

COME IL MITO DEI DROPLETS HA SOSTITUITO (FINO AD OGGI) LA TRASMISSIONE AEREA

prof. Giorgio Buonanno

Università di Cassino e del Lazio Meridionale, Italia
Queensland University of Technology, Brisbane, Australia

prof. Jose Luis Jimenez

Dept. of Chemistry and Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of
Colorado, Boulder, CO USA

L'importanza della trasmissione aerea è stata oggetto di accesi dibattiti scientifici durante la pandemia del COVID-19. Essa è stata inizialmente negata con forza dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e dalla maggior parte delle organizzazioni di sanità pubblica. Ciò contrastava con l'interpretazione di molti scienziati secondo cui la trasmissione aerea è il contributo predominante al contagio¹. L'OMS ha gradualmente ammorbidito la sua posizione dichiarando solo il 30 aprile 2021 che la trasmissione aerea di SARS-CoV-2 è importante².

La lenta risposta delle principali organizzazioni di sanità pubblica nel rivedere la comprensione della trasmissione di SARS-CoV-2 è sconcertante e tragica, poiché non c'è dubbio che questi ritardi abbiano contribuito a uno scarso controllo della pandemia e ad una crescita di contagi e di morti. Ed allora, perché queste organizzazioni sono state così lente e hanno mostrato tanta resistenza al cambiamento?

"Bisogna conoscere il passato per capire il presente e orientare il futuro" (Tucidide 431-404 a.C.): la storia è importante perché ci aiuta a comprendere il passato, che serve come chiave di lettura del presente. E' per questo che, ripercorrendo la "storia delle trasmissioni delle malattie respiratorie" cercherò di illustrare la risposta ad una domanda così importante.

Gli albori della trasmissione delle malattie respiratorie: la teoria dei miasmi

Il nostro viaggio nel tempo inizia nell'antica Grecia, dove Ippocrate (460-377 a.C.) propose che le malattie si trasmettessero attraverso l'aria: *"Ogni volta che molti uomini sono attaccati da una malattia allo stesso tempo, la causa dovrebbe essere assegnata a quella che è più comune e che tutti usiamo di più. È quella che inspiriamo"*³.

Per gran parte della storia umana, è persistita la convinzione che le malattie fossero dovute all'aria: la cosiddetta "teoria dei miasmi". I miasmi erano generati da acque stagnanti, da escrementi o da altro materiale di scarto riversato nelle strade e intorno alle case. La stessa malaria, malattia che ha causato il maggior numero di morti nella storia dell'umanità, deve il suo nome al termine Malaria dell'Italia medievale, che indicava nell'aria delle paludi la causa del contagio.

L'idea della trasmissione da persona a persona, che ora sembra ovvia, non fu presa seriamente in considerazione fino a quando il medico italiano Girolamo Fracastoro non la propose nel 1546.

Il dibattito seguì per secoli tra "miasmatisti" e "contagionisti": si sviluppò persino una terza via, quella del "contagionismo contingente". I seguaci di questa linea di pensiero, respingevano l'idea di "malattia contagiosa" per una specifica infezione: il colera, o il tifo, non erano contagiosi in un "ambiente sano", ma potevano essere contagiosi in "una

atmosfera impura". Florence Nightingale (1820-1910) fu una miasmatica convinta, ma collaborò con contagionisti contingenti alle misure sanitarie, riducendo i tassi di infezione con l'igiene, la ventilazione, e aumentando la distanza tra i letti negli ospedali e creando un "reparto di isolamento" per i malati di tubercolosi. Nightingale incontrò una significativa resistenza da parte dei suoi superiori e del governo britannico alle sue riforme.

Arriviamo così nel 1854 nella Londra Vittoriana, dove scoppia un'epidemia di colera. Le autorità sanitarie del tempo ritenevano che fosse causata da un miasma (aria cattiva). Ma un medico del tempo, John Snow (1813-1858), con la geolocalizzazione dei casi ottenuta semplicemente dalla mappa di Londra, notò che i casi si concentravano attorno ad una pompa dell'acqua nel distretto di Soho. Con il bloccaggio della pompa si riuscì a fermare il diffondersi della malattia. Secondo Snow il colera era trasmesso da particelle trasportate dall'acqua, e pubblicò i risultati delle sue ricerche in un'opera⁴ che venne fortemente criticata sulla rivista scientifica *The Lancet* e dalle autorità sanitarie che rifiutarono di accettare che il colera potesse essere trasmesso attraverso l'acqua da particelle troppo piccole per essere osservate ad occhio nudo. Al contrario, si riteneva che il colera fosse diffuso da un gas tossico, un miasma.

