

25. dicembre

**Buon Natale, Asgard!**

*La nascita è l'improvvisa apertura di una finestra,  
attraverso la quale ci si affaccia su di una prospettiva stupenda.*

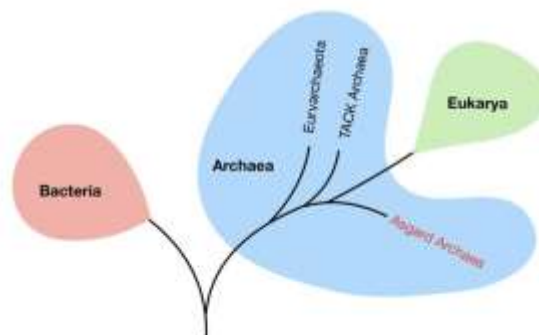
*Nascere, è ricevere tutto un universo in regalo.*

Jostein Gaarder



Coltivando un insolito microbo tentacolare in laboratorio, i microbiologi potrebbero aver compiuto un grande passo verso la risoluzione dei primi rami dell'albero della vita e svelare uno dei suoi grandi misteri: **come le complesse cellule che compongono il corpo umano e tutte le piante, animali, e molti organismi unicellulari, nacquero per la prima volta.**

Tali microbi, chiamati **Asgard archaea**



sono stati precedentemente coltivati, ma il report del team di **Christa Schleper** del *Department of Functional and Evolutionary Biology dell'Università di Vienna* pubblicato oggi **24 dicembre (a 24 ore dal Natale..)** su *Nature* riporta che per la prima volta che sono cresciuti in concentrazioni sufficientemente elevate da poterli studiare finalmente in dettaglio



*Rodrigues-Oliveira T et al.  
Actin cytoskeleton and complex cell architecture in an Asgard archaeon.  
Nature. 2022 Dec 24.*

Le immagini al microscopio elettronico rivelano strutture interne complesse che suggeriscono quelle delle nostre stesse cellule, aggiungendo supporto all'idea ancora controversa che gli antichi microbi simili ad **Asgard** potrebbero essere stati *l'antenato chiave* delle cellule complesse.

Il microbo, proveniente da fango profondo 15 centimetri *in un canale in un estuario in Slovenia*, possiede un complesso citoscheletro costituito prevalentemente da actina, suggerendo che questa struttura sia sorta negli **archaea** prima di diventare parte integrante delle cellule vegetali e animali.

Queste scoperte si aggiungono al recente lavoro che mostra che gli **archaea di Asgard** possiedono geni che una volta si pensava esistessero solo in organismi più complessi, un'altra indicazione che potrebbero essere un importante precursore evolutivo. Le immagini sono sbalorditive e consentono di studiare i microbi appena coltivati.

Considerato un terzo dominio della vita dalla maggior parte degli scienziati, gli **archaea** sono distinti dai batteri e dagli eucarioti, il ramo evolutivo che include gli esseri umani.

Tuttavia, gli archei e i batteri hanno alcune somiglianze fondamentali: in genere nessuno dei due ha caratteristiche eucariotiche fondamentali come per esempio i mitocondri, le “centrali elettriche” interne delle cellule o il DNA racchiuso all'interno di un nucleo

Sebbene molti ricercatori pensino che le prime cellule eucariotiche siano sorte dopo che un archeon ha inghiottito un batterio che è diventato i mitocondri, hanno faticato a capire come si sono evolute altre caratteristiche degli eucarioti, come le loro numerose membrane interne e i diversi organelli. **Il viaggio della vita verso la complessità è confuso.**

L'idea che gli archaea simili ad **Asgard** potessero essere gli antenati degli eucarioti è nata nel 2015 quando **Thijs Ettema**, un *microbiologo ambientale dell'Università di Wageningen*,



ha scoperto geni simili agli eucarioti in strani archaea da campioni di sedimenti raccolti proprio da **Christa Schleper** e dal suo studente Steffen Jørgensen. Entro il 2017, **Ettema** aveva trovato geni simili in molti altri gruppi di archaea, che insieme costituiscono la famiglia degli Asgard.

All'epoca, tuttavia, **Ettema** aveva solo approssimativamente assemblato i genomi messi insieme dal DNA ambientale (eDNA), che in genere include materiale genetico di molti organismi in un campione di suolo o acqua, e gli scettici sostenevano che non poteva essere sicuro che i geni di tipo eucariotico appartenessero davvero ad archaea.

Ma nel 2019, il **team di Nobu** ha coltivato il primo **microbo Asgard**, isolato dal fango oceanico al largo del Giappone, e ha riferito che il suo genoma aveva anche **geni eucariotici**.



