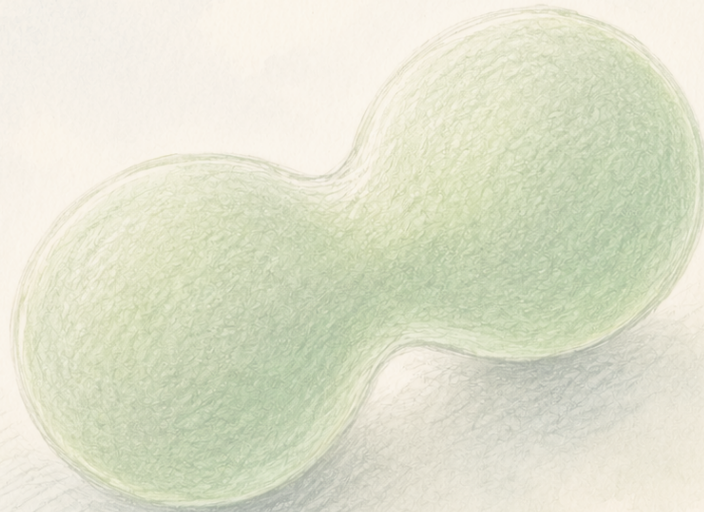




The CLEAN PAPER

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

一種會攝取、生長和分裂的合成細胞——重要進展，但不是從零創造生命

明尼蘇達大學的一個團隊報告了一種攜帶約 90,000 鹼基基因組的脂質液滴，它會攝取物質、複製 DNA、生長，並跨越五代分裂；研究者引入的有利突變透過選擇在群體中擴散。這是利用成分明確、經過純化的部件構建細胞的一項真實進展。但它尚未經過同行評審；不能製造自己的蛋白質合成系統，也不能維持自身代謝；所用部件是純化的生物分子，不是從零組裝的簡單化學物質；而且——用作者自己的話說——這裡的選擇並非自發的達爾文式進化。清晰的說法不是「首個由非生命物質造出的活細胞」。