La teoria dei germi del XIX secolo

Nella seconda metà del XIX secolo, Louis Pasteur (1822-1895) e Robert Koch (1843-1910) dimostrano la "Teoria dei germi" secondo la quale la malattia infettiva sarebbe causata da agenti patogeni (batteri, virus, protisti, prioni, eccetera) tanto piccoli da potersi vedere solo al microscopio che invaderebbero dall'esterno gli esseri umani, gli animali, le piante causando la malattia (definita come infettiva). Questa teoria non fu accettata da un giorno all'altro a causa della forte presenza della teoria dei miasmi: dopo però la scoperta dei virus nel 1890, seguì un periodo segnato dall'identificazione di molti agenti patogeni.

Negli stessi anni Carl Flügge (1847-1923) in Germania dimostrò come non ci volessero tramiti (né oggetti di vestiario, polvere,

suppellettili, o altro) affinché un malato di tubercolosi (TBC) potesse trasmettere la malattia. Prima delle esperienze di Flügge era l'ambiente abitato dal malato ad essere considerato causa d'infezione; o meglio il malato doveva prima infettare i luoghi da lui attraversati, per poi trasmettere ad altri la malattia. L'obiettivo principale di Flügge era mostrare che il materiale appena emesso dal tratto respiratorio era un'importante via di trasmissione in contrasto con la via dell'"espettorato essiccato"⁵. Flügge, contrariamente a quanto si legge oggi su molti testi scientifici, applicò il termine "goccioline" a tutte le emissioni respiratorie, indipendentemente dalla dimensione iniziale delle goccioline o dalla costituzione finale. Flügge comprese che ci sarebbe voluto del tempo prima che le emissioni di goccioline respiratorie si stabilizzassero e durante gli esperimenti attese fino a 5 ore dopo le espirazioni prima di rimuovere le piastre di raccolta per l'analisi. Pertanto, i suoi risultati e il riferimento alle "goccioline" comprendono sia ciò che ora chiamiamo "droplets" sia "aerosol/droplet nuclei". Infine, comprese che le correnti d'aria possono avere un'influenza significativa sulla portata delle emissioni e quindi indicò come misure di controllo nel contesto della TBC non solo il distanziamento ma anche la ventilazione, oltre ad evitare l'affollamento.

L'infezione da contatto di C. Chapin

Arriviamo così al punto saliente della storia: il lavoro dell'eminente epidemiologo americano Charles V. Chapin (1856-1941). Chapin fu uno studioso molto influente al tempo (in realtà ancora oggi), e nel 1927 divenne presidente dell'American Epidemiological Society. È stato descritto nel 1967 come "il più grande epidemiologo americano" da Alexander Langmuir (1910-1993), il primo direttore di lunga data (1949-1969) della branca di epidemiologia del Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Chapin lavora in un periodo nel quale la teoria dei miasmi della fantasmagorica trasmissione della malattia attraverso l'aria è ancora presente dal momento che la teoria dei germi è stata accettata da poco. Nel 1910 pubblica il suo libro fondamentale "The Sources and Modes of Infection" nel quale concettualizza la

cosiddetta "infezione da contatto". I germi non provengono dall'ambiente ma da altre persone attraverso il contatto diretto o la vicinanza. Dal momento che essi iniziano a morire o perdono la loro virulenza al di fuori del corpo, più siamo vicini agli altri, maggiore è la possibilità di infezione. Chapin ritiene che l'infezione da contatto sia la principale modalità di trasmissione di molte malattie, anche se esamina la possibilità di infezione per via aerea. Come ammette nel suo libro, la convinzione sull'infezione per via aerea è il principale ostacolo che sta incontrando per promuovere le sue idee sull'importanza dell'infezione da contatto. Chapin è a conoscenza del lavoro di Flügge e del fatto che i germi possono trasmettersi per distanze considerevoli e fluttuare per ore ma conclude che le prove per la trasmissione attraverso l'aria sono complessivamente deboli e che l'infezione da contatto è una spiegazione migliore dei modelli osservati: *"siamo autorizzati a scartare [la trasmissione aerea]. Sarà un grande sollievo per la maggior parte delle persone essere liberati dallo spettro dell'aria infetta... da Ippocrate"*. L'influenza spagnola arriva nel 1918: ci sono evidenze che la ventilazione e l'aria esterna riducono la trasmissione a conferma della possibilità della trasmissione per via aerea. Tuttavia, le idee di Chapin sono ampiamente accettate nei successivi 2 decenni e si affermano saldamente.

