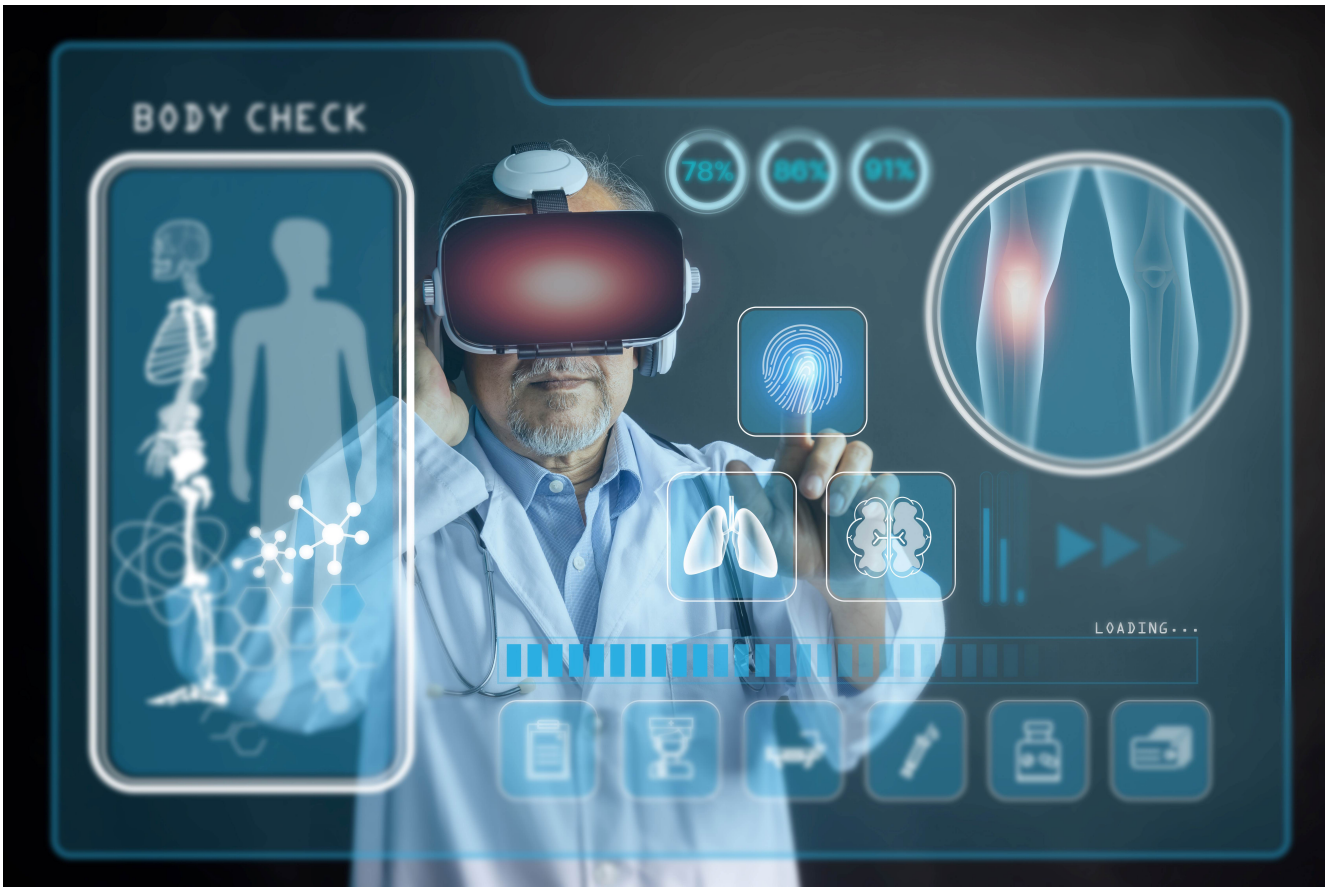
S&V FOCUS | L’uso dell’intelligenza artificiale generativa nel campo dei trapianti



Nonostante gli importanti risultati raggiunti negli ultimi anni dalla medicina dei trapianti, alcuni ostacoli sembrano ancora non permettere il pieno sviluppo delle operazioni salva-vita di trapianto. Ancora oggi le principali problematiche, che limitano lo sviluppo, sono collegate alla mancata corrispondenza tra domanda e offerta di organi, all’assegnazione degli organi, all’abbinamento donatore-ricevente, alle complicanze post-trapianto, all’aumento della complessità del paziente.

Le applicazioni dell’intelligenza artificiale, sempre più numerose in campo medico, sembrano poter contribuire al

miglioramento della ricerca anche in tale ambito: sono, infatti, in continua evoluzione nuove applicazioni nella medicina dei trapianti. L'aumento dell'accesso dei pazienti alle informazioni e ai portali elettronici, ma soprattutto la disponibilità di grandi set di dati sanitari – dati clinici, genetici, radiologici e metabolici sui trapianti – sembrano poter contribuire a migliorare l'assistenza personalizzata ai pazienti. Gli algoritmi di machine learning (ML) sono, così, applicati nella modellazione predittiva della mortalità in lista d'attesa, dell'abbinamento donatore-ricevente, della previsione della sopravvivenza, della diagnosi delle complicanze post-trapianto.

