

FOCUS

COLONNA VERTEBRALE

Elisa Papa



L'intelligenza artificiale nella clinica rivoluzione e implicazioni

Ragionamento, apprendimento, percezione, risoluzione di problemi, comprensione del linguaggio naturale, riconoscimento di schemi sono solo alcuni dei task che se in passato richiedevano l'azione umana oggi possono rapidamente essere eseguiti da algoritmi di IA. Una tecnologia che è destinata a rivoluzionare rapidamente la nostra vita e il nostro lavoro. L'entità di questa rivoluzione epocale è ben riassunta

in un recente rapporto datato ottobre 2024 della Banca d'Italia, che ha stimato in circa 15 milioni i lavoratori italiani (su un totale di 22 milioni) esposti in qualche misura all'IA. Di questi, quasi 5 milioni rischiano di essere da essa sostituiti nel loro impiego. Settori come sanità ed educazione, pur avendo un'alta esposizione all'IA, sono in verità meno sensibili a questa possibilità, beneficeranno piuttosto di effetti complementari che renderanno il lavoro umano più efficiente e preciso. Benché l'IA

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.

L'intelligenza artificiale in medicina è una realtà in forte espansione e il futuro promette progressi ancora più rapidi e significativi alla luce dell'importante sviluppo della ricerca scientifica in questo campo. Una rivoluzione che migliorerà i percorsi di cura e la gestione del paziente, ma che oggi non è scevra da criticità da risolvere e sfide da vincere.

sia una tecnologia giovane, il suo uso nella pratica clinica è già in alcuni ambiti realtà. Molte sono le potenzialità inesprese che la ricerca scientifica sta mettendo in luce preparando a una vera e propria rivoluzione in sanità. Ne ha parlato il prof. Francesco Negrini, fisiatra e professore associato dell'Università degli

Studi dell'Insubria, nel corso dei webinar di aggiornamento 2024 del Gruppo Studio Scoliosi.

Un'esplosione d'intelligenza

Entro il 2026, si stima che il celebre chatbot di Open AI, ChatGPT, avrà letto l'intero scibile umano disponibile online. Le intelligenze artificiali hanno raggiunto prestazioni impensabili, fino a qualche anno fa, in campi fondamentali come la comprensione del linguaggio, il riconoscimento delle immagini e la capacità di ragionamento predittivo; traguardi che sono in assonanza con il pensiero dell'ultimo premio Nobel per la fisica Geoffrey E. Hinton, il quale, paragonando la rivoluzione dell'IA a quella industriale, ha ipotizzato che come nel XIX secolo le macchine hanno superato l'uomo nella forza fisica, così presto l'IA potrebbe superarlo dal punto di vista intellettuale. Si tratta per vero di tecnologie non nuove, nate alcuni decenni or sono, i cui prodromi sono però da ricercare nel famoso convegno estivo del 1956 al Dartmouth College, dove John McCarthy e altri pionieri dell'informatica coniarono formalmente l'espressione "intelligenza artificiale" e avviarono un nuovo campo di ricerca. La vera e recente innovazione, resa possibile dall'enorme balzo in avanti delle tecnologie digitali, è stata la straordinaria capacità di calcolo raggiunta da questi sistemi che in diversi campi hanno già superato le capacità umane. Se le previsioni di Stephen Hawkin e Stuart Russel – i quali credettero

che l'abilità dell'intelligenza artificiale di riprogettarsi da sola a una velocità sempre più elevata, avrebbe portato a una "esplosione d'intelligenza" inarrestabile e all'estinzione del genere umano – appaiono ancora lontane e fantascientifiche, è pur vero che Open AI ha istituito un team dedicato a studiare le implicazioni etiche e le possibili regolamentazioni di queste tecnologie.

