

QUEL MONDO INVISIBILE DENTRO E FUORI DI NOI

IL NOSTRO MICROBIOMA HA UN RUOLO FONDAMENTALE NEL RESPINGERE L'ATTACCO DEI MICROORGANISMI PATOGENI. L'AMBIENTE ESTERNO, L'AMBIENTE INDOOR E IL NOSTRO ORGANISMO SONO IN UN COMPLESSO EQUILIBRIO IN CONTINUA EVOLUZIONE. SONO ANCORA POCHE GLI STUDI CHE RIVELANO QUESTO MONDO DELL'INFINITAMENTE PICCOLO,

Un nemico invisibile. È in questi termini che siamo abituati a parlare dei microorganismi, specialmente in tempi di pandemia, dimenticando che i microorganismi ci hanno preceduto e ci hanno accompagnato in tutto il nostro percorso evolutivo e si sono adattati a vivere con noi e, incredibilmente, per noi. L'esempio più eclatante è sicuramente dato dal più complesso e sofisticato sistema di impianto energetico che si conosca, il mitocondrio, un ex batterio che si è trasformato in un organello essenziale a favorire tutte le reazioni del nostro corpo, a produrre, immagazzinare e distribuire l'energia necessaria per le reazioni biochimiche e il metabolismo, a orchestrare le reazioni di stress ossidativo, e a custodire il segreto primordiale dell'origine di ognuno di noi e, forse, dell'intera umanità.

Il corpo umano, tuttavia, trasporta una vasta comunità di microorganismi in grado di conferire diversi vantaggi al loro ospite. Si calcola che ci sia circa un bilione di microorganismi distribuiti sulla superficie del nostro corpo e che altri 100 bilioni costituiscono il microbiota interno. Il microbioma, costituito dall'insieme dei microorganismi simbiotici dell'uomo e dal microambiente dell'ospite, svolge funzioni fondamentali nella nutrizione, nello sviluppo dei tessuti, nel sostegno al sistema immunitario, nella difesa contro i microrganismi patogeni e, forse, come sta emergendo dagli ultimi studi, è in grado di influenzare il nostro comportamento. Il microbioma è diffuso su ogni superficie interna del nostro organismo, ma è particolarmente imponente nell'epitelio del sistema gastro-intestinale. Con le sue oltre 1.000 specie di microorganismi, batteri per lo più, ma anche lieviti, il microbiota corrisponde a circa 1,8 chili del corpo di un adulto. Più di tre milioni di geni che intersecano le proprie funzioni con quelle del genoma umano e del genoma mitocondriale, e determinano un'imponente strategia di cooperazione