Ulteriori prove sono arrivate all'inizio di quest'anno quando **Victoria Orphan**, *una geobiologa del California Institute of Technology*



ha isolato un numero sufficiente di altre **due specie di Asgard** - dalla roccia raccolta da una bocca idrotermale nel Golfo della California ed ha sequenziato i loro genomi completi.

I *geni* in quei genomi hanno rafforzato l'ipotesi che questi si siano realmente originati negli archaea. Inoltre, i genomi ospitavano *pezzi mobili di DNA* che contenevano geni batterici coinvolti nel metabolismo, suggerendo che questi elementi potessero avere un ruolo nel trasferimento di geni tra i principali rami della vita .

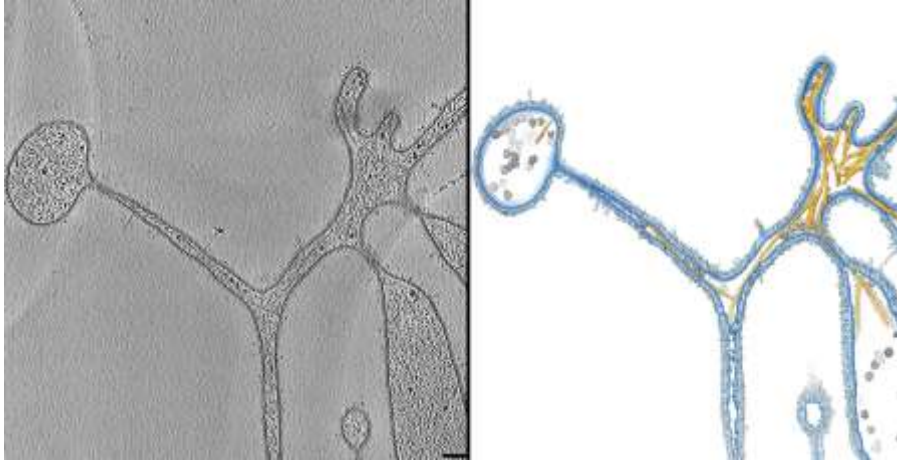
**Wu F et al. *Unique mobile elements and scalable gene flow at the prokaryote-eukaryote boundary revealed by circularized Asgard archaea genomes.* Nat Microbiol. 2022 Feb;7(2):200-212.**

Confrontando le proteine codificate da Asgard archaea ed eucarioti un pool di 13 ricercatori (tra cui Ettema, Baum e Mohan Balasubramanian hanno recentemente collegato i due domini in un altro modo. Si sono concentrati sui complessi proteici interagenti che le cellule eucariotiche usano per piegare, tagliare e ricucire insieme le loro membrane per collegare i compartimenti interni. Fino a quel momento, solo due di quei complessi proteici erano stati trovati negli archaea. Ma i genomi di Asgard contengono le istruzioni per crearne quattro

**Hatano T et al. *Asgard archaea shed light on the evolutionary origins of the eukaryotic ubiquitin-ESCRT machinery.* Nat Commun. 2022 Jun 13;13(1):3398.**

Dopo aver previsto le strutture delle proteine, il gruppo ha sintetizzato alcune delle molecole in laboratorio e ha mostrato che funzionano in modo simile alle versioni eucariotiche. Per gli scienziati, ciò suggerisce che questo meccanismo di manipolazione della membrana precede l'evoluzione degli eucarioti.

Per rispondere a tali domande, gli scienziati hanno bisogno di **cellule Asgard** con cui lavorare, ma ci sono voluti 12 anni di prove ed errori per coltivare il **primo Asgard**, e il secondo descritto oggi da **Schleper** in uno studio che è durato 7 anni.

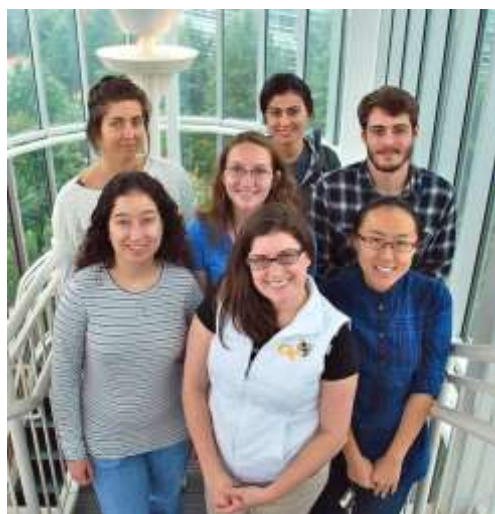


Un'immagine al microscopio elettronico (a sinistra) dei tentacoli **del nuovo Asgard** rivela ribosomi (grigio, illustrazione dell'artista a destra) e filamenti (arancione) composti dalla proteina actina, simile al citoscheletro di cellule più complesse

Con i loro lunghi tentacoli, le **cellule di Asgard** sono fragili, quindi è stato difficile concentrarle trasferendole da un flacone di crescita a un altro o studiarle colorandole prima di metterle al microscopio.