Gli inizi della trasmissione aerea di W. Wells

Negli anni '30 però, William Wells (1886-1963) e la moglie Milfred iniziano ad applicare metodi più moderni allo studio della trasmissione aerea, in particolare sulla TBC e morbillo. Wells è la prima persona a studiare il comportamento in aria di goccioline di dimensioni diverse. Le goccioline più grandi di 100 micron tendono a cadere (soggette alla gravità) prima di evaporare, mentre quelle più piccole evaporano prima di cadere. I Wells incontrarono però molta resistenza e furono accusati di aver cercato di riportare in auge la teoria dei miasmi. La facilità di infezione nelle immediate vicinanze era solo intesa dalle autorità sanitarie come prova della trasmissione attraverso goccioline più grandi (droplets). Nonostante queste difficoltà Wells continuò il suo lavoro dimostrando come

lampade UV installate nel soffitto di aule scolastiche potessero ridurre la trasmissione del morbillo.

Nel 1951, Alexander Langmuir (1910-1993), direttore del CDC, afferma: *"Resta da dimostrare che l'infezione per via aerea è un'importante modalità di diffusione della malattia naturale"*. Tuttavia, Langmuir ha interesse per la fisica dell'infezione aerea a causa dello sviluppo di tecniche di guerra batteriologica. Le malattie naturali non sembrano essere trasmesse per via aerea, ma Langmuir giunge alla conclusione che si possono creare armi per le malattie trasmesse per via aerea. In realtà Langmuir vede il mondo attraverso la lente delle teorie di Chapin, avendolo definito come il più grande epidemiologo americano, e questo lo porta a sbagliare associando la trasmissione in stretta prossimità solo con i droplets. In realtà anche l'aerosol subisce una diluizione con la distanza (si pensi alla concentrazione di fumo che ispiriamo al variare della distanza vicino ad un fumatore).

Nonostante tutta la resistenza, i Wells, Richard L. Riley e Cretyl Mills riescono a dimostrare la trasmissione per via aerea della tubercolosi nel 1962, dalle persone alle cavie. L'aria di un reparto con malati di tubercolosi viene incanalata verso un ambiente con 150 cavie, con circa 3 infezioni al mese. Nessuna cavia viene infettata in un gruppo di controllo in cui l'unica differenza è che l'aria è irradiata dai raggi UV, uccidendo il batterio della tubercolosi. È degno di nota il fatto che ci siano esperimenti simili per COVID-19 con furetti e criceti, ma vengono regolarmente respinti come irrilevanti dai dropletologi.

La trasmissione del vaiolo per via aerea è accettata nel 1971 dopo un caso evidente di trasmissione a lunga distanza in un ospedale in Germania⁶. Dall'articolo si legge: *"L'unica via di trasmissione rimanente considerata ragionevole era la diffusione per via aerea di un aerosol contenente virus, una possibilità contro la quale inizialmente tutti gli investigatori erano prevenuti."* La trasmissione aerea del vaiolo è accettata in modo così ovvio che anche coloro che ne sono prevenuti non possono negarlo. Alla fine anche il morbillo viene accettato come disperso nell'aria dopo circa 75 anni di trasmissione legata ai droplets/superfici, e successivamente anche la varicella e l'influenza (un aereo con 54

persone a bordo è rimasto a terra per 3 ore senza ventilazione e nelle successive 72 ore, il 72% dei passeggeri ha contratto l'influenza)⁷. Queste trasmissioni aeree sono state accettate con molte meno prove di quelle che abbiamo oggi per il COVID-19.

