

Padova, 17 settembre 2018

RICERCA: SVELATO UN NUOVO METODO PER CREARE MATERIALI E IMMAGAZZINARE ENERGIA

Un meccanismo chimico ispirato agli enzimi può essere usato per assemblare molecole sintetiche. Permetterà di imitare le strutture fibrose cellulari per produrre materiali con proprietà finora inarrivabili. Leonard Prins e Giulio Ragazzon, due ricercatori dell'Università di Padova, hanno individuato il meccanismo chimico che trasferisce l'energia dei nutrienti alle fibre, quantificandone l'energia immagazzinata. La scoperta viene pubblicata oggi sulla rivista "Nature Nanotechnology", apre le porte allo sviluppo di materiali sintetici ad alta energia e propone una nuova forza evolutiva.

La scoperta

Le cellule degli esseri viventi hanno al loro interno una rete di filamenti, che è fondamentale perché ne controlla la struttura, il movimento e la resistenza meccanica. Questa intelaiatura è formata da enzimi che si assemblano in filamenti. Ciò che rende speciali i filamenti è che per formarsi hanno bisogno di un continuo apporto di nutrienti. L'energia così fornita viene incamerata nei filamenti, che altrimenti spontaneamente non si formerebbero, grazie ad un meccanismo chimico. Il modo con cui i filamenti si assemblano è stato ampiamente studiato dai biochimici – in maniera molto concreta – e dai fisici – in modo teorico. L'anello mancante era l'aspetto chimico. Il grande vantaggio di un chimico è saper sintetizzare le molecole, quindi capire dal loro punto di vista questo meccanismo significa poter creare dei materiali sintetici ispirati all'intelaiatura delle cellule. Qualcosa che fino ad oggi era inimmaginabile. L'assoluta novità di questo lavoro è dimostrazione che questi materiali si formano perché sono in grado di accumulare energia dai nutrienti. Inoltre i ricercatori hanno sviluppato un metodo che permette la quantificazione dell'energia accumulata. Questo consente di progettare razionalmente dei sistemi che convertono energia in maniera innovativa e la accumulano in strutture altrimenti impossibili da assemblare.

Ottenere strutture altrimenti impossibili

La necessità di assimilare energia dai nutrienti è una caratteristica che accomuna tutte le forme di vita. I materiali proposti dai ricercatori sarebbero i primi a implementare questa capacità in sistemi artificiali. Ciò permette di sviluppare materiali dinamici con proprietà completamente nuove. Per esempio, tornando ai filamenti naturali, essi possono disgregarsi se diminuiscono i nutrienti e andare a formarsi nuovamente in una zona più favorevole. Le cellule sfruttano questa dinamicità per deformarsi, muoversi e allo stesso tempo organizzare e proteggere i loro componenti interni, come il nucleo. In sostanza le cellule riescono ad immagazzinare parte dell'energia che viene dai

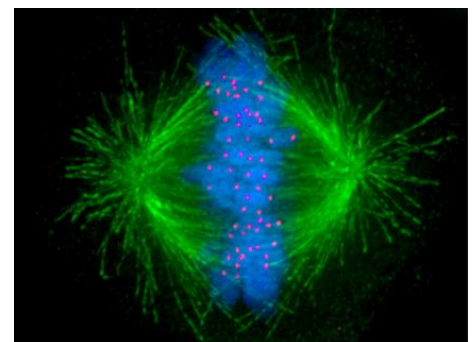


Immagine al microscopio dei filamenti cellulari (in verde) durante la divisione cellulare. Ora è stato capito il meccanismo chimico con cui si formano.

nutrienti, assemblando alcuni enzimi in filamenti ad alta energia, così da formare un'intelaiatura dinamica con proprietà finora inarrivabili per qualunque materiale statico.

Nuova luce sull'evoluzione

In un'ottica più ampia, i ricercatori hanno mostrato che la capacità di un insieme di molecole di immagazzinare energia può essere una forza evolutiva. I sistemi capaci di immagazzinare più energia sono quelli che riescono a perdurare anche quando tenderebbero spontaneamente a decomporsi. Quindi non sarebbe il sistema più stabile a sopravvivere, ma quello che riesce ad immagazzinare più energia. E' una sorta di evoluzione darwiniana, in cui sopravvive l'insieme di molecole che sfrutta meglio le risorse energetiche a disposizione.

