

25. Agosto

Una sorprendente transizione energetica biologica: la conversione rapida dell'elettricità in ATP

*E le rose dell'elettricità s'aprono ancora
Nel giardino della mia memoria.*

Guillaume Apollinaire

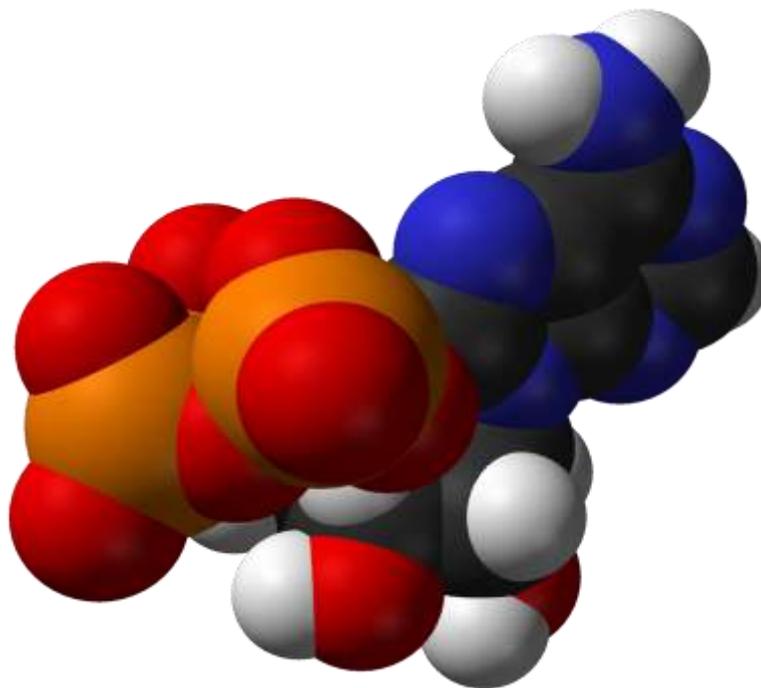
In attesa di una "messianica soluzione tecnologica" le centrali elettriche, intanto, bruciano incessantemente combustibili fossili per convertire l'energia solare immagazzinata dalle piante milioni di anni fa in elettricità

Nikola Tesla diceva che se e vuoi trovare i segreti dell'universo, pensa in termini di energia, frequenza e vibrazioni.

In alcuni laboratori (pochi) stanno cercando di fare un percorso inverso: convertire *l'elettricità*



in una forma di energia biologicamente utile quale l' **adenosina trifosfato ATP**, la valuta energetica universale della vita



il combustibile chimico utilizzato da tutte le cellule viventi animali e vegetali come i **cloroplasti** che utilizzano la luce solare per generare **ATP** come parte del processo di fotosintesi.

Questo nuovo approccio sfrutta i processi biologici per svolgere funzioni di cui la natura non ha mai avuto bisogno, ma che potrebbero apportare incredibili benefici alla società.

Quando viene utilizzata *una molecola di ATP*, viene privata di uno dei suoi gruppi fosfato, creando *adenosina difosfato o ADP* che viene quindi riciclato e alimentato con più energia catturata per rigenerare *l'ATP*. Gli animali erbivori bruciano glucosio per alimentare questo stesso ciclo, che si verifica circa *10 milioni di volte al secondo* in ogni cellula.

L'ATP quindi alimenta una miriade di reazioni essenziali per il metabolismo.

Attualmente la biotecnologia industriale sfruttano questo ciclo utilizzando microbi appositamente allevati o modificati per produrre qualsiasi cosa, dai *biocarburanti* ai *prodotti farmaceutici*. Un processo inizia tipicamente con la coltivazione di piante per produrre zucchero o altri alimenti che possono essere utilizzati per alimentare lieviti, *Escherichia coli* o altri microbi industriali. I microbi utilizzano il cibo per generare **ATP** che alimenta le reazioni biochimiche desiderate. Ma le piante in genere convertono **solo l'1%** dell'energia solare in zuccheri o altri composti, quindi tali processi sono intrinsecamente inefficienti.

Al contrario, le "celle solari" solitamente convertono il **20%** o più dell'energia solare in elettricità.

Data questa evidente disparità il team del **Dipartimento di Biochimica e Metabolismo Sintetico del Max Plank (Marburg)** diretto da **Tobias Erb**, *biologo sintetico* hanno realizzato un modo per **convertire l'elettricità in ATP** in modo più diretto.

