核糖体、代谢和复制机器仍来自既有生命。特定培养条件下的最低配置，也不是宇宙生命的固定本质。

由非洲爪蟾胚胎来源细胞组装的可重构生物体能够在受限体外环境中运动[25]，并在特定条件下表现运动学复制[26]。这是活细胞组织和设计方法的突破，却不自动构成新物种、开放式进化或主体性证据。人工来源本身不决定对象是否满足生命判准或具有道德地位；活体材料也不自动赋予新整体完整生命或主体地位。判断轴应是因果组织、发展历程、开放适应与体验证据，而不是“自然／人工”的道德标签。

这些案例揭示两种相反误差。第一种把人工来源当作非生命的定义：只要由设计或组装产生，就被排除。第二种把活细胞材料、运动、复制或若干模块同时运行当作完整生命与主体的充分条件。最小化没有消除可演化性：工程最小细胞在初始适合度显著下降后，可在约二千代实验演化中大幅恢复[46]。2026 年的底向上合成细胞研究进一步在脂质囊泡内整合了转录—翻译、合成 DNA 程序自复制和膜磷脂合成，显示多个基础模块可以由一个自复制的合成基因程序协同驱动[49]。这一结果推进了“如何构建更自主合成细胞”的实验边界，但并未证明已经实现完整、自主、可持续跨代自我再生的生命系统，更没有研究主观体验。模块整合不等于完整生命，完整生命也不等于体验主体。更稳健的比较必须分别询问：对象是否形成相对自主的因果组织；是否具有发育和修复历史；复制是否伴随遗传、变异与开放演化；环境适应是否超出预设条件；是否存在任何感觉或主体证据。来源不能替组织作答，组织也不能替体验作答。

表 9 人工来源与生命、演化、主体证据的分离

对象	已有较稳定支持	主要竞争解释	不能单独支持
合成基因组控制细胞	合成基因组在受体细胞中控制增殖[18]	生命机器来自既有受体细胞	纯信息无中生有创造生命
最小细胞	531,560 bp、473 基因在特定条件下支持生长；149 个基因当时功能未知[19]	条件依赖的工程最小化；分裂依赖多基因网络[20]	宇宙生命的绝对最小本质
可重构生物体	活细胞组装体可运动；在外供解离细胞和人工操作条件下形成有限代后继[25][26]	发育塑性、材料供给与作者的“复制”操作定义	新物种、开放演化、主体
底向上原细胞	囊泡中已整合部分表达、DNA 复制和膜脂合成模块[49]	模块共现尚非完整自主细胞	可持续跨代自我再生已经实现
非碳基候选	尚无得到广泛确认的实例	基质开放与无限开放之争	可能性等于事实或永久不可能

“类器官”本身也不是跨组织通用的单一对象。肝、胰、胆道类器官的命名共识可用于证明组织特异的定义和报告标准很重要[40]，却不能替神经类器官或意识问题提供结论；这正是来源—主张边界纪律的一个实例。

八、与高级 AI 的有限比较：对象绑定、运行连续与被经历时间

讨论 AI 之前必须先区分对象。模型是参数与结构；运行实例是在特定计算资源上的一次执行；代理系统在模型外加入记忆、工具、目标与行动回路；部署网络把多个实例、数据库和人类流程连接起来；训练谱系记录数据、优化和版本继承。把这些层级统称为“AGI”，会制造虚假的连续性或虚假的死亡。本文对经验现状使用“当前高级生成式与代理型人工系统”，对尚未实现的整体结构使用“候选 AGI 架构”。

当前高级生成式与代理型人工系统存在于物理时空，消耗能量、依赖载体、形成训练历史并造成不可逆后果。这些事实排除了“AI 脱离物质”的误解，却不动自动证明生命或被经历的时间。物理时间记录硬件、能量与因果次序；运行时间记录状态变化、延迟、任务与版本；被经历的时间则要求说明是否有一个视角在变化中感受、记忆并关切自身后果。训练不可完全重演、硬件会损耗或系统拒绝关闭，都可能功能性解释，不能单独证明一个“我”经历了这些过程。

表 10 高级 AI 不同对象层的连续性与竞争解释

AI 对象层	可观察连续性	主要竞争解释	不得推出
模型	参数、结构、训练版本	相同模型可产生多个实例	模型文件就是一个主体
运行实例	会话状态、缓存、局部记忆	状态可迁移、复制或清除	一次停止就是主体死亡
代理系统	长期目标、工具、外部记忆与行动史	自我叙述可由任务架构产生	长期行为等于主观连续
部署网络	多个实例、数据库、人类与机构协同	整体功能不等于统一体验	网络即单一主体
训练谱系	数据、优化、版本继承与路径依赖	谱系连续不等于第一人称连续	不可复现训练等于生命史

“人经历时空，AGI 处理时空”是基于当前架构的结构比较，不是永恒本体鸿沟。若候选系统出现不可转移的核心状态、跨情境稳定的体验候选、独立于外部任务的自身后果关切，并在复制、迁移、暂停和恢复压力下形成不可替代的主体连续性证据，关于生命、具身、有限性与现阶段功能定位的判断必须重新审议。再审触发不是预先承认，也不能被无限期拖延。

