

# Intelligenza artificiale e asma in pediatria

**Amelia Licari<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Unità di Pediatria, Dipartimento di Scienze Clinico-Chirurgiche, Diagnostiche e Pediatriche, Università di Pavia

<sup>2</sup>SC Pediatria, Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia

**E-mail:** amelia.licari@unipv.it

## INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, l'intelligenza artificiale (IA) è diventata centrale nella medicina, trasformandosi da concetto teorico a strumento concreto per la gestione delle malattie croniche. Grazie ad algoritmi avanzati, l'IA elabora e interpreta grandi quantità di dati complessi, integrando informazioni genetiche, cliniche, ambientali e radiologiche. In medicina respiratoria pediatrica, l'asma è tra le condizioni in cui l'IA mostra il massimo potenziale, supportando diagnosi e terapie più precise e tempestive. Modelli di apprendimento automatico (*machine learning*, ML) consentono di identificare pattern nascosti, personalizzando i trattamenti e individuando precocemente pazienti a rischio. Applicazioni innovative, come il clustering dei fenotipi e l'analisi predittiva, migliorano la gestione clinica e anticipano episodi acuti (Ferrante G, et al. Artificial intelligence in the diagnosis of pediatric allergic diseases. *Pediatr Allergy Immunol.* 2021;32:405-413). Questo articolo esplora il ruolo trasformativo dell'IA nell'asma pediatrico, analizzando benefici, sfide e opportunità future.

## DIAGNOSI PRECOCE E PREDIZIONE DEL RISCHIO

La diagnosi precoce dell'asma pediatrico rappresenta una sfida significativa, considerando la complessità della malattia, la variabilità dei sintomi nei bambini e la possibile sovrapposizione con altre condizioni respiratorie. L'IA si sta rivelando uno strumento fondamentale per superare queste difficoltà, offrendo nuovi approcci per individuare i bambini a rischio e anticipare l'insorgenza o la progressione della malattia. Gli algoritmi di ML analizzano grandi dataset, integrando dati clinici, anamnesi familiari, esposizione ambientale e caratteristiche genetiche per identificare pattern e correlazioni difficilmente rilevabili. Ad esempio, modelli predittivi calcolano il rischio di asma basandosi su fattori come allergie, infezioni respiratorie ricorrenti o esposizione a inquinanti. Algoritmi avanzati, come reti neurali e *random forests*, prevedono riacutizzazioni integrando variabili quali età, ospedalizzazioni precedenti e livello di controllo della malattia, consentendo interventi preventivi mirati, come intensificazione terapeutica o educazione familiare (Votto M, et al. Predicting paediatric asthma exacerbations with machine learning: a systematic review with meta-analysis. *Eur Respir Rev.* 2024;33:240118.).

L'IA integra anche dati genetici e clinici, identificando biomarcatori associati a un rischio elevato di asma, utile per diagnosi precoci in neonati o bambini con storia familiare. Dispositivi indossabili e applicazioni mobili, combinati con modelli predittivi, monitorano parametri fisiologici in tempo reale, come frequenza respiratoria e saturazione di ossigeno, avvisando genitori e medici in caso di segnali precoci di episodi acuti. Questi strumenti offrono un supporto innovativo nella gestione dell'asma pediatrico (Ferrante G, et al. Digital health interventions in children with asthma. *Clin Exp Allergy.* 2021;51:212-220).

## PERSONALIZZAZIONE DEL TRATTAMENTO

L'IA sta rivoluzionando la medicina personalizzata, permettendo di stratificare i pazienti in fenotipi clinici distinti e di adattare i trattamenti alle esigenze individuali. Nell'asma pediatrico, caratterizzato da un'elevata variabilità clinica, questa capacità rappresenta un significativo progresso rispetto agli approcci terapeutici standardizzati. Sempre grazie agli algoritmi di ML, l'IA analizza dati multimodali, come genetica, marcatori biologici, fattori ambientali e dati clinici longitudinali, identificando sottogruppi di pazienti con caratteristiche specifiche. Questo consente di distinguere fenotipi con differenze nell'infiammazione delle vie aeree, risposte allergiche o sensibilità ai farmaci, personalizzando le terapie con maggiore precisione (Ferrante G, et al. Artificial intelligence in the diagnosis of pediatric allergic diseases. *Pediatr Allergy Immunol.* 2021;32:405-413). Ad esempio, pazienti con asma eosinofilo

possono beneficiare di anticorpi monoclonali come anti-IL-5 o anti-IgE, mentre fenotipi neutrofilici richiedono approcci diversi. L'IA prevede inoltre la risposta ai farmaci, riducendo inefficacia ed effetti collaterali, ottimizzando così la gestione dell'asma pediatrico.

