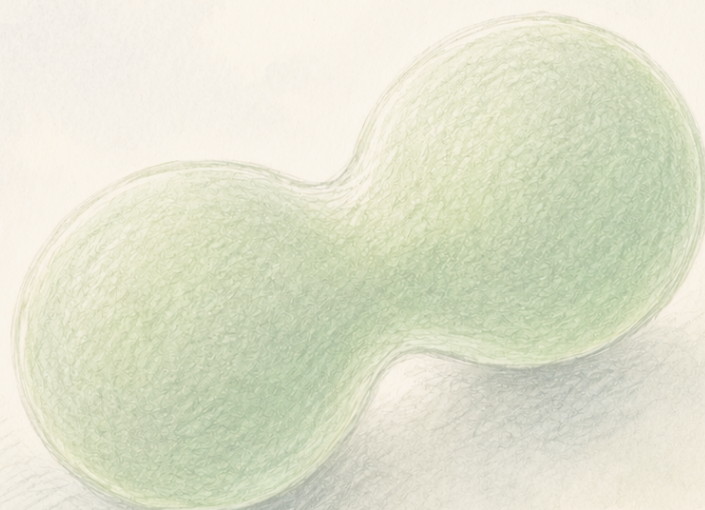




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

一种会摄取、生长和分裂的合成细胞——重要进展，但不是从零创造生命

明尼苏达大学的一个团队报告了一种携带约 90,000 碱基基因组的脂质液滴，它会摄取物质、复制 DNA、生长，并跨越五代分裂；研究者引入的有利突变通过选择在群体中扩散。这是利用成分明确、经过纯化的部件构建细胞的一项真实进展。但它尚未经过同行评审；不能制造自己的蛋白质合成系统，也不能维持自身代谢；所用部件是纯化的生物分子，不是从零组装的简单化学物质；而且——用作者自己的话说——这里的选择并非自发的达尔文式进化。清晰的说法不是“首个由非生命物质造出的活细胞”。

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso
· AI-assisted, human-reviewed

Paper: *A Chemically Defined Synthetic Cell Capable Of Growth And Replication*, Nathaniel J. Gaut, Christopher Deich, Brock Cash, Tanner Hoog, Aaron E. Engelhart, Katarzyna P. Adamala, Preprint (not peer-reviewed) —University of Minnesota

剥去宏大叙事，“首个人造细胞”其实是一滴脂质

新闻标题声势惊人：世界上第一个拥有完整生命周期的人造细胞、用非生命物质造出生命、生物学的“斯普特尼克时刻”。支撑这些标题的论文要克制得多，而且说实话，也比这些口号更有意思。明尼苏达大学的一个团队报告了一种微小的脂质液滴——就是构成细胞膜的那类油脂泡——它携带一套遗传指令，可以通过与更小的补给液滴融合来摄取物质、复制这些指令、长大，再分裂成子液滴，如此循环数轮。在一项实验中，研究者引入的一处有利指令变化在群体中扩散，因为携带它的液滴繁殖得更快。

从一个具体而诚实的意义上说，这确实是一项进展：用已知部件自下而上构建一个类细胞系统，让细胞周期的基本动作在同一个地方协同运行。但它也是一篇尚未经过同行评审的预印本；用作者自己的话说，这不是一个自给自足的生物体，也不是自发的达尔文式进化。清晰的说法不是“从零创造了生命”，而是：研究人员首次利用纯化的生物部件，在一个成分完全明确的合成液滴中运行了一套完整的细胞周期程序。

SpudCell: evidence chain, not a hero cell

The result is a controlled, defined synthetic system with cell-cycle behaviours. The boundary matters as much as the achievement.

DEMONSTRATED IN THE PREPRINT

Feeds by fusion

supply droplets bring in fresh material



Copies DNA

Phi29 enzyme replicates the genome



Grows and splits

five-cycle assay uses mechanical division



Selection can act

an introduced faster-feeding variant spreads

STILL REQUIRES OUTSIDE SUPPORT

Purified machinery

ribosomes and enzymes are supplied

Supply droplets

small molecules, lipids and fresh parts

Division has two levels

mechanical cycle vs gene-driven add-on

Gene-driven split still needs help

streptavidin + linker added by hand

Do not merge these: The repeated five-generation result used a reliable mechanical split.