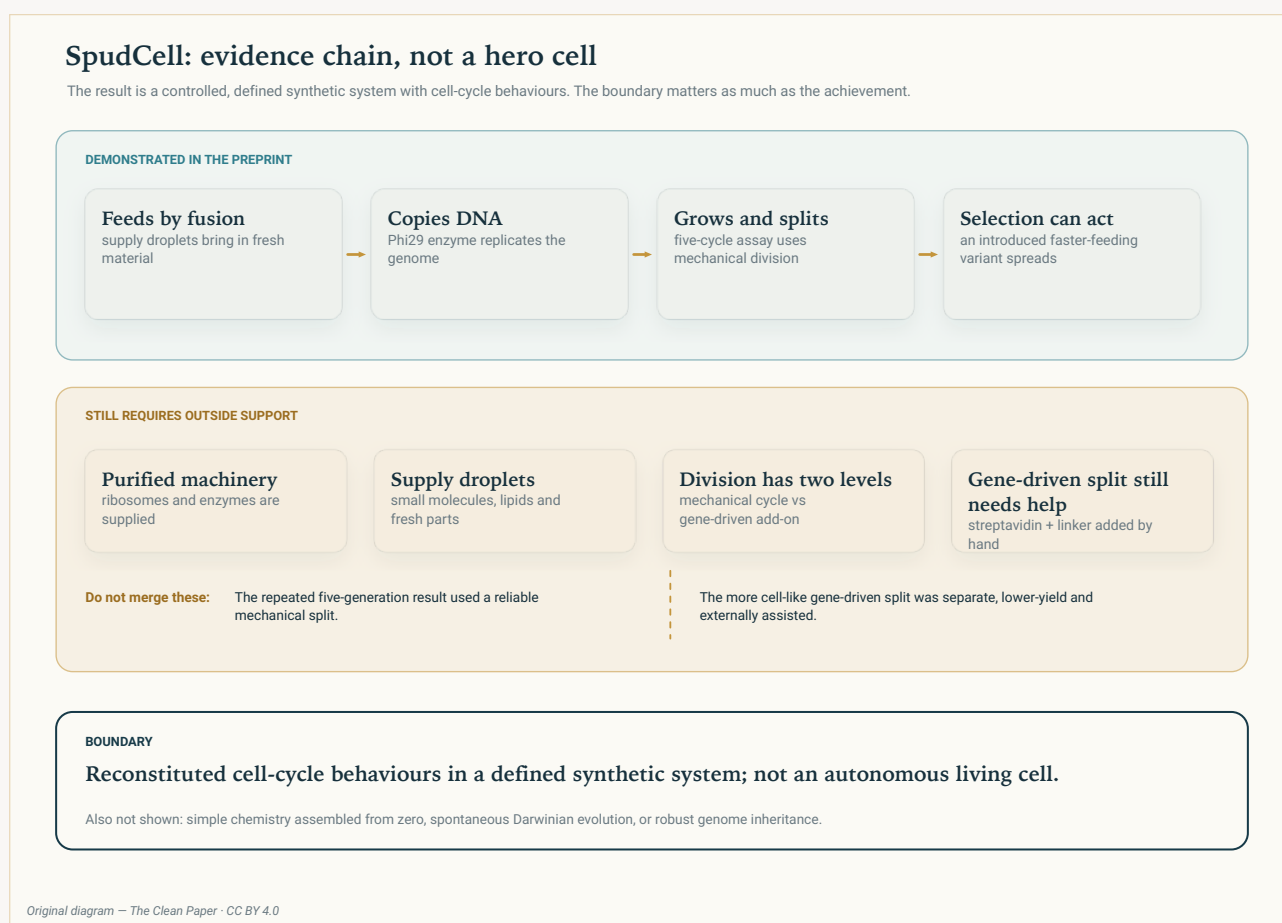
Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso
· AI-assisted, human-reviewed

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Nathaniel J. Gaut, Christopher Deich, Brock Cash, Tanner Hoog, Aaron E. Engelhart, Katarzyna P. Adamala, Preprint (not peer-reviewed) —University of Minnesota

剝去宏大敘事，「首個人造細胞」其實是一滴脂質

新聞標題聲勢驚人：世界上第一個擁有完整生命週期的人造細胞、用非生命物質造出生命、生物學的「斯普特尼克時刻」。支撐這些標題的論文要克制得多，而且說實話，也比這些口號更有意思。明尼蘇達大學的一個團隊報告了一種微小的脂質液滴——就是構成細胞膜的那類油脂泡——它攜帶一套遺傳指令，可以透過與更小的補給液滴融合來攝取物質、複製這些指令、長大，再分裂成子液滴，如此循環數輪。在一項實驗中，研究者引入的一處有利指令變化在群體中擴散，因為攜帶它的液滴繁殖得更快。

從一個具體而誠實的意義上說，這確實是一項進展：用已知部件自下而上構建一個類細胞系統，讓細胞週期的基本動作在同一個地方協同運行。但它也是一篇尚未經過同行評審的預印本；用作者自己的話說，這不是一個自給自足的生物體，也不是自發的達爾文式進化。清晰的說法不是「從零創造了生命」，而是：研究人員首次利用純化的生物部件，在一個成分完全明確的合成液滴中運行了一套完整的細胞週期流程。



這是一條證據鏈，不是一個英雄式細胞。頂行是論文證實的內容：一個成分明確的液滴會攝取物質、複製基因組、生長，並在五代中分裂；研究者引入的有利變化透過選擇而擴散。中間一行是它仍然需要外界提供的東西：純化的核糖體和酶、補給液滴，以及在基因驅動分裂實驗中由人工額外加入的成分。底行劃出邊界：這是在成分明確的合成系統中重建的細胞週期行為，不是自主的活細胞，也不是自發進化。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

