https://www.corriere.it/salute/cardiologia/22\_agosto\_03/ora-la-morte-scienziati-yale-fanno-rivivere-cellule-organi-maiali-morti-55a9653e-1347-11ed-9de8-12e67e17a594.shtml

**Un’ora dopo la morte gli scienziati di Yale fanno rivivere le cellule negli organi di maiali morti**

di Cristina Marrone

*I ricercatori hanno riattivato parzialmente le attività cellulari di cuore, cervello reni e fegato dei suini iniettando una sostanza. L’obiettivo è allungare la sopravvivenza degli organi espiantati da donatori e salvare più vite umane*

I maiali erano morti da un’ora: nei loro corpi non circolava sangue, i loro cuori erano fermi e le onde cerebrali piatte. Tuttavia le funzioni molecolari di diversi organi sono state ripristinate grazie a una soluzione pompata nei corpi dei maiali morti con un dispositivo simile a una macchina cuore-polmone.

Sebbene i maiali non fossero considerati in alcun modo coscienti, le loro cellule, apparentemente morte, si sono rianimate. I loro cuori hanno iniziato a battere mentre la soluzione, che gli scienziati hanno battezzato OrganEx, circolava nelle vene e nelle arterie. Le cellule dei loro organi, inclusi cuore, fegato, reni e cervello, hanno ripreso a funzionare e gli animali non si sono irrigiditi.

##### L’obiettivo è aumentare gli organi per il trapianto

L’interessante e incoraggiante risultato emerge da uno studio, pubblicato sulla rivista[Nature](https://www.nature.com/articles/s41586-022-05016-1), condotto dagli scienziati della Yale School of Medicine, che hanno utilizzato un modello animale per valutare la possibilità di ripristinare la funzionalità delle cellule dopo la morte. La tecnica potrebbe potenzialmente essere utilizzata per aumentare la disponibilità di organi per il trapianto oppure per terapie rivolte a chi ha subito danni causati da ictus e infarti . I ricercatori affermano infatti che l’obiettivo è poter aumentare in futuro la fornitura di organi umani per il trapianto, consentendo ai medici di trapiantare organi vitali molto tempo dopo la morte. I risultati sono solo un primo passo, ha affermato al [New York Times](https://www.nytimes.com/2022/08/03/science/pigs-organs-death.html)Stephen Latham, un bioeticista della Yale University che ha lavorato a stretto contatto con il gruppo. La tecnologia, ha sottolineato, è «molto lontana dall’uso negli esseri umani».

##### Sei ore dopo la terapia ripristinate alcune funzioni degli organi

Il gruppo, guidato dal dottor Nenad Sestan, professore di neuroscienze, medicina comparata, genetica e psichiatria alla Yale School of Medicine, è rimasto sbalordito dalla sua capacità di rivitalizzare le cellule. «Non sapevamo cosa aspettarci» ha detto il dottor David Andrijevic, anche lui neuroscienziato a Yale e uno degli autori del documento. «Tutto ciò che abbiamo restaurato è stato incredibile per noi». Sei ore dopo la terapia, gli scienziati hanno scoperto che alcune funzioni cellulari chiave erano attive in molte aree del corpo dei suini, inclusi cuore, fegato e reni, e che alcune funzioni degli organi erano state ripristinate. Ad esempio, riportano gli studiosi, il cuore aveva mantenuto la capacità di contrarsi e mostrava segni di attività elettrica. «Abbiamo anche osservato dei movimenti involontari del collo e della testa dei maiali durante l’esperimento ma non sappiamo esattamente perché, visto che erano sotto anestesia e non coscienti. È possibile che si siano conservate alcune funzioni muscolari in modo temporaneo».

##### Il precedente

Il lavoro era iniziato alcuni anni fa, quando il gruppo di lavoro aveva svolto un esperimento simile con i cervelli di 32 maiali morti in un macello. Quattro ore dopo la morte dei maiali i ricercatori avevano infuso una soluzione simile a OrganEx (chiamata BrainEx) riuscendo a riattivare i neuroni, senza comunque ripristinare l’attività elettrica dei neuroni legata alla coscienza e ai sensi). Tutto questo li ha spinti a provare a rianimare un corpo intero. «L’esperimento appena concluso è la continuazione di quello del 2019 e conferma la possibilità di un parziale ripristino degli organi dopo la morte - spiega David Andrijevic della Yale University, uno degli autori dello studio - e abbiamo capito che le cellule non muoiono così velocemente come si pensava ed è possibile ripararle a livello molecolare».