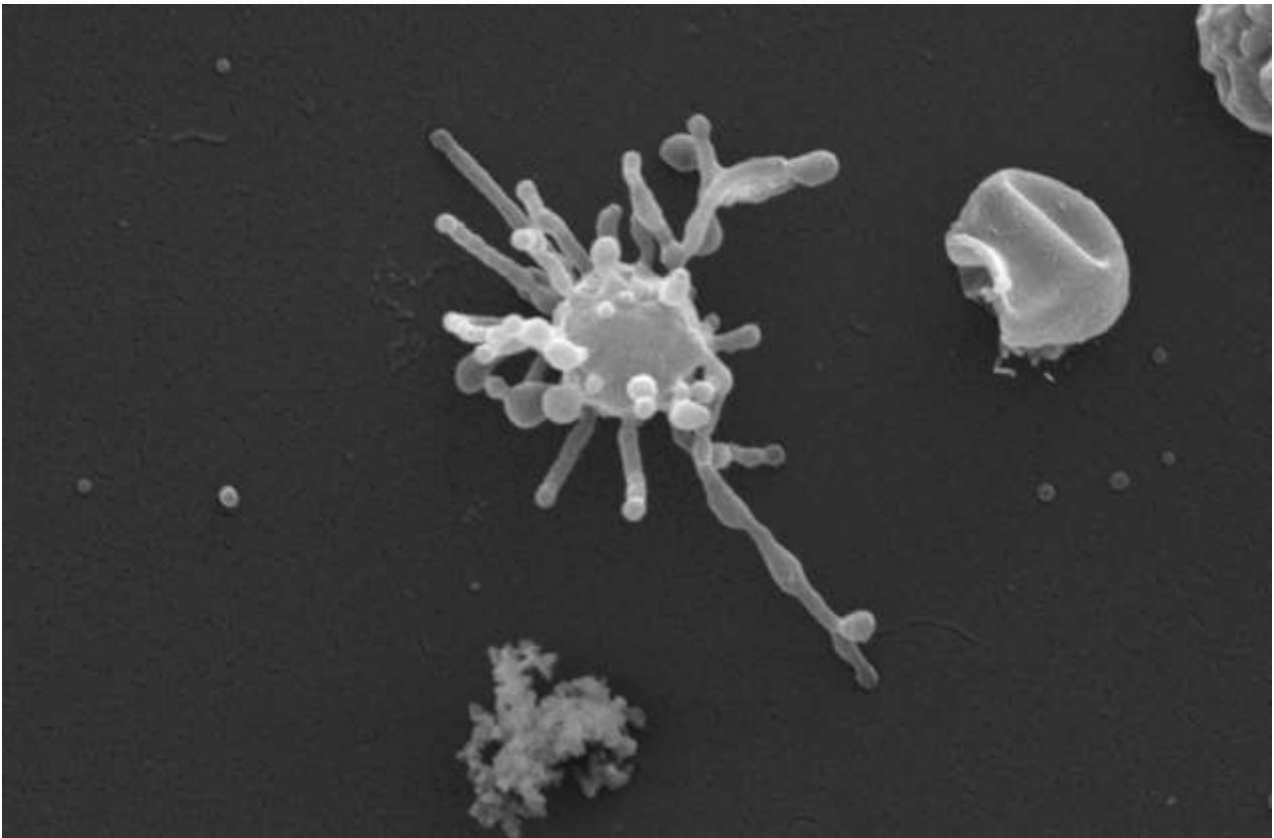
Il postdottorato di Schleper, **Thiago Rodrigues-Oliveira**, ha escogitato un modo per farli crescere in concentrazioni sufficientemente elevate da creare campioni per la tomografia crioelettronica (crio-ET), una tecnica in cui i campioni congelati vengono inclinati e visualizzati da molti angoli da un microscopio elettronico. per sviluppare un'immagine composita. Ma gli studi di imaging del team sono stati complicati dal fatto che i campioni coltivati contenevano anche altri due microbi. Alla fine, una scoperta del 2020 li ha aiutati a rientrare nell'Asgard.