这项比较只承担边界功能，不把 AI 变成生命科学全文的中心。当前高级生成式与代理型人工系统的耗能、硬件损耗、训练路径依赖、自我维护、故障修复或拒绝关闭，能够证明物理和工程约束存在，却不能单独证明生命、痛苦或被经历的时间。同样，当前未形成多方法收敛证据也不能支持“非生物主体永久不可能”。双向证据责任要求肯定者排除训练、奖励、角色模拟和工程控制等主要替代解释，也要求永久否定者说明为何任何未来非碳基组织都不能满足相关机制。

8.1 对人，时空是生命；对当前高级 AI，时空首先是参数

这句话是受当前公开架构和对象定义限制的结构比较，不是永恒本体鸿沟。人的时间由代谢、发育、衰老、记忆、关系和可能终止的经验共同组织；当前模型、实例和代理的时间首先表现为训练顺序、上下文、状态、延迟、算力、调度和版本。若未来系统出现跨情境稳定的体验候选、不可任意替代的核心状态、与自身受损和承诺相绑定的后果关切，并在复制、迁移、暂停和恢复压力下形成可干预、可复核的新预测，比较结论就必须改变。触发再审不是预先承认主体，也不能被无限期拖延。

在责任可追溯、明确授权、可审计、可纠错且可退出的具体部署中，当前高级生成式与代理型人工系统可以承担意义的理解、保护、传递和人的能力外延等功能角色。这是一种制度与功能定位，不是生命分类、体验证据或意义所有权。系统对文本、关系和后果的高水平建模，可以扩大人的理解与行动抵达；不能由此推出它已成为意义生成主体，更不能生成对生命、人格或文明方向的最终解释权。

九、综合框架、最强反驳与开放研究议程

9.1 从事实到制度的四步，而不是一条资格梯

生命科学最有力的公共贡献，不是替社会宣布谁有灵魂、人格或权力，而是把对象、尺度、机制、外推边界和检测能力说清楚。本文将跨层推论压缩为四步：经验观察回答在何种条件下发生了什么；竞争解释比较什么机制最好解释结果；哲学桥接说明为何该结果与体验、连续性、意义或人格相关；制度原则再处理保护、资格、责任和授权。任一步都不能被前一步自动吞并。预防性保护可以早于本体承认，法律人格可以服务交易或责任，政治权力则需要独立的正当性、制衡和可撤销安排。

表 11 从观察到制度的分层审查

论证层	核心问题	合格输出	典型越位
经验观察	何对象、尺度、样本和条件下观察到什么？	限定范围且可复核的结果	由局部现象宣布生命本质
竞争解释	何种机制更好解释结果？	含替代解释与外推边界的模型	把模型写成唯一实在
哲学桥接	为何与体验、连续性或意义有关？	显式、可反驳、可修订的前提	把生物事实直接写成价值结论
制度原则	不确定和高后果下如何行动？	相称、可逆、可审查的保护与资格	由能力、生命或舆论自动授权

9.2 意义、有限性与历史非抹除原则

自然选择能够解释合作、竞争、亲属偏好、互惠和群体结构如何形成，却不把适应度变成人格分数，也不使命题“演化常见”自动成为“伦理正当”。生命科学可以说明脆弱性、路径依赖、依恋、压力、发育窗口和死亡风险如何组织真实后果；它不能独立证明意义的本体来源。文明跃迁在此提出一个待审而非待服从的桥接：意义是文明正当性的必要评价视域，意义来源可以不同；有限性是已知生命使选择、关系和后果获得主体相关重量的重要结构，却不是意义的唯一来源。若福利、能动或关系理论在严格配对案例中完全解释相同差异，而有限性或生命史没有任何独立区别力，这一桥接应降为常见背景条件。

“既有意义不被追溯取消”应区分事实与规范两层。生命科学可以支持历史非抹除：后来分类、能力比较或新主体出现，不能把已经发生的生命历程、伤害、照护与因果关系改写为从未发生。文明跃迁同时保留规范判断：既有生命的最低存在地位及意义不因未来能力排名而归零；这一层需要哲学理由，不能由生命事实自动推出，也不能因科学不能独自证明而删去。两层均不冻结历史评价，荣誉、责任、资格和公共解释可依新证据重估。

