

A cosa serve la matematica? Una risposta viene dal cuore (di A. Quarteroni)

Uno spunto per un esempio di un suo utilizzo concreto viene da Leonardo da Vinci e dai suoi studi sui vortici del flusso sanguigno

(A cura del prof. Alfio Quarteroni, docente al Politecnico di Milano e all'Epfl di Losanna, socio linceo)

La matematica, oggi, ha un ruolo importante nella vita di tutti noi. Essa ci permette, ad esempio, di usare i motori di ricerca per interrogare il web e avere risposte quasi istantanee, trasmettere foto e filmati con i nostri cellulari, fare acquisti in rete sicuri grazie ad algoritmi di crittografia, effettuare previsioni del tempo per capire se pioverà e che temperatura ci sarà nella nostra città, capire in anticipo se un fiume esonderà o resterà entro gli argini in caso di onde di piena. Possiamo usare metodi matematici per capire se le polveri sottili sulle nostre città (particolarmente esposte nei periodi invernali a inquinamento da traffico intenso e da riscaldamento urbano) supereranno o meno i limiti stabiliti per legge, e come questi processi potranno sfortunatamente riverberarsi nell'aumento delle forme tumorali. E in altri mille ambiti.

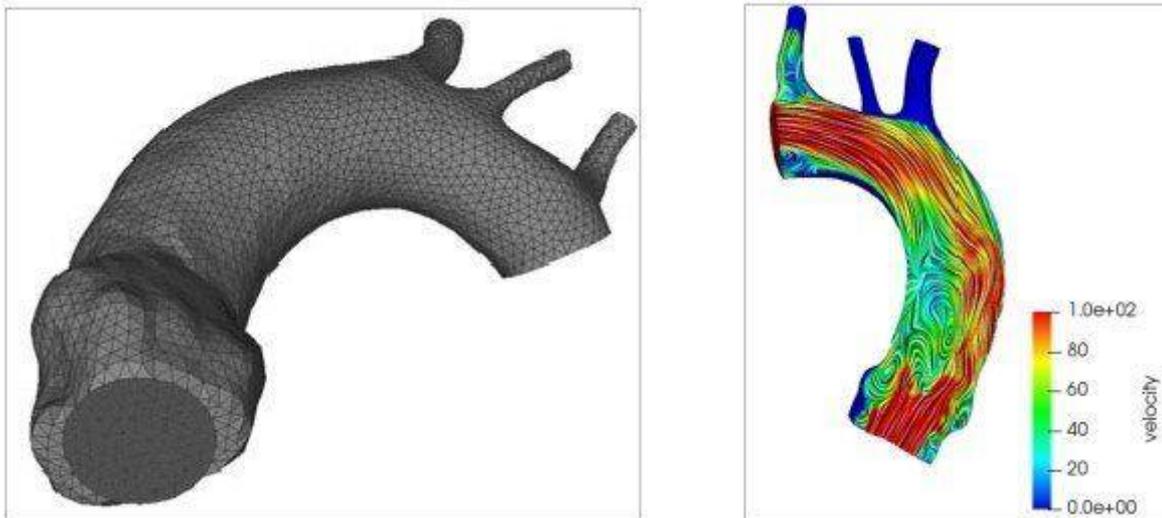
Tutto questo non è così sorprendente se pensiamo che Pitagora sosteneva che tutto fosse numero e che Galileo riteneva che la matematica fosse il linguaggio con cui è scritta la natura e che, per bontà divina, la nostra mente ragionasse proprio in termini matematici al fine di indagare e conoscere la natura stessa.

Nonostante questo, la percezione comune che si ha della matematica è spesso quella di una disciplina astratta, slegata dal contesto concreto in cui viviamo. Processi di emancipazione della matematica sono comunque in atto negli ultimi decenni. In questa direzione, un ruolo importante è stato giocato, fra gli altri, dai metodi numerici, i cosiddetti algoritmi. Grazie ad essi, le equazioni che descrivono i processi fisici (quali la concentrazione di polveri sottili o la pressione atmosferica) e che sono derivate dalle leggi fondamentali della fisica vengono approssimate ed in seguito risolte dai computer. Tali processi di approssimazione furono introdotti già nei secoli scorsi (si pensi ai lavori del grande matematico svizzero Eulero nel XVIII secolo), ma è solo grazie

all'avvento dei moderni computer a partire dagli anni '60 che i metodi numerici hanno potuto manifestare tutta la loro potenza.

