

Intelligenza Artificiale e Odontoiatria Digitale

Dal dato alla decisione clinica

Antonio Cerutti

Medico-Chirurgo, Professore di Malattie Odontostomatologiche, Università di Brescia

Nicola Barabanti

Odontoiatra, Professore a contratto di Malattie Odontostomatologiche, Università di Brescia

Negli ultimi anni la medicina e l'odontoiatria hanno assistito a una trasformazione profonda che va ben oltre l'introduzione di nuove tecnologie. Scanner intraorali, tomografie volumetriche, stampanti tridimensionali, *software* CAD/CAM e sistemi di acquisizione digitale rappresentano soltanto la parte più visibile di un cambiamento molto più ampio. La vera rivoluzione riguarda il modo in cui i professionisti raccolgono, interpretano e integrano le informazioni per comprendere il paziente e progettare la cura.

La pratica clinica contemporanea è caratterizzata dalla produzione di una quantità crescente di dati. Ogni paziente genera immagini radiologiche, scansioni tridimensionali, fotografie, registrazioni video, dati funzionali e informazioni provenienti da differenti strumenti diagnostici. Per lungo tempo la sfida è stata acquisire queste informazioni. Oggi il problema è diverso: riuscire a trasformare una grande quantità di dati in conoscenza clinicamente utile. In questo senso il dato rappresenta soltanto il punto di partenza di un percorso che conduce alla decisione clinica.

In questo contesto si inserisce l'intelligenza artificiale, una delle innovazioni più significative della medicina moderna. Il suo ruolo deve tuttavia essere interpretato correttamente. Non si tratta di un sistema destinato a sostituire il medico o l'odonto-

“L'odontoiatria rappresenta uno degli ambiti clinici più avanzati sotto il profilo della digitalizzazione.

iatra, ma di uno strumento capace di amplificare le capacità analitiche del professionista, facilitare l'interpretazione di informazioni complesse e supportare la costruzione di piani di trattamento più coerenti e predicibili.

L'odontoiatria rappresenta probabilmente uno degli ambiti clinici più avanzati sotto il profilo della digitalizzazione. La possibilità di integrare immagini radiologiche tridimensionali, scansioni intraorali, fotografie digitali, scansioni facciali e dati funzionali ha creato le condizioni ideali per l'applicazione di sistemi intelligenti di supporto alla diagnosi e alla pianificazione terapeutica.

Le prime applicazioni dell'intelligenza artificiale hanno riguardato l'analisi delle immagini diagnostiche. Algoritmi di *deep learning* addestrati su milioni di radiografie sono oggi in grado di riconoscere lesioni cariose, alterazioni periapicali, perdita di supporto parodontale, inclusioni dentarie e numerose altre condizioni patologiche. Analogamente a quanto già avviene in radiologia, dermatologia e

anatomia patologica, tali sistemi non sostituiscono il giudizio del medico, ma contribuiscono a ridurre la variabilità interpretativa e il rischio di omissioni, migliorando la standardizzazione della diagnosi e la comunicazione con il paziente.

Uno degli aspetti più interessanti riguarda la possibilità di integrare informazioni provenienti da fonti differenti all'interno di un unico ambiente virtuale. La fusione tra dati DICOM ottenuti da CBCT, scansioni intraorali, fotografie cliniche e scansioni facciali tridimensionali consente oggi la costruzione di veri e propri gemelli digitali del paziente. Questi modelli virtuali permettono di osservare simultaneamente denti, osso, tessuti molli e relazioni anatomiche, offrendo una visione globale che fino a pochi anni fa nello spettro dell'analogico sarebbe stata impensabile.

Il concetto di *Digital Twin*, già utilizzato in numerosi settori dell'ingegneria e della medicina, rappresenta uno dei paradigmi più promettenti della sanità del futuro. Attraverso la creazione di una replica digitale del paziente diventa possibile simulare procedure, valutare differenti opzioni terapeutiche e prevedere potenziali criticità prima ancora di intervenire clinicamente. Tradizionalmente la cartella clinica rappresentava una raccolta di documenti, immagini e annotazioni distribuite nel tempo. Oggi si sta progressivamente trasformato

“ Su una replica digitale del paziente è possibile simulare procedure, valutare opzioni terapeutiche e prevedere criticità prima di intervenire clinicamente.

do in un ambiente digitale integrato nel quale informazioni anatomiche, funzionali, biologiche ed estetiche possono dialogare tra loro.

Anche la chirurgia e l'implantologia stanno beneficiando in maniera significativa di questa evoluzione. L'intelligenza artificiale è oggi in grado di supportare la segmentazione automatica delle strutture anatomiche, identificando denti, radici, canali nervosi, seni mascellari e volumi ossei.