“Immaginate un insieme di tante piccole molecole” – racconta il Prof. Prins – “in presenza di un nutriente queste molecole evolverebbero nella struttura migliore ad assimilare l'energia del nutriente, e non nella forma più stabile. Questo è un comportamento completamente opposto rispetto ai sistemi molecolari studiati finora, che in larghissima maggioranza sono assemblate nella forma più stabile. Con la strategia proposta da noi è invece possibile ottenere e mantenere strutture ad alta energia, con proprietà meccaniche completamente diverse. Abbiamo già iniziato a lavorare per sviluppare materiali con queste caratteristiche”

Materiali dinamici e conversione dell'energia

Questa scoperta si colloca nell'ambito della nanotecnologia. Infatti, lo studio è stato pubblicato sulla più importante rivista al mondo del settore. In questo ambito i chimici lavorano alla stregua degli ingegneri, usando però le molecole come elementi costitutivi per la costruzione di strutture con dimensioni nanometriche (grandi un milionesimo di metro). Facendo cambiamenti a livello molecolare si possono modificare radicalmente le proprietà del prodotto finale. Ora ci possiamo aspettare un'accelerazione nello sviluppo di nuovi materiali dinamici, capaci di adattarsi al cambiare delle condizioni in cui si trovano. Inoltre, il lavoro apre le porte alla creazione di nuovi sistemi capaci di convertire e immagazzinare energia chimica.

I ricercatori

A fare questa scoperta due chimici dell'Università di Padova: il Prof. Leonard Prins e il Dr. Giulio Ragazzon. I due rappresentano un caso esemplare in cui la scienza italiana è riuscita ad attrarre talenti dall'estero (Leonard è olandese), ottenere fondi europei e valorizzare i suoi giovani. Infatti, la ricerca è stata possibile grazie al prestigioso finanziamento europeo per la ricerca – ERC – vinto dal Prof. Prins. Grazie a questi fondi è stato assunto Giulio, che nel 2016 ha ricevuto il più prestigioso premio per giovani chimici europei, lo European Young Chemist Award. Solo quattro italiani hanno ricevuto questo riconoscimento da quando esiste (10 anni). Recentemente entrambi avevano già attirato l'attenzione dell'opinione pubblica, per lo sviluppo di una pompa molecolare (*Nature Nanotechnology* 2015) e di una nanoreattore transiente (*Nature Chemistry* 2016).

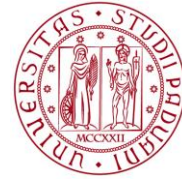


Il Prof. Leonard Prins (sinistra) e Giulio Ragazzon (destra), autori della scoperta.

Riferimenti studio

G. Ragazzon, L. J. Prins: “Energy consumption in chemical-fuel driven self-assembly” *Nature Nanotechnology*. Link al lavoro: <http://dx.doi.org/10.1038/s41565-018-0250-8>

AMMINISTRAZIONE CENTRALE
AREA COMUNICAZIONE E MARKETING
SETTORE **UFFICIO STAMPA**
Via VIII febbraio, 2 – 35122 Padova
stampa@unipd.it
<http://www.unipd.it/comunicati>
tel. 049-8273066/3041



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Press kit

Immagini e video aggiuntivi sono disponibili al sito

<https://sites.google.com/view/drivenselfassembly/>

Per approfondimenti:

Prof. Leonard J. Prins (coordinatore del progetto) tel.: 0498275251, e-mail: leonard.prins@unipd.it

Padova, 17 settembre 2018

RESEARCH: DISCLOSED A NEW STRATEGY FOR MAKING MATERIALS AND STORING ENERGY

A chemical mechanism inspired by enzymes can be used to assemble synthetic molecules. The discovery will allow the production of unprecedented materials with properties similar to cellular filaments. Leonard Prins and Giulio Ragazzon, researchers at the University of Padova (IT), disclosed the mechanism by which energy is transferred from nutrients to filaments, and showed how to quantify the stored energy. The discovery, published today in “Nature Nanotechnology”, paves the way towards high-energy synthetic materials and provides new insights in evolutionary processes.