Uno spunto per un esempio di utilizzo concreto della matematica ci viene fornito da un altro grande della Storia del pensiero, Leonardo. Come raccontato da [Maurizio Brunori su HuffPost](#) del 4 ottobre scorso, grazie ai suoi studi anatomici effettuati a partire dalle numerose dissezioni effettuate su cadaveri, Leonardo evidenziò per primo quale fosse l'utilità dei vortici del flusso sanguigno che si formano a valle della valvola aortica. Qui il sangue, uscendo dal ventricolo sinistro, entra nell'aorta per effettuare il percorso che lo porterà ad ossigenare tutti i tessuti del corpo umano. Nel primo tratto dell'aorta sono infatti presenti 3 "protuberanze" chiamate i seni di Valsalva (si veda figura 1, sinistra) che favoriscono la formazione di vortici. Questi, come intuì Leonardo, giocano un ruolo fondamentale nel favorire la chiusura veloce dei foglietti valvolari riducendo così al minimo il reflusso di sangue verso il ventricolo. Questo processo fu dimostrato ben 500 anni dopo da un esperimento in vitro dei fratelli Bellhouse.

La presenza di vortici a livello dei seni di Valsalva nell'aorta ascendente può essere descritta quantitativamente anche mediante la matematica. Ciò permette di ottenere, come fatto dal mio gruppo di ricerca al Politecnico di Milano mediante un'analisi non invasiva, il campo di velocità del sangue che enfatizza la presenza di vortici alla sistole in corrispondenza dei seni di Valsalva (si veda figura 1, destra).



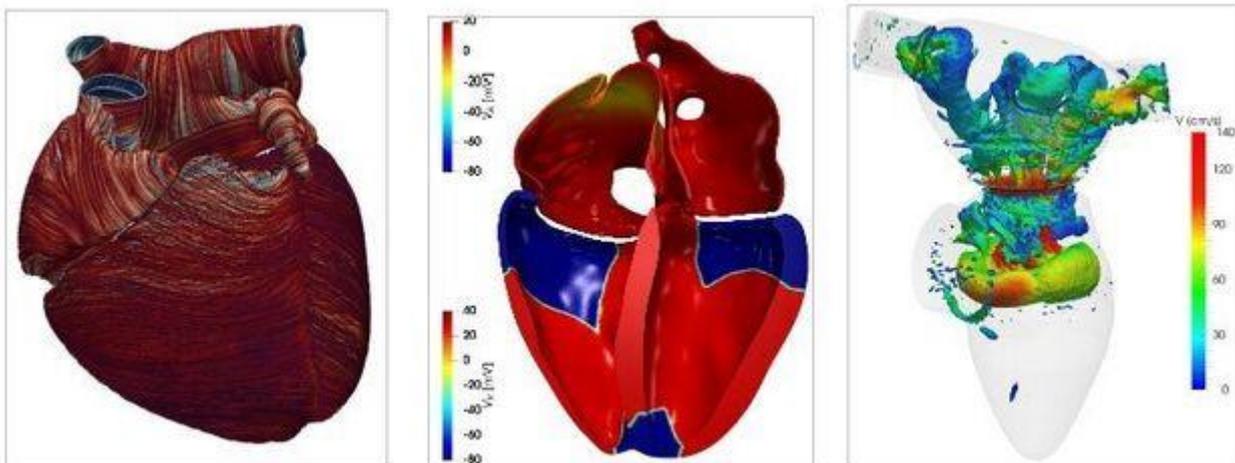
KARA, LUCIANI, VERGARA Figura 1. Sinistra: rappresentazione geometrica dell'arco aortico. Si notino i 3 seni di Valsalva. Destra: campo di velocità del sangue al picco sistolico in una sezione longitudinale di un'aorta di un soggetto

sano. Importanti vortici si possono osservare in corrispondenza dei seni di Valsalva

Partendo da questo esempio, possiamo estendere i confini che la matematica può contemplare a tutto il sistema cardiovascolare e addirittura alle applicazioni cliniche, non solo alla comprensione dei processi fisiologici, come nel precedente esempio.