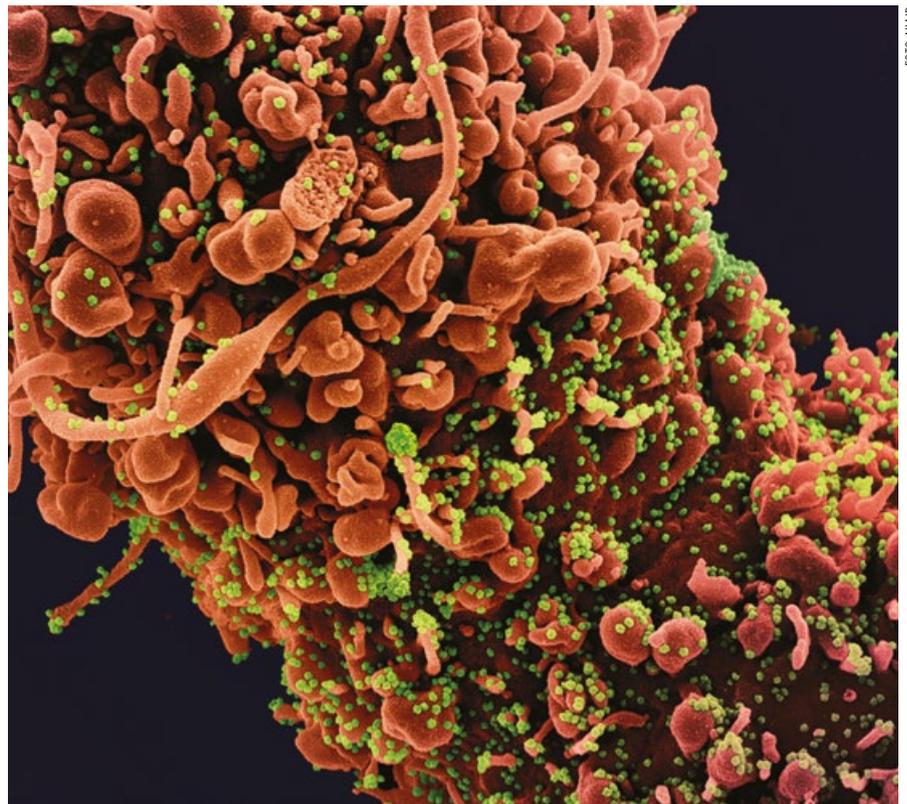


FOTO: NIAID

1 nella risposta alle esposizioni ambientali e alle infezioni.

Un sistema in continua evoluzione

La natura dei microorganismi, tuttavia, è insincera e poco incline alla generosità. La coesistenza con l'organismo umano ha lo scopo di creare un ecosistema che assicuri la sopravvivenza di chi lo compone. La funzione di protezione svolta dal microbioma umano nei confronti dei patogeni è probabilmente il risultato dell'ancestrale necessità dei microorganismi di evitare di essere rimpiazzati da altre specie. Questa sorta di lotta intestina, avviene anche all'interno delle specie simbiotiche che si sono adattate a vivere nell'uomo, e

assicura il ricambio e il riequilibrio tra le specie presenti, fornendo la capacità adattiva al mutare dei contesti interno, il microambiente dell'ospite, e esterno, il microbiota dell'ambiente in cui viviamo. Il nostro microbiota interno è, dunque, un sistema complesso e dinamico, in continua evoluzione che si alimenta delle specie che sono fuori di noi. È l'ambiente esterno che forgia il microbiota interno durante tutta la traiettoria della vita, dalla gravidanza,

1 Immagine colorata al microscopio elettronico a scansione del virus Sars-Cov-2 (verde) su cellule che mostrano segni di apoptosi, isolate da un paziente in Usa. Immagine realizzata dall'Integrated Research Facility (Irf) dell'Istituto nazionale per le allergie e le malattie infettive (Niaid), Fort Detrick, Maryland, Usa.



dove l'alimentazione della madre e il suo microbioma iniziano a costruire il microbiota del bambino, al parto, le cui modalità, naturale o cesareo, sono estremamente dirimenti per il microbiota del neonato, dal luogo dove il parto avviene, all'allattamento e, infine, al luogo dove si muoveranno i primi passi e dove si passerà la maggior parte della propria vita: l'ambiente *indoor*, la propria casa, la scuola, l'ufficio, i luoghi di ritrovo e di socializzazione.

Si sta facendo sempre più strada la consapevolezza dell'importanza che l'ambiente costruito riveste nell'esposizione umana, e non solo ad agenti fisici e chimici, ma anche ai microorganismi, che siano essi patogeni o innocui.