I primi passi in campo clinico

Parlare dell'uso dell'IA nella pratica clinica può sembrare una novità, ma la stessa potrebbe diventare così pervasiva da essere data per scontato, proprio come è successo con i pc in medicina. «L'IA sta muovendo i primi passi, come all'inizio della rivoluzione digitale fecero i Commodore e gli IBM, i primi pc, i modem a 56 K per le prime navigazioni sulla rete o i rudimentali e ingombranti cellulari», esordisce il prof. Negrini. «Oggi questi strumenti, grazie all'esponenziale evoluzione tecnologica, sono parte integrante della clinica quotidiana. Possiamo considerarci all'inizio di una trasformazione senza precedenti che porterà con ogni probabilità l'IA a divenire irrinunciabile nel nostro lavoro». Negli ultimi anni, la ricerca sull'uso dell'IA in medicina clinica ha registrato una crescita dirompente. Solo nel biennio 2022-2023, i fondi destinati a questo settore si sono ottuplicati, raggiungendo i 25 miliardi di dollari. Sebbene i dati del 2023-2024 non siano ancora disponibili, il trend indica un'accelerazione



Francesco Negrini, fisiatra e professore associato dell'Università degli Studi dell'Insubria

FOCUS

COLONNA VERTEBRALE

esponenziale: più finanziamenti significano più studi, più innovazioni e risultati sempre più rapidi. Da un punto di vista storico e concettuale, l'IA ha il potenziale per rivoluzionare ogni fase della medicina clinica, dalla prevenzione alla gestione del paziente. Le sue applicazioni spaziano dalla prevenzione, allo screening, diagnosi, trattamento, decision-making clinico, previsioni prognostiche, monitoraggio e follow-up. I numerosi studi di ricerca condotti testimoniano l'interesse della

comunità medico-scientifica nell'incrementare i possibili risvolti applicativi. Al momento, le applicazioni più avanzate e consolidate riguardano oncologia e radiologia, in particolare per l'analisi e riconoscimento di immagini diagnostiche, la gestione di grandi quantità di dati genetici, l'identificazione di biomarcatori per diagnosi complesse. Questi settori hanno registrato veri e propri picchi d'innovazione, con l'IA impiegata per migliorare l'accuratezza diagnostica e supportare i medici nelle decisioni cliniche.

Ricerca avanza

Quali sono gli ambiti di ricerca oggi più battuti per l'impiego dell'IA? L'IA può avere, per esempio, un ruolo chiave nella valutazione del danno funzionale, identificando e analizzando deficit fisici e cognitivi. È in grado di supportare il monitoraggio delle funzioni motorie degli arti superiori, della deambulazione e dei disturbi del linguaggio, oltre a studiare i movimenti per classificare il livello di impairment. L'uso di tecnologie avanzate, come sensoristica indossabile, elettromiografia di superficie e dispositivi robotici, consente di raccogliere informazioni dettagliate sullo stato del paziente, offrendo dati preziosi per una valutazione più accurata.

«Uno dei principali punti di forza dell'IA è la capacità di elaborare una quantità straordinaria di dati, ampliando le possibilità di analisi e interpretazione. La sensoristica indossabile, attraverso strumenti come accelerometri, smartwatch

e smartphone, rappresenta una fonte inesauribile di informazioni. A queste si aggiungono tecnologie più sofisticate, come l'elettromiografia di superficie e i dispositivi robotici, che registrano e trasmettono dati in tempo reale. Un esempio emblematico è la gait analysis, l'analisi del cammino, che produce un'enorme mole di dati da decodificare per comprendere meglio le problematiche del paziente. Grazie alla sua potenza di calcolo, l'IA permette di trasformare queste informazioni in strumenti diagnostici e prognostici più precisi. In un contesto in cui la quantità di dati rischia di essere dispersiva o difficile da interpretare, diventa essenziale un sistema capace di organizzarli e renderli utilizzabili. Ciò consente di quantificare con più accuratezza eventuali anomalie nella deambulazione e individuare le cause specifiche di un deficit motorio. L'IA, dunque, si configura come un alleato fondamentale nella medicina riabilitativa, migliorando la precisione diagnostica e offrendo nuove possibilità per monitoraggio e trattamento dei pazienti».

