

# L'utilizzo dell'intelligenza artificiale nell'insegnamento a medicina

di: [LORENZO SANESI](#) e [GIORGIO MORI](#)

## Sommario

L'integrazione dell'Intelligenza Artificiale (AI) nell'insegnamento della medicina rappresenta una nuova frontiera nella formazione dei medici e di tutti i professionisti sanitari. Sono sintetizzabili cinque punti principali per applicare l'AI nella formazione: chatbot, sistemi di tutoraggio intelligenti (ITS), pazienti virtuali, "gamification" e sistemi di apprendimento adattivo. Questo contributo esplora i principali vantaggi nell'utilizzo della intelligenza artificiale, le tecnologie cruciali e le sfide associate a questo nuovo approccio nella formazione medica. Una revisione della letteratura è stata condotta per identificare le ricerche pertinenti, esplorando sia i lavori pionieristici che quelli più recenti in questo campo.

## Abstract

The integration of artificial intelligence (AI) in medical teaching can represent a new frontier in the training of new doctors and healthcare professions. Five main points can be summarized for applying AI in medical education: chatbots, intelligent tutoring systems (ITS), virtual patients, "gamification" and adaptive learning systems. This contribution explores the main advantages in using artificial intelligence, the crucial technologies and the challenges associated with this new approach in medical education.

## Keywords

medical education, artificial intelligence, augmented reality, virtual reality, gamification

## 1. Introduzione

Il termine "intelligenza artificiale" (AI) è stato coniato per la prima volta da John McCarthy nel 1955 (Zarei et al., 2024) e si riferisce allo sviluppo di sistemi informatici in grado di eseguire compiti che normalmente richiedono intelligenza umana, come la percezione, il ragionamento e l'aspetto decisionale. Attualmente nel settore sanitario, l'AI viene utilizzata principalmente per analizzare grandi quantità di dati dei pazienti, come le cartelle cliniche, studi di *imaging* e risultati di laboratorio, per supportare il processo decisionale clinico e migliorare la valutazione dei pazienti (Dave & Patel, 2023). Negli ultimi anni si è avuto un grande sviluppo del *Machine Learning* (ML), che permette attraverso lo sviluppo di algoritmi di apprendere dai dati senza essere esplicitamente programmati. Simili strumenti possono essere utilizzati nel settore medico/sanitario mediante l'addestramento degli stessi algoritmi per prevedere gli esiti di un trattamento e migliorare le diagnosi. Lo sviluppo della AI può quindi essere di grande aiuto ai medici aiutandoli a prendere decisioni più accurate e migliorare la precisione delle loro valutazioni (Dave & Patel, 2023). Questi sistemi potrebbero essere applicati nelle università per favorire l'apprendimento degli studenti e dei professionisti sanitari. La formazione medica comprende vari livelli, come quello universitario, l'istruzione post-laurea e la formazione medica continua (ECM) per gli operatori nel campo sanitario. Negli ultimi anni la ricerca nell'AI applicata all'educazione dimostra che questo strumento può migliorare l'apprendimento in numerosi ambiti universitari e di conseguenza migliorare la qualità della formazione medica (Zarei et al., 2024). Il campo di applicazione dell'AI nell'educazione non è nuovo, ma la sua recente applicazione basata sull'apprendimento automatico e sui modelli linguistici di grandi dimensioni, che costituiscono il nucleo delle applicazioni di chat basate sull'AI come *ChatGPT* di *OpenAI*, ha reso la tecnologia più ampiamente accessibile e facile da usare (Gordon et al., 2024). L'AI può influenzare il processo di apprendimento degli studenti in tre modi: insegnamento diretto, insegnamento di sostegno e responsabilizzazione dello studente. L'applicazione dell'AI nell'apprendimento può migliorare la conoscenza degli studenti, lo sviluppo delle competenze e la comprensione di concetti medici complessi (Chan & Zary, 2019; Varma et al., 2023). Lo scopo di questo articolo è l'investigazione delle principali tecniche e metodologie della applicazione dell'AI nell'insegnamento nelle scuole di medicina.