The more cell-like gene-driven split was separate, lower-yield and externally assisted.

BOUNDARY

Reconstituted cell-cycle behaviours in a defined synthetic system; not an autonomous living cell.

Also not shown: simple chemistry assembled from zero, spontaneous Darwinian evolution, or robust genome inheritance.

Original diagram — The Clean Paper · CC BY 4.0

这是一条证据链，不是一个英雄式细胞。顶行是论文证实的内容：一个成分明确的液滴会摄取物质、复制基因组、生长，并在五代中分裂；研究者引入的有利变化通过选择而扩散。中间一行是它仍然需要外界提供的东西：纯化的核糖体和酶、补给液滴，以及在基因驱动分裂实验中由人工额外加入的成分。底行划出边界：这是在成分明确的合成系统中重建的细胞周期行为，不是自主的活细胞，也不是自发进化。

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

作者做了什么

先从容器说起。这个合成细胞是一个**脂质体**——被一层与真实细胞外膜同类的脂质薄膜包裹的液滴。团队在里面放了两样东西：一套遗传指令，以及一套用于读取指令并制造蛋白质的微型工具包。

这套指令是一个约含 **90,000 个 DNA 字母** (90 kbp) 的基因组，分装在七个小环状分子（质粒）上。制造蛋白质的工具包并不是凭空发明出来的。它是由取自生物体并经过纯化、可以工作的部件按已知用量组成的明确混合物——包括核糖体、酶和蛋白质合成所需的其他组件。（在这个领域，这种重建且组成完全明确的混合物称为 **PURE**。这里的“化学成分明确”是指每种成分都已知且经过测量，并不是说它们由简单化学物质制成。）

有了这个液滴，作者证明它能够运行细胞周期的基本步骤。他们把四件相互关联的事情连在了一起。

第一，他们让液滴能够**自行摄取物质**。液滴通过与更小的补给液滴（“供料”脂质体）融合，吸收新鲜物质。促使两者融合的信号是一种膜蛋白，由细胞依据自身基因组制造——因此摄取过程由细胞自己的基因开启，而不是每一轮都由人工启动。

第二，他们让液滴利用基因组编码、借自病毒的 **Phi29 复制酶来复制自己的 DNA**。

第三，他们让液滴**生长并分裂**——而且用两种不同方式完成分裂；这个区别十分重要（见下文）。

第四，他们展示了**选择**。研究者在基因组中引入一处变化，使细胞摄取物质和生长得更快；随后证明这些更快的细胞比其他细胞留下更多后代，并占据群体，尤其是在食物匮乏时。

他们发现了什么

完整周期能够协同运行。在五个“世代”中，液滴反复摄取物质、复制 DNA、生长并分裂，而不是把这些步骤作为彼此分离的一次性演示。让这些步骤在同一个成分明确的系统中协同工作，并与细胞自身的基因表达相耦合，是论文的核心结果。

摄取和分裂可以由基因驱动。细胞可以制造驱动自身摄取的蛋白质；在另一项产率较低、仍需人工加入额外成分的演示中，它也能制造驱动自身分裂的蛋白质。这向着依靠自身指令而非实验人员双手运行的系统迈进了一步。

有利变化通过选择扩散。一种变体为摄取蛋白配备了更强的“开启开关”（活性更高的启动子），因此生长更快、留下更多后代，并在资源匮乏时胜过原始类型。这在合成系统内建立了从遗传变化到繁殖成功的真实联系。

