Anno 1 - Nro. 26 | Edizione 16-11-2025 ISSN 3103-375X

NETMEDIACOM

Quotidiano Digitale | Iscrizione Registro Stampa Tribunale di Roma nro. 49/2025 del 08/05/2025
Testata periodica telematica di attualità, politica, cultura, economia, finanza e tempo libero
Editore e Proprietario: NETMEDIACOM SRL - Via dell'Orso 73 - 00186 Roma (RM) - ROC 43064
REA RM-1758948 - P. IVA IT-18059711004 - ISP BT Italia SpA - Via Tucidide 56 - 20134 Milano
Aut. DGSCER/1/FP/68284 | Netmediacom è un marchio depositato di NETMEDIACOM SRL
Website: netmediacom.it | Direttore Responsabile: Alejandro Gastón Jantus Lordi de Sobremonte

## MATERIALI POROSI, LA NUOVA FRONTIERA DELL'ENERGIA

*Dal solare alle batterie, il segreto dell'efficienza potrebbe nascondersi nei minuscoli spazi vuoti della materia*

di **REDAZIONE**

Haifa – L'energia del futuro potrebbe scorrere attraverso il vuoto. Non quello cosmico, ma quello microscopico dei materiali porosi: sostanze attraversate da una rete di cavità, canali e interstizi invisibili, dove si muovono elettroni, ioni, molecole e calore. È in questi labirinti che, secondo una rassegna appena pubblicata sulla rivista Science da Eliyahu Farber, Nicola Seraphim, Kesha Tamakuwala, Andreas Stein, Maja Rücker e David Eisenberg, si gioca oggi la prossima grande partita dell'innovazione energetica.

I materiali porosi — spiega il team — sono ovunque: dai catalizzatori chimici ai filtri industriali, dagli elettrodi delle batterie ai pannelli solari. La loro struttura, fatta di materia e vuoti intrecciati, consente di trasferire e trasformare diverse forme di energia: calore, elettricità, radiazione, pressione e massa. È proprio sull'interfaccia tra queste due fasi che si compiono le reazioni più decisive, come la conversione della luce in corrente o il rilascio controllato di calore. Ottimizzare questo equilibrio può significare ottenere dispositivi più efficienti, più durevoli e meno inquinanti.

La sfida, oggi, è progettare porosità "su misura" per ogni applicazione. Nei dispositivi elettrochimici — batterie, celle a combustibile, supercondensatori — la geometria dei pori influenza la potenza, la velocità di ricarica e la stabilità. Aumentare la superficie interna di scambio migliora le prestazioni, ma solo se la forma, la dimensione e la distribuzione dei pori sono regolate con precisione. Nelle applicazioni termiche, invece, i pori servono a immagazzinare e distribuire calore: nel caso dei materiali a cambiamento di fase, ad esempio, un controllo accurato delle cavità permette di trattenere l'energia solare e rilasciarla gradualmente.

La stessa logica vale per l'energia nucleare e per i sistemi di estrazione di gas e petrolio. Nelle rocce a bassa porosità, le tecniche di fratturazione idraulica o geotermica mirano a creare nuovi canali

microscopici per liberare il fluido intrappolato. All'interno delle barrette di combustibile nucleare, i pori si formano spontaneamente per effetto dei gas, modificando la distribuzione del calore e la reattività del materiale. Comprendere e controllare questi processi è oggi una priorità ingegneristica.

In alcuni casi, i pori possono anche diventare barriere selettive: nei generatori termoelettrici, ad esempio, vengono introdotti per disperdere le vibrazioni termiche (i fononi) senza ostacolare il passaggio degli elettroni. In questo modo si riduce la perdita di calore e si migliora l'efficienza di conversione.

La prospettiva delineata da Farber e colleghi è ambiziosa: sviluppare una "architettura porosa" ottimizzata per ogni tipo di energia. Ma per riuscirci servono nuovi strumenti di analisi, modellazione e sintesi. Le future ricerche dovranno essere interdisciplinari, unendo la chimica dei materiali, la fisica della materia condensata, la geologia e l'ingegneria energetica.