## 2. I chatbot

I *chatbot* sono sistemi di AI programmati per comprendere, elaborare e rispondere a domande poste dall'essere umano attraverso specifici *input*. La macchina recupera informazioni dal *database* e genera la risposta attraverso un linguaggio umano (Ghorashi et al. 2023). Nelle Università italiane la maggior parte degli studenti di medicina possiede uno *smartphone* o un *tablet*, e questi sistemi possono essere facilmente implementati in questi macchinari per facilitare l'apprendimento. Sistemi *chatbot* come *ChatGPT*, grazie alla loro capacità di generare un testo simile a quello umano, sono in grado di coinvolgere gli utenti in una conversazione interattiva e favorire l'apprendimento (Kuhail et al. 2023). I *chatbot* possono aiutare gli studenti nel fare ricerche mediche e aiutarli ad analizzare i testi e i dati (Sallam et al., 2023), inoltre questi possono servire come tutor interattivi preclinici e assistenti di reparto in contesti clinici per aiutare gli studenti a comprendere meglio scenari clinici complessi e assisterli nello sviluppo di capacità decisionali (Ghorashi et al. 2023). Allo stato attuale però i *chatbot* possono potenzialmente creare falsi riferimenti, un fenomeno descritto come "allucinazione" (Ghorashi et al. 2023), quindi, gli studenti non dovrebbero affidarsi ai *chatbot* esclusivamente ma utilizzarli solo come strumento di assistenza. In futuro con lo sviluppo e la creazione di *chatbot* specifici per l'insegnamento della medicina gli studenti potranno fare più affidamento su questa tecnologia (Toto, 2024).

## 3. Apprendimento personalizzato

Attualmente nelle Università, l'insegnamento della medicina segue una metodologia *standard*, questa procedura può non rispondere però alle esigenze degli studenti. Attraverso lo sviluppo dell'AI è stato possibile sviluppare sistemi di *Adaptive Learning Platforms* e *Intelligent Tutoring Systems*. Questi sistemi permettono di andare incontro alle esigenze degli studenti e favorendo il loro apprendimento personalizzato.

### 3.1 Intelligent Tutoring Systems (ITS)

Gli ITS sono dei sistemi didattici adattativi basati sull'intelligenza artificiale che tentano di emulare i benefici del tutoraggio umano (Wolfe et al. 2013). Attraverso questi algoritmi è possibile analizzare dati riguardanti le prestazioni passate, le preferenze e lo stile di apprendimento dello studente. Sulla base di questi dati, gli algoritmi identificano le lacune di apprendimento e creano un'esperienza di apprendimento personalizzata che può essere adattata alle esigenze e favorire i progressi dello studente nell'apprendimento della materia (El Saadawi et al. 2008). L'obiettivo degli ITS è quello di emulare un *tutor* umano, hanno il compito di interpretare le risposte dello studente e rispondere in modo appropriato attraverso un percorso di apprendimento adattivo. Nella formazione medica questi ITS possono includere: l'insegnamento dei contenuti del corso, la diagnosi dei punti di forza o delle lacune nelle conoscenze degli studenti, la fornitura di feedback automatizzati e la cura dei materiali didattici in base alle esigenze degli studenti (Mirchi et al. 2020).

### 3.2 Adaptive Learning Platforms

Le *Adaptive Learning Platforms* sfruttano gli algoritmi di AI per analizzare le prestazioni e gli stili di apprendimento degli studenti. Gli algoritmi informatici utilizzati da queste piattaforme sono in grado di identificare le aree in cui uno studente ha difficoltà e di adattare il contenuto e la formazione di conseguenza. Attraverso queste piattaforme è possibile quindi creare contenuti personalizzati per ogni studente per migliorare l'apprendimento e guidarlo verso la padronanza dei contenuti, come osservato da Fontaine et al. (2019), i quali hanno effettuato una metanalisi che dimostra come l'*adaptive e-learning environments (AEEs)* sia particolarmente efficace nel migliorare le competenze dei professionisti sanitari e degli studenti. Questi strumenti basati sull'AI possono essere utili anche per l'insegnamento di materie diagnostiche come la radiologia. Uno strumento promettente in questo campo è il *content-based image retrieval (CBIR)*, che viene utilizzato nella ricerca e nell'insegnamento della radiologia (Santos et al., 2019).