Due anni fa, il team di **Jennifer Glass** geomicrobiologa del **Georgia Institute of Technology** ha notato qualcosa di insolito nei ribosomi, le strutture cellulari che traducono le informazioni genetiche in proteine, negli **Asgard** dai sedimenti marini profondi. I geni per una parte chiave di queste strutture erano molto più lunghi, quindi i ribosomi risultanti erano molto più grandi di quelli di altri procarioti e persino di molti eucarioti.



grazie a questo espediente i collaboratori di [Schleper](#), [Martin Pilhofer](#) e [Florian Wollweber dell'ETH di Zurigo](#), sono stati in grado di individuare le **cellule di Asgard** cercando i grandi ribosomi.

Il **nuovo Asgard**, che è abbastanza diverso geneticamente da quello isolato dal team di Nobu e da quelli studiati da Orphan da essere inserito in un genere separato con il nome provvisorio *Lokiarchaeum ossiferum*, ha anche tentacoli, ma ci sono ispessimenti e piccole bolle che spuntano lungo i tentacoli.



Anche la sua parete cellulare è complessa, con minuscole strutture a forma di lecca-lecca che sporgono, come per campionare l'ambiente.

Il suo genoma è più grande e ha più geni eucariotici rispetto all'altro Asgard in coltura, e il suo DNA include quattro geni per la proteina actina, un componente chiave dello scheletro interno di una cellula eucaristica.

Quello scheletro si estende per tutta la cellula e nei tentacoli, e varia da cellula a cellula, suggerendo che può essere riorganizzato.

*"Dimostriamo che il citoscheletro 'eucariotico', che è cruciale per gli eucarioti, era un'invenzione all'interno dell'archaea, il che significa che si è evoluto prima dell'emergere delle prime cellule eucariotiche"*

Alcuni scienziati ora ritengono che lo scenario più probabile per l'emergere di eucarioti, circa 2 miliardi di anni dopo la comparsa di batteri e archaea, sia che un microbo simile ad Asgard abbia avvolto un batterio che utilizza ossigeno, trasformandolo in un produttore di energia extra per il suo ospite. L'archaea potrebbe anche aver acquisito altri batteri per creare la cellula combinata che comprende gli eucarioti.

Ma non tutti sono d'accordo. Alcuni biologi evuzionisti, tra cui Patrick Forterre del Pasteur Institute, hanno sostenuto che gli alberi genealogici costruiti sulla base del confronto di alcuni geni di Asgard ed eucarioti non supportano l'archea di Asgard che gioca un ruolo così predominante nella nascita degli eucarioti.

E l'anno scorso, **Sven Gould**, un biologo cellulare evolutivo presso la Heinrich Heine University di Düsseldorf,



ha calcolato che l'Asgard archaea **ha contribuito molto poco ai primi eucarioti**, appena lo 0,3% delle famiglie proteiche che si ritiene esistessero nell'antenato comune degli eucarioti.

Gould concorda con l'opinione diffusa secondo cui una fusione tra archaea e batteri ha dato origine ai primi eucarioti, ma pensa che il partner arcaico non fosse per niente come i microbi appena coltivati.

Invece, dice, le prove genetiche indicano un ospite molto più semplice. In un articolo del 10 novembre su *eLife*, Gould e colleghi propongono che sia stata la presenza di batteri all'interno di queste cellule a causare nuovi stress sui processi cellulari degli Archaea che hanno stimolato l'evoluzione delle caratteristiche eucariotiche come il nucleo e la rete di membrane e compartimenti interni chiamati l'apparato di Golgi e persino l'evoluzione del sesso.

Anche Ettema sospetta che che la storia completa debba ancora svolgersi. Osserva che sulla base del campionamento eDNA del suo gruppo e di altri, i due Asgard in coltura rappresentano solo un piccolo sottoinsieme della diversità del gruppo. Sottolinea che un lavoro recente indica che gli eucarioti si sono ramificati da un ramo specifico di Asgard archaea. Inoltre, l'ultimo antenato comune di Asgard archaea ed eucarioti molto probabilmente era molto diverso dai due Asgard archaea caratterizzati finora. Quindi, lui e altri stanno cercando di coltivare e caratterizzare altri Asgard.

Microbiologi e biologi evuzionisti attendono con impazienza i risultati di questi sforzi. Sarà emozionante vedere quali altri archaea simili ad Asgard vengono scoperti e che aspetto hanno. Per adesso festeggiamo la natività degli Asgard portati alla luce a Vienna da **Christa Schleper**



# Buon Natale da Versonondove

© Davide Bonazzi