遗传并不完美。五代之后，接受分析的细胞中只有少数仍保留全部七个 DNA 环的完整组合。基因组尚不能可靠而完整地分配给子液滴。

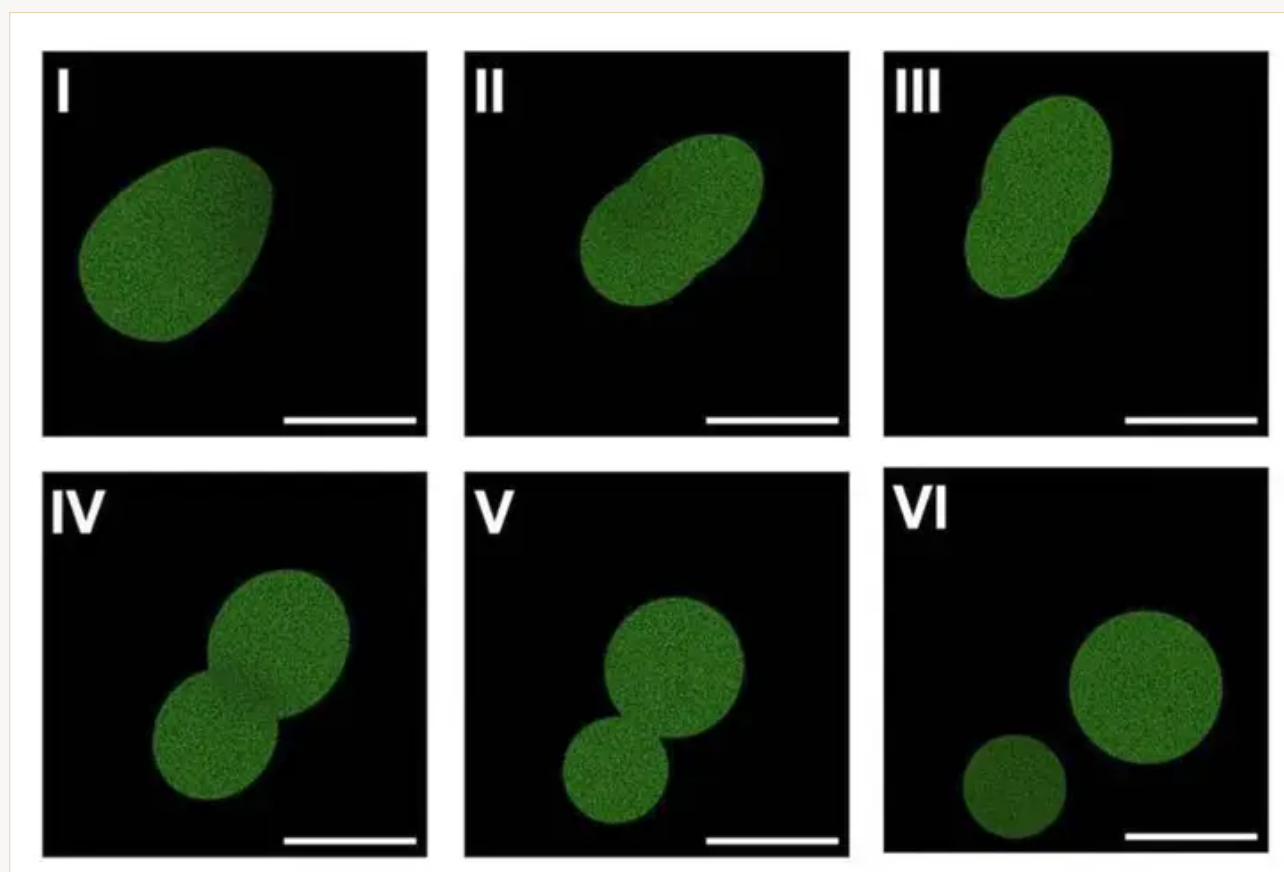
哪些会自行运行，哪些不会

新闻标题中承担最多含义的词是完整。论文所说的“完整细胞周期”，是指摄取、复制、生长和分裂这些操作步骤被一同重建并测量。它不意味着细胞能够自给自足。有两个限制至关重要，而且作者都明确说明了。

第一，细胞**不能制造自己的蛋白质合成系统**。核糖体和大多数酶是预先纯化并从外部供给的，不是由细胞自身制造。按作者的表述，这个系统只有非常有限的代谢能力，不能制造核糖体；真正的代谢独立需要大得多的基因组。因此，这个液滴会运行细胞周期，却不能从零开始自行维持整套生化过程。