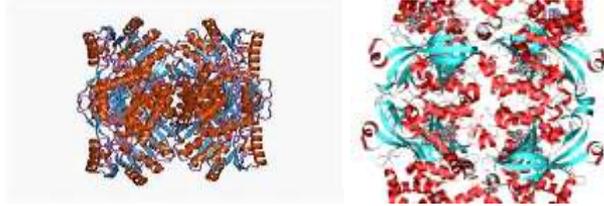


L'elettricità genera adenosina trifosfato in questo piccolo recipiente di reazione.

L'elettricità rinnovabile, in quanto vettore energetico pulito, può così essere anche una fonte di energia per i sistemi biologici. Utilizzando la biologia sintetica, è stato realizzato un "**modulo elettrobiologico**" minimo, il **ciclo AAA**, che consente la **rigenerazione diretta dell'ATP dall'elettricità**.

Altri ci avevano già provato. Nel 2016, i ricercatori spagnoli lo hanno fatto orientando con precisione le copie di un enzima generatore di **ATP, ATP sintasi**, in una membrana adiacente a un elettrodo. L'approccio ha funzionato in laboratorio ma sembrava troppo complesso e macchinoso. Il **team di Erb** ha deciso di ideare un approccio più semplice, creando il "**ciclo AAA**" in cui **quattro enzimi in soluzione sfruttano l'elettricità e la usano per convertire l'ADP, aggiunto come reagente, in ATP**.

La chiave del processo, è un enzima contenente tungsteno chiamato *aldeide ferredossina ossidoreduttasi (AOR)* isolato da un batterio solo 9 anni fa.



AOR non può convertire direttamente ADP in ATP. Piuttosto agisce un po' come un motore per alimentare il processo.

AOR è un convertitore di energia che “afferra” coppie di elettroni da un elettrodo e li usa per aggiungere un legame chimico ricco di energia a un composto di partenza, il *propionato*, convertendolo in *propionaldeide*.

Altri enzimi successivamente modificano ulteriormente questa sostanza chimica, finché un enzima finale non ricompona il composto iniziale, riavviando il ciclo e liberando l'energia nel legame. Complessivamente questo processo pertanto rilascia energia che viene utilizzata per generare **ATP**

Il team, sotto la guida di **Shanshan Luo**, una talentuosa ricercatrice post dottorato



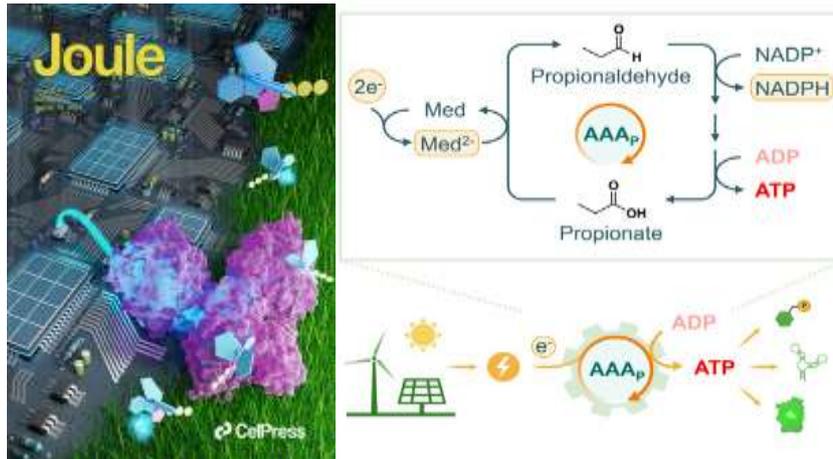
ha poi utilizzato questo **ATP** per guidare la conversione del *DNA in RNA e proteine* in una configurazione priva di **cellule**

Dimostrando che **l'ATP** e altre molecole di accumulo di energia biologica possano essere prodotte continuamente a **-0,6 V** i risultati confermano che anche processi biologici più complessi, come *l'RNA e la sintesi proteica dal DNA*, possono essere alimentati **dall'elettricità**.