Prevenire le cadute

Uno studio di Moore e collaboratori (J Moore et al. Enhancing Free-Living Fall Risk Assessment: Contextualizing Mobility-Based IMU Data, Sensors, 2023) ha sviluppato un sistema innovativo per l'analisi del rischio di caduta. I ricercatori hanno combinato un'unità di misura inerziale (IMU) con una videocamera indossabile,



raccogliendo dati sulla mobilità per identificare variazioni in velocità e cadenza del passo, parametri spesso correlati ad aumento del rischio di caduta. L'IA ha permesso d'interpretare queste variazioni tenendo conto del contesto ambientale, come tipo di terreno o condizioni esterne, offrendo una visione più completa dei fattori di rischio. Gli autori dello studio hanno testato questa tecnologia su persone con disabilità, soggetti che presentano un rischio di caduta più elevato, monitorandone i movimenti in ambienti reali. L'integrazione tra il video e i dati della IMU ha consentito di ottenere informazioni più dettagliate sulla mobilità ecologica, ovvero su come i pazienti si muovono nello spazio quotidiano. Questa tecnologia potrebbe aprire nuovi risvolti applicativi, nuove prospettive non solo nella prevenzione delle cadute ma anche nella progettazione dell'ambiente urbano. «Se da un lato conosciamo già alcuni dei principali fattori di rischio, questo tipo di analisi potrebbe fornire ulteriori indicazioni su quali aspetti del contesto esterno influenzino maggiormente stabilità e movimento. Inoltre, potrebbe essere utile per definire strategie di riabilitazione più mirate, aiutando a individuare aspetti specifici su cui intervenire per ridurre il rischio di caduta nei pazienti con disabilità».

IA e riabilitazione

Proprio sul fronte della riabilitazione, l'uso dell'IA sta trasformando il settore

grazie alla sua integrazione con strumenti robotici e tecnologie immersive come la realtà virtuale. Queste soluzioni consentono di raccogliere enormi quantità di dati e di analizzarli in tempo reale per personalizzare le terapie. Tecnologie come interfacce cervello-computer (BCI), realtà virtuale e robot assistivi migliorano engagement ed efficacia dei trattamenti riabilitativi, offrendo ai pazienti esperienze più immersive e interattive. «Un esempio concreto dell'integrazione dell'IA a bordo delle avanzate tecnologie di riabilitazione è l'uso di un braccio robotico dotato di IA, in grado di analizzare rapidamente i segnali elettromiografici e rilevare quando il paziente intende muovere il braccio. Il sistema eroga la giusta quantità di stimolazione elettrica per supportare il movimento, un livello di precisione difficilmente raggiungibile con le tecnologie tradizionali».

Individuazione precoce della scoliosi

L'applicazione dell'IA si estende alla predizione di esiti e prognosi. Deep learning e analisi predittiva aiutano a monitorare i progressi dei pazienti e a personalizzare il percorso terapeutico sulla base dei dati raccolti durante le valutazioni e le sessioni di terapia. Analizzando dati clinici, radiologici e funzionali già prima dell'inizio del trattamento, si può prevedere con maggiore accuratezza sfide future e possibili complicanze, adattando l'intervento riabilitativo in modo più mirato. Uno studio condotto da Negrini e colleghi (F. Negrini