Questo strumento permette di ricercare immagini simili a quella di riferimento. Allo stesso modo l'AI possiamo applicarla alla patologia o alla microbiologia per la diagnosi delle patologie. Questo strumento può essere di grande aiuto per la formazione dei tecnici di microbiologia o di patologia, andando così a rivoluzionare la loro formazione (Serag et al., 2019; Mishra et al., 2023).

#### **4. Simulazione virtuale e formazione degli studenti**

Uno dei campi di applicazione in cui si può applicare l'AI è quello della simulazione virtuale di situazioni cliniche in cui i futuri medici potranno andare incontro. Questa situazione permette di creare ambienti realistici in cui gli studenti possono mettere in pratica le proprie nozioni per migliorare il proprio apprendimento e le proprie capacità.

##### **4.1 Il paziente virtuale**

I pazienti virtuali sono delle simulazioni interattive al computer di scenari clinici reali che sono utilizzati per la formazione e l'educazione degli studenti in ambito medico e professionisti sanitari. I pazienti virtuali sono programmati per presentare sintomi realistici, rispondere agli interventi degli studenti e generare esperienze cliniche dinamiche. Attraverso l'utilizzo dei pazienti virtuali si possono creare situazioni realistiche, che possono facilitare l'apprendimento di capacità cliniche nello studente in sicurezza. Queste simulazioni possono replicare vere situazioni che si possono presentare ai medici nella vita reale (Kononowicz et al. 2019). Attraverso questi strumenti lo studente assume il ruolo del medico nelle gestioni del paziente e può quindi acquisire informazioni, suggerire diagnosi differenziali, si può occupare della gestione medica e seguire il *follow-up*.

Attualmente i risultati ottenuti suggeriscono che i pazienti virtuali migliorano in modo più efficace le abilità pratiche rispetto alle conoscenze teoriche. Inoltre, Kononowicz et al. (2019) hanno mostrato attraverso una metaanalisi come la combinazione dei pazienti virtuali con la formazione tradizionale risulta più vantaggiosa dell'uso esclusivo di metodi tradizionali. Tuttavia, a causa della eterogeneità degli studi e delle limitazioni metodologiche, la qualità degli studi non è considerata adeguata e per questo sono richiesti ulteriori ricerche in questo campo.

Attraverso l'AI questi sistemi di formazione possono adattarsi ai progressi dello studente e possono fornire *feedback* e scenari sempre più complessi con lo scopo di migliorare le sue capacità. Inoltre, l'unione dell'AI insieme ai visori di Realtà Virtuale (VR) può rendere più coinvolgente queste esperienze, creando un ambiente tridimensionale che ricrea un vero ambiente ospedaliero (Jiang et al. 2022; Pottle et al. 2019). Oltre all'applicazione della VR, di aiuto può essere anche la Realtà Aumentata (AR), che ha lo scopo di migliorare un ambiente reale sovrapponendo componenti virtuali alla visione del mondo reale da parte dell'utente tramite uno *smartphone* o un altro dispositivo (Tang et al., 2020). L'integrazione di queste due tecnologie consente agli studenti di esplorare e interagire con scenari clinici complessi in modo da rendere l'esperienza di apprendimento più piacevole ed efficace.