I risultati sono descritti nel report

ATP production from electricity with a new-to-nature electrobiological module

Pubblicato la scorsa settimana su Joule



In sintesi (dettaglio)

L'elettricità è fondamentale per il mondo tecnico e svolge un ruolo sempre più importante come futuro vettore energetico. E' stato progettato un modulo elettrobiologico nuovo in natura, il **ciclo ATP acido/aldeide (ciclo AAA)**, per la conversione diretta dell'energia elettrica in ATP. Il **ciclo AAA** contiene un set minimo di enzimi e non richiede la separazione della carica basata su membrana. Realizzando una versione basata su propionato del ciclo AAA, è stata dimostrata la rigenerazione continua, guidata dall'elettricità, dell'ATP e di altre molecole di accumulo di energia da $-0,6\text{ V}$ rispetto a SHE a $2,7\ \mu\text{mol cm}^{-2}\text{ h}^{-1}$ ed efficienze faradaiche fino al 47%. In particolare, il ciclo AAA è compatibile con sistemi complessi privi di cellule, come *in vitro* trascrizione/traduzione, alimentando l'elaborazione delle informazioni biologiche direttamente dall'elettricità. Questo nuovo collegamento tra il mondo tecnico e quello biologico apre diverse possibilità per future applicazioni nella biologia sintetica, nell'elettrobiotecnologia e nella bioelettrocatalisi.

Drew Endy, carismatico *biologo sintetico di Stanford*



ritiene che il semplice **ciclo AAA** è un approccio intelligente ed elegante, paradossalmente molto più semplice del modo in cui la biologia produce naturalmente l'ATP e potrebbe essere una tecnologia abilitante per il campo emergente dell'**elettrobiosintesi**, che si concentra sull'uso dell'elettricità per alimentare la crescita di qualsiasi cosa, dal cibo ai prodotti farmaceutici,

Il **ciclo AAA** deve tuttavia essere migliorato. In soluzione, l'**AOR** sopravvive solo per circa 1 ora. Attualmente Erb ed il suo team insieme ai ricercatori del Max Plank



Stanno cercando di sviluppare enzimi più stabili e di proteggerli all'interno di un gel che possono attaccare a un elettrodo. Se uno dei due avesse successo, i bioingegneri potrebbero presto trovare un nuovo modo per alimentare i processi di produzione. Questo nuovo collegamento tra il mondo tecnico e quello biologico apre diverse possibilità per future applicazioni nella biologia sintetica, *nell'elettrobiotecnologia e nella bioelettrocatalisi*.

Divagazioni sul tema dell'elettricità non correlate a questo lavoro.

È un fatto – o l'ho sognato – che, per mezzo dell'elettricità, il mondo della materia è diventato un grande nervo, vibrante migliaia di miglia in un impetuoso punto del tempo?

Nathaniel Hawthorne

Finita questa mostra, di luce elettrica non sentiremo più parlare.

Erasmus Wilson, docente ad Oxford, 1889 all'Esposizione di Parigi

La luce elettrica non rimpiazzerà mai le lampadine a gas.

Industriale tedesco, 1878

Voglio rendere l'elettricità così economica che solo i ricchi si potranno permettere il lusso di utilizzare le candele.

Thomas A. Edison

Tra 15 anni si userà l'elettricità più per le auto che per la luce.

Thomas A. Edison

L'elettricità è un fulmine organizzato.

George Carlin

Cosa provi quando danzi?

Elettricità. Sì, sono elettricità.

(Dal film Billy Elliot)

Vorrei avere la stessa calma di un cancello elettrico.

La "rinuncia" è una condizione medica che può uccidere
Rinunciare alla vita può portare alla morte vera e propria in meno di un mese



C'è una area oscura della psicologia che esplora **la presa** della morte su una persona che si sente totalmente sconfitta dalla vita.

Ma man mano che gli scienziati imparano di più sul fenomeno, scoprono che ha un impatto sulle persone in cinque fasi distinte implacabilmente progressive senza un intervento mirato

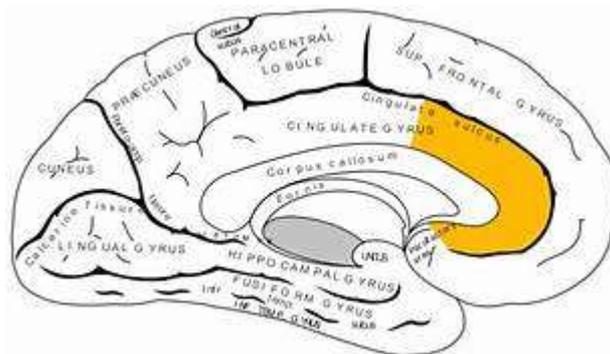
Il nome clinico per questa condizione è morte psicogena. E se non trattate, mostra il report

Give-up-itis' is a medical condition that can kill

pubblicato questo mese sulla rivista Medical Hypothesis, le cinque fasi possono fare il loro corso in sole tre settimane.

"La morte psicogena è reale", afferma l'autore dell'Università di Portsmouth John Leach non è un suicidio, non è legato alla depressione, ma l'atto di rinunciare alla vita e morire di solito entro pochi giorni, è una condizione molto reale spesso legata a gravi traumi".

