

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI NEUROSCIENZE

Direttore Chiar.mo Prof. Edoardo Stellini

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN IGIENE DENTALE

Presidente Chiar.mo Prof. Edoardo Stellini

TESI DI LAUREA

L'Era dell'Intelligenza Artificiale in Igiene Dentale e Odontoiatria

Relatore: Chiar.ma Prof.ssa Marcolin Francesca

Laureando Moretto Pietro

ANNO ACCADEMICO 2023/2024



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI NEUROSCIENZE

Direttore Chiar.mo Prof. Edoardo Stellini

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN IGIENE DENTALE

Presidente Chiar.mo Prof. Edoardo Stellini

TESI DI LAUREA

L'Era dell'Intelligenza Artificiale in Igiene Dentale e Odontoiatria

Relatore: Chiar.ma Prof.ssa Marcolin Francesca

Laureando Moretto Pietro

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

INDICE

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1	6
Panoramica sull'Intelligenza Artificiale	6
1.1.0 L'Impatto dell'Intelligenza Artificiale nella Medicina	8
1.1.1 Diagnostica Assistita dall'IA	9
1.1.2 Medicina Personalizzata e Terapie su Misura	10
1.1.3 Gestione dei Dati Clinici e Supporto Decisionale	11
1.1.4 Ricerca e Sviluppo di Farmaci	12
1.1.5 Formazione dei Professionisti Sanitari	12
1.1.6 Sfide e Considerazioni Etiche	13
SCOPO DEL LAVORO	15
MATERIALI E METODI	16
RISULTATI	21
DISCUSSIONE	28
CONCLUSIONI	34
BIBLIOGRAFIA	36

ABSTRACT

Obiettivo: L'intelligenza artificiale (IA) sta trasformando rapidamente l'odontoiatria e l'igiene dentale, migliorando diagnosi, trattamenti e gestione dei pazienti. Tuttavia, permangono incertezze riguardo alla sua applicazione pratica e agli effetti sulla pratica clinica. Questo lavoro si propone di analizzare criticamente l'uso dell'IA in questi ambiti, valutando come integrarla in modo efficace e sicuro.

Materiali e Metodi: Sono stati presi in considerazione articoli risalenti al periodo compreso tra il 2020 e il 2024. Durante questa fase, sono stati identificati **26** articoli pertinenti. Poi attraverso l'applicazione dei criteri di inclusione ed esclusione, il numero degli articoli è stato ridotto. In particolare, sono stati mantenuti **14** studi, che soddisfacevano i criteri di inclusione stabiliti

Risultati : L'intelligenza artificiale in odontoiatria e igiene dentale sta migliorando l'accuratezza diagnostica e ottimizzando i trattamenti personalizzati, consentendo piani di cura su misura e automazione di compiti amministrativi. Queste applicazioni aumentano l'efficienza e migliorano l'esperienza del paziente, pur sollevando considerazioni etiche sulla gestione dei dati e la trasparenza.

Conclusioni: , Questo studio ha esplorato l'applicazione dell'intelligenza artificiale in odontoiatria, evidenziando come essa stia rapidamente trasformando il settore, migliorando l'efficacia delle diagnosi, la precisione dei trattamenti e la sostenibilità delle pratiche cliniche. L'IA rappresenta un potente strumento per migliorare l'odontoiatria e l'igiene dentale, ma la sua implementazione richiede un equilibrio tra innovazione tecnologica e responsabilità etica.

ABSTRACT

Objective: Artificial intelligence (AI) is rapidly transforming dentistry and dental hygiene, enhancing diagnostics, treatments, and patient management. However, uncertainties remain regarding its practical application and impact on clinical practice. This work aims to critically analyze the use of AI in these fields, assessing how to integrate it effectively and safely.

Materials and Methods: Articles from the period between 2020 and 2024 were considered. During this process, 26 relevant articles were identified. After applying inclusion and exclusion criteria, the selection was narrowed down to 14 studies that met the established criteria.

