

NUOVE TECNOLOGIE

Come l'Intelligenza Artificiale sta riscrivendo lo screening del cancro ginecologico

Dalla patologia digitale ai microscopi senza lenti, fino ai nuovi colposcopi e isteroscopi dotati di visione artificiale. Un'analisi completa delle applicazioni dell'Intelligenza Artificiale in questo particolare settore della ginecologia, tra progressi futuri e sfide attuali



CARLO SBIROLI
Past president Aogoi

L'INTRODUZIONE dell'Intelligenza Artificiale (IA) nel settore della patologia nel 2017 ha segnato l'inizio di una trasformazione digitale, portando una serie di innovazioni tecnologiche che continuano a modificare questo settore della diagnostica in modo radicale. Oggi i patologi non si limitano più al solo studio dei preparati cito-istologici, cosiddetti "vetrini", valutati tradizionalmente al microscopio, ma integrano le loro analisi con tecnologie digitali all'avanguardia. Questo avanzamento tecnologico si manifesta in modo particolare con l'adozione degli scanner ad alta risoluzione, diventati strumenti essenziali nella diagnostica medica. Questi dispositivi sono capaci di catturare ogni minimo particolare nei preparati biologici, spesso rivelatori di malattia. Questa attenzione al dettaglio è stata raggiunta con la tecnologia delle *Whole Slide Images* (WSI), cosiddette "immagini a vetrino intero", che consentono ai patologi di esaminare i campioni biologici con un livello di dettaglio senza precedenti, superando le limitazioni del campo visivo del microscopio tradizionale. Grazie alla digitalizzazione dei vetrini, i patologi possono ora ingrandire aree specifiche dei tessuti, mantenendo al contempo una visione completa del campione. Questa precisione è particolarmente importante nella diagnostica oncologica, dove la capacità di misurare con esattezza le aree interessate dalla neoplasia può fare la differenza nella pianificazione del trattamento.

Le WSI non rappresentano solo un avanzamento tecnologico in termini di dettaglio e precisione, ma facilitano anche l'integrazione dell'IA nella patologia digitale. La capacità delle WSI di fornire immagini ad alta risoluzione dell'intero vetrino si adatta perfettamente per essere utilizzate dalla *Visione Artificiale*, un ramo avanzato dell'IA, che trasforma le scansioni digitali in dati che possono essere processati per estrarre informazioni diagnostiche dettagliate. Brian Lovell, dell'Università del Queensland, esperto nel settore, spiega come "l'IA applicata alla patologia digitale si avvalga di reti neurali convoluzionali (CNN), basati su algoritmi di apprendimento automatico. Questa tecnologia analizza le immagini strato dopo strato e traduce ogni singolo pixel in dati numerici che sintetizzano le caratteristiche salienti del tessuto esaminato". Grazie a questa analisi, gli algoritmi sono capaci di riconoscere schemi, forme, texture e strutture cellulari all'interno delle immagini, permettendo ai patologi di fare distinzioni nette e accurate tra i

tessuti sani e quelli malati.

Per raggiungere un'autonomia decisionale, gli algoritmi richiedono un'accurata fase di addestramento che richiede l'utilizzo di vaste raccolte (dataset) di immagini digitali di campioni biologici, le WSI. Ogni immagine deve essere accuratamente etichettata per istruire gli algoritmi a riconoscere le differenze tra tessuti normali e quelli malati. Nadia Brancati dell'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni del CNR sottolinea l'importanza del contributo umano: "Dietro ogni WSI c'è un significativo lavoro di classificazione. Per garantire che l'algoritmo impari in modo efficace, è cruciale che ogni immagine sia esaminata e catalogata accuratamente".

Oggi, la sfida maggiore sta nella scarsa disponibilità di questi dataset. Tuttavia, la buona notizia è che recentemente si sta assistendo a un trend positivo: le istituzioni sanitarie stanno iniziando a condividere più liberamente i loro archivi, potenziando così le risorse a disposizione per l'addestramento degli algoritmi e facilitando la strada verso diagnosi più precise e rapide.

MICROSCOPI SENZA LENTI

I MICROSCOPI si stanno sempre più adeguando alla patologia digitale. Una delle innovazioni più significative in questo campo è rappresentata dai microscopi senza lenti, potenziati dall'IA. La particolarità di questi microscopi sta nel loro meccanismo di funzionamento: anziché utilizzare lenti tradizionali per ingrandire la visione degli oggetti, catturano i raggi di luce che rimbalzano dai campioni e, mediante algoritmi di visione artificiale, li traducono in immagini digitali ad alta risoluzione. "È un processo che converte la luce catturata in un insieme complesso di dati", precisa professor Wong dell'Università di Waterloo. "Questi dati vengono poi analizzati dall'IA per generare rappresentazioni precise dei tessuti a livello microscopico, che sono fondamentali nella diagnosi cito-istologica".