et al. Developing a new tool for scoliosis screening in a tertiary specialist setting using artificial intelligence: a retrospective study on 10813 patients, Eur Spine J, 2023) ha esplorato, in questo senso, l'uso dell'IA per migliorare lo screening della scoliosi. «Tradizionalmente l'angolo di rotazione del tronco (ATR), misurato con lo scoliotmetro, è stato il principale indicatore diagnostico. Tuttavia, nello studio abbiamo ipotizzato che un'analisi più ampia, includendo parametri come sesso, età, altezza delle prominenze, BMI, familiarità, simmetrie e localizzazione della curva scoliotica, potesse migliorare la capacità d'individuare la malattia in fase precoce. Con un database di dati raccolti tra 2004 e 2023 presso **ISICO** abbiamo addestrato un algoritmo di machine learning, ottenendo risultati più precisi rispetto ai metodi tradizionali. Benché lo studio abbia dimostrato il potenziale di questo approccio, resta fondamentale validarlo su una popolazione più ampia e significativa, come quella degli screening scolastici. Questa ricerca sottolinea un aspetto cruciale dell'uso dell'IA in medicina: la qualità e la rappresentatività dei dati usati per addestrare gli algoritmi. Un dataset non adeguato potrebbe portare risultati non affidabili, rendendo necessaria un'ulteriore validazione su campioni più diversificati».

L'APPLICAZIONE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SI ESTENDE ALLA PREDIZIONE DI ESITI E PROGNOSI

FOCUS

COLONNA VERTEBRALE

IA e teleriabilitazione

Un altro ambito in cui l'IA ha trovato ampio spazio è la teleriabilitazione. Con la diffusione della telemedicina, questi sistemi permettono ai pazienti di ricevere terapie da remoto, abbattendo le barriere geografiche e migliorando l'accesso ai trattamenti riabilitativi. L'importanza di questa tecnologia è stata evidente durante la pandemia da Covid-19, quando la necessità di alternative alla riabilitazione in presenza era cruciale. La teleriabilitazione si avvale di un'ampia gamma di sensori e dispositivi indossabili, tra cui accelerometri, cardiofrequenzimetri, saturimetri e, in certi casi, spirometri. Questi strumenti raccolgono dati continui su condizioni del paziente ed esecuzione degli esercizi, permettendo all'IA di analizzarli in tempo reale per monitorare i progressi e personalizzare il percorso terapeutico. Uno studio del 2020 condotto da Sang Hoon Chae e colleghi (Sang Hoon Chae et al. Development and clinical evaluation of a web-based upper limb home rehabilitation system using a smartwatch and machine learning model for chronic stroke survivors, JMIR Mhealth Uhealth, 2020) ha dimostrato che l'IA può essere usata per monitorare automaticamente gli esercizi riabilitativi. Il sistema sviluppato utilizzava uno smartwatch e un'app su smartphone per riconoscere tipo e frequenza degli esercizi svolti dai pazienti senza bisogno di input manuali. I risultati hanno evidenziato un'accuratezza del 99,8% nel riconoscimento degli esercizi,

confermando l'efficacia dell'IA nel migliorare il monitoraggio della riabilitazione domiciliare. Questa tecnologia garantisce maggiore adesione ai programmi riabilitativi e consente di raccogliere dati affidabili e dettagliati senza necessità d'interazione diretta con il paziente, ottimizzando il processo terapeutico.

Cervello e trattamenti riabilitativi

Sempre in tema di riabilitazione, l'IA è fondamentale nel migliorare la precisione delle analisi di immagini radiografiche, ecografiche e, soprattutto, nella mappatura della connettività funzionale del cervello, aspetto cruciale per personalizzare i trattamenti riabilitativi. Il cervello è un sistema estremamente complesso e, nonostante i progressi della ricerca, la sua piena comprensione è ancora lontana. Tuttavia, la potenza di calcolo dell'IA potrebbe aiutare a individuare nuovi modelli di connettività e fornire informazioni preziose per la riabilitazione neurologica. Uno studio condotto da Varkuti e colleghi (B Varkuti et al. Resting state changes in functional connectivity correlate with movement recovery for BCI and Robot-Assisted Upper-Extremity Training after Stroke, Neurorehabil Neural Repair, 2013) ha analizzato l'evoluzione della connettività cerebrale a riposo nei pazienti post ictus sottoposti a riabilitazione con interfacce cervello-computer (BCI) e robot assistivi per gli arti superiori. L'obiettivo dello studio era valutare se i cambiamenti nella connettività funzionale potessero