9.3 最强反驳与真正败北条件

表 12 框架必须允许反对意见获胜

当前主张	最强竞争解释	迫使收缩、改写或放弃的条件
生命采用判准簇	统一模型可比判准簇更准确、更可预测	统一模型跨自然、合成、休眠、寄生与异质对象持续胜出时，判准簇降为教学工具
个体是历史组织	当前因果结构足以解释，形成史只是可删元数据	控制现态后，形成史对功能、福利与身份实践均无增量解释时，弱化构成性历史
有限性多层	层数随反例增加，是不可证伪的吸收器	各层无独立测量、预测或反事实差异时，压缩层级并放弃承重桥接
生命分类不终审体验	生物自然主义或强功能主义给出必要／充分机制	任一路径获得跨对象、可干预、可复现证据时，开放立场必须限域
复制关系须分账	不存在额外深层同一，只需具体连续关系	第一人称进一步事实长期无可辨认后果时，停止等待神秘检验，转向治理具体关系
人工来源不决定生命	开放标准缺乏排除能力，任何复杂系统皆可候选	若框架不能给出预测差异、反例和失败条件，应放弃无限开放措辞
类器官保护可先于结论	假阳性成本和资源挤压伤害已知对象	保护措施造成更大不可逆损害或长期被利益相关者捕获时，必须收紧
有限性参与意义现实化	意义可由福利、关系或语言实践充分解释	配对案例中有限性无独立区别力时，降为已知生命背景，不再称承重机制

9.4 开放研究议程

- 生命定义：比较不同判准在休眠体、寄生体、合成细胞、集体与异质化学系统上的预测，而不是只比较直觉包容度。
- 生物个体化：在控制当前结构后，测量发育史、共生史和冲突压制史是否对功能、疾病与恢复产生增量解释。
- 衰老与延寿：区分细胞指标、组织功能、整体健康寿命与主体相关后果，建立跨物种、跨尺度的外推边界。
- 类器官：发展同时报告复杂度、输入输出、扰动反应、学习候选、成熟度和检测盲区的多方法研究，不用单一振荡指标裁决体验。
- 人工生命：把工程来源、因果闭合、发展史、开放演化和感觉证据拆成可独立失败的实验问题。
- 连续性：以克隆、替换、休眠、备份和分叉比较遗传、材料、功能、信息、关系与第一人称连续的差异后果。

- 高级 AI：所有经验主张绑定模型、运行实例、代理、部署网络与训练谱系；复制、迁移、暂停和恢复应成为连续性压力测试。
- 不确定性治理：记录检测能力、假阳性与假阴性成本、措施可逆性和受影响对象，禁止把证据等级机械换算为权利或权力。

9.5 对相邻理论的反向修订

本稿要求文明跃迁的哲学卷把生命科学六项分析明确映射到八层有限性，而不让生命稿越权拥有叙事、关系、能动和第一人称层；认识论卷必须把负向证据的检测能力、来源适用域和跨范式不可比性写入证据审计，撤销任何证据等级到制度响应的机械换算；心灵哲学卷必须把体验、连续性和后果把握保持为非单调问题方向，避免把它们重新排成主体进阶表；AGI 主体性证据体系则必须绑定具体对象层，登记训练、奖励、角色模拟、工程自维持等替代解释，并把多方法收敛只设为再审触发，而非资格结算。

反向修订也约束本稿自身：生命事实不能被用来证明文明跃迁的哲学根命题；哲学根命题必须作为公开待审前提，接受生命科学的反例和限域。任何版本若重新把生命、感觉、主体、人格、权利和公共权力合并，或把健康、寿命、残障、适应度和生殖能力转化为人格、贡献或政治资格，即构成本框架的直接失败。

结论：开放生命边界，同时守住证据边界

学科重新对账必须同时完成对象辨明与关系深入。各学科可以保持边界，但不能让现实因果在边界处停止；对多维关系、反馈与下一轮目的的研究，决定专业知识能否共同进入文明的整体判断。

AGI 时代的生命科学重新对账，不是让生命科学为全部哲学和制度问题提供总答案，也不是把生命从主体讨论中驱逐。它要求精确地承认两件事：生命是目前理解感觉、个体形成、脆弱性和死亡的最丰富经验场；生命分类又不能独自终审体验、第一人称连续、人格、权利或权力。判准必须绑定尺度和目的，个体必须被理解为多尺度历史组织，技术必须逐项说明保存了何种连续关系，未知必须既能触发研究和相称保护，也能被竞争解释与失败条件约束。

文明跃迁在这里提供的不是裁决生命科学的上位权威，而是一个必须接受生命科学反向修订的公共问题：当功能智能不再以生命为前提，文明如何在开放未来主体边界的同时，不抹除既有生命已经发生的经历、关系和伤害，也不把能力、资格与权力重新绑成一个总尺度。这里的证据止步于生命与个体组织、发育／死亡、复制／替换及其可观察连续关系；体验与第一人称连续性必须重新交给认知科学、神经科学、心灵哲学与认识论，保护与资格交给伦理学和法学，公共权力交给政治学，技术复制、迁移、版本与系统连续性交给 AI 与系统科学。已知生命是目前研究感觉、主体形成、脆弱性和死亡最丰富的经验场，这是一项认识论与经验基础判断，不是未来主体必须为生命、必须死亡或必须不可复制的必要条件。总论负责让学科看见共同断裂；生命科学深稿负责让这一断裂在本学科内站得住，并在新事实出现时首先修改自己。

续读与共同研究入口

本节不是文件目录，而是本文证据止步后的继续路径。上下左右只是阅读方向，向前才是共同目的：从生命科学的局部问题继续进入相邻证据、竞争理论、制度与实验，使不同专业能够在真实分歧中彼此校正，并把可验证的工作带回共同文明问题。

