



MICRO E NANOPLASTICHE NELLE ARTERIE

Un gruppo di ricerca dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli" ha identificato per la prima volta micro e nanoplastiche (MNPs) nelle placche aterosclerotiche umane. Lo studio, pubblicato sul New England Journal of Medicine, evidenzia l'associazione tra queste particelle e un maggior rischio cardiovascolare, grazie a un approccio multidisciplinare che integra chimica analitica, microscopia e indagini biologiche.

Micro e nanoplastiche nel corpo umano

La presenza di plastiche nell'ambiente è un fenomeno allarmante e di dimensioni globali. Al di là dell'innovazione tecnologica che l'industria può introdurre, è indubbio che occorra andare verso una complessiva e drastica riduzione dell'utilizzo di plastiche. Di plastica si parla molto in termini di impatto ambientale, meno di impatto sulla salute. Ma i due aspetti sono strettamente connessi. Queste microparticelle di plastica, infatti, non solo sono entrate nella catena alimentare ma possono essere assorbite dal nostro organismo anche per via aerea e persino attraverso l'epidermide (Fig. 1). Le plastiche, materiali simbolo della tecnologia moderna, sono ormai diffuse in ogni ecosistema [1]. Durante i processi di degradazione fisica e chimica, i manufatti plastici si frammentano generando microplastiche (particelle inferiori a 5 millimetri) e nanoplastiche (inferiori a un micrometro), entità capaci di diffondersi nei diversi comparti ambientali e di attraversare barriere biologiche. Queste particelle possono derivare sia da prodotti di uso quotidiano - come imballaggi, tessuti sintetici o cosmetici - sia dalla frammentazione secondaria dei rifiuti plastici presenti nell'ambiente [2].

Data questa esposizione progressivamente crescente, studiosi da tutto il mondo stanno ora cercando di esplorare sia il possibile accumulo di queste MNPs nell'uomo che la loro potenziale pericolosità in termini di salute. Un numero crescente di studi sta indagando sia gli effetti delle MNPs in modelli preclinici - da colture cellulari a modelli animali - sia la loro presenza in campioni umani.

Un recente studio pubblicato sul *New England Journal of Medicine* [3], una delle più prestigiose riviste scientifiche al mondo, ha dimostrato per la prima volta che micro e nanoplastiche possono accumularsi nelle arterie, all'interno delle placche aterosclerotiche, e che la loro presenza si associa a un rischio cardiovascolare più elevato. Questa evidenza è la prima in assoluto a collegare in modo

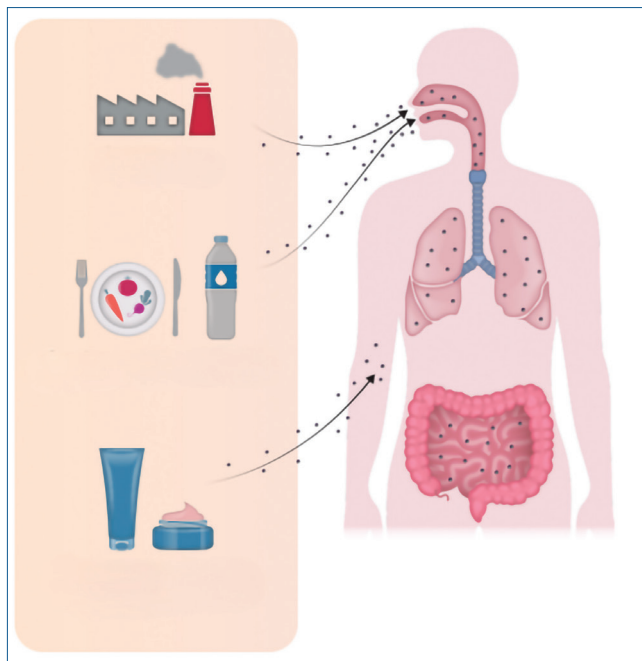


Fig. 1 - Vie principali di esposizione umana alle micro e nanoplastiche (MNPs). Le particelle derivano da fonti ambientali come inquinamento atmosferico, alimenti e acqua contaminati, e prodotti di uso quotidiano come cosmetici. Una volta inalate o ingerite, possono raggiungere diversi organi e tessuti, attraversando le barriere biologiche dell'apparato respiratorio e gastrointestinale

