APPLICAZIONI DELLE TECNOLOGIE DIGITALI PER LA SALUTE E DEGLI ALGORITMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE NELLA BPCO

a cura della Redazione

Commento a: Chen Z, Hao J, Sun H, Li M, Zhang Y, Qian Q. Applications of digital health technologies and artificial intelligence algorithms in COPD: systematic review. BMC Med Inform Decis Mak. 2025 Feb 13;25(1):77. doi: 10.1186/s12911-025-02870-7. PMID: 39948530.

INTRODUZIONE

La broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) rappresenta una delle principali sfide di sanità pubblica a livello globale, con un impatto crescente in termini di morbilità e mortalità (1). La natura complessa e progressiva della malattia rende cruciale una diagnosi precoce, il monitoraggio continuo e l'individuazione tempestiva delle riacutizzazioni (2). In questo contesto, le tecnologie digitali per la salute (DHTs) e gli algoritmi di intelligenza artificiale (IA) stanno rivoluzionando l'approccio alla gestione della BPCO. Le DHTs, che includono strumenti come l'*e-health*, la *mHealth* e il monitoraggio remoto, favoriscono una comunicazione personalizzata e un accesso più diretto alle informazioni sanitarie, spostando l'autogestione da modelli tradizionali a strategie dinamiche basate sui dati (3–5). Tuttavia, la complessità e la mole di dati generati richiedono strumenti analitici avanzati. In particolare, il *Machine Learning* (ML) e il *Deep Learning* (DL) si stanno dimostrando utili nel riconoscere pattern clinici rilevanti, migliorando la diagnosi e la gestione delle malattie croniche (6). Recenti evidenze hanno mostrato l'efficacia del DL nell'analisi di immagini TC a basso dosaggio per la diagnosi della BPCO, riducendo l'esposizione a radiazioni (7). Nonostante il potenziale, la letteratura attuale offre una visione frammentaria del ruolo integrato di DHTs e IA nella BPCO. La revisione sistematica di Chen e colleghi si propone quindi di colmare tale lacuna, analizzando le principali applicazioni, le fonti e i tipi di dati utilizzati, gli algoritmi impiegati e le loro implicazioni cliniche, con l'obiettivo di delineare lo stato dell'arte e le prospettive future della sanità digitale guidata dall'IA nella cura della BPCO.

METODI

La ricerca è stata condotta seguendo le Linee Guida PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (8) a dicembre 2024 nelle banche dati Web of Science e PubMed. Sono stati inclusi solo articoli in lingua inglese, a testo completo, che impiegavano concretamente DHTs e algoritmi di IA nella diagnosi, prognosi, trattamento o monitoraggio della BPCO. Dopo una selezione rigorosa da parte di due revisori indipendenti, 32 studi sono stati considerati idonei, ai quali si sono aggiunti 9 articoli selezionati da una ricerca aggiornata, per un totale di 41 pubblicazioni. I dati sono stati estratti e analizzati in quattro aree principali: caratteristiche degli studi, dati dei pazienti e dei dispositivi digitali, tipologie e prestazioni degli algoritmi utilizzati, e applicazioni delle DHTs nella BPCO. L'analisi ha permesso di classificare le applicazioni digitali secondo le fasi del percorso di cura della BPCO, offrendo una panoramica delle innovazioni più rilevanti e dell'integrazione delle tecnologie digitali nella gestione della malattia.

RISULTATI

I risultati della revisione sistematica sono stati suddivisi in tre macroaree per una comprensione strutturata del ruolo della IA nella gestione della BPCO tramite DHTs.

Nella prima parte si analizzano le caratteristiche dei dati utilizzati: i DHTs raccolgono una vasta gamma di informazioni dai pazienti, tra cui dati clinici (i.e. frequenza cardiaca, saturazione di ossigeno, prove di funzionalità respiratoria), risultati riportati direttamente dai pazienti (e.g. sintomi come dispnea e tosse, qualità della vita, storia clinica), e dati ambientali e comportamentali (e.g. esposizione all'inquinamento, attività fisica, abitudini del sonno). Questi dati provengono da dispositivi indossabili, sensori ambientali, app mobili e questionari digitali, e forniscono una visione completa dello stato di salute del paziente nel proprio contesto quotidiano (Figura 1).