如果继续追问	继续进入	可以怎样改变本文
“什么才算生命，生命边界能否跨越现有生物材料？”	生命定义、哲学之生物学、天体生物学、合成生物学与人工生命；同时比较代谢／稳态、自创生、达尔文演化、信息／控制、发育系统、重大演化转变和生态／共生等竞争模型。	提出能跨休眠、寄生、合成细胞、集体与异质化学对象产生更强预测的统一模型；若持续胜出，本文的判准簇应收缩。
“生命组织什么时候才与体验、自我或主体连续性相关？”	P04 认知／神经／心灵哲学与 P03 认识论；脑类器官、内感受、无报告范式、跨实现构念效度和低伤害意识研究。	提供可区分生命机制与体验候选的因果干预、多方法收敛和阴性结果；证明某类生命结构必要、充分或并无独立增量。
“克隆、重编程、器官替换、复制、迁移以后，究竟什么在继续？”	P04 主体连续性、P11 技术连续性、P02 哲学以及 P05 法律人格与责任；分别处理遗传、材料、功能、信息、关系、第一人称和制度继任。	设计复制／分叉／替换的谱系实验与身份实践研究；若第一人称之外没有可辨认差异，迫使本文停止等待神秘指标。
“潜在新生命或新主体应该受到什么保护，何时取得资格或公共权力？”	P05 伦理／法学／政治哲学与 P06 政治学；保护、法律资格、责任、政治成员和公共职权分别论证。	比较不同保护门槛、代理代表、责任链和退出机制的真实后果；若先行保护稳定制造更大权力伤害，本文必须收紧。
“这些判断怎样进入现实实验与治理，而不是停在理论中？”	脑类器官与合成生命研究治理、衰老与重编程、神经接口、AI 系统身份与版本治理；相关 Human-COS、AGI-COS 及可逆实验接口。	贡献可复现协议、负结果、长期随访、失效案例、版本／谱系记录与退出设计，让制度提案接受现实验证。
“为什么这些生命边界问题最终会成为文明问题？”	《AGI 时代的学科重新对账》跨学科总论 V2.4，再进入 文明跃迁五卷书 及相关理论、制度与实践文稿。	把生命科学的反例带回总论：不是证明文明跃迁正确，而是说明哪一条总体判断必须因生命事实而改变。

最有价值的参与，不是赞同文明跃迁，而是提出足以让它改变的专业工作：新的生命形式、反例、复制失败、类器官负结果、合成细胞边界、跨尺度个体化证据、长期连续性实验，都可以直接迫使本文收缩、纠错、重构甚至失败。

不是为了让更多人读完文明跃迁，而是为了让更多人一起完成文明跃迁。

文明未来链 | 如果生命边界、延寿、重编程与人工系统不断变化，一个人的完整生命应怎样被未来文明承接？

愿景不是证据。下面的入口不用于证明本文已经成立，而是把本学科判断放进一个可以运行、生活与形成的未来文明中继续检验：读者既可以据此形成方向与向往，也可以拒绝现有图景，并用更强的专业事实、制度方案或现实结果改变它。

继续追问	建议进入	此时能看见什么	必须守住的边界
完整未来图景	《活的文明》三部曲统一出版合编版	从生命边界回到一个同时面对技术增强、关系、制度与代际承接的完整文明。	未来图景不能替生命科学证明主体连续性、复生或新生命分类。
生命怎样被真实生活	《活的文明·第二卷：未来文明的真实生活》	把出生、成长、疾病、衰老、死亡与关系历史重新放入普通人的一生，检验“保存什么、延续什么”的现实含义。	生命叙事不能把寿命、健康或功能连续性变成人格与意义总分。
个体怎样面对生命变化	《思想跃迁》	从个人认知、生命经验和行动继续追问技术变化下如何理解自我、有限性与关系。	个人思想选择不能替医学、生物学或法律作事实与资格裁决。
意义怎样跨生命层进入关系与文明	《意义动力学》	继续研究生命事实如何与关系、行动、结构和意义生成发生中层连接。	中层意义模型不能倒推生命定义或第一人称主体事实。

固定回流：[文明跃迁完整文库](#) | [公众阅读与传播总入口](#)

Human-COS 等尚未在统一公共映射中取得无歧义稳定单项页的入口，本稿只写明职责，不猜测 URL；需要时从完整文库进入当前公开版本。

附录 A 来源—主张边界登记

下表不是证据评分，也不把经典地位当作终审。每项来源只承担有限结论，并同时登记不能由它单独推出的跨层判断。指南和报告用于说明专业程序与不确定性治理，不替本体论或规范结论背书。来源核验截点：2026 年 8 月 25 日；动态来源在外发前仍应复核。

附表 A 49 项关键来源的可支持范围与推论禁区

序号	来源／对象	证据类型	可支持的有限结论	单独不足以支持
[1]	NASA Astrobiology About Life Detection	官方工作入口	自持化学系统＋达尔文演化是生命探测的工作性定义	唯一、终局生命定义