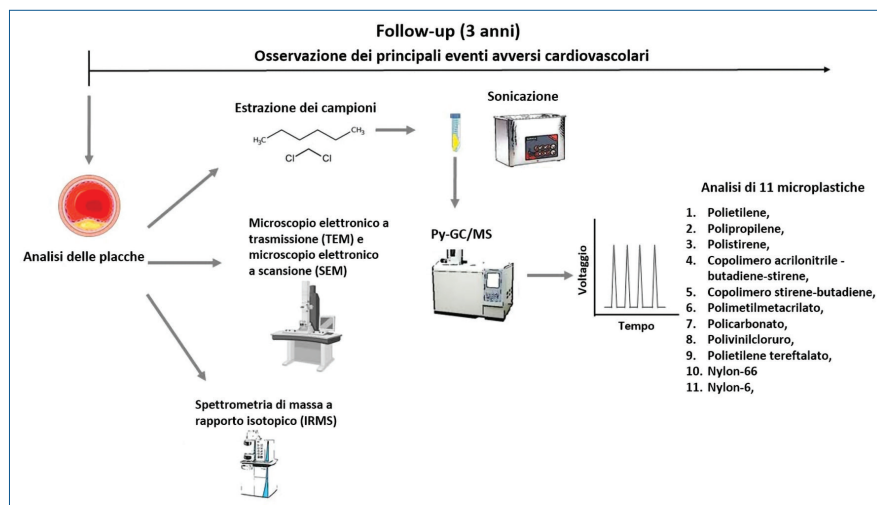


Fig. 2 - Schema riassuntivo delle tecniche analitiche utilizzate nello studio: pirolisi-GC-MS, microscopia elettronica (SEM/TEM) e analisi isotopica del carbonio ($\delta^{13}\text{C}$)

longitudinale e prospettico la presenza di micro e nanoplastiche con una patologia.

La scoperta è stata resa possibile grazie al lavoro di un gruppo di ricerca italiano coordinato dal prof. Pasquale Iovino, docente di Chimica Ambientale presso l'Università della Campania "L. Vanvitelli", che ha adattato metodiche analitiche già note in letteratura per renderle applicabili a un sistema biologico estremamente complesso. Il risultato non è solo una conquista scientifica, ma anche una dimostrazione della centralità della chimica nella comprensione dei fenomeni ambientali e sanitari.

Una matrice complessa per una sfida analitica

Le placche aterosclerotiche rappresentano una delle matrici più complesse da analizzare. La loro composizione, ricca di lipidi, proteine e materiale calcificato, tende a interferire con la quantificazione dei polimeri, in particolare del polietilene, poiché i prodotti di pirolisi dei grassi saturi e insaturi (alcani, alcheni e dieni) coincidono con quelli del polimero stesso, generando falsi positivi o sovrastime.

Questo fenomeno è stato recentemente descritto anche in studi su matrici alimentari ad alto contenuto lipidico, dove la quantificazione del polietilene con pirolisi-GC-MS risulta fortemente influenzata dalla matrice organica. In tali studi è emerso che è necessario applicare una fase di digestione enzimatica seguita da un'estrazione con solvente accelerata per rimuovere la componente lipidica e proteica prima dell'analisi [4].

Sulla base di questi approcci, i ricercatori dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli" hanno adattato e ottimizzato i protocolli analitici disponibili in letteratura, rendendoli idonei a una matrice biologica densa e strutturalmente eterogenea come la placca aterosclerotica (Fig. 2). Il metodo messo a punto prevede una combinazione di digestione enzimatica e ossidazione controllata, seguita da più fasi di lavaggio e filtrazione, finalizzate a eliminare progressivamente le componenti interferenti senza compromettere l'integrità delle particelle polimeriche.