La condizione può avere tutto a che fare con il funzionamento interno del cervello, in particolare i cambiamenti che si verificano all'interno del circuito del **cingolo anteriore** di una persona, che è l'area che controlla la motivazione.



Quando una persona fatica a provare motivazione, affrontare la vita diventa più difficile e può insorgere **l'apatia**. Se una persona subisce un grave trauma, è del tutto possibile che l'evento possa innescare un malfunzionamento in quel circuito.

Una volta che si verifica il malfunzionamento, spiega Leach, cinque fasi distinte precedono tipicamente la morte:

Ritiro sociale. Quando qualcuno subisce un grave trauma, uno dei primi segni è che mostra una mancanza di emozioni e una svogliatezza che indica un'indifferenza verso la vita. Questo è in realtà un *meccanismo di coping*, un tentativo di ritirarsi dal coinvolgimento emotivo verso l'esterno come mezzo per riallineare la stabilità emotiva. Ma se lasciato deselezionato, può trasformarsi in un ritiro completo. *Questo è stato descritto visto nei prigionieri di guerra, che hanno descritto questo stato come sentirsi vegetativo e passivo.*

Apatia. In un certo senso, l'apatia è la morte simbolica.

È un profondo senso di malinconia che può indicare che una persona non lotta più per l'autoconservazione. Per le persone in questa fase, afferma Leach, i compiti più piccoli possono sembrare gli sforzi più potenti. **(1)**

Abulia. Questa è la fase in cui l'attività fisica inizia a diminuire. Una persona potrebbe smettere di pulirsi o persino di parlare con gli altri. Si ritirano ancora più profondamente in se stessi. Le persone che si sono riprese da questa fase hanno descritto di sentirsi come se la loro mente fosse fatta di poltiglia. In sostanza, **il cervello passa in modalità standby** e una persona perde qualsiasi motivazione. **(2)**

Acinesia psichica. Anche il dolore estremo è difficile da sentire in questa fase, che è caratterizzata da un'ulteriore perdita di motivazione. In alcuni casi, una persona non sussulta se viene minacciata fisicamente. *Come descrive Leach, una donna in questa fase è andata in spiaggia e se n'è andata con ustioni di secondo grado. Era così apatica verso il dolore che non si preoccupò di allontanarsi dal caldo.*

Morte psicogena. Questa fase finale è segnata dalla disintegrazione di una persona, è quando qualcuno si arrende. Potrebbero giacere nei loro stessi escrementi e niente, nessun avvertimento, nessun pestaggio, nessuna supplica può fargli desiderare di vivere.

In alcuni casi il tempo tra la quarta e la quinta fase può essere di appena tre o quattro giorni.

Naturalmente, quando qualcuno sta vivendo queste fasi, è possibile gestirle. medicalmente
La morte non è inevitabile.

Gli interventi comuni includono l'attività fisica o l'introduzione di una persona in una situazione che riconosce come qualcosa che può veramente controllare. Quell'esperienza potrebbe rilasciare Dopamina (e tanto altro ancora...) di fondamentale importanza nel cervello, che li riporta a uno stato di vita che hanno sperimentato in precedenza.

(1)

Degli scienziati hanno annunciato oggi di aver scoperto una cura per l'apatia. Tuttavia, dichiarano che nessuno ha mostrato il minimo interesse per la scoperta. (George Carlin)

(2)

La nostra vita comincia a finire il giorno che diventiamo silenziosi sulle cose che contano.
(Martin Luther King)

Chi è John Leach



Entrato a far parte del dipartimento di Psicologia della **Portsmouth University** come Visiting Senior Research Fellow in psicologia della sopravvivenza con una esperienza pluriennale nel SERE re SERE (sopravvivenza, evasione, resistenza ed estrazione).

Docente e direttore degli studi di psicologia cognitiva presso *l'Università di Lancaster* e membro del *Centro per lo studio della cognizione umana, Università di Oslo*.

E' stato ed è tutt'ora un istruttore militare qualificato di sopravvivenza nel deserto, nella giungla, nell'Artico, nel polo, nel clima temperato, nel mare, nella condotta dopo la cattura e nella sopravvivenza degli ostaggi. Un militare qualificato e un subacqueo in saturazione, a gas misto e membro della *Royal Geographical Society*. E' ritenuto il maggior esperto nel settore della Psicologia della sopravvivenza umana.



L'importanza di chiamarsi Ernesto