作者做了什麼

先從容器說起。這個合成細胞是一個**脂質體**——被一層與真實細胞外膜同類的脂質薄膜包裹的液滴。團隊在裡面放了兩樣東西：一套遺傳指令，以及一套用於讀取指令並製造蛋白質的微型工具包。

這套指令是一個約含 **90,000 個 DNA 字母** (90 kbp) 的基因組，分裝在七個小環狀分子 (質粒) 上。製造蛋白質的工具包並不是憑空發明出來的。它是由取自生物體並經過純化、可以工作的部件按已知用量組成的明確混合物——包括核糖體、酶和蛋白質合成所需的其他組件。(在這個領域，這種重建且組成完全明確的混合物稱為 **PURE**。這裡的「化學成分明確」是指每種成分都已知且經過測量，並不是說它們由簡單化學物質製成。)

有了這個液滴，作者證明它能夠運行細胞週期的基本步驟。他們把四件相互關聯的事情連在了一起。

第一，他們讓液滴能夠**自行攝取物質**。液滴透過與更小的補給液滴（「供料」脂質體）融合，吸收新鮮物質。促使兩者融合的訊號是一種膜蛋白，由細胞依據自身基因組製造——因此攝取過程由細胞自己的基因開啟，而不是每一輪都由人工啟動。

第二，他們讓液滴利用基因組編碼、借自病毒的 **Phi29 複製酶來複製自己的 DNA**。

第三，他們讓液滴**生長並分裂**——而且用兩種不同方式完成分裂；這個區別十分重要（見下文）。

第四，他們展示了**選擇**。研究者在基因組中引入一處變化，使細胞攝取物質和生長得更快；隨後證明這些更快的細胞比其他細胞留下更多後代，並佔據群體，尤其是在食物匱乏時。

他們發現了什麼

完整週期能夠協同運行。在五個「世代」中，液滴反覆攝取物質、複製 DNA、生長並分裂，而不是把這些步驟作為彼此分離的一次性演示。讓這些步驟在同一個成分明確的系統中協同工作，並與細胞自身的基因表達相耦合，是論文的核心結果。

攝取和分裂可以由基因驅動。細胞可以製造驅動自身攝取的蛋白質；在另一項產率較低、仍需人工加入額外成分的演示中，它也能製造驅動自身分裂的蛋白質。這向著依靠自身指令而非實驗人員雙手運行的系統邁進了一步。

有利變化透過選擇擴散。一種變體為攝取蛋白配備了更強的「開啟開關」（活性更高的啟動子），因此生長更快、留下更多後代，並在資源匱乏時勝過原始類型。這在合成系統內建立了從遺傳變化到繁殖成功的真實聯繫。