##### **4.2 Simulatori di chirurgia**

L'AI svolge un ruolo fondamentale nel migliorare la qualità della simulazione chirurgica e sta diventando uno strumento sempre più popolare utilizzato per arricchire l'esperienza formativa di un chirurgo. Questo permette di creare ambienti che vanno dalla pianificazione preoperatoria alla visualizzazione e guida intraoperatoria, con l'obiettivo ultimo di migliorare la sicurezza del paziente. Queste tecnologie consentono la valutazione personale e fornisce *feedback* personalizzati nelle simulazioni di formazione chirurgica, rendendola particolarmente utile per la formazione dello studente (Sewell et al. 2008). Negli ultimi anni sono stati descritti diversi algoritmi basati sulla AI. Un gruppo di neurochirurghi della McGill University di Montreal ha sviluppato un algoritmo di *machine learning* (ML) che classifica i livelli di abilità dei partecipanti durante l'esecuzione di un'emilaminectomia attraverso la VR o di un'attività di resezione del tumore al

cervello (Siyar et al. 2019; Bissonnette et al. 2019). Recentemente, lo stesso gruppo ha sviluppato un "Assistente Operativo Virtuale", un software open source basato sulla AI (Mirchi et al., 2020). Questo strumento non solo valuta il livello di competenza dell'utente, ma fornisce anche feedback personalizzati, confrontando le prestazioni con i parametri di riferimento degli esperti. Tuttavia, sebbene sia promettente questo tipo di tecnologia ancora non se ne fa un utilizzo in larga scala (Park et al., 2022).

## **5. Gamification**

L'integrazione della AI e della *gamification* può essere particolarmente utile per la formazione degli studenti di medicina. I giochi guidati dall'intelligenza artificiale utilizzano tecniche di *data mining* per analizzare i dati raccolti durante il gioco e migliorare le conoscenze e le abilità del giocatore (McCoy et al., 2016; Abd-Alrazaq et al., 2022). Questa tecnica migliora le conoscenze e le abilità del giocatore (Abd-Alrazaq et al., 2022), favorendo così l'apprendimento e l'acquisizione delle competenze critiche. Inoltre, possono offrire un'esperienza personalizzabile e coinvolgente che si regola alla velocità e alla difficoltà in base alle prestazioni del giocatore, migliorando così l'apprendimento *step by step*. Si possono quindi creare giochi didattici e quiz che possono mettere alla prova gli studenti per migliorare le loro conoscenze e la conservazione delle informazioni (Dave & Patel, 2023). Queste tecnologie permettono di creare un ambiente di apprendimento interattivo e dinamico, rendendo più piacevole il processo di apprendimento e aumentando così l'impegno degli studenti, favorendo gli sforzi di collaborazione e migliorando di conseguenza i risultati nell'apprendimento.

## **6. Clinical Decision Support Systems (CDSS)**

L'accuratezza diagnostica è uno dei pilastri fondamentali per un processo decisionale medico appropriato e di successo. I *Clinical Decision Support Systems* (CDSS) vengono utilizzati per assistere il processo decisionale in campo sanitario. Questi sistemi hanno il compito di fornire tutte le informazioni e le conoscenze desiderate facilitando così il compito quotidiano degli operatori sanitari e garantendo un miglioramento della qualità dei servizi (Hak et al., 2022). In uno studio effettuato da Kafke (Kafke et al. 2023) viene esplorato l'utilizzo dei CDSS nell'educazione medica e dei sistemi standard negli studenti del quarto e del quinto anno di medicina, valutando se migliorino l'accuratezza diagnostica degli studenti di medicina. I risultati hanno mostrato che l'accuratezza diagnostica è simile per entrambi i metodi, con prestazioni migliori quando sono applicati i metodi *standard*. Tuttavia, il CDSS ha aumentato la fiducia degli studenti nelle diagnosi nei casi complessi, suggerendo un possibile valore psicologico di questo strumento più che un miglioramento tecnico.