##### Che cosa è OrganEx

Gli autori spiegano che OrganEx è un fluido «perfusante» che viene irrorato attraverso un dispositivo extracorporeo di pompe nel sistema circolatorio dell’animale. Si tratta di una sorta di sangue artificiale che contiene diversi composti chimici come sostanze nutritive, farmaci antinfiammatori, farmaci per prevenire la morte cellulare, sostanze che smorzano l’attività dei neuroni e impediscono ogni possibilità che i maiali possano riprendere conoscenza. I bloccanti nervosi nella sostanza hanno impedito ai nervi di attivarsi per garantire che il cervello non fosse attivo. Nell’esperimento sono stati utilizzati in tutto un centinaio di maiali (compreso il gruppo di controllo) e il team ha anestetizzato gli animali prima di fermare il loro cuori. Gli scienziati hanno sottolineato che i maiali non hanno sofferto e che non è mai stata registrata attività elettrica nel cervello.

##### Prossimo passo: capire se gli organi possono essere trapiantati

Yale ha depositato un brevetto sulla tecnologia. Il prossimo passo, ha detto il dottor Sestan, sarà vedere se gli organi funzionano correttamente e possono essere trapiantati con successo. «Non sappiamo se gli organi riattivati fossero funzionanti al punto da poter essere poi trapiantati. Ci vorranno molti altri studi per stabilirlo» dice Nenad Sestan.

##### Gli aspetti etici

Il gruppo di lavoro ha chiarito che l’obiettivo della nuova tecnica non è tornare indietro dalla morte o ricreare la vita, ma salvare gli organi che devono essere trapiantati e salvare quindi sempre più vite. Se da un lato la tecnica potrà in futuro forse effettivamente migliorare la sopravvivenza degli organi (talvolta danneggiati, tanto da essere inutilizzabili dopo che il supporto vitale del donatore è stato interrotto) e poter essere tenuti in vita più a lungo, così da poter essere trasportati anche molto più lontano, gli aspetti etici dell’esperimento sono innegabili e andranno discussi. «I maiali sarebbero ancora morti se non fossero utilizzati i bloccanti nervosi e il loro cervello riprendesse un certo grado di coscienza?« si chiede [Brendan Parent](https://www.nature.com/articles/d41586-022-02060-9), avvocato ed esperto di etica, direttore dell’etica dei trapianti e della ricerca politica presso la Grossman School of Medicine della New York University in un commento pubblicato sempre su Nature, sollevando tra l’altro anche il problema di come con OrganEx potrebbe cambiare la definizione di morte.

<https://www.wired.it/scienza/biotech/2019/04/18/riattivate-cellule-cervello-maiali-morti/>

[SCIENZA](https://www.wired.it/scienza/) 18.04.2019

18.04.2019

**Sono state "riattivate" le cellule cerebrali di maiali morti. Ma cosa significa?**

*Una ricerca appena pubblicata su Nature ha avuto risonanza mondiale: ecco cosa hanno fatto (e cosa no) i ricercatori, e qual è la reale portata dello studio al di là delle esagerazioni giornalistiche*

Gianluca Dotti

Siamo nella [settimana di Pasqua](https://www.wired.it/economia/lavoro/2018/03/29/pasqua-pasquetta-negozi-aperti/), è vero, ma la notizia scientifica che ha fatto il giro del mondo nelle ultime ore non ha affatto a che fare con la resurrezione di esseri viventi. Nessuno scienziato, e men che meno *Nature* nella propria [pubblicazione scientifica](https://www.nature.com/articles/s41586-019-1099-1), ha parlato di riportare in vita un animale morto. Si è trattato, invece, del ripristino della circolazione cerebrale e di alcune funzioni a livello molecolare e cellulare nei cervelli espiantati di alcuni [maiali](https://www.wired.it/scienza/medicina/2017/08/11/maiali-dna-modificato-trapianto-organi/) destinati al macello.