Ciò consente di ridurre i tempi necessari per la preparazione dei dati e di migliorare la qualità della pianificazione chirurgica. L'integrazione tra CBCT, scanner intraorali e *software* di progettazione rende possibile la realizzazione di guide chirurgiche sempre più accurate e di trattamenti protesicamente guidati.



“ La disponibilità di dati e l'applicazione di modelli predittivi stanno spostando l'attenzione verso una medicina anticipatoria.

Parallelamente, si è trasformato il modo stesso di progettare le riabilitazioni odontoiatriche. I moderni *software* CAD non rappresentano semplicemente strumenti per il disegno di corone o restauri protesici, ma veri e propri ambienti di pianificazione interdisciplinare.

All'interno di questi sistemi è possibile integrare dati anatomici, funzionali ed estetici, valutando in anticipo spazi protesici, rapporti occlusali, emergenze implantari e possibili criticità cliniche.

Un settore particolarmente influenzato dall'evoluzione digitale è quello della progettazione estetica del sorriso. Oggi sappiamo che il sorriso non può essere considerato un semplice elemento cosmetico. Esso rappresenta il risultato dell'interazione tra anatomia dentale, tessuti molli, espressività facciale, funzione e percezione psicologica. I moderni sistemi di *Digital Smile Design* consentono di integrare immagini statiche e dinamiche, trasformando parametri tradizionalmente soggettivi in dati misurabili e confrontabili.

L'intelligenza artificiale contribuisce ulteriormente a questo processo attraverso l'analisi automatica delle proporzioni facciali, delle simmetrie, dell'esposizione dentale e dei rapporti tra sorriso e volto. La simulazione digitale non deve essere interpretata come una promessa estetica ma come uno strumento diagnostico e comunicativo. Il *mock-up* cioè la pre-visualizzazione dell'intervento, fisico o digitale, continua a rappresentare il momento di verifica tra progetto e realtà clinica.

La crescente disponibilità di dati apre inoltre prospettive estremamente interessanti nell'ambito della medicina predittiva. In futuro sarà probabilmente possibile stimare con maggiore accuratezza il rischio individuale di progressione della malattia cariosa, perdita di supporto parodontale, usura dentale o complicanze implantari attraverso algoritmi addestrati su grandi popolazioni di pazienti.

Per decenni la medicina ha operato prevalentemente secondo un modello reattivo: identificare una patologia e trattarla. La crescente disponibilità

di dati e l'applicazione di modelli predittivi stanno progressivamente spostando l'attenzione verso una medicina anticipatoria.

Questa evoluzione tecnologica porta inevitabilmente con sé nuove responsabilità. Temi quali la protezione dei dati sanitari, la trasparenza degli algoritmi, il consenso informato e la responsabilità professionale stanno assumendo un ruolo centrale nel dibattito medico contemporaneo.

Da questa consapevolezza nasce anche la necessità di una nuova forma mentis professionale. Il clinico del futuro dovrà comprendere il funzionamento dei flussi digitali, conoscere i limiti degli strumenti, controllare la qualità dei dati e mantenere una costante capacità critica.

In questa prospettiva si inserisce l'esperienza maturata col Master in Odontoiatria Digitale dell'Università di Brescia, coordinato dagli autori. L'obiettivo non è semplicemente insegnare l'utilizzo di *software*, scanner o sistemi CAD/CAM, ma fornire ai professionisti gli strumenti culturali necessari per comprendere e governare l'intero flusso digitale. Dalla diagnosi alla pianificazione, dalla progettazione alla produzione, fino alla comunicazione con il paziente e alla gestione interdisciplinare dei casi complessi, il digitale richiede oggi competenze che vanno ben oltre la conoscenza della singola tecnologia.

L'odontoiatria contemporanea richiede infatti professionisti capaci di integrare competenze cliniche, conoscenze biologiche, capacità progettuali e padronanza degli strumenti digitali all'interno di un unico processo decisionale.

Può apparire paradossale, ma il digitale e l'intelligenza artificiale potrebbero rendere la medicina più umana, non meno. Automatizzando attività ripetitive e facilitando l'analisi di informazioni complesse, questi strumenti restituiscono al professionista il tempo necessario per ciò che nessuna tecnologia potrà mai sostituire: la relazione con il paziente, l'ascolto e la costruzione di una decisione terapeutica condivisa.

La vera rivoluzione non consiste quindi nell'adozione di nuovi dispositivi, ma nella capacità di trasformare dati complessi in decisioni cliniche migliori. Gli algoritmi possono elaborare informazioni sempre più sofisticate, ma la sintesi finale rimane profondamente umana. È nell'equilibrio tra innovazione tecnologica, pensiero critico e centralità della persona che si giocherà il futuro della medicina e dell'odontoiatria nei prossimi decenni. ■