Le tecniche di tomografia 3D, spettroscopia e diffrazione permetteranno di visualizzare i reticoli interni e di simulare, con l'aiuto dell'intelligenza artificiale, il flusso di energia attraverso i pori. Alcuni ricercatori guardano anche alla natura come modello: le spugne marine, i tessuti vegetali o le ossa animali mostrano già da milioni di anni un equilibrio perfetto tra solidità, permeabilità e resistenza.

Nel futuro prossimo, spiegano gli autori, il progresso dipenderà dalla capacità di riconoscere ciò che unisce campi apparentemente distanti: le tecniche usate per studiare il moto dei fluidi nel sottosuolo potrebbero, per esempio, aiutare chi progetta nuovi catalizzatori o materiali per lo stoccaggio del calore.

"Solo comprendendo come i flussi energetici attraversano la materia", conclude la ricerca, "potremo creare una nuova generazione di materiali porosi capaci di rispondere alle esigenze di un pianeta che cambia".

## RADIOFARMACI, LA NUOVA ONCOLOGIA A PARTICELLE: DALL'AC-225 ALL'ERA DEGLI "ALFA"

*Dai "thorium cows" di Oak Ridge alle corsie ospedaliere: perché i radioisotopi mirati stanno cambiando le cure contro i tumori*

di **REDAZIONE**

Oak Ridge – Un magazzino imbiancato degli anni della Guerra Fredda, edificio 7920 del Oak Ridge National Laboratory, oggi è una fattoria sui generis. Nelle sue "stalle" non ci sono animali ma "thorium cows": grandi provette con una sospensione giallastra di torio-229 da cui i tecnici, protetti da vetri piombati e muri di cemento, "mungono" impercettibili quantità di attinio-225 (Ac-225). Questo rarissimo radioisotopo è al centro della nuova ondata dei radiofarmaci: farmaci che coniugano una componente radioattiva capace di uccidere le cellule tumorali con una molecola "guida" che la porta esattamente dove serve. La domanda è tale che, di recente, proprio la scarsità di

Ac-225 ha bloccato un trial clinico promettente.

Il concetto non è nuovo: da decenni la medicina nucleare usa radioisotopi come iodio-131 per la tiroide. La rivoluzione attuale nasce però dal salto di qualità dei tre ingredienti del radiofarmaco: l'isotopo (il "proiettile"), la molecola di targeting (anticorpi, peptidi, piccoli composti) e il linker chimico che li tiene insieme. Mischiando e combinando questi elementi, i ricercatori costruiscono un arsenale capace di colpire tumori liquidi (leucemie) e solidi (prostata, colon, mammella), spesso con meno effetti collaterali rispetto alla chemio che bersaglia tutte le cellule a rapida proliferazione.

Il settore è decollato anche per merito di due farmaci di Novartis: Lutathera e Pluvicto, entrambi basati su lutezio-177 (Lu-177). Il primo, approvato in Europa nel 2017 e dalla FDA nel 2018 (e dal 2024 anche in pediatria), allunga la sopravvivenza libera da progressione di 23 mesi nei tumori neuroendocrini gastrointestinali. Il secondo, dal 2022, è una terapia cardine nel prostata metastatico e in un recente studio ha raddoppiato la PFS a 12 mesi. Nel 2024 i due farmaci hanno sfiorato 2 miliardi di dollari di vendite: il segnale che ha acceso fusioni e acquisizioni per 9 miliardi e una pioggia di investimenti.

Dall'era "beta" all'era "alfa". I radiofarmaci tradizionali emettono beta (elettroni o positroni ad alta energia) che percorrono millimetri. La nuova frontiera sono gli emettitori alfa: particelle pesanti (due protoni e due neutroni) che rilasciano l'energia in un raggio di poche cellule, tagliando il doppio filamento del DNA e rendendo più difficile la riparazione. «Gli alfa sono come camion pesanti», sintetizza Thomas Hope (UCSF). L'attinio-225 è il capofila, ma arrivano isotopi a emivita più breve — piombo-212 (7 ore) e astato-211 (10 ore) — con il vantaggio potenziale di ridurre l'esposizione ai tessuti sani e, in alcuni casi, di poter essere prodotti in loco (ospedali o laboratori vicini).