The discovery

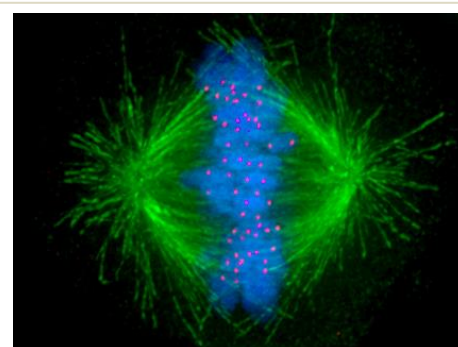
Inside the cells of living organisms, a network of filaments exists that performs fundamental functions. It controls shape, movement and imparts mechanical stiffness. The filaments are long polymeric structures assembled from a huge number of proteins. The mechanism by which these proteins assemble into filaments has been widely studied, from a practical perspective, by biochemists and, in a theoretical way, by physicists. The missing link was the chemical view on this process. Because chemists are able to synthesize molecules, understanding the mechanism from their perspective means that new synthetic materials with similar properties can be created. The absolute novelty of the present work is that it demonstrates that energy is stored in these filaments and that the amount of energy can be quantified. This insight will allow chemists to design new synthetic systems capable of converting energy and storing it in chemical structures that cannot be obtained in any other way.

Synthesis of ‘impossible’ structures

What makes cellular filaments so special is that they do not assemble spontaneously. They need a continuous supply of energy. The request for energy is common for all living organisms. The need for a continuous consumption of energy to remain functional allows such a material to be dynamic. The dynamic filament network displays properties that are incomparable to any static material. For example, in case of a nutrients shortage, filaments can disassemble and reassemble at a more favourable location. Cells take advantage of such dynamic behaviour to deform and move, while at the same time organizing and protecting the internal components of the cell like, for example, the nucleus. In doing so, cells store part of the energy received from nutrients. The researchers have now discovered the chemical mechanism that explains how energy is stored in cellular filaments.

New insights in evolution

Energy storage allows the formation of structures that in the absence of energy would be highly unstable and decompose spontaneously. In a broader perspective, the researchers have shown that systems with a higher capacity to store energy are better equipped to preserve themselves. This



Microscope image of cellular fibres (in green) during cell division. The chemical mechanism allowing their formation has now been

behaviour can be a driving force for evolution: it is not the most stable species that survives, but rather the one with the better ability to store energy. It resembles Darwinian evolution on the molecular level, in which the ensemble of molecules that survives is the one that better exploits the available energy resources.

“Imagine a collection of several small molecules.” – explains prof. Prins – “In the presence of a suitable reagent these molecules will evolve into polymers, even of low intrinsic stability, because assembled in a larger structure they are better at storing part of the energy present in the reagent. At present, the overwhelming majority of synthetic molecular structures are assembled in stable forms. This new strategy allows us to obtain and maintain high-energy structures, with entirely different mechanical properties. We are already working to apply this method.”

Dynamic materials and energy conversion

The discovery lies in the domain of nanotechnology. Indeed, the findings were published in the most important journal of this research area. In this area chemists work as engineers of new materials and complex systems using molecules as building blocks. It is now possible to envision an acceleration in the development of dynamic materials, capable of adapting in a life-like manner to changes in the environment. Moreover, this work paves the way for the design of materials capable of converting and storing chemical energy.

The researchers

The discovery was made by two chemists of the University of Padua (Italy): Prof. Leonard Prins and Dr. Giulio Ragazzon. The two represent an excellence in European science: Prins is the recipient of a prestigious ERC-grant, whereas Ragazzon received the European Young Chemist Award, which is the most prestigious European prize for young chemists, in 2016. Recently they already attracted independently media attention for the development of an artificial molecular pump (*Nature Nanotechnology* 2015) and the formation of transient nanoreactors (*Nature Chemistry* 2016).

Reference to the original article

G. Ragazzon, L. J. Prins: “Energy consumption in chemical-fuel driven self-assembly” *Nature Nanotechnology*. Link to the article: <http://dx.doi.org/10.1038/s41565-018-0250-8>

Press kit

Additional images and videos are available at <https://sites.google.com/view/drivenselfassembly/>

Contact information

Prof. Leonard J. Prins (scientific coordinator) tel.: +39 0498275251, e-mail: leonard.prins@unipd.it



Prof. Leonard Prins (left) and Giulio Ragazzon (right), authors of the discovery.