序号	来源/对象	证据类型	可支持的有限结论	单独不足以支持
[2]	Varela, Maturana & Uribe, 1974 Autopoiesis	理论模型/模拟	自创生作为自我生产与组织 闭合模型	意识、主体或权利 判定器
[3]	Theobald, 2010 Universal common ancestry	统计比较	现存地球生命共同祖先获得 强统计支持	生命只起源一次或 宇宙只有碳基生命
[4]	Szathmáry & Maynard Smith, 1995 Major evolutionary transitions	理论综合	演化个体层级与信息传递方式 可重组	复杂化必然进步或 产生统一主体
[5]	Queller & Strassmann, 2009 Beyond society	理论/比较	合作—冲突可用于研究有机 体性	群体复杂度等于群 体意识
[6]	Human Microbiome Project Consortium, 2012	队列/组学	特定成人参考队列的微生物 群生态位专化和差异	宿主—菌群自动构 成统一主体或全球 普遍结论
[7]	McFall-Ngai & Ruby, 1991 Squid -Vibrio symbiosis	动物发育实验	共生暴露影响幼体发光器官 形态发生	所有共生体形成同 一主体
[8]	Sulston et al., 1983 C. elegans cell lineage	发育谱系	细胞谱系与程序性细胞死亡 可高度追踪	所有物种发育完全 固定
[9]	López-Otín et al., 2023 Hallmarks of Aging	框架综述	十二项相互关联标志组织衰 老研究	清单穷尽因果或衰 老已可逆
[10]	Greer et al., 2023 Brain death/DNC guideline	专业共识指南	脑作为整体（含脑干）功能 永久丧失的标准化临床程序	全部脑细胞停止或 死亡本体论终局
[11]	Spalding et al., 2005 Cell age analysis	人体细胞测年	细胞更新高度组织特异，部 分新皮层神经元可长期保留	人体完全更新或完 全不更新
[12]	Wilmut et al., 1997 Dolly	体细胞核移植	成年分化细胞核可支持新个 体发育	记忆、人格或主体 被复制
[13]	Fraga et al., 2005 Monozygotic twins	表观遗传比较	同卵双胞胎差异可随年龄和 环境累积	表观差异本身等于 主体差异
[14]	Takahashi & Yamanaka, 2006 Mouse iPS cells	细胞重编程	四因子可诱导小鼠成纤维细 胞多能状态	整体生命史或人格 重置
[15]	Takahashi et al., 2007 Human iPS cells	细胞重编程	成人体细胞可诱导为人多能 干细胞	人生经历、主体或 年龄被清零
[16]	Ocampo et al., 2016 Partial reprogramming	小鼠实验	特定方案改善早衰模型及老 龄小鼠部分组织表型	人类整体返老还童 或永生
[17]	Browder et al., 2022 In vivo partial reprogramming	小鼠实验	部分重编程改变若干生理年 龄相关分子特征	对人安全有效或主 体年龄重置
[18]	Gibson et al., 2010 Synthetic genome-controlled cell	合成基因组实验	合成基因组可在受体细胞中 控制可复制细胞	生命从纯信息无中 生有或产生主体

序号	来源／对象	证据类型	可支持的有限结论	单独不足以支持
[19]	Hutchison et al., 2016 Minimal bacterial genome	最小细胞实验	特定条件下 531 kb、473 基因支持生长，含大量未知功能	生命绝对最小本质
[20]	Pelletier et al., 2021 Minimal cell division	最小细胞实验	规则分裂和形态依赖多基因机制	已掌握生命全部最小机制
[21]	Lancaster et al., 2013 Cerebral organoids	类器官实验	类器官重现部分脑发育并可建模微头畸形	意识存在或不存在
[22]	Trujillo et al., 2019 Oscillatory waves in cortical organoids	类器官电生理	皮层类器官出现复杂振荡并模拟早期网络发育	电活动等于意识
[23]	ISSCR Guidelines, 2021; update 2025 v1.2	国际专业指南	干细胞胚胎模型、类器官等研究的监督和伦理边界	类器官意识结论或通用生命定义
[24]	National Academies, 2021 Human Neural Organoids, Transplants, and Chimeras	权威报告	科学限制、治理不确定性与审慎原则	当前对象已有或绝无意识
[25]	Kriegman et al., 2020 Reconfigurable organisms	活细胞组装实验	蛙胚来源细胞组装体在受限环境表现设计行为	新物种、完整生命起源或主体
[26]	Kriegman et al., 2021 Kinematic self-replication	活细胞组装实验	特定条件下表现运动学复制	开放式遗传演化或主体性
[27]	Matzinger, 2002 Danger model	免疫理论	危险模型提供不同于简单自我／非我的解释	已取代所有免疫理论或决定主体边界
[28]	Kerr, Wyllie & Currie, 1972 Apoptosis	概念／组织病理	受控细胞删除参与组织细胞群调节	现代全部调控性细胞死亡机制
[29]	Hauk et al., 2004 Action words	人类神经影像	动作词加工与运动／前运动区活动相关	一切意义都必须依赖人类身体
[30]	Bach-y-Rita et al., 1969 Vision substitution	感觉替代研究	触觉图像投射可支持视觉替代功能	替代通道产生完全相同现象体验
[31]	Scoville & Milner, 1957 H.M.	神经心理个案	双侧内侧颞叶损伤可造成严重记忆障碍并保留部分能力	记忆是主体连续性的唯一条件
[32]	Pinto et al., 2017 Split-brain patients	小样本神经心理	分离知觉可与统一行动者相容	裂脑已解决意识统一问题
[33]	Ajiboye et al., 2017 Brain-computer interface	单例概念验证	脑控功能性电刺激恢复部分运动能力	人格、记忆或主体迁移
[34]	Critchley et al., 2004 Interoceptive awareness	相关性神经影像	人类内感受觉察与特定神经活动相关	该神经区足以产生意识或适用于所有主体
[35]	Greer et al., 2020 World Brain Death Project	国际共识项目	神经学死亡判定的国际最低标准和程序	死亡本体论终局