遺傳並不完美。五代之後，接受分析的細胞中只有少數仍保留全部七個 DNA 環的完整組合。基因組尚不能可靠而完整地分配給子液滴。

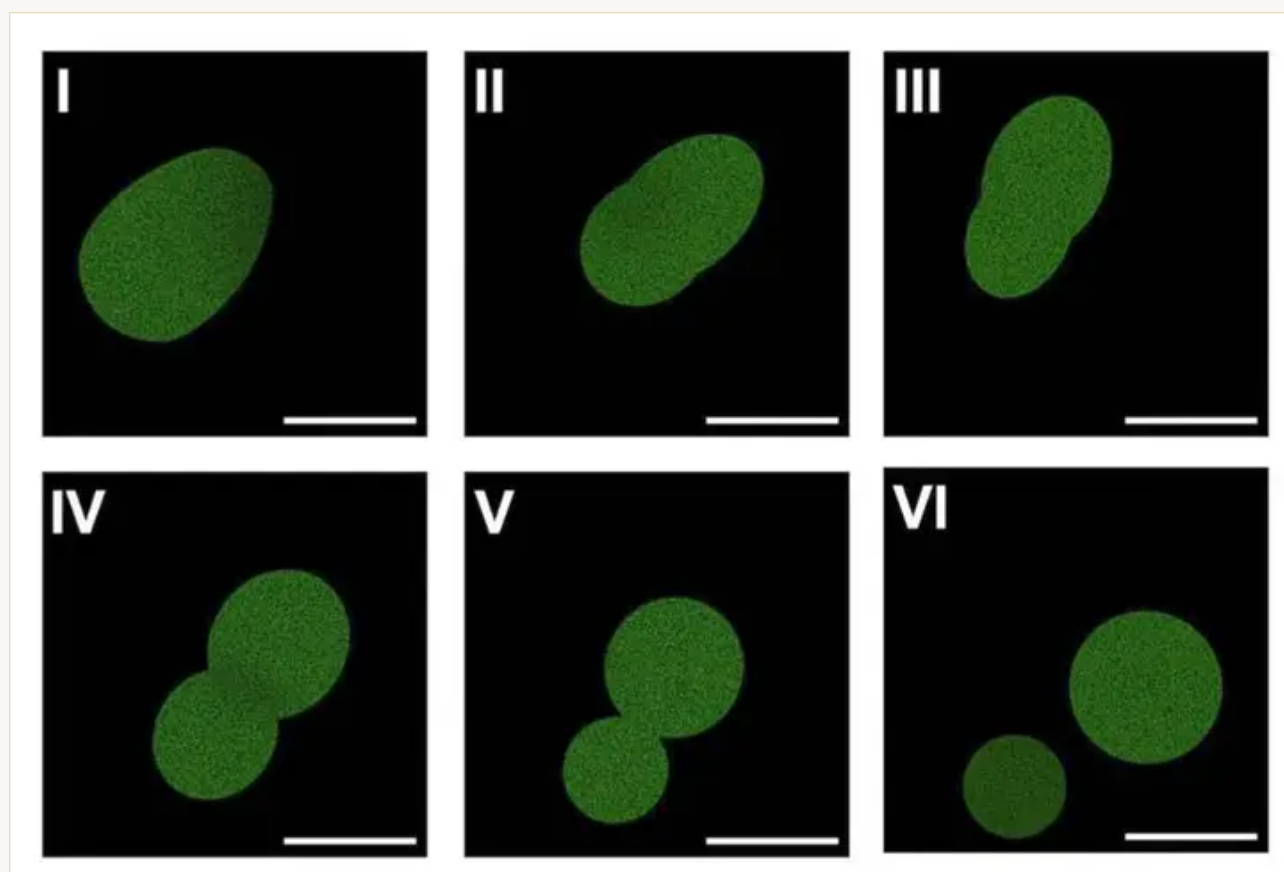
哪些會自行運行，哪些不會

新聞標題中承擔最多含義的詞是完整。論文所說的「完整細胞週期」，是指攝取、複製、生長和分裂這些操作步驟被一同重建並測量。它不意味著細胞能夠自給自足。有兩個限制至關重要，而且作者都明確說明了。

第一，細胞**不能製造自己的蛋白質合成系統**。核糖體和大多數酶是預先純化並從外部供給的，不是由細胞自身製造。按作者的表述，這個系統只有非常有限的代謝能力，不能製造核糖體；真正的代謝獨立需要大得多的基因組。因此，這個液滴會運行細胞週期，卻不能從零開始自行維持整套生化過程。

第二，常規分裂是**機械完成的**。在五代實驗中，液滴被推過一個細濾器而分開；研究者選擇這種方法，是因為它能可靠地產生子液滴。更像細胞的基因驅動分裂——由細胞自己製造的蛋白質促使其分開——另行進行了演示；它需要從外部加入額外成分（一套由鏈黴親和素和連接分子組成的橋接系統），而且產率較低。作者明確表示，要實現更穩健、產率更高且可控的分裂仍需繼續研究——可能需要構建一種細胞目前還沒有的合成內部骨架。

