

L'Ospedale che verrà tra Intelligenza artificiale e Medicina personalizzata

La prof.ssa Flora Peyvandi della Fondazione Irccs Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico e dell'Università degli Studi di Milano, evidenzia come l'ospedale del futuro, intelligente e integrato, debba trasformare i Big data e l'AI in cure personalizzate.

Un modello che coinvolge anche il territorio, rafforzando il ruolo dei Mmg nella presa in carico precoce e coordinata, dalle malattie rare a quelle comuni

A cura di **Anna Sgritto**

Il panorama sanitario mondiale è in rapida evoluzione, spinto dall'aumento della complessità clinica e dalle crescenti aspettative dei pazienti. In questo contesto, l'evoluzione degli ospedali non è solo desiderabile, ma necessaria. La prof.ssa **Flora Peyvandi**, della Fondazione Irccs Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico e dell'Università degli Studi di Milano, ha sottolineato l'importanza di questa trasformazione, delineando come le nuove tecnologie stiano rivoluzionando la cura sia delle malattie rare che di quelle comuni.

Le sfide che impongono il cambiamento

Gli ospedali tradizionali affrontano molteplici sfide strutturali. Vi è una carenza di strumentazione diagnostica avanzata necessaria per riconoscere precocemente condizioni rare o complesse, spesso accompagnata da una limitata conoscenza di tali strumenti. La gestione dei dati è problematica: si riscontrano dati frammentati e un significativo gap comunicativo tra competenze specialistiche diverse. A questo si aggiungono la mancata standardizzazione di trattamenti personalizzati e l'incremento notevole del costo dei farmaci e delle tecnologie diagnostiche.

Le sfide sono particolarmente acute nel campo delle malattie rare, caratterizzate da diagnosi difficile e tardiva a causa della bassa prevalenza e dell'ampia eterogeneità fenotipica e genotipica. Queste patologie soffrono di scarsa conoscenza scientifica, mancanza di esperti e assenza di standardizzazione. Inoltre, l'aumentata aspettativa di vita dei pazienti rari porta a complicanze croniche e progressive, comorbidità età-correlate, e naturalmente, l'alto costo dei farmaci.

La visione dell'ospedale del futuro

L'ospedale del futuro, come delineato dalle fonti, è concepito per essere intelligente, integrato e centrato sul paziente. Questo modello si basa sull'adozione di strumentazioni tecnologiche avanzate e, crucialmente, su un'infrastruttura intelligente per una raccolta integrata dei dati in tempo reale, nota come Big Data. L'obiettivo finale è che la Medicina personalizzata diventi lo standard di cura per tutti i pazienti. L'automazione veloce dei processi è fondamentale, così come l'integrazione di tecnologie avanzate, tra cui:

- **Omica avanzata:** Le Facilities di Omica includono il sequenziamento ad alta risoluzione di seconda e terza generazione per identificare alterazioni

genetiche, sia rare che comuni. Tecnologie come il single-cell e lo spatial transcriptomics permettono di caratterizzare l'espressione genica a livello cellulare e spaziale, svelando meccanismi patologici ed eterogeneità. Strumenti specifici citati includono il PromethION Nanopore sequencer e il Nanostring GeoMX® Digital Spatial Profiler.

- **Intelligenza artificiale (AI) e Radiomica:** L'AI sta rivoluzionando la diagnostica (Radiomica) attraverso l'analisi delle immagini mediche (come radiografie, Tac e risonanze). Il Machine Learning supporta l'estrazione automatica di informazioni cliniche, l'interpretazione di referti e cartelle cliniche, e contribuisce a diagnosi più rapide e precise, oltre a predire recidive e complicanze.

- **Robotica:** La chirurgia robot-assistita garantisce precisione e controllo. La robotica trova applicazione anche nel supporto alla riabilitazione e alla cura degli anziani, con la pianificazione chirurgica guidata da AI.

Il potere dell'integrazione: dati statici e dinamici

L'integrazione dei dati (Big data) è la chiave di volta, includendo dati clinici da Ehr (Electronic health record, cartella clinica elettronica), monitoraggio in tempo reale tramite dispositivi



Flora Peyvandi, Fondazione Irccs
Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico
e dell'Università degli Studi di Milano

wearable e IoT, imaging digitale e dati omici. Questa integrazione richiede una stretta collaborazione interdisciplinare tra medicina e informatica (AI, Machine learning, Automazione). È essenziale la collaborazione tra team multidisciplinari (medici, bioinformatici, bioingegneri) e partnership con politecnici, università, start-up, biotech e associazioni di pazienti. Per analizzare i Big Data si ricorre all'utilizzo del cloud e a piattaforme congiunte di comunicazione e formazione.