Questa procedura ha consentito di

ottenere un residuo idoneo all'analisi mediante pirolisi-gascromatografia-spettrometria di massa (Py-GC-MS), che permette di identificare i monomeri caratteristici di ciascun polimero in base alla frammentazione termica controllata.

L'applicazione di questo protocollo ha garantito un'elevata sensibilità analitica, rendendo possibile la rilevazione di quantità di plastica dell'ordine dei microgrammi per milligrammo di tessuto, senza interferenze derivanti dalla matrice biologica.

Alla pirolisi-GC-MS si sono affiancate altre tecniche di indagine:

- microscopia elettronica a scansione e trasmissione (SEM e TEM), per osservare la morfologia e la distribuzione delle particelle all'interno delle cellule della placca;
- analisi isotopica stabile del carbonio ($\delta^{13}\text{C}$), utile per distinguere il carbonio fossile di origine petrolchimica da quello biologico dei tessuti [5].

Questo approccio integrato ha consentito di identificare con precisione due principali tipi di polimero: polietilene (PE) e polivinilcloruro (PVC), presenti rispettivamente nel 58% e nel 12% dei campioni analizzati, con concentrazioni comprese tra 5 e 20 μg per milligrammo di tessuto.

Le particelle osservate mostravano forma irregolare, superficie rugosa e dimensioni inferiori al micrometro - un ordine di grandezza che ne consente l'accumulo nei tessuti biologici.

I dati clinici raccolti durante il *follow-up* di oltre 250 pazienti sottoposti a endoarteriectomia carotidea

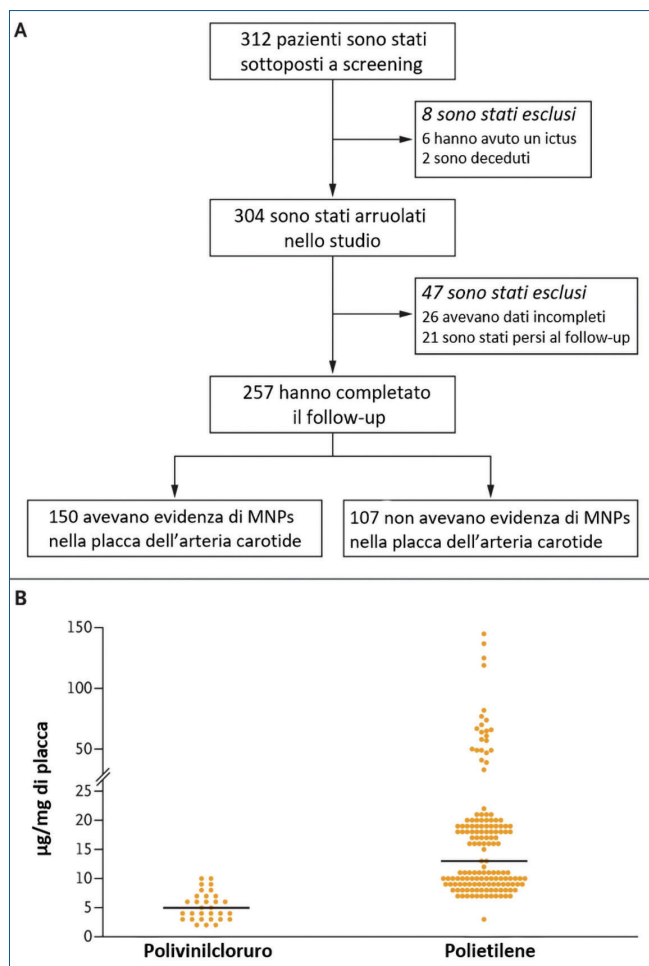


Fig. 3 - Sintesi dei pazienti arruolati e dei principali risultati ottenuti: frequenza di micro e nanoplastiche nelle placche e tipologie di polimero identificate (PE e PVC)

indicano che la presenza di microplastiche nella placca si associa a un rischio 4,5 volte superiore di infarto, ictus o morte rispetto ai pazienti privi di tali particelle (Fig. 3).