correlare con il miglioramento motorio. Gli algoritmi di IA sono stati impiegati per analizzare le immagini di RM funzionale, identificando pattern di connessioni tra regioni motorie e visuospatiali. I risultati hanno mostrato che queste modifiche nella connettività cerebrale possono essere indicatori validi del recupero motorio, fornendo nuove prospettive su come il sistema nervoso centrale si adatti agli interventi riabilitativi. «Questo tipo di applicazione dell'IA è molto interessante perché permette di correlare i trattamenti riabilitativi con modifiche osservabili nella struttura e funzione del cervello, avvicinandoci sempre di più alla dimostrazione scientifica di ciò che da tempo si ipotizza: l'esercizio è un farmaco, con

L'IA MIGLIORA
LA PRECISIONE
DELLE ANALISI
DI IMMAGINI
RADIOGRAFICHE
ED ECOGRAFICHE
E, SOPRATTUTTO,
MIGLIORA LA
MAPPATURA
DELLA
CONNETTIVITÀ
FUNZIONALE DEL
CERVELLO

Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.



effetti precisi e misurabili anche sul sistema nervoso centrale. Un simile approccio potrebbe in futuro migliorare l'efficacia dei trattamenti e affinare le strategie riabilitative in base alle risposte individuali dei pazienti».

Educare il paziente con l'IA

L'IA potrebbe rivoluzionare l'educazione del paziente, offrendo strumenti personalizzati e interattivi che facilitano comprensione della propria salute e monitoraggio delle terapie. Chatbot e assistenti virtuali potrebbero supportare i pazienti con informazioni dettagliate sulle loro condizioni, suggerimenti per migliorare lo stile di vita, promemoria per farmaci e visite mediche. «Uno degli aspetti più interessanti è la possibilità di mantenere un supporto educativo

anche dopo la visita medica. Spesso, i pazienti dimenticano le spiegazioni ricevute o hanno ulteriori domande che emergono in un secondo momento. In questo senso, l'IA può essere un aiuto prezioso, fornendo risposte chiare e basate su evidenze scientifiche, sempre sotto la supervisione del personale medico». Uno studio pubblicato nel 2023 da S. Lang e colleghi (S. Lang et al. Are large language models valid tools for patient information on lumbar disc herniation? The Spine Surgeon Perspective, Brain Spine, 2024) ha valutato accuratezza ed efficacia di modelli linguistici avanzati come ChatGPT e Google Bard nel fornire informazioni sui pazienti affetti da ernia discale lombare. I ricercatori hanno sottoposto a questi modelli le FAQ dei pazienti e le risposte

generate sono state valutate da esperti del settore. I risultati hanno evidenziato che il 71% delle risposte era considerato adeguato, di cui molte eccellenti o con solo lievi necessità di modifica, il 18% avrebbe richiesto correzioni più sostanziali, mentre il 10% era del tutto errato o insoddisfacente. Un altro aspetto interessante emerso è stato il livello di empatia percepito nelle risposte. Gli esperti hanno assegnato ai modelli linguistici un punteggio superiore a 3,5 su 5 per completezza, chiarezza, empatia e lunghezza delle risposte. Questo suggerisce che, oltre alla correttezza delle informazioni, l'IA può offrire un'interazione più umana e coinvolgente, aspetto fondamentale nella relazione medico-paziente.