Che cosa è stato fatto, esattamenteGli scienziati dell'università di Yale (Connecticut, Stati Uniti) guidati dal neuroscienziato Nedan Sestan hanno condotto un esperimento su 32 cervelli di maiale. Quattro ore dopo l'uccisione, i cervelli sono stati trattati con uno strumento chiamato BrainEx, che ha pompato all'interno dei vasi sanguini cerebrali un sostituto artificiale del sangue detto *B-Ex perfusate*. Questa soluzione, che include sostanze protettive, sostanze stabilizzanti e agenti di contrasto, ha portato dopo sei ore alla ristabilizzazione di poche (ma significative) funzioni a livello cellulare e circolatorio, mantenendole attive per un giorno e mezzo circa.

L'effetto del trattamento, dunque, è stato il netto rallentamento dei processi di morte cellulare e di degradazione dei tessuti, a cui si è aggiunta la comparsa di alcune sinapsi, a testimonianza di come i [singoli neuroni](https://www.wired.it/scienza/lab/2019/03/26/cervello-neuroni-eta-adulta/) fossero stati riattivati con successo. A rafforzare il risultato è l'evidenza che sono stati consumati ossigeno e glucosio, a dimostrazione che pure l'attività metabolica è stata ripristinata. Le due novità principali, come hanno spiegato i ricercatori stessi, sono l'esecuzione di tutto l'esperimento a temperatura ambiente (anziché in condizioni criogeniche) e l'utilizzo di un cervello animale di [dimensioni molto grandi](https://www.wired.it/scienza/lab/2018/08/21/evoluzione-uomo-cervello-errore-genetico/), peraltro con parecchie analogie con quello umano.

Il recupero dell'attività anche a distanza di ore dal blocco circolatorio, nonché il perdurare dell'attività per oltre un giorno, hanno sorpreso gli scienziati. Finora si credeva, infatti, che questa riattivazione – seppur molto parziale – fosse impossibile da ottenere.

A cosa serve questo risultato, nella pratica

Le applicazioni della scoperta sono molteplici, ma non includono il riportare in vita un animale morto. Un primo esempio di sviluppo è la possibilità di approfondire la [conoscenza del cervello](https://www.wired.it/scienza/medicina/2015/07/29/5-domande-risposta-cervello/) approfittando di un tempo più lungo per lo studio *post mortem*. A questo si aggiunge la possibilità di sperimentare su un cervello espiantato (*ex vivo*) nuovi trattamenti e farmaci, garantendo un banco di prova molto più realistico di quanto sia stato possibile finora. Infine, potrebbero essere messi a punto dei sistemi per contenere o attenuare i danni cerebrali dovuti a traumi, malattie o interventi chirurgici.

Va da sé che, come si ripete di continuo per molti campi della ricerca, non si tratta di applicazioni che vedremo da *domattina*, ma che da qui in avanti entreranno progressivamente nello standard dei centri di ricerca. Tra i campi di approfondimento più interessanti ci sono in particolare il morbo di [Alzheimer](https://www.wired.it/scienza/medicina/2019/03/12/alzheimer-esame-occhio/), il Parkinson, gli ictus e i tumori cerebrali. L'idea è proprio quella di trasformare questi cervelli a disposizione dei ricercatori in [laboratori (semi)viventi](https://www.wired.it/scienza/lab/2019/03/21/mini-cervello-movimento/) composti da cellule vive e flussi sanguigni analoghi a quelli di un cervello perfettamente funzionante.

Tra i prossimi obiettivi dello studio c'è anzitutto il prolungamento del tempo di mantenimento del cervello, a cui si associa la necessità di sostituire il sangue artificiale impiegato finora con un fluido più simile al vero sangue animale. Infine, la speranza di chi ha condotto lo studio è che con l'ottimizzazione del processo si possa ottenere una riattivazione ancora più ampia, che includa altre funzioni cerebrali.

Perché non si può dire che i maiali siano stati rianimatiQualunque riferimento all'idea che i maiali siano stati riportati in vita, rianimati o resuscitati vorrebbe dire travisare il senso della ricerca. L'attività elettrica registrata, infatti, riguarda i singoli neuroni, che sono stati capaci di creare sinapsi e dunque inviare e ricevere segnali elettrici. Ciò che non è stata osservata, invece, è la riattivazione dell'attività elettrica globale. Con un paragone un po' azzardato, si potrebbe dire che i singoli strumenti musicali dell'orchestra hanno ripreso a produrre note, ma non hanno coordinato i loro suoni in qualcosa di armonico e orecchiabile.