La seconda parte approfondisce le tipologie di algoritmi di IA applicati all'analisi di tali dati. Gli algoritmi di apprendimento automatico convenzionale (ML) (9), come *Support Vector Machine, Random Forest e XGBoost*, sono stati ampiamente utilizzati per classificare e prevedere condizioni cliniche a partire da dati strutturati. Parallelamente, il DL, con modelli come *Convolutional Neural Network, Long Short-Term Memory e Recurrent Neural Networks* (10–12), è stato adottato per elaborare segnali com-

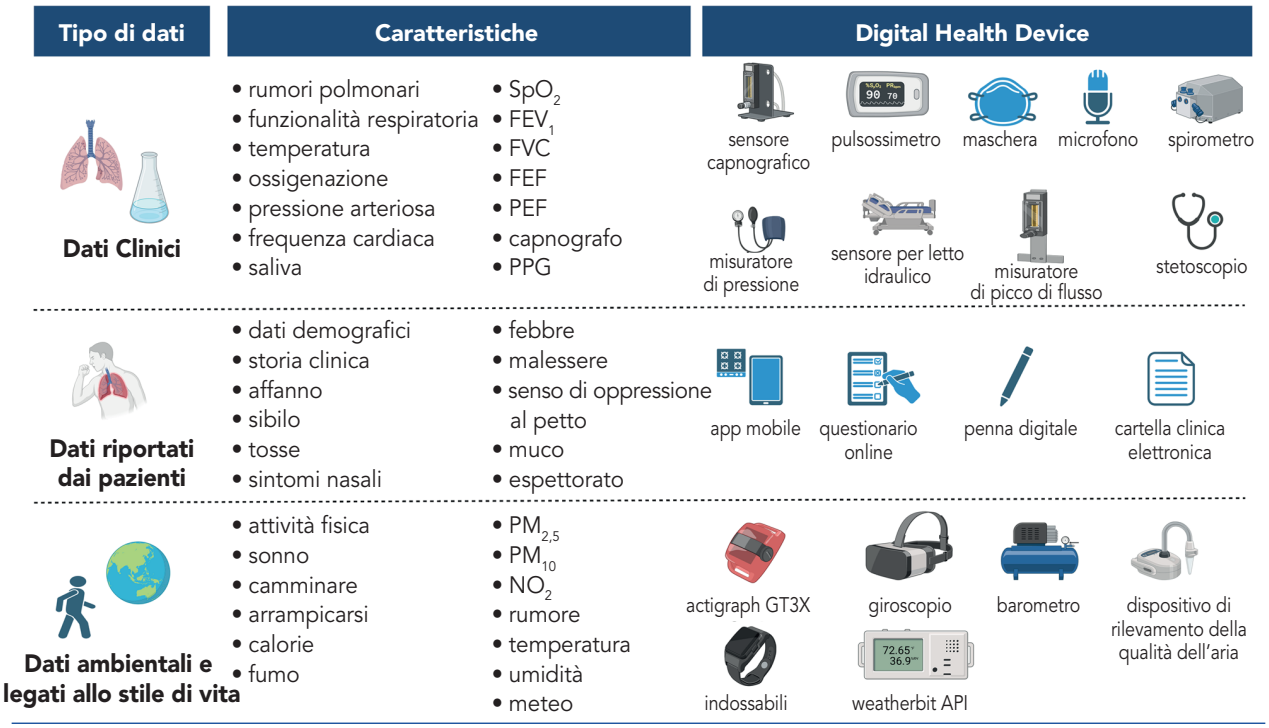

Figura 1 - Tipo di dati e parametri clinici raccolti con i digital devices

plessi, immagini mediche e dati sequenziali, dimostrando un'elevata efficacia soprattutto nell'analisi di suoni respiratori, segnali fisiologici e immagini diagnostiche. Alcuni studi hanno anche proposto modelli ibridi che combinano più algoritmi per migliorare ulteriormente la precisione e la robustezza delle previsioni.
La terza parte della revisione di Chen e colleghi descrive le principali applicazioni cliniche dell'IA in ambito digitale per la BPCO (Figura 2).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Gli autori sottolineano come i dati raccolti tramite tecnologie digitali sono spesso multimodali e complessi, ma offrono un grande potenziale diagnostico e predittivo. Mentre i dati clinici e riportati dai pazienti sono ampiamente utilizzati, quelli ambientali e legati allo stile di vita risultano ancora sottoutilizzati, nonostante possano migliorare significativamente le prestazioni predittive (13). La scelta tra ML e DL dipende spesso dalla dimensione del dataset, con DL che mostra un potenziale superiore in presenza di grandi quantità di dati. Tuttavia, la mancanza di interpretabilità dei modelli DL e la limitata disponibilità di dati condivisi restano barriere critiche. Inoltre, l'equità di accesso e la fruibilità delle tecnologie digitali rappresentano sfide importanti, soprattutto per popolazioni svantaggiate o anziane.