A livello strategico, è centrale l'integrazione tra dati statici (come genomica, multi-omica e imaging) e dati dinamici (come i dati provenienti da wearables e dal monitoraggio remoto). L'interoperabilità tra EHR e database multi-omici è necessaria. Per la condivisione dei dati, si adotta un approccio Federato (Flm). Un'innovazione cruciale è l'implementazione dei Digital Twins, modelli digitali del singolo paziente che consentono simulazioni predittive e l'ottimizzazione personalizzata delle terapie.

Il ruolo della Medicina generale nell'ecosistema digitale

L'integrazione tecnologica dell'ospedale non può prescindere da un raccordo strutturale con il territorio. In questo nuovo paradigma, il medico di medicina generale smette di essere un sem-

plice terminale di invio per diventare il gestore primario dei dati dinamici del paziente. Se l'ospedale analizza i dati "statici" (genomica e imaging ad alta risoluzione), il Mmg è il garante dei dati provenienti dal monitoraggio remoto, dai wearables e dall'IoT, fondamentali per alimentare i **Digital Twins** con informazioni sulla vita reale dell'assistito. Il ruolo del **medico di medicina generale** evolve verso una **"regia clinica digitale"**: grazie all'interoperabilità con il Fascicolo sanitario elettronico (Fse) e le piattaforme ospedaliere, i medici di medicina generale potrebbero intercettare precocemente i biomarcatori o segnali di allarme di malattia. La collaborazione multidisciplinare tra specialisti ospedalieri e Mmg, supportata dalle nuove tecnologie, permetterà di superare la frammentazione informativa e di garantire che la cura personalizzata non resti confinata nelle mura del Policlinico o dei grandi ospedali specialistici, ma si incanali in sistemi territoriali che seguono il paziente nella sua quotidianità.

Questioni di sicurezza

Nonostante il potenziale, l'avanzamento tecnologico solleva questioni di sicurezza, etica e privacy. È fondamentale la protezione dei dati sensibili, garantendo la conformità al Gdpr e ai principi etici, anche tramite l'uso della blockchain e dei consensi dinamici per l'utilizzo dell'IA. È inoltre necessaria la formazione continua su nuove procedure e tecnologie.

Applicazioni tecnologiche nella cura: malattie rare e comuni

Le nuove tecnologie stanno offrendo soluzioni concrete per affrontare le patologie. Nelle malattie rare, per esempio, l'AI e la telemedicina sono impiegate per la valutazione della salute articolare nell'emofilia, come dimostrato dal progetto Gaja (Guided self-Acquisition of Joint ultrAsound images). Nella

microangiopatia trombotica (Ttp), la **radiomica** supporta l'identificazione di marker di disfunzione del microcircolo cerebrale, mentre l'**analisi del genoma** (esoma e pannelli mirati) identifica marker genetici associati alla diagnosi e alla gravità, permettendo prognosi e trattamenti personalizzati.

Per le malattie comuni (cardiovascolari, neurodegenerative, infiammatorie e oncologiche), l'ipotesi è che esse condividano meccanismi patogenetici comuni, e che la disfunzione del microcircolo possa causare un disordine multisistemico con coinvolgimento di vari organi (cuore, cervello, reni, fegato, etc). Patologie clinicamente distinte potrebbero dunque rappresentare manifestazioni organo-specifiche di un medesimo processo biologico.

Lo studio del microcircolo è supportato da diagnostica strumentale avanzata, come l'imaging neurologico e cardiovascolare, l'Oct-a e la capillaroscopia. Strumenti di emostasi avanzata, come il Total thrombus-formation analysis system (T-tas), utilizzano camere di flusso microfluidiche per valutare in tempo reale la formazione di trombi su sangue intero.

L'AI, in particolare i Large language models (LLM) di OpenAI, è stata utilizzata per la meta-analisi della letteratura scientifica (PubMed), identificando un set di geni e le principali categorie di pathways biologici associati alla disfunzione del microcircolo nelle malattie neurologiche e cardiovascolari. L'obiettivo finale è validare questi biomarcatori fenotipici e omici nelle coorti selezionate.

Sguardo al futuro

Il futuro dell'assistenza sanitaria è riassunto nel motto "From Data to Cure". La missione è trasformare i Big Data e l'Intelligenza Artificiale in soluzioni terapeutiche personalizzate che siano al contempo accessibili a tutti. L'ospedale del futuro, intelligente e integrato, rappresenta il veicolo fondamentale per raggiungere questo obiettivo.