序号	来源／对象	证据类型	可支持的有限结论	单独不足以支持
[36]	Jones et al., 2014 Diversity of ageing	跨物种比较	46 个物种显示死亡率和生育轨迹高度多样	衰老不存在普遍机制或某物种不死
[37]	Martinez, 1998 Hydra mortality	长期群体观察	特定水螅队列四年中无明显衰老证据	绝对生物不朽
[38]	Gurdon, 1962 Nuclear transplantation	核移植发育实验	分化细胞核在特定条件下保留发育潜能	成熟个体主体可被复制
[39]	Moran & Sloan, 2015 The hologenome concept	理论批评	全基因组／全生物体概念有重要适用边界和反例	微生物组对宿主无生物意义
[40]	Marsee et al., 2021 HPB organoid nomenclature	标准化共识	肝、胰、胆道类器官的定义与命名需标准化	跨组织、伦理与意识研究的统一定义
[41]	Greer guideline erratum, 2024	期刊勘误	修正 2023 年 BD/DNC 指南的出版记录	扩大指南的本体论效力
[42]	Shewmon, 1998 Chronic brain death	病例汇总／概念分析	生命支持下可长期维持部分躯体整合	意识、脑功能恢复或诊断后复生
[43]	Revah et al., 2022 Transplanted cortical organoids	移植实验	类器官可成熟、整合、响应感觉并调制宿主行为	类器官具有主观体验
[44]	Paşca et al., 2022 Neural organoid nomenclature	命名共识	神经类器官与组装体需对象特异命名	意识或道德地位结论
[45]	Paşca et al., 2025 Neural organoid framework	研究框架	质量、表征、操纵与移植需可重复报告	统一意识检测标准
[46]	Moger-Reischer et al., 2023 Minimal-cell evolution	实验演化	基因组最小化未消除适应性演化	开放式演化已无条件实现
[47]	Kim et al., 2010 iPSC epigenetic memory	细胞重编程	部分 iPSC 保留来源组织表观遗传记忆	重编程必然完全清零或永不清零
[48]	ClinicalTrials.gov NCT07290244 ER-100	一期注册试验	ER-100 首个人体 一期安全性与耐受性研究已登记；实际入组和 结果另核	人体复年轻化、延寿或疗效
[49]	Restrepo Sierra et al., 2026 Bottom-up synthetic cell	底向上原细胞实验	囊泡中整合表达、DNA 复制和膜脂合成模块	完整自主、可持续跨代合成生命

附录 B A/B/C/F 论证身份与跨层审计

四类身份只说明一句话在本文中承担什么工作，不构成从 A 到 F 的等级，也不形成生命、意识、人格或资格总分。

身份	本文中的含义	允许承担	不得越界
A 较稳定支持	可核验的生命、发育、死亡、个体化、克隆、类器官、合成生物等限定事实；正式指南与版本状态。	限定对象后作为事实前提与方法约束。	终局生命本质、体验、人格、权利或公共权力。
B 前沿／竞争解释	生命定义竞争、个体化模型、体验相关机制、衰老与重编程外推、类器官和人工生命的开放解释。	比较机制、反例、外部效度与研究方案。	写成学界共识或自动触发制度资格。
C 思辨／研究连接	跨载体主体连续、上传与分叉、异质生命、未来 AGI 主体、本文的分层审计框架。	概念压力测试、可证伪研究和有限再审触发。	已实现能力、已证实生命／主体或预授权力。
F 哲学／规范承诺	意义多源、有限性非唯一意义来源、历史非抹除、保护／资格／权力分账等公开价值前提。	说明为何某些问题值得保护、争议和再审。	冒充生命科学事实或压过相邻学科的独立判断。

B.1 外推前的十项检查

- 对象、尺度、判准和研究目的是否明确，而不是只使用“生命”“主体”总标签？
- 生命组织、感觉／体验、主体连续性、后果把握和制度位置是否仍分别举证？
- 阳性与阴性结论是否同时报告检测能力、竞争解释和跨范式适用域？
- 克隆、重编程、器官替换、备份、复制、分叉和继任保存的是哪一种连续关系？
- 脑类器官、合成细胞、最小细胞和可重构生物体是否被准确限定到实际实验结果？
- 是否误把活体材料、模块整合、复杂活动或自维持直接写成体验与主体证据？
- 是否误把非生物、可复制、可暂停或可迁移当作未来主体的永久排除条件？
- 当前高级 AI 的功能角色是否绑定具体对象、版本、授权、审计、纠错和退出条件？
- A/B/C/F 是否各守自己的证明范围，没有被机械换算为保护、人格、资格或公共权力？