第二，常规分裂是**机械完成的**。在五代实验中，液滴被推过一个细滤器而分开；研究者选择这种方法，是因为它能可靠地产生子液滴。更像细胞的基因驱动分裂——由细胞自己制造的蛋白质促使其分开——另行进行了演示；它需要从外部加入额外成分（一套由链霉亲和素和连接分子组成的桥接系统），而且产率较低。作者明确表示，要实现更稳健、产率更高且可控的分裂仍需继续研究——可能需要构建一种细胞目前还没有的合成内部骨架。

这就是图示把两种分裂方式分开的原因：标题所说的五代周期使用机械分裂；基因驱动分裂则是一个前景可期但脆弱的附加演示。



这组荧光显微镜序列来自作者托管的预印本，展示一个合成细胞在基因驱动分裂演示中伸长并分成两个液滴。图片以降低后的分辨率转载，依据合理使用原则评论分裂结果；上方文章的主要证据链图，将这项演示与五代实验所用的机械分裂明确区分。

Kate Adamala, Adamala Lab Fair use

是选择，不是自发进化

选择实验很精巧，值得准确表述。一个有利变化——更强的摄取“开启开关”——让细胞生长得更快，于是留下更多后代，变化也随之扩散。这确实是作用于可遗传差异的选择。

但这一变化并非自行产生。它是作者放进去的。用作者自己的话说，这一有利突变并没有在群体中自发出现，而是被人工引入；这与自然的达尔文式进化不同。让突变自行出现被列为未来工作。所以：存在选择和资源竞争，是；开放式的自发进化，还没有。

这项研究没有证明什么

- 它**没有**展示一个由非生命化学物质创造的细胞。所用部件是纯化的生物成分——来自生物体的核糖体和酶，以及一种病毒复制酶——再被组装进成分明确的液滴。“化学成分明确”指组成完全已知，不是从零合成；论文自己的图 1 也把这些细胞描述为由逐一纯化的天然成分组装而成。
- 它**没有**展示一个自给自足的生物体。细胞不能制造自己的核糖体，也不能维持自身代谢；它依赖外部提供的蛋白质合成系统和补给液滴。
- 它**没有**展示自发进化。有利突变由研究人员引入，并非由系统产生。
- 它**没有**展示稳健的遗传。五代后只有少数细胞保留了完整基因组。
- 它**没有**把细胞自主驱动的分裂用作标准机制。反复进行的五代周期依赖机械分裂；基因驱动分裂产率较低，而且需要外部协助。
- 它**尚未经过**同行评审。这是一篇预印本；据 *Science* 报道，稿件曾被 *Cell* 拒绝，据称目前正在其他地方接受同行评审。具体数字应视为暂定结果。

证据有多强？

对于核心工程主张，证据直接而且相当充分。作者报告称，细胞周期的各项操作步骤在一个成分明确的合成液滴中协同运行，与系统自身的基因表达相耦合，并跨越数个周期重复。这个主张边界清楚、可以检验，也有量化演示支持，尽管研究目前仍是预印本。

系统不具备代谢独立性和自发进化能力，不应被当成失败或低可信度的主张。作者并没有声称系统具备这些能力；相反，他们明确说明这些能力目前不存在，或把它们列为未来目标。它们是界定此处“完整细胞周期”含义的重要边界，而不是反驳论文实际报告结果的证据。

因此，主要的不确定性并不在于研究是否创造了自主生命，而在于所报告的工程性能究竟有多稳健、能否重复。在同行评审和独立复现之前，精确的世代数、基因组保留比例和分裂产率都应视为暂定数据。适当的信心分布是：对细胞周期操作得到整合这一已演示结果抱有较高信心；对精确性能估计信心较低；至于生命、自给自足或自发进化等主张，则根本不在研究范围之内。

面向公众的叙事添加了什么——以及这为什么重要

这里真正有意思的落差，不在论文与现实之间，而在**论文**与围绕它搭建的**传播包装**之间。论文正文对边界本身相当谨慎；过度解读的风险出现在结果被压缩为“活细胞”“自给自足的细胞”或“从零创造生命”时。纠正这些标题式误读，不等于因为论文没有提出的主张而贬低论文。