All'interno di questa complessa dinamica, ad un certo punto, si è anche insinuato un errore. Infatti, Wells ha mostrato che i cosiddetti droplets devono avere un diametro > 100 micron per cadere vicino alla persona. Allo stesso tempo Langmuir sapeva che solo particelle di dimensioni molto piccole, di diametro < 5 micron, possono entrare in profondità nei polmoni. In qualche modo viene introdotto un errore che confonde il problema e le linee guida dell'OMS e della CDC iniziano a riportare che le particelle più piccole di 5 micron cadono al suolo. Questa non-verità, ripetuta per decenni diventa una verità scientifica. Nessuno studio scientifico ha mai affermato che particelle inferiori a 5 micron cadano al suolo entro 1-2 m da una persona: d'altra parte, se fosse vero, le cosiddette "polveri sottili" (polveri di diametro inferiore a 10 micron) non sarebbero un problema perché cadrebbero al suolo e non verrebbero inalate. In sintesi sembra che si sia partiti dalla tubercolosi (che era la infezione aerea di maggior preoccupazione ed interesse) siccome la TBC può infettare solo se raggiunge gli alveoli (e quindi diametri < 5 micron), allora qualcuno ha confuso tra questa dinamica e la caduta al suolo entro 1-2 m.

Nella realtà, la trasmissione aerea domina l'esposizione all'infezione respiratoria anche durante un contatto ravvicinato. Una persona suscettibile può inalare le più elevate concentrazioni di carica virale quando si trova in stretta vicinanza con una persona infetta. La facilità di infezione nelle immediate vicinanze venne spiegata dai droplets, ma in realtà deve essere spiegata dall'aerosol.

Ciò che l'errore di 5 micron rivela davvero è un aspetto sociologico chiave. Nonostante l'infezione da droplets sia un'ipotesi senza molte prove, era così dominante che gli esperti non si sono nemmeno preoccupati dei dettagli

e hanno ignorato gli esperti di aerosol ed il loro lavoro.

In realtà, la trasmissione per droplets è un castello di carte che non è mai stata dimostrata direttamente per nessuna malattia nella storia della medicina.

Il cambio di paradigma che ci aspetta

Negli ultimi decenni, con antibiotici, vaccini e nessuna grande pandemia, questi dettagli sulla trasmissione non hanno rappresentato una priorità. Gli esperti di droplets avevano il controllo di tutte le istituzioni chiave e potevano ignorare pochi sostenitori della trasmissione aerea. Ad esempio, se un collega avesse scritto una proposta di ricerca per finanziare uno studio sulla trasmissione aerea, i revisori anonimi avrebbero respinto la domanda al mittente perché "la trasmissione aerea non è importante, quindi non si dovrebbero sprecare fondi per questo".

Nel febbraio 2020, sembrava che gli esperti di trasmissione aerea fossero molto timidi, nonostante le prove significative a favore. Nel frattempo l'OMS dichiarava con sicurezza il 28 marzo 2020 che "FATTO: IL COVID NON È AIRBORNE, e dire che si trasmette per via aerea è DISINFORMAZIONE, aiutate @WHO a combattere!"⁸.

La prof. Lidia Morawska ha organizzato un gruppo internazionale di scienziati, di cui faccio parte, che ha trascorso l'ultimo anno a lavorare su questo tema. Ed anche se la teoria dei droplets sta affondando, il nostro lavoro non è finito. È fondamentale dire al mondo forte e chiaro che questo virus è nell'aria, uno contro uno nelle immediate vicinanze e uno a più nell'aria di un ambiente condiviso, e far arrivare a tutti i paesi le corrette azioni di mitigazione.

Ma oltre a cambiare la storia della scienza, la pandemia da COVID-19 può cambiare anche la nostra visione. E' tempo di mettere in sicurezza l'aria che respiriamo negli ambienti chiusi, così come fece Snow nel lontano XIX secolo con l'acqua⁹.

Bibliografia

¹ Morawska et al., 2020. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? Environment International, 142, art. no. 105832, DOI: 10.1016/j.envint.2020.105832

- ² OMS, 2021 <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>
- ³ Ippocrate, Sulla natura dell'uomo
- ⁴ John Snow, On the Mode of Communication of Cholera
- ⁵ Randall et al., 2021, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3829873
- ⁶ Gelfand and Posch, 1971. <https://academic.oup.com/aje/article/93/4/234/230121>
- ⁷ Moser et al., 1979. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/463858/>
- ⁸ <https://twitter.com/who/status/1243972193169616898>
- ⁹ Morawska et al., 2021. <https://science.sciencemag.org/content/372/6543/689>