Esistono diversi tipi di microscopi senza lenti. Alcuni modelli utilizzano algoritmi per elaborare le immagini, mentre altri sfruttano proprietà fisiche della luce, come la diffrazione e l'interferometria. La diffrazione utilizza la luce che passa attraverso i campioni per creare pattern complessi, che vengono convertiti in immagini dettagliate del tessuto. L'interferometria, dall'altra parte, sfrutta le interazioni delle onde luminose che, modificando la loro traiettoria quando incontrano il tessuto, rivelano dettagli microscopici, come la disposizione e la densità delle cellule, fondamentali



per identificare specifiche patologie. Anche l'uso dei sensori CMOS, simili a quelli impiegati nelle fotocamere digitali, trovano largo uso nei microscopi senza lenti, facilitando notevolmente l'analisi rapida di vasti campioni di tessuto, un vantaggio decisivo per esempio nello screening oncologico dove è fondamentale la velocità di analisi.

I microscopi senza lenti stanno stabilendo nuovi standard per praticità, velocità e precisione nell'imaging diagnostico. In particolare, i microscopi olografici digitali e quelli a fluorescenza senza lenti stanno facendo grandi progressi. I primi producono immagini tridimensionali dei tessuti, cruciali per individuare con precisione cambiamenti cellulari precancerosi. I secondi utilizzano luce speciale per evidenziare marcatori cellulari e rilevare alterazioni potenzialmente maligne, migliorando significativamente l'efficacia dello screening del cancro ginecologico.

INTELLIGENZA ARTIFICIALE E SCREENING CITO-ISTOLOGICO

ATTUALMENTE GLI APPARECCHI di colposcopia e isteroscopia utilizzano telecamere digitali ad alta risoluzione per acquisire immagini nitide e dettagliate delle strutture tissutali della cavità, del canale cervicale e della cervice uterina. Sebbene dispositivi di questo tipo, dotati di visione artificiale, non siano ancora disponibili sul mercato, prototipi testati in studi pilota hanno già dimostrato come l'IA possa migliorare significativamente l'accuratezza nella rilevazione e classificazione delle lesioni ginecologiche. La maggior parte di questi studi presenta una certa eterogeneità in termini di diversità delle popolazioni incluse, utilizzo di diversi comparatori e segnalazione delle caratteristiche del test. Questa eterogeneità rende difficili i confronti diretti tra i vari algoritmi. Tuttavia il principale ostacolo all'adozione di questa tecnologia rimane la scarsità di dataset-WSI ampi, dettagliati e validati. Come già evidenziato in precedenza, questi dataset sono

Secondo appuntamento di *GynecoAogoi* sull'impiego dell'Intelligenza Artificiale nel trattamento del cancro ginecologico. Ogni articolo si propone di essere un elemento informativo di rilievo, offrendo non solo uno sguardo d'insieme, ma anche strumenti operativi e analisi approfondite sull'impiego di queste tecnologie avanzate.



essenziali per lo sviluppo e l'ottimizzazione di sistemi diagnostici affidabili, in quanto l'accuratezza degli algoritmi di IA dipende fortemente dalla qualità e dalla quantità dei dati su cui sono addestrati.

COLPOSCOPIA

LA COLPOSCOPIA È UN ESAME FONDAMENTALE nella diagnostica del cancro del collo dell'utero, ma nonostante la sua rilevanza clinica, le competenze degli operatori possono variare significativamente e gli standard diagnostici non sono sempre applicati in maniera uniforme. Per rendere le diagnosi più precise e ridurre queste variabilità, si sta puntando sull'integrazione dell'IA. L'obiettivo è affiancare i colposcopisti con strumenti tecnologicamente avanzati che possano supportarli nella formulazione di diagnosi più precise e accurate.

Conferme dell'impatto positivo dell'IA emergono dalla letteratura scientifica. È il caso, ad esempio, del colposcopio sviluppato nel 2020 dal team guidato da Xue, anatomo-patologo presso il Centro Nazionale di Ricerca Clinica sul Cancro a Pechino. Analizzando più di 19.000 pazienti, questo team ha evidenziato un miglioramento nella rilevazione di lesioni cervicali, precancerose e cancerose, grazie proprio all'uso di colposcopi potenziati dall'IA. Similmente, Zhao, alla guida del centro di ricerca a Sichuan, ha osservato con lo stesso sistema una maggiore sensibilità rispetto alle metodologie tradizionali, mantenendo un'accuratezza diagnostica elevata.

Esperti come Wang dell'Università di Shenyang sono ottimisti riguardo al futuro dell'IA nella diagnostica medica. Prevedono che presto la maggior parte dei colposcopi nei centri di prevenzione e diagnosi del cancro genitale femminile saranno equipaggiati con tale tecnologia. Questo progresso promette di rendere l'identificazione delle lesioni più efficiente e di aumentare la precisione delle biopsie, migliorando così l'esito delle cure e riducendo il margine di errore umano.