Pur non dimostrando un nesso causale diretto, i risultati suggeriscono che l'accumulo di particelle polimeriche possa amplificare l'infiammazione cronica e contribuire alla vulnerabilità delle placche. È una nuova prospettiva in cui la chimica dei materiali e la biologia vascolare si incontrano.

I materiali rilevati - polietilene e PVC - sono tra i più diffusi al mondo [6, 7]. Il polietilene si ottiene dalla polimerizzazione dell'etilene, condotta con processi radicalici o catalitici a seconda del tipo di materiale (LDPE, HDPE, LLDPE), mentre il PVC deriva dalla polimerizzazione radicalica del cloruro di vinile: entrambi rappresentano processi chiave

dell'industria petrolchimica. Nel tempo, l'abrasione superficiale, la fotodegradazione indotta dai raggi UV e le sollecitazioni da taglio o attrito causano la frammentazione dei polimeri in particelle micro- e nanometriche. Queste particelle possono disperdersi nell'aria, depositarsi su alimenti o acqua e infine penetrare nel corpo umano, dove l'impiego di tecniche analitiche e microscopiche avanzate consente di identificarle e quantificarle con precisione [8, 9].

Un approccio multidisciplinare tra chimica e medicina

Lo studio rappresenta un esempio emblematico di ricerca multidisciplinare, in cui competenze diverse hanno collaborato per affrontare una domanda scientifica complessa: *esistono tracce di materiali sintetici nel nostro apparato cardiovascolare in grado di rappresentare un rischio per la salute umana?* La risposta è arrivata grazie a un lavoro sinergico tra chimici, biologi, medici e fisici dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli", che ha svolto un ruolo centrale nella progettazione sperimentale, nella messa a punto delle metodiche e nell'interpretazione dei risultati.

Accanto alle analisi chimiche, sono stati condotti approfondimenti morfologici e biochimici: la microscopia elettronica ha permesso di localizzare le particelle all'interno dei macrofagi della placca aterosclerotica, cellule chiave della risposta infiammatoria locale, mentre le indagini immunoistochi-

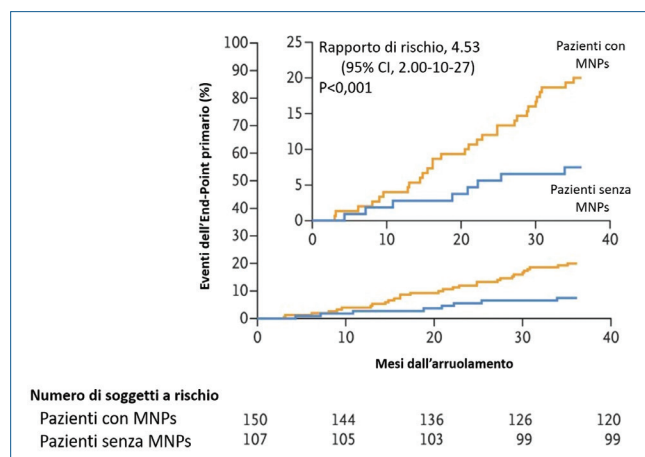


Fig. 4 - Immagini ottenute al microscopio elettronico a trasmissione (TEM) e a scansione (SEM) di sezioni di placca aterosclerotica: particelle di micro e nanoplastiche localizzate all'interno dei macrofagi e nel materiale amorfo della placca