## **7. Sviluppi Etici**

Uno dei compiti del personale docente è quello di insegnare agli studenti un utilizzo etico degli strumenti di AI. Ad esempio, gli studenti potrebbero plagiare i saggi grazie ai contenuti generati attraverso gli strumenti di AI come ad esempio *chatGPT*. Questo potrebbe compromettere le capacità di pensiero degli studenti, la criticità e l'integrità accademica. Per far fronte a questo, le Università dovrebbero attuare politiche e linee guida rigorose per l'uso etico delle applicazioni di AI, avviare corsi affinché gli studenti sviluppino quelle competenze necessarie per valutare criticamente questi strumenti e saperli applicare nella maniera corretta. Ad esempio, le università potrebbero offrire *workshop* o sessioni di formazione per insegnare agli studenti come utilizzare efficacemente l'AI (Wood et al., 2021).

## **8. Applicazione della AI negli esami di medicina**

I professori universitari potrebbero utilizzare l'AI nella creazione degli esami e potrebbero sfruttarla nella valutazione di questi. Tra i vantaggi nell'utilizzo di questo sistema nelle preparazioni degli esami c'è quello di apportare obiettività, adattabilità ed efficienza. L'utilizzo di algoritmi di AI nella generazione di domande può garantire una valutazione equa, imparziale e coerente delle conoscenze e delle competenze degli studenti di

medicina. Gli algoritmi di AI possono anche personalizzare gli esami analizzando i dati sulle prestazioni degli studenti e generando domande incentrate sulle aree di debolezza, migliorando così l'apprendimento degli studenti (Dave & Patel, 2023). Inoltre, possono automatizzare molti processi manuali coinvolti nella preparazione e nella valutazione degli esami, riducendo tempi, sforzi e costi (Dave & Patel, 2023). Tuttavia, ci sono anche preoccupazioni riguardanti la qualità delle domande che possono essere generate dall'IA, l'imprevedibilità, la mancanza di creatività, oltre ad esserci notevoli implicazioni etiche. Gli algoritmi di intelligenza artificiale, ad esempio, possono anche generare domande troppo facili, troppo difficili o non pertinenti al materiale del corso, inoltre la mancanza di creatività nelle domande generate dall'intelligenza artificiale può anche comportare esami meno coinvolgenti per gli studenti. Per affrontare questi problemi, le università devono quindi considerare attentamente i vantaggi e gli svantaggi dell'integrazione dell'intelligenza artificiale e attuare politiche rigorose per garantire una valutazione equa ed etica degli studenti di medicina (Dave & Patel, 2023).

## **9. Insegnamento dell'Intelligenza Artificiale nel mondo universitario**

La scuola di medicina di Toronto ha recentemente iniziato a ospitare lezioni frontali rivolte agli studenti incentrate sull'introduzione all'uso degli algoritmi di intelligenza artificiale, come il *machine learning*, nel campo della sanità. Queste lezioni mirano a educare gli studenti sulle potenziali applicazioni di intelligenza artificiale nella medicina in futuro. Inoltre, l'Università ha incoraggiato attivamente la formazione di gruppi interessati ad esplorare l'integrazione dell'intelligenza artificiale nel campo della medicina (McCoy et al., 2020). Il "Carle Illinois College of Medicine" ha rafforzato l'interdisciplinarietà e lo scambio formativo organizzando un corso per medici e ingegneri per esplorare l'uso della AI nei campi della salute, mentre altre Università come il "Duke Institute for Health Innovation" e le facoltà di medicina di Ulsan e Yonsei, hanno organizzato corsi universitari rivolti all'applicazione dell'AI in medicina (Paranjape et al., 2019; Park et al., 2019). L'obiettivo di questi progetti è in primo luogo migliorare la comprensione da parte degli studenti dell'applicazione dell'AI in medicina; in secondo luogo, evidenziare l'importanza delle collaborazioni interdisciplinari; in terzo luogo affrontare e risolvere i principali ostacoli incontrati nella applicazione dall'AI in medicina e nell'educazione medica attraverso discussioni e dialoghi costruttivi.