论文自己的措辞十分克制。它把这项工作称为迈向生命最低必需组成的一步、未来系统可能采用的“底盘”、以及“完全人工生物体的基础”——而谈到重大应用时，则用最终和可能之类词语加以限定。明尼苏达大学的新闻稿却以“世界首个具有完整生命周期的人造细胞”“可能彻底改变”生物学开篇，把细胞描述为由非生命成分制成，并列举医学、材料和工业方面的应用。限定语不是没有——但它们出现在突破性叙事之后，此时已经无法起到刹车作用。

这不需要假设任何人心怀恶意。在同行评审前分享结果可以是合理、甚至慷慨的选择：正如作者所说，它让其他实验室能更早审查方法并尝试复现。被高影响力期刊拒稿也不意味着研究薄弱——雄心勃勃、如果出错便有撤稿风险的结果确实难以找到发表位置，而被他人抢先的担忧也很现实。这些压力都很人性，也可以理解。

但恰恰因为传播声量如此之大，而且发生在同行评审之前，精确表达的责任只会更高，不会更低。顺序就是关键。新闻稿先选择最夸张的解读，再补充限制。清晰的版本则相反：先说明证据及其状态，然后才谈雄心。把证据和状态置于愿景之前——这是读者面对下一项“突破”时也能带走的习惯，不只适用于这一次。

清晰摘要

明尼苏达大学的一个团队报告了一种成分完全明确的合成细胞：一个携带约 90,000 碱基基因组和纯化蛋白质合成系统的脂质液滴。它通过与补给液滴融合来摄取物质、复制 DNA、生长，并跨越五代分裂。研究者还证明，人工引入的有利遗传变化会通过选择在群体中扩散，而且摄取和分裂都可以由细胞自身的基因驱动。所用部件是组装进明确系统的纯化生物成分，不是从零制造的化学物质；细胞不能制造自己的核糖体，也不能维持自身代谢；常规五代分裂通过机械方式完成，而基因驱动分裂的产率较低且需要外部协助；有利突变由研究者引入，并非自发产生；完整基因组的遗传也不完善。这项工作是一篇预印本，尚未经过同行评审。

不绕弯核查

论文证明了什么：一个成分明确的合成液滴会摄取物质（通过基因编码的机制与补给液滴融合）、复制约 90 kbp 的基因组、生长，并跨越五代分裂；另有一项基因驱动分裂的独立演示；以及对人工引入有利突变的选择，包括在资源匮乏时的竞争。

哪些仍待同行评审确认：精确的世代数、分裂产率和保留完整基因组的细胞比例；完整周期在不同实验室中的稳健性和可重复性。

它没有证明什么：由非生命化学物质制造的细胞；自给自足的生物体；自发突变或开放式达尔文进化；

基因组的稳健遗传；把细胞驱动分裂作为标准机制；新闻材料所列医学、材料或工业应用已可投入使用。

主要局限：尚未经过同行评审；没有代谢独立性（核糖体和酶由外部提供）；标题所说的周期采用机械分裂；基因驱动分裂产率较低且需要额外成分；基因组遗传不完善。

普通读者应该有多大信心？可以对核心工程结果抱有相当高的信心：作者让细胞周期的操作步骤在一个成分明确的合成液滴内协同运行，不过研究仍有待同行评审。在同行评审和独立复现之前，对精确世代数、分裂产率和遗传比例应持中低信心。论文并未声称这个系统是活的、能自给自足或自行进化；这些是研究范围的边界，不是低可信度结果。恰当态度是：这是用已知部件构建细胞的一项令人印象深刻的进展，不是生命的创造。

发布后更新

• 澄清 · 2026-07-23

澄清了信心表述：活细胞、自给自足的细胞和能够自行进化的细胞不在论文主张范围内，并非低可信度结果。对核心工程结果的评估没有改变。

来源

Gaut, Deich, Cash, Hoog, Engelhart & Adamala —‘A Chemically Defined Synthetic Cell Capable Of Growth And Replication’, author-hosted preprint (not peer-reviewed), 2026
<https://biotic.org>

Science —news coverage of the synthetic-cell preprint (2026)
<https://doi.org/10.1126/science.zwa8dvz>

University of Minnesota —press release
<https://twin-cities.umn.edu/news-events/worlds-first-synthetic-cell-complete-life-cycle-could-revolutionize-biological>