Un esempio di "nuova generazione" è RYZ101 (RayzeBio/Bristol Myers Squibb): stesso bersaglio peptidico di Lutathera (DOTATATE), ma caricato con Ac-225. I pazienti già trattati con Lutathera lo hanno tollerato bene negli studi di sicurezza; è in corso un ampio trial di efficacia e i primi risultati sono attesi il prossimo anno.

Il collo di bottiglia? La filiera dell'isotopo. Proprio l'Ac-225 è il tallone d'Achille: Oak Ridge è la maggiore fonte mondiale, ma il "latte" delle sue "mucche" al torio rende meno di un granello di sabbia l'anno, sufficiente per pochi centinaia di pazienti. Stanno entrando in campo nuovi produttori e tecnologie (vedi approfondimento), ma per ora la catena del freddo radioattivo resta complessa: l'isotopo si degrada in giorni, va legato in fretta alla molecola guida, spedito in cilindri piombati e somministrato rapidamente.

Target migliori, legami più intelligenti. Il bersaglio fa la differenza. Telix ha ottimizzato un anticorpo anti-PSMA (antigene di membrana specifico

prostatico) per legarsi alle cellule tumorali evitando globuli bianchi e reni, organi sensibili alla radiazione, e con una clearance più rapida tramite fegato e tratto GI. Philochem ha usato librerie con codici a barre di DNA (5,8 milioni di molecole) per trovare i migliori vettori verso ACP3 (fosfatasi acida prostatica), ottenendo in modelli murini una marcata riduzione tumorale con Lu-177.

Anche i linker non sono più "accessori". Peptidi ideati all'Università di Kyoto si scindono selettivamente in alcuni tubuli renali, riducendo l'esposizione del rene fino al -75% (studi animali). Fusion Pharmaceuticals ha creato un linker che viene degradato rapidamente quando il farmaco non è legato al tumore, quadruplicando la velocità di eliminazione senza penalizzare l'ingresso nelle cellule neoplastiche.

Oltre il "monoterapia": le combinazioni. I radiofarmaci si preparano a giocare in squadra. Ci sono studi che li associano a ormonoterapia (per il prostata) o a inibitori delle riparazioni del DNA (PARP e non solo), per impedire alle cellule colpite dalla radiazione di "aggiustarsi" e ripartire. Cresce anche l'uso diagnostico di traccianti mirati con isotopi "leggeri" (gallio-68, zirconio-89) per PET di precisione: vedere per curare meglio.

Il futuro prossimo? Per gli oncologi potrebbe aprirsi una selva di scelte: tanti isotopi, molti bersagli, linker diversi e combinazioni con altre terapie. «Non è scontato capire quale farmaco dare per primo a quale paziente», ammette Thomas Hope. Ma è un problema "benvenuto": significa che le opzioni aumentano.

Insomma, attraverso acceleratori flessibili, torio e perfino fusione, l'industria prova a colmare la carenza di radioisotopi. Negli USA la startup Nusano sta accendendo un linac (acceleratore lineare) vicino a Salt Lake City: 60.000 volt per ionizzare elio e deuterio, accelerarli fino a un sesto della velocità della luce e farli impattare su sottili foil metallici, generando decine di isotopi diversi. Punti di forza: flessibilità (cambiare produzione rapidamente) e logistica (consegne veloci in tutto il Paese). «Vendiamo cubetti di ghiaccio», dice il co-fondatore Howard Lewin: alcuni si sciolgono in ore, altri più lentamente; il tempo di legarli alla molecola guida, spedire, trattare.

Il campo è affollato: NorthStar Medical Radioisotopes (Beloit, Wisconsin) sta ultimando un proprio acceleratore dedicato soprattutto ad Ac-225; TerraPower Isotopes (gruppo legato a Bill Gates) estrae Ac-225 da stock storici di torio-229 e altri materiali di Oak Ridge; SHINE Technologies punta su una via radicalmente diversa: usare neutroni da micro-fusione indotta da acceleratore per trasmutare combustibile esausto in isotopi per imaging e terapia.

Secondo l'analista Jeff Jones (Oppenheimer) , tuttavia, non c'è dubbio su un punto: senza nuove sorgenti affidabili e scalabili, la medicina nucleare di precisione rischia di rimanere a corto di munizioni proprio mentre sta cambiando il modo in cui curiamo il cancro.