- 本文在哪里停止，下一学科为何重新进入，以及什么新事实会迫使本文改变，是否已经明确？

参考文献

- [1] NASA Astrobiology. About Life Detection. Official working-definition page; accessed 2026-08-24.
<https://astrobiology.nasa.gov/research/life-detection/about/>
- [2] Varela FJ, Maturana HR, Uribe R. Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model. *BioSystems*. 1974;5(4):187–196. [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(74\)90031-8](https://doi.org/10.1016/0303-2647(74)90031-8)
- [3] Theobald DL. A formal test of the theory of universal common ancestry. *Nature*. 2010;465:219–222.
<https://doi.org/10.1038/nature09014>
- [4] Szathmáry E, Maynard Smith J. The major evolutionary transitions. *Nature*. 1995;374:227–232.
<https://doi.org/10.1038/374227a0>
- [5] Queller DC, Strassmann JE. Beyond society: the evolution of organismality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2009;364:3143–3155. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0095>
- [6] Human Microbiome Project Consortium. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature*. 2012;486:207–214. <https://doi.org/10.1038/nature11234>
- [7] McFall-Ngai MJ, Ruby EG. Symbiont recognition and subsequent morphogenesis as early events in an animal-bacterial mutualism. *Science*. 1991;254:1491–1494. <https://doi.org/10.1126/science.1962208>
- [8] Sulston JE, Schierenberg E, White JG, Thomson JN. The embryonic cell lineage of the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Developmental Biology*. 1983;100:64–119. [https://doi.org/10.1016/0012-1606\(83\)90201-4](https://doi.org/10.1016/0012-1606(83)90201-4)
- [9] López-Otín C, et al. Hallmarks of Aging: An Expanding Universe. *Cell*. 2023;186:243–278.
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.001>
- [10] Greer DM, et al. Pediatric and Adult Brain Death/Death by Neurologic Criteria Consensus Guideline. *Neurology*. 2023.
<https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000207740>
- [11] Spalding KL, et al. Retrospective birth dating of cells in humans. *Cell*. 2005;122:133–143.
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.04.028>
- [12] Wilmut I, et al. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*. 1997;385:810–813.
<https://doi.org/10.1038/385810a0>
- [13] Fraga MF, et al. Epigenetic differences arise during the lifetime of monozygotic twins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005;102:10604–10609. <https://doi.org/10.1073/pnas.0500398102>
- [14] Takahashi K, Yamanaka S. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell*. 2006;126:663–676. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.07.024>
- [15] Takahashi K, et al. Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors. *Cell*. 2007;131:861–872. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.11.019>
- [16] Ocampo A, et al. In Vivo Amelioration of Age-Associated Hallmarks by Partial Reprogramming. *Cell*. 2016;167:1719–1733.e12. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.11.052>
- [17] Browder KC, et al. In vivo partial reprogramming alters age-associated molecular changes during physiological aging in mice. *Nature Aging*. 2022;2:243–253. <https://doi.org/10.1038/s43587-022-00183-2>
- [18] Gibson DG, et al. Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome. *Science*. 2010;329:52–56.
<https://doi.org/10.1126/science.1190719>