Figura 2 - Le principali applicazioni cliniche, suddivise in tre aree chiave, dell'IA nella gestione della BPCO

Nel complesso, l'integrazione tra IA e DHTs emerge come un'opportunità concreta per migliorare la gestione della BPCO, promuovendo interventi più tempestivi, personalizzati e orientati al paziente, sia in ambito clinico che domiciliare. Tuttavia, per realizzare appieno questo potenziale, è necessario affrontare sfide come la standardizzazione dei dati, l'accessibilità tecnologica e l'inclusività. La collaborazione Internazionale e lo sviluppo di modelli più interpretabili e adattabili – ad esempio tramite tecniche di *transfer learning* o modelli preaddestrati (14) – saranno fondamentali per migliorare l'efficacia e l'adozione clinica di queste tecnologie.

Bibliografia

1. Agustí A, Anzueto A, Celli BR, Mortimer K, Salvi S, Vogelmeier CF. GOLD 2023 Executive Summary: responses from the GOLD Scientific Committee. European Respiratory Journal. 2023 Jun 15;61(6):2300616.
2. Long H, Li S, Chen Y. Digital health in chronic obstructive pulmonary disease. Chronic Dis Transl Med. 2023 Jun 2;9(2):90–103.
3. Boer L, Bischoff E, van der Heijden M, Lucas P, Akkermans R, Vercoulen J, et al. A Smart Mobile Health Tool Versus a Paper Action Plan to Support Self-Management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Exacerbations: Randomized Controlled Trial. JMIR Mhealth Uhealth. 2019 Oct 9;7(10):e14408.
4. Ding H, Fatehi F, Maiorana A, Bashi N, Hu W, Edwards I. Digital health for COPD care: the current state of play. J Thorac Dis. 2019 Oct;11(S17):S2210–20.
5. Bashi N, Fatehi F, Mosadeghi-Nik M, Askari MS, Karunanithi M. Digital health interventions for chronic diseases: a scoping review of evaluation frameworks. BMJ Health Care Inform. 2020 Mar;27(1).
6. Kitsios F, Kamariotou M, Syngelakis AI, Talias MA. Recent Advances of Artificial Intelligence in Healthcare: A Systematic Literature Review. Applied Sciences. 2023 Jun 25;13(13):7479.
7. Tang LYW, Coxson HO, Lam S, Leipsic J, Tam RC, Sin DD. Towards large-scale case-finding: training and validation of residual networks for detection of chronic obstructive pulmonary disease using low-dose CT. Lancet Digit Health [Internet]. 2020 May 1;2(5):e259–67. Available from: https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30064-9
8. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021 Mar 29;n71.
9. Jia Q, Chen Y, Zen Q, Chen S, Liu S, Wang T, et al. Development and Validation of Machine Learning-Based Models for Prediction of Intensive Care Unit Admission and In-Hospital Mortality in Patients With Acute Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Chronic Obstructive Pulmonary Diseases: Journal of the COPD Foundation. 2024;11(5):460–71.
10. Jhunjhunwala M, Lin HL, Li GY, Chen CS. Recognition of Respiratory Dysfunctions Using Algorithm-Assisted Portable Airflow Sensors. ECS Journal of Solid State Science and Technology. 2020 Jan 12;9(11):115021.
11. Zahiri M, Wang C, Gardea M, Nguyen H, Shahbazi M, Sharafkhaneh A, et al. Remote Physical Frailty Monitoring– The Application of Deep Learning-Based Image Processing in Tele-Health. IEEE Access. 2020;8:219391–9.
12. Mou X, Wang P, Sun J, Chen X, Du L, Zhan Q, et al. A Novel Approach for the Detection and Severity Grading of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Based on Transformed Volumetric Capnography. Bioengineering. 2024 May 23;11(6):530.
13. Bhagya D, Suchetha M. A 1-D Deformable Convolutional Neural Network for the Quantitative Analysis of Capnographic Sensor. IEEE Sens J. 2021 Mar 1;21(5):6672–8.
14. Zhang J, Sun K, Jagadeesh A, Falakaflaki P, Kayayan E, Tao G, et al. The potential and pitfalls of using a large language model such as ChatGPT, GPT-4, or LLaMA as a clinical assistant. Journal of the American Medical Informatics Association. 2024 Sep 1;31(9):1884–91.