## ANALISI DI IMMAGINI RADIOLOGICHE

L'applicazione dell'IA all'analisi delle immagini radiologiche è uno dei progressi più significativi nella gestione delle malattie respiratorie, incluso l'asma pediatrico. Algoritmi di apprendimento automatico e deep learning analizzano con precisione immagini ad alta risoluzione, come le tomografie computerizzate toraciche (HRCT), superando i limiti dell'interpretazione tradizionale. Uno studio recente di De Filippo et al. (2024) ha evidenziato come l'IA migliori l'analisi delle HRCT, identificando caratteristiche specifiche dell'asma grave e stratificando la gravità della malattia. Algoritmi avanzati hanno permesso di valutare parametri chiave, come lo spessore della parete bronchiale (AWT%) e i punteggi di ispessimento bronchiale (BT). Un AWT% superiore al 38,6% si è dimostrato altamente predittivo per l'asma grave, con una sensibilità del 95% e un'accuratezza del 90%. L'IA ha inoltre identificato alterazioni come bronchiectasie, ostruzioni da muco ed enfisema centrolobulare, indicatori di maggiore severità e rimodellamento delle vie aeree (De Filippo M, et al. Machine learning-enhanced HRCT analysis for diagnosis and severity assessment in pediatric asthma. *Pediatr Pulmonol.* 2024;59:3268-3277). Questi marker radiologici non solo distinguono l'asma grave da altre condizioni, ma forniscono anche indicazioni preziose per il monitoraggio e la pianificazione del trattamento.

## EDUCAZIONE E COINVOLGIMENTO DEL PAZIENTE

L'educazione e il coinvolgimento attivo dei pazienti e delle famiglie sono fondamentali per una gestione efficace dell'asma pediatrico, migliorando l'aderenza al trattamento e i risultati clinici. L'IA sta rivoluzionando questo ambito con strumenti come gemelli digitali, applicazioni mobili personalizzate e sistemi di monitoraggio intelligente. I gemelli digitali (*digital twins*), repliche virtuali del paziente basate su dati clinici e ambientali, simulano l'evoluzione della malattia e la risposta alle terapie. Aiutano le famiglie a comprendere meglio l'asma, mostrando l'impatto di fattori come esposizione agli allergeni o aderenza alla terapia. Questo approccio interattivo è particolarmente utile nei bambini, rendendo l'educazione stimolante. Le applicazioni mobili, integrate con algoritmi di IA, forniscono promemoria per i farmaci, suggerimenti personalizzati e feedback sui dati raccolti da dispositivi indossabili, come saturazione dell'ossigeno e funzione polmonare. Possono avvisare i genitori di possibili peggioramenti, suggerendo azioni preventive o consulti medici. L'IA crea anche un ponte tra educazione e pratica clinica, adattando i contenuti formativi alle esigenze specifiche di ogni paziente, superando barriere linguistiche e culturali e rendendo l'educazione sanitaria più efficace (Gonsard A, et al. Children's views on artificial intelligence and digital twins for the daily management of their asthma: a mixed-method study. *Eur J Pediatr.* 2023;182:877-888).

## SFIDE NELL'IMPLEMENTAZIONE CLINICA DELL'IA

Nonostante le grandi potenzialità dell'IA nella gestione delle malattie, tra cui l'asma pediatrico, la sua implementazione clinica presenta sfide significative da affrontare per garantire sicurezza ed efficacia. Tra queste, la qualità e l'eterogeneità dei dati sono ostacoli cruciali. Dataset medici incompleti o "rumorosi" possono compromettere l'affidabilità dei modelli, mentre la varietà nei formati e standard clinici complica l'integrazione delle informazioni. Standardizzare i protocolli di raccolta e implementare controlli di qualità è fondamentale, così come utilizzare dataset ampi e multicentrici per ridurre bias e migliorare la generalizzabilità degli algoritmi. La validazione clinica è un altro punto critico: modelli efficaci in fase di sviluppo possono mostrare limiti in contesti diversi. Validazioni multicentriche e collaborazioni tra istituzioni sono essenziali per testare la robustezza dei modelli. In pediatria, variazioni ambientali e pratiche cliniche accrescono la complessità, richiedendo approcci rigorosi. Dal punto di vista etico, la gestione dei dati sensibili è prioritaria. Privacy e sicurezza devono rispettare normative come il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR), garantendo un uso trasparente dei dati. È inoltre necessario promuovere equità nell'accesso alle innovazioni per evitare disparità tra sistemi sanitari ben finanziati e con risorse limitate.

## CONCLUSIONI

L'implementazione dell'IA nella clinica, sebbene complessa, offre opportunità uniche per migliorare la cura dei pazienti. Affrontare le sfide relative alla qualità dei dati, alla validazione multicentrica, all'etica e alla trasparenza è essenziale per garantire che questa tecnologia realizzi il suo pieno potenziale, mantenendo al centro il benessere del paziente e i valori fondamentali della medicina.