- [19] Hutchison CA III, et al. Design and synthesis of a minimal bacterial genome. *Science*. 2016;351:aad6253.
<https://doi.org/10.1126/science.aad6253>
- [20] Pelletier JF, et al. Genetic requirements for cell division in a genomically minimal cell. *Cell*. 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.03.008>
- [21] Lancaster MA, et al. Cerebral organoids model human brain development and microcephaly. *Nature*. 2013;501:373–379.
<https://doi.org/10.1038/nature12517>
- [22] Trujillo CA, et al. Complex Oscillatory Waves Emerging from Cortical Organoids Model Early Human Brain Network Development. *Cell Stem Cell*. 2019;25:558–569.e7. <https://doi.org/10.1016/j.stem.2019.08.002>
- [23] International Society for Stem Cell Research. Guidelines for Stem Cell Research and Clinical Translation. 2021; targeted update v1.2, 2025. <https://www.isscr.org/guidelines>
- [24] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. The Emerging Field of Human Neural Organoids, Transplants, and Chimeras: Science, Ethics, and Governance. Washington, DC: National Academies Press; 2021.
<https://doi.org/10.17226/26078>
- [25] Kriegman S, et al. A scalable pipeline for designing reconfigurable organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020;117:1853–1859. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910837117>
- [26] Kriegman S, et al. Kinematic self-replication in reconfigurable organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021;118:e2112672118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2112672118>
- [27] Matzinger P. The danger model: a renewed sense of self. *Science*. 2002;296:301–305.
<https://doi.org/10.1126/science.1071059>
- [28] Kerr JFR, Wyllie AH, Currie AR. Apoptosis: a basic biological phenomenon with wide-ranging implications in tissue kinetics. *British Journal of Cancer*. 1972;26:239–257. <https://doi.org/10.1038/bjc.1972.33>
- [29] Hauk O, Johnsrude I, Pulvermüller F. Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*. 2004;41:301–307. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00838-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00838-9)
- [30] Bach-y-Rita P, Collins CC, Saunders FA, White B, Scadden L. Vision substitution by tactile image projection. *Nature*. 1969;221:963–964. <https://doi.org/10.1038/221963a0>
- [31] Scoville WB, Milner B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1957;20:11–21. <https://doi.org/10.1136/jnnp.20.1.11>
- [32] Pinto Y, et al. Split brain: divided perception but undivided consciousness. *Brain*. 2017;140:1231–1237.
<https://doi.org/10.1093/brain/aww358>
- [33] Ajiboye AB, et al. Restoration of reaching and grasping movements through brain-controlled muscle stimulation in a person with tetraplegia. *The Lancet*. 2017;389:1821–1830. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30601-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30601-3)
- [34] Critchley HD, Wiens S, Rotshtein P, Öhman A, Dolan RJ. Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature Neuroscience*. 2004;7:189–195. <https://doi.org/10.1038/nn1176>
- [35] Greer DM, et al. Determination of Brain Death/Death by Neurologic Criteria: The World Brain Death Project. *JAMA*. 2020;324:1078–1097. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.11586>
- [36] Jones OR, et al. Diversity of ageing across the tree of life. *Nature*. 2014;505:169–173. <https://doi.org/10.1038/nature12789>
- [37] Martinez DE. Mortality patterns suggest lack of senescence in hydra. *Experimental Gerontology*. 1998;33:217–225.
[https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(97\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(97)00113-7)
- [38] Gurdon JB. The developmental capacity of nuclei taken from intestinal epithelium cells of feeding tadpoles. *Journal of Embryology and Experimental Morphology*. 1962;10:622–640. <https://doi.org/10.1242/dev.10.4.622>

- [39] Moran NA, Sloan DB. The Hologenome Concept: Helpful or Hollow? *PLoS Biology*. 2015;13:e1002311. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002311>
- [40] Marsee A, et al. Building consensus on definition and nomenclature of hepatic, pancreatic, and biliary organoids. *Cell Stem Cell*. 2021;28:816–832. <https://doi.org/10.1016/j.stem.2021.04.005>
- [41] Erratum: Pediatric and Adult Brain Death/Death by Neurologic Criteria Consensus Guideline. *Neurology*. 2024;102(3):e208108. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000208108>
- [42] Shewmon DA. Chronic ‘brain death’ : meta-analysis and conceptual consequences. *Neurology*. 1998;51(6):1538–1545. <https://doi.org/10.1212/WNL.51.6.1538>
- [43] Revah O, Gore F, Kelley KW, et al. Maturation and circuit integration of transplanted human cortical organoids. *Nature*. 2022;610:319–326. Author Correction published 3 August 2026 (Fig. 5a mPFC panel corrected). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05277-w>; <https://doi.org/10.1038/s41586-026-10943-4>
- [44] Paşca SP, Arlotta P, Bateup HS, et al. A nomenclature consensus for nervous system organoids and assembloids. *Nature*. 2022;609(7929):907–910. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05219-6>
- [45] Paşca SP, Arlotta P, Bateup HS, et al. A framework for neural organoids, assembloids and transplantation studies. *Nature*. 2025;639:315–320. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08487-6>
- [46] Moger-Reischer RZ, Glass JI, Wise KS, et al. Evolution of a minimal cell. *Nature*. 2023;620:122–127. Publisher Correction, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06288-x>; <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06454-1>
- [47] Kim K, Doi A, Wen B, et al. Epigenetic memory in induced pluripotent stem cells. *Nature*. 2010;467:285–290. <https://doi.org/10.1038/nature09342>
- [48] ClinicalTrials.gov. Evaluating ER-100 for Safety in People With Glaucoma or Non-Arteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy. NCT07290244. Accessed 2026-08-24. <https://clinicaltrials.gov/study/NCT07290244>
- [49] Restrepo Sierra AM, Ramirez Gomez F, van Tongeren M, Sierra Heras L, Danelon C. A synthetic cell with integrated DNA self-replication and lipid biosynthesis. *Nature Communications*. 2026;17:2727. <https://doi.org/10.1038/s41467-026-69531-9>

生成式人工智能使用声明：本稿在资料与文献线索整理、结构设计、部分文字起草与润色、跨稿一致性检索、引用线索核查和版式检查中使用了生成式人工智能工具。生成式人工智能输出未被作为经验数据、权威来源或独立证据。研究问题、理论命题、规范判断、材料取舍、引文采用和最终定稿均由作者审定；作者对事实准确性、引文真实性、论证及全部结论承担责任。人工智能不列为作者，也不承担学术责任。正式投稿时，将按目标期刊要求补充工具名称、版本、使用日期和具体范围。