ISTEROSCOPIA

GLI ISTEROSCOPI MODERNI DIGITALIZZATI, dotati di strumenti e ottiche miniaturizzate, hanno notevolmente migliorato l'analisi del canale cervicale e della cavità uterina, incrementando sensibilmente l'affidabilità diagnostica. Uno studio condotto da Takahashi dell'Università di Tokyo, dimostra che l'integrazione dell'IA negli isteroscopi migliora considerevolmente l'accuratezza nel differenziare patologie uterine quali polipi, miomi e cancro. Gli algoritmi di apprendimento profondo applicati alle WSI hanno incrementato la precisione diagnostica dall'80 al 90%, segnando un progresso significativo nello screening del cancro endometriale. Tuttavia, anche nel caso dell'isteroscopia, la carenza di ampi dataset validati, ostacola l'adozione più ampia dell'IA in questo settore.

CITOLOGIA, PAP-TEST

L'applicazione delle tecniche di apprendimento profondo e di visione artificiale, ottenute tramite microscopi di ultima generazione, ha rivoluzionato l'analisi dei Pap-test. L'IA è in grado di valutare con estrema precisione le caratteristiche morfologiche dei campioni, come dimensioni e forma dei nuclei cellulari, il rapporto nucleo-citoplasma e la presenza di anomalie cromatiniche. Questo approccio migliora significativamente l'accuratezza diagnostica e riduce i tempi di analisi. I risultati sono chiari: gli studi del patologo Sanyal a Calcutta evidenziano un'accuratezza del 94% quando si usa dell'IA con una sensibilità del 96% e una specificità del 91%. A confermare queste dati, ci sono anche gli studi di Makris ad Atene che dimostrano come l'apprendimento profondo analizzi con successo migliaia di immagini citologiche. Questo promette un futuro in cui la diagnosi precoce e accurata del cancro cervicale sarà alla portata di tutti.

Quest'avanzamento tecnologico segna un progresso tangibile che si traduce in una prevenzione

più efficace del cancro cervicale. Democratizza l'accesso a uno screening di qualità elevata e velocizzando il processo di rilevamento delle patologie, per un impatto sanitario positivo su scala globale.

BIOPSIE

NELL'AMBITO DELLO SCREENING del cancro ginecologico, una delle tecniche più promettenti combina la precisione delle biopsie - sotto guida colposcopica per cervice o isteroscopica per endometrio - con l'analisi avanzata offerta dalla patologia digitale potenziata dall'IA.

Studi recenti sul cancro del collo dell'utero hanno dimostrato che biopsie eseguite sotto guida colposcopica e analizzate tramite microscopi dotati di IA hanno migliorato l'accuratezza di classificazione fino all'85% su vasti set di oltre mille immagini. Similmente per il cancro endometriale, l'IA ha potenziato l'analisi delle biopsie ottenute tramite isteroscopi, distinguendo con alta precisione tra tumori benigni e maligni: uno dei modelli ha raggiunto un'accuratezza di validazione di oltre l'87%.

È importante notare che, al momento, la letteratura non fornisce dati sull'impiego della patologia digitale-IA nella prevenzione del cancro della vulva e della vagina, indicando un potenziale ambito di ricerca ancora da esplorare.

CONCLUSIONI



L'IA non rimpiazzerà completamente il ginecologo e il patologo, ma li affiancherà come strumento di supporto, arricchendo la pratica clinica con diagnosi più precise e una migliore gestione delle patologie ginecologiche

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE si propone come valido supporto nello screening del cancro ginecologico. I microscopi, equipaggiati con IA, iniziano ad entrare nella pratica clinica, fornendo risultati positivi in termini di diagnostica predittiva e prognostica. Per quanto riguarda colposcopi e isteroscopi, invece, l'integrazione dell'IA, rimane per ora nell'ambito della ricerca e non è ancora una realtà di mercato. Tuttavia studi recenti indicano che, una volta integrati con IA, questi dispositivi hanno il potenziale di migliorare significativamente sia la diagnosi che la prognosi del cancro ginecologico. Nonostante questi progressi, siamo ancora in una fase di transizione. La sfida principale rimane la creazione e la convalida di dataset ampi e dettagliati, necessari per addestrare gli algoritmi di IA a distinguere con precisione tra patologie benigne e maligne.

Guardando al futuro, l'ottimizzazione dell'IA ha il potenziale per trasformare non solo come vengono rilevate e classificate le malattie, ma anche come i pazienti vengono gestiti e trattati, portando a una personalizzazione ancora maggiore delle cure e a interventi più mirati. È un orizzonte ricco di speranza, che richiede un impegno congiunto di specialisti, ricercatori e policy maker per superare gli ostacoli tecnologici ed etici. L'impatto potrebbe essere profondo, segnando un passo avanti decisivo nella battaglia contro il cancro ginecologico.

Infine, in questo scenario tecnologico avanzato, il ruolo del ginecologo e del patologo rimane centrale e insostituibile. La previsione per l'immediato futuro è chiara: l'IA non rimpiazzerà completamente questi professionisti, ma li affiancherà come strumento di supporto, arricchendo la pratica clinica con diagnosi più precise e una migliore gestione delle patologie ginecologiche.