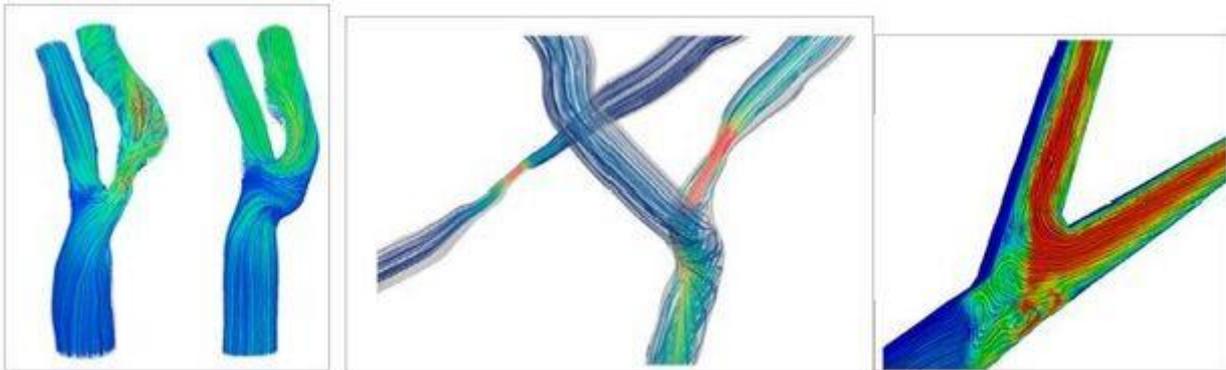
Da qualche anno troviamo infatti la matematica anche nelle corsie dei nostri ospedali, a volte addirittura dentro le sale operatorie. Per ora queste sono esperienze sporadiche, ma non è difficile prevedere che fra un decennio queste saranno routine.

Il tema di cui mi interesso e che ho recentemente presentato all'Accademia dei Lincei costituisce un passo significativo in questa direzione. È possibile realizzare una rappresentazione completamente matematica (fatta di equazioni, variabili, problemi interconnessi) del funzionamento del cuore umano e poi risolvere mediante metodi numerici tali problemi al fine di ottenere informazioni quantitative utilizzabili poi a livello clinico? È la domanda a cui stiamo cercando di dare una risposta. Lo scopo è utilizzare il nostro "cuore matematico" per collaborare con cardiologi e cardiocirurghi al fine di affrontare con nuovi strumenti le patologie del sistema cardiocircolatorio e ridurre il loro impatto sui pazienti e sul sistema sanitario pubblico. I primi risultati (frutto di nostre collaborazioni con una decina di ospedali in Italia, Svizzera e Inghilterra) sono molto incoraggianti: possiamo comprendere meglio come si manifestano ad esempio le aritmie quali la fibrillazione atriale e la tachicardia ventricolare, come curare occlusioni delle coronarie o l'insufficienza delle valvole cardiache, si veda figura 2 per qualche risultato numerico utilizzato in queste direzioni.



PIERSANTI, MENGHINI, DEDE', QUARTERONIFigura 2. Ricostruzione delle fibre cardiache (sinistra), propagazione del campo elettrico (centro), campo di velocità del sangue nell'atrio e ventricolo sinistri