## **10. Direzioni future**

L'applicazione dell'AI ha diversi aspetti promettenti nella formazione medica, tuttavia presenta ancora diversi inconvenienti per una sua adozione a livello universale negli istituti. Innanzitutto, sia il *machine learning* che il *deep learning* necessitano di enormi set di dati per funzionare correttamente (Johnson et al., 2018). Questo problema potrebbe essere superato grazie alla condivisione dei dati tra i vari istituti. Attualmente però la condivisione di questi dati è problematica a causa di questioni burocratiche che riguardano la privacy e la sicurezza.

Uno dei problemi dell'applicazione degli algoritmi di AI riguarda la creazione di risultati distorti e quindi un obiettivo futuro è quello di creare algoritmi sempre più efficaci. Questo processo può essere fatto sfruttando l'utilizzo di set di dati esterni che possono convalidare i risultati e ridurre le distorsioni. Questo processo può essere utile per favorire la collaborazione tra le diverse istituzioni (Aung et al., 2021).

Una delle principali paure dell'applicazione dell'AI è che questa possa in futuro sostituire il personale e questo ha causato sfiducia e antipatia nella sua applicazione. Tuttavia, questa preoccupazione è infondata e basata su miti della fantascienza (Aung et al., 2021). È quindi importante fare opere di formazione e sensibilizzazione sul fatto che l'AI non può sostituire educatori, ma piuttosto può invece riorganizzare i ruoli per migliorare l'efficienza nella formazione medica (Leslie-Mazwi & Lev, 2020).

## **11. Conclusioni**

Sebbene l'intelligenza artificiale sia stata adottata da tempo nel campo dell'istruzione, attualmente la sua applicazione è ancora limitata nelle scuole di medicina. In futuro, le scuole di medicina dovranno formare e orientare gli insegnanti nello utilizzo delle applicazioni della intelligenza artificiale nell'insegnamento, nella valutazione e nella gestione. Inoltre, le varie Università dovranno fare investimenti in hardware informatici all'avanguardia, con ampio spazio di archiviazione dati e reti sicure, se desiderano trarre pieno vantaggio dall'intelligenza artificiale. Come per qualsiasi tecnologia emergente, il successo dell'intelligenza artificiale nella formazione medica dipenderà in ultima analisi dal supporto organizzativo e dall'impegno di insegnanti e studenti a utilizzare la tecnologia in modo efficace entro limiti etici.

## Bibliografia

- Abd-Alrazaq, A., Abuelezz, I., Hassan, A., AlSammaraie, A., Alhuwail, D., Irshaidat, S., ... & Househ, M. (2022). Artificial Intelligence–Driven Serious Games in Health Care: Scoping Review. *JMIR serious games*, 10(4), e39840.
- Aung, Y. Y. M., Wong, D. C. S., & Ting, D. S. W. (2021). The promise of artificial intelligence: a review of the opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare. *British medical bulletin*, 139(1), 4–15. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldab016>
- Bissonnette V, Mirchi N, Ledwos N, Alsidieri G, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. Artificial intelligence distinguishes surgical training levels in a virtual reality spinal task. *J Bone Joint Surg Am*. (2019) 101(23):e127. doi: 10.2106/JBJS.18.01197
- Chan, K. S., & Zary, N. (2019). Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. *JMIR medical education*, 5(1), e13930. <https://doi.org/10.2196/13930>
- Dave, M., & Patel, N. (2023). Artificial intelligence in healthcare and education. *British dental journal*, 234(10), 761-764.
- El Saadawi GM, Tseytlin E, Legowski E, et al.: A natural language intelligent tutoring system for training pathologists: implementation and evaluation. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2008, 13:709-22.10.1007/s10459-007-9081-3
- Fontaine, G., Cossette, S., Maheu-Cadotte, M. A., Mailhot, T., Deschênes, M. F., Mathieu-Dupuis, G., Côté, J., Gagnon, M. P., & Dubé, V. (2019). Efficacy of adaptive e-learning for health professionals and students: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 9(8), e025252. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-025252>
- Ghorashi N, Ismail A, Ghosh P, Sidawy A, Javan R: AI-powered chatbots in medical education: potential applications and implications. *Cureus*. 2023, 15:e43271. 10.7759/cureus.43271
- Gordon, M., Daniel, M., Ajiboye, A., Uraiby, H., Xu, N. Y., Bartlett, R., ... & Thammasitboon, S. (2024). A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. *Medical Teacher*, 46(4), 446-470.
- Hak, F., Guimarães, T., & Santos, M. (2022). Towards effective clinical decision support systems: A systematic review. *PLoS One*, 17(8), e0272846.
- Jiang H, Vimalasvaran S, Wang JK, Lim KB, Mogali SR, Car LT: Virtual reality in medical students' education: scoping review. *JMIR Med Educ*. 2022, 8:e34860. 10.2196/34860
- Johnson, K. W., Torres Soto, J., Glicksberg, B. S., Shameer, K., Miotto, R., Ali, M., Ashley, E., & Dudley, J. T. (2018). Artificial Intelligence in Cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(23), 2668–2679. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.03.521>