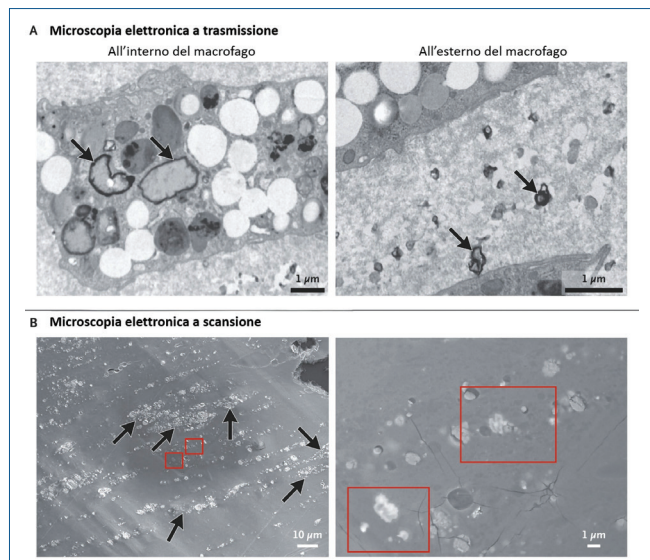


Fig. 5 - Associazione tra la presenza di micro e nanoplastiche e il rischio cardiovascolare: curva di correlazione con l'incidenza cumulativa di infarto, ictus o morte a 34 mesi di *follow-up* nei pazienti con e senza presenza di particelle polimeriche

miche hanno mostrato che le placche contenenti MNPs presentavano livelli più alti di citochine infiammatorie (IL-6, TNF- α , IL-1 β) e una minore concentrazione di collagene, elementi che favoriscono l'instabilità del deposito aterosclerotico*. Queste osservazioni sono in linea con l'ipotesi di un ruolo delle particelle nel favorire uno stato infiammatorio cronico del tessuto (Fig. 4, 5).

Questo dialogo tra discipline ha permesso di trasformare un sospetto ambientale in una prova scientifica solida, aprendo una nuova prospettiva nella ricerca sul rapporto tra inquinamento e salute cardiovascolare.

La chimica come strumento di conoscenza

Il lavoro pubblicato sul *New England Journal of Medicine* non punta il dito sulla chimica, ma la valorizza come strumento per capire i limiti e le conseguenze della modernità.

Grazie all'evoluzione delle tecniche analitiche, oggi è possibile tracciare la presenza dei materiali sintetici nei tessuti umani e studiarne gli effetti, con l'obiettivo di ridurre il loro impatto e promuovere nuove strategie di progettazione sostenibile dei polimeri. La ricerca condotta presso l'Università della Cam-

pania "Luigi Vanvitelli" dimostra come la chimica possa essere alleata della salute e dell'ambiente, trasformando un problema globale in conoscenza utile per il futuro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P.J. Landrigan, *New England Journal of Medicine*, 2024, **390**, 948, DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMe2400683>
- [2] A.D. Vethaak, J. Legler, *Science*, 2021, **371**, 672, DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abe5041>
- [3] R. Marfella *et al.*, *New England Journal of Medicine*, 2024, **390**, 900, DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2309822>
- [4] A. Tariq *et al.*, *Chemosphere*, 2024, **367**, 143584, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143584>
- [5] Q.T. Birch *et al.*, *Talanta*, 2021, **224**, 121743, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121747>
- [6] F. Prattichizzo *et al.*, *European Heart Journal*, 2024, **45**, 4099, DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae552>
- [7] Y. Li *et al.*, *Environment & Health*, 2023, **1**, 249, DOI: <https://doi.org/10.1021/envhealth.3c00052>
- [8] S.L. Wright, F.J. Kelly, *Environmental Science & Technology*, 2017, **51**, 6634, DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- [9] H. Dong *et al.*, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2023, **167**, 117261, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117261>

Micro and Nanoplastics in the Arteries

An Italian research team from the University of Campania "Luigi Vanvitelli" has identified, for the first time, micro- and nanoplastics in human atherosclerotic plaques. Published in the *New England Journal of Medicine*, the study links the presence of these particles to increased cardiovascular risk through an integrated analytical, microscopic, and biological approach.

*Per instabilità del deposito (o della placca) si intende una condizione in cui il cappuccio fibroso che ricopre il nucleo lipidico è sottile e povero di collagene; la placca contiene molte cellule infiammatorie ed enzimi che degradano i tessuti, diventando così più fragile e soggetta a rottura. Quando la placca si rompe, il materiale al suo interno entra in contatto con il sangue e può innescare la formazione di un coagulo che ostruisce l'arteria, causando infarto o ictus.