Il progetto ISAIA

Proprio su questa potenziale applicazione operativa s'innesta il progetto ISAIA (ISICO AI Assistant) di ISICO. «L'idea alla base del progetto è creare un sistema che possa assistere il personale medico in diverse attività quotidiane. Uno degli ambiti principali è il supporto nella comunicazione con i pazienti. ISAIA potrebbe fornire risposte a domande di cultura generale su scoliosi e trattamenti, facilitare la redazione di e-mail, e contribuire alla gestione delle FAQ, rendendo più fluido e immediato il dialogo con chi sta affrontando un percorso terapeutico. Un altro aspetto su cui si sta lavorando riguarda il miglioramento dei processi aziendali e clinici, attraverso la possibilità d'interrogare il

FOCUS

COLONNA VERTEBRALE



database interno in modo più intuitivo, facilitare la ricerca di casi clinici simili e ottimizzare la gestione delle agende e dei flussi di lavoro. Questo tipo di supporto potrebbe essere particolarmente utile non solo nella pratica quotidiana ma anche per la formazione dei professionisti e lo sviluppo della ricerca scientifica. Un ulteriore sviluppo, su cui il team sta ragionando, riguarda il potenziale uso dell'IA per supportare prescrizione di trattamenti e identificazione di movimenti di autocorrezione nel metodo SEAS. L'IA potrebbe proporre soluzioni basate sull'analisi di casi clinici passati, aiutando i medici a individuare strategie terapeutiche già adottate con successo in situazioni analoghe». Per garantire accuratezza e coerenza delle informazioni fornite, il modello è addestrato usando materiale validato proveniente da diverse fonti interne, come domande e risposte del blog, e-mail ai pazienti, slide di formazione e

FAQ del sito ufficiale. Un aspetto fondamentale del progetto è la tutela della privacy: il database è stato sviluppato in modo da non condividere informazioni sensibili con servizi esterni, garantendo la protezione dei dati dei pazienti in conformità con le normative vigenti.

Criticità dell'IA

Privacy e sicurezza dei dati sono limiti non ignorabili dell'uso dell'IA, soprattutto in ambito medico. «Le informazioni sanitarie sono estremamente sensibili e vulnerabili a cyber attacchi e il loro uso in strumenti online non protetti potrebbe comportare gravi violazioni. Pertanto, è fondamentale evitare d'inserire dati sensibili in piattaforme come ChatGPT o altri sistemi di IA generativa non specificamente progettati per gestire informazioni cliniche in modo sicuro. Un altro limite significativo riguarda la possibile perdita di competenze cliniche. Se il personale medico si abitua a delegare all'IA

attività cruciali come l'analisi dell'anamnesi o la scelta del trattamento, c'è il rischio di un progressivo indebolimento delle capacità decisionali e della capacità d'interpretare in autonomia informazioni mediche. Un tema già discusso ai tempi dell'introduzione dei computer, strumento oggi indispensabile nella routine clinica, ma al contempo anello fragile della gestione del paziente e delle terapie che potrebbe essere messo a repentaglio da un banale guasto dei sistemi informatici ospedalieri». Un ulteriore problema è la trasparenza limitata degli algoritmi, spesso definiti «scatole nere». Ciò significa che, pur ottenendo risposte in apparenza corrette e coerenti, non sempre è possibile comprendere il processo che ha portato l'IA a una data conclusione. Inoltre, i modelli di IA apprendono dai dati su cui vengono addestrati, il che li rende vulnerabili ai bias. «Se il materiale di partenza è sbilanciato o presenta errori, l'IA riprodurrà quelle stesse distorsioni, portando risultati potenzialmente inaffidabili o non equi per tutti i pazienti. L'applicazione dell'IA nella clinica quotidiana non è scevra da criticità e da importanti sfide da superare. Benché si stia lentamente adeguando, il SSN non ha ancora del tutto adottato tecnologie digitali. In questo contesto, il passaggio all'IA richiederà non solo strumenti avanzati ma anche una profonda revisione delle modalità di raccolta, gestione e protezione dei dati, affinché questa rivoluzione possa avvenire in modo sicuro ed efficace».