Un esempio è fornito dallo studio internazionale, promosso dal *Translational Research Centre for Organ Transplantation,* pubblicato su *Lancet Digital Health*, che ha sviluppato un nuovo sistema per la previsione della sopravvivenza dopo un trapianto di rene. Per la ricerca, sono stati utilizzati i dati di riceventi di trapianti di rene provenienti da 18 centri di trapianto in Europa, Stati Uniti e Sud America. Il modello è un sistema dinamico e integrativo per migliorare la stratificazione del rischio per i riceventi di trapianto di rene, generando previsioni continuamente raffinate di sopravvivenza attraverso dati clinici costantemente aggiornati. I dati prodotti da questo approccio hanno bisogno sempre, in ogni caso, dell'interpretazione del trapiantologo: il machine learning interpreta gli eventi clinici complessi assistendo i trapiantologi impegnati in decisioni complesse e imparando in maniera dinamica. La previsione degli esiti post-trapianto è estremamente complessa, coinvolgendo una grande quantità di dati clinici, di laboratorio, genetici, immunologici e metabolici.

Oltre alla prioritizzazione delle liste d'attesa e all'assegnazione degli organi, altre aree di applicazione nella medicina dei trapianti includono una migliore identificazione dei potenziali donatori di organi, delle

complicanze a breve e lungo termine e delle analisi farmacocinetiche.

Un recente articolo pubblicato su *American Journal of Transplantation*, dal titolo "*The Emerging Role of Generative Artificial Intelligence in Transplant Medicine*", mette in evidenza come l'AI generativa (GenAI) potrebbe semplificare anche molte attività di medici, scienziati, educatori, studenti e pazienti che si occupano di trapianti. L'AI generativa si affida ai sofisticati modelli di ML, chiamati modelli di deep learning (DL), che simulano processi di apprendimento e il processo decisionale del cervello umano, identificando e codificando modelli e relazioni in enormi quantità di dati.

GenAI potrebbe, così, aiutare i medici nell'analisi delle cartelle cliniche dei pazienti, riassumendo ad esempio storie mediche complesse. Sotto la supervisione di un medico o di un farmacista, GenAI potrebbe creare una guida personalizzata sul dosaggio dei farmaci, stabilire intervalli appropriati per il monitoraggio dei farmaci, segnalare potenziali interazioni farmacologiche in base al profilo farmacologico del paziente o contribuire alla generazione di farmaci immunosoppressori personalizzati. Nell'ambito della patologia dei trapianti, GenAI si sta dimostrando promettente nella gestione e nell'interpretazione dei dati delle immagini istopatologiche. Nell'ambito della preparazione chirurgica, sta, invece, rivoluzionando le procedure di trapianto facilitando la generazione di modelli di visualizzazione 3D da immagini 2D, migliorando l'accuratezza della pianificazione chirurgica dei trapianti.

L'AI generativa può, inoltre, aiutare nelle attività di ricerca sui trapianti: nella pianificazione della ricerca, ad esempio, può fornire supporto alla progettazione, alla generazione di protocolli e alla identificazione delle principali problematiche etiche.

Nello studio si evidenziano anche tre ostacoli principali per l'implementazione dell'AI generativa nello spazio clinico: la preoccupazione per i dati imprecisi, la trasparenza dei modelli di AI e la regolamentazione della sicurezza dei dati medici.

Il ML è in grado di analizzare set di dati grandi, complessi ed eterogenei, producendo modelli predittivi, con il potenziale di aiutare nella pratica clinica e nella ricerca. Le prestazioni degli algoritmi sono, in ogni caso, dipendenti dalla qualità dei dati di input: l'organizzazione di registri di dati con bassi tassi di perdita è fondamentale per lo sviluppo degli algoritmi.

In ogni caso, come per gli ambiti della medicina, anche nel campo dei trapianti l'esperienza e l'intelligenza umana restano indispensabili: i modelli linguistici possono essere un ausilio sempre più importante per i medici, per i ricercatori, per i pazienti, ma sempre nell'ambito di un'attività – soprattutto quella clinica – che rimane propriamente umana e relazionale.

Per approfondire:

1. Deeb M, Gangadhar A, Rabindranath M, Rao K, Brudno M, Sidhu A, Wang B, Bhat M. The Emerging Role of Generative Artificial Intelligence in Transplant Medicine. Am J Transplant. 2024 Jun 18:S1600-6135(24)00382-4.

2. Raynaud M, Aubert O, Divard G, Reese PP, Kamar N, Yoo D, Chin CS, Bailly É, Buchler M, Ladrière M, Le Quintrec M, Delahousse M, Juric I, Basic-Jukic N, Crespo M, Silva HT Jr, Linhares K, Ribeiro de Castro MC, Soler Pujol G, Empana JP, Ulloa C, Akalin E, Böhmig G, Huang E, Stegall MD, Bentall AJ, Montgomery RA, Jordan SC, Oberbauer R, Segev DL, Friedewald JJ, Jouven X, Legendre C, Lefaucheur C, Loupy A. Dynamic prediction of renal

survival among deeply phenotyped kidney transplant recipients using artificial intelligence: an observational, international, multicohort study. Lancet Digit Health. 2021 Dec

3. Gotlieb, N., Azhie, A., Sharma, D. et al. The promise of machine learning applications in solid organ transplantation. npj Digit. Med. 5, 89 (2022).