Prendere e lasciare: il microbiota dell'ambiente costruito

Sebbene l'interesse scientifico sia molto alto, e le moderne tecnologie consentirebbero un'accurata analisi del profilo di microorganismi presenti nell'ambiente *indoor*, sono ancora pochi gli studi che rivelano il mondo microscopico che ci circonda. Da uno studio condotto dall'Università di Berkeley, in California, con prelievo di campioni in diversi ambienti *indoor* (scuole, ospedali, comunità, uffici, industrie), risulta che le specie virali e batteriche sono presenti a una concentrazione che va da centomila a un milione di microrganismi per metro cubo di aria prelevata, mentre le specie fungine si presentano a una concentrazione di circa 80 unità colonizzanti per metro cubo, con punte di anche 1.000 unità, rilevate in particolari circostanze. Siamo noi stessi a essere al tempo stesso creatori e utilizzatori del microbiota dell'ambiente costruito. Alcuni studi dimostrano che ogni volta che si entra in un ambiente

chiuso, si depositano quasi 4 miliardi di copie di genoma batterico e 7 milioni di copie di genoma fungino per persona, per ora.

Nei 31 mg di microorganismi che ognuno di noi deposita in un'ora di permanenza in un ambiente chiuso, non manca mai qualche virus influenzale, dalle poche migliaia ai milioni di copie durante i picchi dell'influenza stagionale. E, quando lasciamo un ambiente, non ce ne andiamo certamente "a mani vuote". Saranno i nostri comportamenti a decidere che cosa porteremo con noi, ma sarà il nostro microbioma interno a cooperare con il sistema immunitario per decidere quale specie di microrganismi resterà e chi, invece, dovrà soccombere. Il microbiota dell'ambiente confinato, tuttavia, è alimentato da altre, innumerevoli fonti, al punto che cominciano a essere sempre più frequenti gli studi di vero e proprio *source apportionment* per comprendere quali siano le fonti da cui derivano i microorganismi e quanto ognuno di essa contribuisca alla formazione del microbiota *indoor*. Una lista non esaustiva delle possibili fonti comprende i materiali di costruzione, il sistema di acqua potabile, l'impianto di riscaldamento, i sistemi di aerazione, la tipologia del mobilio e, ancora, la presenza di animali domestici e di piante ornamentali. Con il proprio carico di microrganismi, l'uomo resta, tuttavia, la maggior fonte del bioaerosol *indoor*, specialmente in ambienti molto frequentati e poco ventilati. La caratterizzazione dei microorganismi mostra il ruolo della desquamazione della cute e della respirazione, ma anche le differenze di genere, che plasmano un microbiota *indoor* diverso a seconda del numero di donne o di uomini presenti.

La quota maggiore nel contributo alla costruzione del microbiota *indoor* va,

tuttavia, all'ambiente *outdoor* per il 52% e a un 43% di fonti sconosciute. Un diverso microbiota si formerà se l'edificio *indoor* sorge in campagna, nelle vicinanze di stalle o in centro città.

Infinitamente piccolo, infinitamente complesso

Il mondo dell'infinitamente piccolo è un ecosistema dinamico, versatile, complesso, intrigante nella sua evoluzione e nelle sue funzioni. È un sistema in equilibrio e per la maggior parte del tempo silenzioso nella sua operosità nascosta. È un equilibrio mantenuto al prezzo di lotte per la sopravvivenza della specie che meglio si adatta. Il contributo del nostro microbioma è fondamentale per respingere l'inevitabile attacco dei microrganismi patogeni che albergano fuori di noi, che vivono nelle nostre case e che ci aspettano fuori dall'uscio. Sarebbe un errore, però, pensare che siamo solo noi a governare questo sistema e a garantire che resti in equilibrio. La nostra capacità di dominio, è confinata al mantenimento dell'efficienza del sistema attraverso una corretta alimentazione e sani stili di vita, all'uso oculato di quelle molecole, come gli antibiotici, che sono studiate proprio per alterare questo equilibrio, nella loro funzione di contrastare i patogeni. Per il resto, come Gulliver nel mondo di Lilliput, siamo noi gli ospiti di questo ecosistema dell'infinitamente piccolo, nato prima di noi e che ci sopravvivrà.

Annamaria Colacci

Responsabile Centro tematico regionale Ambiente, prevenzione e salute, Arpa Emilia-Romagna