Detto altrimenti, [l'elettroencefalogramma](https://www.wired.it/scienza/medicina/2014/04/16/scosse-elettriche-al-cervello-per-accelerare-lapprendimento/) dei cervelli è sempre stato piatto. Non è possibile, dunque, che negli esperimenti finora condotti si sia attivato qualcosa che abbia a che fare con la percezione sensoriale, con la coscienza, con la memoria, con il dolore o con qualunque altra funzione di ordine superiore. Anche perché, siccome l'obiettivo dei ricercatori non era certo quello di resuscitare un cadavere, la corteccia cerebrale (sede delle funzioni mentali e cognitive complesse) è stata rimossa prima di iniziare la riattivazione del cervello. Quello che si è ottenuto è quindi di mantenere in vita singole cellule e tessuti, ma non l'organo nel suo complesso né tantomeno qualcosa che possa essere considerato un essere vivente.

Le piccole esagerazioni giornalistiche

Come era facile prevedere, in alcuni casi l'entusiasmo per il risultato della ricerca ha portato a un ingigantimento delle conclusioni, arrivando a qualche modesta stonatura. L'interesse per l'argomento da parte di molte testate è dovuto alla presenza nel team all'università di Yale di una ricercatrice italiana, Francesca Talpo dell'università di Pavia.

A generare per primo una certa ambiguità è stato il titolo dell'[articolo divulgativo](https://www.nature.com/articles/d41586-019-01216-4) di spiegazione pubblicato dalla stessa *Nature* insieme al *paper*. La scelta di parlare fin dal titolo di *"cervelli vivi"*, infatti, seppur comprensibile ha dato adito a qualche fraintendimento.

*"I maiali erano morti"* è l'incipit del [titolo](https://www.ilsole24ore.com/art/tecnologie/2019-04-17/i-maiali-erano-morti-ma-quattro-ore-dopo-scienziati-hanno-ripristinato-funzioni-cellulari-loro-cervello-165924.shtml?uuid=ABfRZ1pB) de *Il Sole 24 Ore*, come se in un qualche momento successivo avessero smesso di esserlo. *"Era morto da circa 4 ore, quando gli scienziati dell'università di Yale sono riusciti a riattivargli alcune funzioni del \*\*cervello"*, [scrive](http://www.ilgiornale.it/news/salute/riattivate-morte-alcune-funzioni-cervello-maiale-1681290.html) invece *Il Giornale*, confondendo le funzioni delle cellule che si trovano nel cervello con le funzioni del cervello inteso come organo. In generale, in moltissimi casi si è parlato di *"riattivazione del cervello"*, quando invece la riattivazione riguarda le singole cellule e non il cervello nel suo complesso. Un cervello *"attivo"* è un cervello che pensa ed è cosciente, a differenza di quelli dell'esperimento.

**Storia ed etica**

Naturalmente la notizia, che sull'ultimo numero di Nature ha meritato la copertina, porta con sé un gran numero di implicazioni **legali** e **morali**. Dal confine tra **vita e morte**, al perimetro etico entro cui contenere la [**sperimentazione animale**](https://www.wired.it/attualita/2016/07/08/sperimentazione-animale/), fino al limite in cui si potrà arrivare nel condurre esperimenti su **cervelli umani**, le questioni sono numerose e complesse. Non si tratta però di novità per la comunità scientifica, che da tempo si interroga su queste questioni. La notizia del fatto che questi studi in particolare fossero in corso, inoltre, [era circolata](https://www.technologyreview.com/s/611007/researchers-are-keeping-pig-brains-alive-outside-the-body/) già ad aprile dell'anno scorso, quando lo stesso Sestan aveva raccontato pubblicamente la **tecnica sperimentale** in occasione di un convegno specialistico.