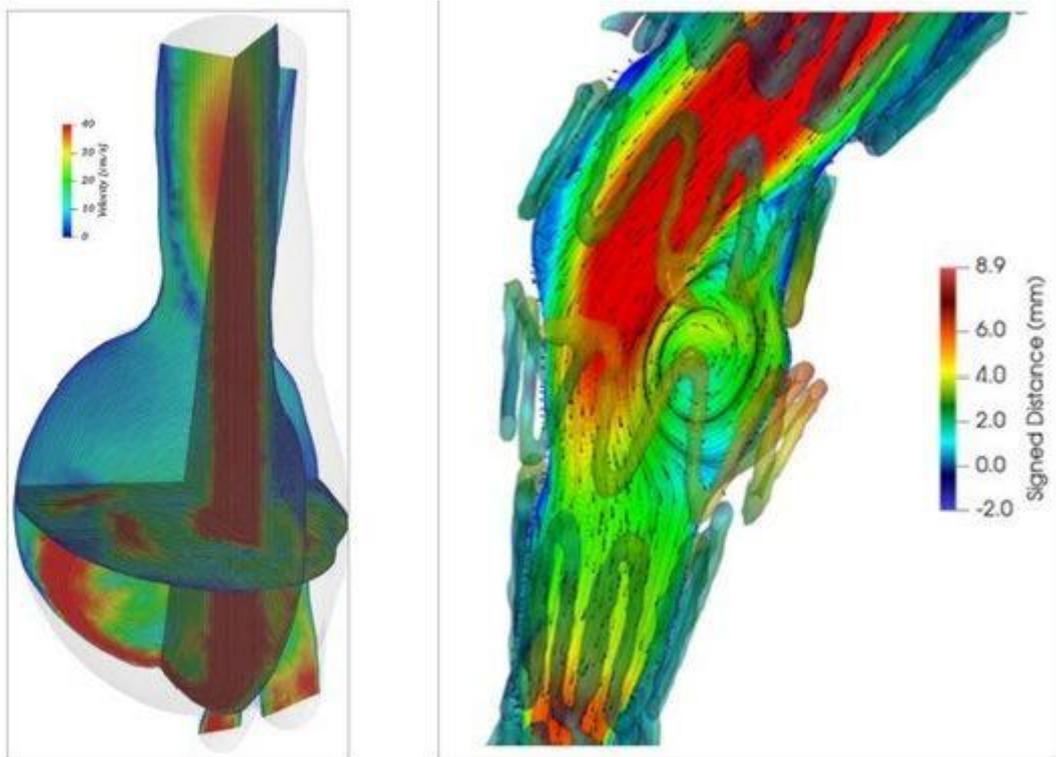
Il tutto può essere ugualmente esteso al sistema vascolare, in particolare alle arterie della grande circolazione che spesso vanno incontro a patologie rilevanti. Pensiamo ad esempio alla formazione di placca ateromasica nelle carotidi e nelle coronarie (aterosclerosi) che è legata al possibile sviluppo di ictus cerebrali e infarti del miocardio. Grazie ai nostri studi abbiamo potuto dare informazioni utili ai clinici riguardo alle procedure chirurgiche adottate, ad esempio sulla rimozione della placca nelle carotidi (endarterectomia) e sui by-pass coronarici, ma anche sulle fistole artero-venose per la emodialisi (si veda figura 3).



GUERCIOTTI, DOMANIN, SCROFANI, STELLA, PROUSE, VERGARA, QUARTERONIFigura 3. Campo di velocità del sangue prima e dopo l'asportazione della placca (sinistra), in un by-bass coronarico multiplo (centro) e in una fistola artero-venosa

Un altro esempio concerne gli aneurismi dell'aorta addominale. La matematica può aiutare a fornire una migliore previsione del rischio di rottura dell'aneurisma, con conseguente emorragia interna. In questi casi, il chirurgo vascolare può inserire uno stent all'interno del vaso aneurismatico favorendo un flusso di sangue laminare e incanalato e possibilmente lo sgonfiamento della sacca aneurismatica (si veda figura 4).

Mi sembra che gli esempi precedenti forniscano una bella risposta alla domanda che molto spesso l'uomo della strada ci rivolge: ma la matematica serve a qualcosa, oltre che a produrre frustrazioni alla maggior parte degli studenti?



PIERSANTI, PIAZZOLI, DOMANIN, VERGARA Figura 4. Campo di velocità del sangue in un aneurisma addominale prima (sinistra) e dopo (destra) l'inserimento di uno stent

Articolo pubblicato il 20 gennaio 2020 su
<https://www.huffingtonpost.it/author/accademia-dei-lincei/>