- Kafke, S. D., Kuhlmeier, A., Schuster, J., Blüher, S., Czimmeck, C., Zoellick, J. C., & Grosse, P. (2023). Can clinical decision support systems be an asset in medical education? An experimental approach. *BMC Medical Education*, 23(1), 570.
- Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, et al.: Virtual patient simulations in health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *J Med Internet Res*. 2019, 21:e14676. 10.2196/14676
- Kuhail MA, Alturki N, Alramlawi S, et al.: Interacting with educational chatbots: a systematic review . *Educ Inf Technol*. 2023, 28:973-1018. 10.1007/s10639-022-11177-3
- Leslie-Mazwi, T. M., & Lev, M. H. (2020). Towards artificial intelligence for clinical stroke care. *Nature reviews. Neurology*, 16(1), 5–6. <https://doi.org/10.1038/s41582-019-0287-9>
- McCoy, L. G., Nagaraj, S., Morgado, F., Harish, V., Das, S., & Celi, L. A. (2020). What do medical students actually need to know about artificial intelligence?. *NPJ digital medicine*, 3(1), 86.
- McCoy, L., Lewis, J. H., & Dalton, D. (2016). Gamification and Multimedia for Medical Education: A Landscape Review. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 116(1), 22–34. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2016.003>
- Mirchi N, Ledwos N, Del Maestro RF. Intelligent Tutoring Systems: Re-Envisioning Surgical Education in Response to COVID-19. *Can J Neurol Sci*. 2021 Mar;48(2):198-200. doi: 10.1017/cjn.2020.202.
- Mirchi N, Bissonnette V, Yilmaz R, Ledwos N, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. The Virtual Operative Assistant: An explainable artificial intelligence tool for simulation-based training in surgery and medicine. *PLoS One*. 2020 Feb 27;15(2):e0229596. doi: 10.1371/journal.pone.0229596
- Mishra, A., Khan, S., Das, A., & Das, B. C. (2023). Evolution of diagnostic and forensic microbiology in the era of artificial intelligence. *Cureus*, 15(9).
- Paranjape, K., Schinkel, M., Nannan Panday, R., Car, J., & Nanayakkara, P. (2019). Introducing Artificial Intelligence Training in Medical Education. *JMIR medical education*, 5(2), e16048. <https://doi.org/10.2196/16048>
- Park, J. J., Tiefenbach, J., & Demetriades, A. K. (2022). The role of artificial intelligence in surgical simulation. *Frontiers in Medical Technology*, 4, 1076755.
- Park, S. H., Do, K. H., Kim, S., Park, J. H., & Lim, Y. S. (2019). What should medical students know about artificial intelligence in medicine?. *Journal of educational evaluation for health professions*, 16, 18. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2019.16.18>
- Pottle J: Virtual reality and the transformation of medical education . *Future Healthc J*. 2019, 6:181-5.10.7861/fhj.2019-0036
- Santos, M. K., Ferreira Júnior, J. R., Wada, D. T., Tenório, A. P. M., Barbosa, M. H. N., & Marques, P. M. A. (2019). Artificial intelligence, machine learning, computer-aided diagnosis, and radiomics: advances in imaging towards to precision medicine. *Radiologia brasileira*, 52(6), 387–396. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2019.0049>
- Sallam M: ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: systematic review on the promising perspectives and valid concerns. *Healthcare (Basel)*. 2023, 11:887 10.3390/healthcare11060887