Chiariamo, però, che per il momento siamo ancora lontani dalle applicazioni sugli esseri umani, quindi per ora le questioni etiche riguardano esclusivamente gli **animali**. Se nemmeno per i maiali è pensabile di riportare un esemplare in vita dopo la morte, nel caso delle persone a oggi non è nemmeno possibile replicare un esperimento come quello raccontato su Nature. Una delle chiavi del successo, infatti, è stato che il cervello dei maiali fosse in **ottimo stato** prima del decesso, e che luogo e ora della morte fossero stati **stabiliti a tavolino** in base ai tempi del macello, in modo da ottimizzare tutte le operazioni tecniche e logistiche. Va da sé che non è pensabile di replicare questa organizzazione nel caso di esseri umani. E nessuno scienziato serio sta pensando alla possibilità di eseguire un [**trapianto di cervello**](https://www.wired.it/scienza/lab/2017/11/17/trapianto-testa-cadavere-canavero/).

Ragionando a lungo termine, però, tutte le questioni citate meritano estrema attenzione, tanto da un punto di vista morale quanto normativo. Che succederebbe, ad esempio, se l'attività cerebrale del cervello ex vivo fosse riattivata anche a livello globale, ossia se l'elettroencefalogramma **non fosse più piatto**? Possiamo accettare, per scopi di ricerca, la riattivazione di **funzioni superiori** in cervelli appartenenti a corpi morti? Simili sperimentazioni potranno essere condotte su esseri umani? Il dibattito è quantomai aperto.

# https://www.agi.it/scienza/news/2022-08-03/esperimento-resuscitati-organi-maiali-17650509/

# Un fluido 'resuscita' gli organi dei maiali un'ora dopo la morte

*Il prodotto consente di riattivare le funzionalità cellulari e apre nuove prospettive per donazione organi e interventi chirurgici*

03 agosto 2022

AGI -  Le funzioni cellulari di alcuni maiali sono state ripristinate a distanza di un’ora dal decesso dell’animale, inteso come l’arresto dell’attività cardiaca.

Questo interessante e incoraggiante risultato emerge da uno studio, pubblicato sulla rivista Nature, condotto dagli scienziati della Yale School of Medicine, che hanno utilizzato un modello animale per valutare la possibilità di ripristinare la funzionalità delle cellule dopo la morte.

Entro pochi minuti dall’arresto del battito cardiaco, spiegano gli autori, si verifica una serie di eventi biochimici che dipendono dall’assenza del flusso sanguigno, di ossigeno e sostanze nutritive indispensabili per la salute delle cellule.

L’insufficienza cellulare potrebbe però essere ritardata o invertita tramite una nuova tecnologia che fornisce un fluido cellulare protettivo, progettato per organi e tessuti, in grado di ripristinare la circolazione sanguigna e altre funzioni cellulari a distanza di un’ora dal decesso dell’organismo

Il team, guidato da David Andrijevic e Nenad Sestan, ha testato l’approccio innovativo, chiamato OrganEx, in un gruppo di maiali. La tecnologia consiste in un dispositivo di perfusione simile alle macchine utilizzate negli interventi cardiaci e un fluido sperimentale ricco di composti in grado di promuovere la sopravvivenza delle cellule.

I ricercatori hanno indotto l’arresto cardiaco in un gruppo di suini anestetizzati, trattati con OrganEx un’ora dopo la morte. Sei ore dopo la terapia, gli scienziati hanno scoperto che alcune funzioni cellulari chiave erano attive in molte aree del corpo dei suini, inclusi cuore, fegato e reni, e che alcune funzioni degli organi erano state ripristinate. Ad esempio, riportano gli studiosi, il cuore aveva mantenuto la capacità di contrarsi e mostrava segni di attività elettrica. Questi risultati, commentano gli esperti, potrebbero contribuire a prolungare la salute degli organi umani durante gli interventi chirurgici e in caso di donazione di organi e tessuti.

“La capacità di ripristinare funzioni cellulare – sostiene Sestan – sarebbe davvero importante per la nuova frontiera della medicina. Saranno necessari ulteriori studi per comprendere le funzioni motorie ripristinate negli animali. Questa tecnologia potrebbe essere davvero rivoluzionaria”

# https://cordis.europa.eu/article/id/441993-trending-science-new-technology-restores-dead-pig-cells-and-organs-are-we-next/it

# TENDENZE SCIENTIFICHE: Una nuova tecnologia ripristina cellule e organi di suini morti: i prossimi saremo noi?

*Alcuni scienziati hanno resuscitato le funzioni di cellule e organi di suini un’ora dopo la loro morte.*

Una scoperta scientifica sui maiali può farci rimettere in discussione ciò che sappiamo sulla morte? A quanto pare, le cellule non muoiono così rapidamente come la comunità scientifica pensava. Una ricerca pubblicata sulla rivista [«Nature»](https://www.nature.com/articles/s41586-022-05016-1) rivela che la morte delle cellule non è immediata, ma piuttosto un processo biologico intricato che potrebbe essere potenzialmente fermato.