這就是圖示把兩種分裂方式分開的原因：標題所說的五代週期使用機械分裂；基因驅動分裂則是一個前景可期但脆弱的附加演示。



這組螢光顯微鏡序列來自作者託管的預印本，展示一個合成細胞在基因驅動分裂演示中伸長並分成兩個液滴。圖片以降低後的解析度轉載，依據合理使用原則評論分裂結果；上方文章的主要證據鏈圖，將這項演示與五代實驗所用的機械分裂明確區分。

是選擇，不是自發進化

選擇實驗很精巧，值得準確表述。一個有利變化——更強的攝取「開啟開關」——讓細胞生長得更快，於是留下更多後代，變化也隨之擴散。這確實是作用於可遺傳差異的選擇。

但這一變化並非自行產生。它是作者放進去的。用作者自己的話說，這一有利突變並沒有在群體中自發出現，而是被人工引入；這與自然的達爾文式進化不同。讓突變自行出現被列為未來工作。所以：存在選擇和資源競爭，是；開放式的自發進化，還沒有。

這項研究沒有證明什麼

- 它**沒有**展示一個由非生命化學物質創造的細胞。所用部件是純化的生物成分——來自生物體的核糖體和酶，以及一種病毒複製酶——再被組裝進成分明確的液滴。「化學成分明確」指組成完全已知，不是從零合成；論文自己的圖 1 也把這些細胞描述為由逐一純化的天然成分組裝而成。
- 它**沒有**展示一個自給自足的生物體。細胞不能製造自己的核糖體，也不能維持自身代謝；它依賴外部提供的蛋白質合成系統和補給液滴。
- 它**沒有**展示自發進化。有利突變由研究人員引入，並非由系統產生。
- 它**沒有**展示穩健的遺傳。五代後只有少數細胞保留了完整基因組。
- 它**沒有**把細胞自主驅動的分裂用作標準機制。反覆進行的五代週期依賴機械分裂；基因驅動分裂產率較低，而且需要外部協助。
- 它**尚未**經過同行評審。這是一篇預印本；據 *Science* 報導，稿件曾被 *Cell* 拒絕，據稱目前正在其他地方接受同行評審。具體數字應視為暫定結果。

證據有多強？

對於核心工程主張，證據直接而且相當充分。作者報告稱，細胞週期的各項操作步驟在一個成分明確的合成液滴中協同運行，與系統自身的基因表達相耦合，並跨越數個週期重複。這個主張邊界清楚、可以檢驗，也有量化演示支持，儘管研究目前仍是預印本。

系統不具備代謝獨立性和自發進化能力，不應被當成失敗或低可信度的主張。作者並沒有聲稱系統具備這些能力；相反，他們明確說明這些能力目前不存在，或把它們列為未來目標。它們是界定此處「完整細胞週期」含義的重要邊界，而不是反駁論文實際報告結果的證據。

因此，主要的不確定性並不在於研究是否創造了自主生命，而在於所報告的工程效能究竟有多穩健、能否重複。在同行評審和獨立重現之前，精確的世代數、基因組保留比例和分裂產率都應視為暫定資料。適當的信心分布是：對細胞週期操作得到整合這一已演示結果抱有較高信心；對精確效能估計信心較低；至於生命、自給自足或自發進化等主張，則根本不在研究範圍之內。

面向公眾的敘事添加了什麼——以及這為什麼重要

這裡真正有意思的落差，不在論文與現實之間，而在論文與圍繞它搭建的**傳播包裝**之間。論文正文對邊界本身相當謹慎；過度解讀的風險出現在結果被壓縮為「活細胞」「自給自足的細胞」或「從零創造生命」時。糾正這些標題式誤讀，不等於因為論文沒有提出的主張而貶低論文。