- Serag, A., Ion-Margineanu, A., Qureshi, H., McMillan, R., Saint Martin, M. J., Diamond, J., O'Reilly, P., & Hamilton, P. (2019). Translational AI and Deep Learning in Diagnostic Pathology. *Frontiers in medicine*, 6, 185. <https://doi.org/10.3389/fmed.2019.00185>
- Sewell C, Morris D, Blevins NH, Dutta S, Agrawal S, Barbagli F, et al. Providing metrics and performance feedback in a surgical simulator. *Comput Aided Surg.* (2008) 13(2):63–81. doi: 10.3109/10929080801957712.
- Siyar S, Azarnoush H, Rashidi S, Del Maestro RF. Tremor assessment during virtual reality brain tumor resection. *J Surg Educ.* (2020) 77(3):643–51. doi: 10.1016/j.jsurg.2019.11.011
- Tang KS, Cheng DL, Mi E, Greenberg PB: Augmented reality in medical education: a systematic review . *Can Med Educ J.* 2020, 11:e81-96. 10.36834/cmej.61705
- Toto, G. A. (2024). *Sperimentazioni del metodo analogico. Esperienze, pratiche, ricerche.* McGrawHill.
- Varma, J. R., Fernando, S., Ting, B. Y., Aamir, S., & Sivaprakasam, R. (2023). The global use of artificial intelligence in the undergraduate medical curriculum: a systematic review. *Cureus*, 15(5).
- Wolfe CR, Widmer CL, Reyna VF, et al. The development and analysis of tutorial dialogues in AutoTutor Lite. *Behav Res Methods.* 2013;45(3):623-636. doi:10.3758/s13428-013-0352-z
- Wood, E. A., Ange, B. L., & Miller, D. D. (2021). Are We Ready to Integrate Artificial Intelligence Literacy into Medical School Curriculum: Students and Faculty Survey. *Journal of medical education and curricular development*, 8, 23821205211024078. <https://doi.org/10.1177/23821205211024078>
- Zarei, M., Mamaghani, H. E., Abbasi, A., & Hosseini, M. S. (2024). Application of artificial intelligence in medical education: A review of benefits, challenges, and solutions. *Medicina Clínica Práctica*, 7(2), 100422

### LORENZO SANESI

Lorenzo Sanesi è laureato in Scienze Biologiche presso l'Università degli Studi di Firenze. Ha un dottorato di ricerca in Trapianti di tessuti ed organi e terapie cellulari, ottenuto presso l'Università degli studi di Bari "Aldo Moro". Attualmente è ricercatore presso l'Università di Foggia, ed è autore di 22 articoli scientifici in riviste internazionali. Docente presso l'Università di Foggia dei corsi: Istologia, modelli organizzativi di telemedicina e scienze tecniche mediche applicate.

### GIORGIO MORI

Giorgio Mori è delegato del rettore alla Didattica. Professore ordinario di Istologia presso l'Università di Foggia, insegna Istologia ed Embriologia nel corso di Laurea in Medicina e Chirurgia, Odontoiatria ed in numerosi CdS delle Professioni Sanitarie. Ha conseguito il dottorato di ricerca in Scienze e Tecnologie Cellulari presso l'Università di Bari ed è laureato in Odontoiatria presso l'Università di Bari; è autore di 90 articoli su riviste internazionali.