## Non si tratta di riportare magicamente in vita gli animali

Gli scienziati dell’Università di Yale, negli Stati Uniti, hanno ripristinato le cellule e gli organi di maiali che erano morti da un’ora, utilizzando un trattamento con sangue sintetico. L’arresto cardiaco è stato indotto in circa 100 maiali sotto anestesia. Le loro cellule sono state trattate con una nuova tecnologia sviluppata dagli scienziati, chiamata OrganEx. Questo rivoluzionario sistema consente all’ossigeno di ricircolare nell’organismo di un maiale morto, preservando le cellule e diversi organi dopo un arresto cardiaco.

Alcune funzioni cellulari essenziali erano attive in molte aree del corpo dei suini circa 6 ore dopo il trattamento con OrganEx, ad esempio, nel cuore, nel fegato e nei reni. Anche alcune funzioni presenti negli organi erano state ripristinate.

«Siamo in grado di ripristinare alcune funzioni di cellule, in più organi vitali, che avrebbero dovuto essere morte», ha dichiarato l’autore senior Nenad Sestan, professore di neuroscienze Harvey e Kate Cushing, nonché professore di medicina comparata, genetica e psichiatria presso la Yale School of Medicine, alla [«BBC»](https://www.bbc.com/news/health-62406350?at_medium=RSS&at_campaign=KARANGA). «Queste cellule funzionano ore dopo il previsto termine del loro funzionamento.»

Il coautore, il dott. Zvonimir Vrselja del Dipartimento di Neuroscienze presso il medesimo istituto, ha spiegato: «Le cose non sono così morte come si supponeva in precedenza: abbiamo dimostrato che possiamo effettivamente avviare la riparazione cellulare a livello molecolare. Possiamo convincere le cellule a non morire.»

La domanda è inevitabile. È possibile applicare questa ricerca e tecnologia per riportare in vita un essere umano? «Per poterlo fare, sarebbero necessarie molte altre sperimentazioni», ha spiegato alla [«Reuters»](https://www.reuters.com/lifestyle/science/organ-decay-halted-cell-function-restored-pigs-after-death-study-2022-08-03/) il dottor Stephen Latham, direttore del Centro Interdisciplinare di Bioetica di Yale. «E bisognerebbe riflettere in quale stato verrebbe ripristinato un essere umano.»

La tecnologia OrganEx ha diverse potenziali applicazioni. Potrebbe prolungare la salute degli organi umani durante gli interventi chirurgici e ampliare la disponibilità di organi di donatori. Ci sono milioni di persone in tutto il mondo in attesa di un trapianto.

Ad ogni modo, i ricercatori sono stati chiari: non hanno riportato in vita i maiali. Inoltre, sono necessarie molte altre ricerche per chiarire se gli organi siano poi utilizzabili per i trapianti. «Non possiamo dire che questo studio abbia dimostrato che uno degli organi di questo maiale sia pronto per il trapianto in un altro animale, non sappiamo se siano tutti funzionanti, quello che stiamo osservando è a livello cellulare e metabolico», ha spiegato il dottor Latham alla [«CNN»](https://edition.cnn.com/2022/08/03/health/dead-pigs-restore-cellular-function-scn/index.html). «E non siamo ancora in grado di felicitarci per aver restituito la vita non solo a questo maiale, ma a tutti i singoli organi!» Non possiamo ancora dirlo. È ancora troppo presto.»

«Ci sono numerose potenziali applicazioni di questa nuova ed entusiasmante tecnologia», ha concluso il dottor Latham in un [comunicato stampa](https://news.yale.edu/2022/08/03/yale-developed-technology-restores-cell-organ-function-pigs-after-death) di Yale. Tuttavia, dobbiamo continuare a monitorare tutti gli studi futuri, in particolare quelli che includono la perfusione del cervello.»