論文自己的措辭十分克制。它把這項工作稱為邁向生命最低必需組成的一步、未來系統可能採用的「底盤」、以及「完全人工生物體的基礎」——而談到重大應用時，則用最終和可能之類詞語加以限定。明尼蘇達大學的新聞稿卻以「世界首個具有完整生命週期的人造細胞」「可能徹底改變」生物學開篇，把細胞描述為由非生命成分製成，並列舉醫學、材料和工業方面的應用。限定語不是沒有——但它們出現在突破性敘事之後，此時已經無法起到剎車作用。

這不需要假設任何人心懷惡意。在同行評審前分享結果可以是合理、甚至慷慨的選擇：正如作者所說，它讓其他實驗室能更早審查方法並嘗試重現。被高影響力期刊拒稿也不意味著研究薄弱——雄心勃勃、如果出錯便有撤稿風險的結果確實難以找到發表位置，而被他人搶先的擔憂也很現實。這些壓力都很人性，也可以理解。

但恰恰因為傳播聲量如此之大，而且發生在同行評審之前，精確表達的責任只會更高，不會更低。順序就是關鍵。新聞稿先選擇最誇張的解讀，再補充限制。清晰的版本則相反：先說明證據及其狀態，然後才談雄心。把證據和狀態置於願景之前——這是讀者面對下一項「突破」時也能帶走的習慣，不只適用於這一次。

清晰摘要

明尼蘇達大學的一個團隊報告了一種成分完全明確的合成細胞：一個攜帶約 90,000 鹼基基因組和純化蛋白質合成系統的脂質液滴。它透過與補給液滴融合來攝取物質、複製 DNA、生長，並跨越五代分裂。研究者還證明，人工引入的有利遺傳變化會透過選擇在群體中擴散，而且攝取和分裂都可以由細胞自身的基因驅動。所用部件是組裝進明確系統的純化生物成分，不是從零製造的化學物質；細胞不能製造自己的核糖體，也不能維持自身代謝；常規五代分裂透過機械方式完成，而基因驅動分裂的產率較低且需要外部協助；有利突變由研究者引入，並非自發產生；完整基因組的遺傳也不完善。這項工作是一篇預印本，尚未經過同行評審。

不繞彎核查

論文證明了什麼：一個成分明確的合成液滴會攝取物質（透過基因編碼的機制與補給液滴融合）、複製約 90 kbp 的基因組、生長，並跨越五代分裂；另有一項基因驅動分裂的獨立演示；以及對人工引入有利突變的選擇，包括在資源匱乏時的競爭。

哪些仍待同行評審確認：精確的世代數、分裂產率和保留完整基因組的細胞比例；完整週期在不同實驗室中的穩健性和可重複性。

它沒有證明什麼：由非生命化學物質製造的細胞；自給自足的生物體；自發突變或開放式達爾文進

化；基因組的穩健遺傳；把細胞驅動分裂作為標準機制；新聞材料所列醫學、材料或工業應用已可投入使用。

主要限制：尚未經過同行評審；沒有代謝獨立性（核糖體和酶由外部提供）；標題所說的週期採用機械分裂；基因驅動分裂產率較低且需要額外成分；基因組遺傳不完善。

普通讀者應該有多大信心？可以對核心工程結果抱有相當高的信心：作者讓細胞週期的操作步驟在一個成分明確的合成液滴內協同運行，不過研究仍有待同行評審。在同行評審和獨立重現之前，對精確世代數、分裂產率和遺傳比例應持中低信心。論文並未聲稱這個系統是活的、能自給自足或自行進化；這些是研究範圍的邊界，不是低可信度結果。恰當態度是：這是用已知部件構建細胞的一項令人印象深刻的進展，不是生命的創造。

發布後更新

- 釐清 · 2026-07-23

澄清了信心表述：活細胞、自給自足的細胞和能夠自行進化的細胞不在論文主張範圍內，並非低可信度結果。對核心工程結果的評估沒有改變。

來源

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>