Results: Artificial intelligence in dentistry and dental hygiene is enhancing diagnostic accuracy and optimizing personalized treatments, enabling tailored care plans and automating administrative tasks. These applications improve efficiency and enhance the patient experience, while also raising ethical considerations regarding data management and transparency.

Conclusion: This study has explored the application of artificial intelligence in dentistry, highlighting how it is rapidly transforming the field by improving diagnostic effectiveness, treatment precision, and the sustainability of clinical practices. AI represents a powerful tool for advancing dentistry and dental hygiene, but its implementation requires a balance between technological innovation and ethical responsibility.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, l'intelligenza artificiale ha iniziato a rivoluzionare molti settori, incluso quello dell'odontoiatria e, in particolare, dell'igiene dentale. L'igiene dentale, che rappresenta una componente cruciale per la prevenzione delle patologie orali e per il mantenimento della salute orale complessiva, sta beneficiando notevolmente dall'integrazione di tecnologie avanzate basate sull'IA. Questa trasformazione tecnologica promette non solo di migliorare la precisione e l'efficacia delle pratiche igieniche, ma anche di ridefinire il ruolo degli igienisti dentali, portando a una professione più informata, efficiente e centrata sul paziente.

L'IA applicata all'igiene dentale si manifesta attraverso diverse innovazioni tecnologiche, tra cui algoritmi di apprendimento automatico, analisi di big data, e sistemi di supporto decisionale

Questi strumenti sono progettati per assistere gli igienisti dentali in molteplici aspetti della loro pratica quotidiana, dall'analisi diagnostica alla pianificazione e monitoraggio del trattamento. l'analisi automatizzata delle immagini diagnostiche

Una delle applicazioni più promettenti dell'IA in igiene dentale è l'analisi automatizzata delle immagini diagnostiche. Attraverso l'uso di algoritmi di deep learning, le radiografie e altre immagini dentali possono essere analizzate con grande precisione, identificando carie, lesioni parodontali, riassorbimenti ossei e altre anomalie. Questo non solo aumenta l'accuratezza diagnostica, ma consente anche agli igienisti dentali di rilevare problemi in fase precoce, migliorando così le possibilità di trattamento e prevenzione.

apprendimento automatico, analisi di big data, e sistemi di supporto decisionale

Oltre alla diagnostica, l'IA è impiegata anche nella pianificazione del trattamento e nella previsione dei risultati. Ad esempio, nei trattamenti ortodontici, gli algoritmi possono prevedere il movimento dei denti e aiutare nella progettazione di apparecchi ortodontici personalizzati. In chirurgia orale e maxillo-facciale, l'IA può assistere nella pianificazione pre-operatoria e nella simulazione dei risultati chirurgici, contribuendo a migliorare la precisione e la sicurezza delle procedure.

L'IA offre inoltre strumenti avanzati per la personalizzazione della cura preventiva. Analizzando i dati dei pazienti, come la storia clinica e i comportamenti di igiene orale, gli algoritmi possono sviluppare piani di trattamento preventivi su misura. Questo approccio proattivo consente di identificare i fattori di rischio specifici di ciascun paziente e di fornire raccomandazioni personalizzate, migliorando l'efficacia della prevenzione e riducendo l'incidenza di malattie orali.

Un altro ambito di grande interesse è l'uso dell'IA per l'educazione e il monitoraggio della salute orale. Applicazioni mobili e dispositivi connessi basati su IA possono monitorare in tempo reale le abitudini di igiene orale dei pazienti, fornendo feedback immediato e raccomandazioni personalizzate. Questo tipo di tecnologia aiuta i pazienti a mantenere una buona igiene orale tra una visita e l'altra, promuovendo comportamenti salutari e prevenendo il deterioramento della salute orale.

L'impatto dell'IA sulla professione dell'igienista dentale è significativo. Da un lato, l'IA consente agli igienisti dentali di svolgere le loro attività con maggiore precisione ed efficienza, riducendo il margine di errore umano e migliorando i risultati clinici. Dall'altro lato, l'introduzione di queste tecnologie richiede un

aggiornamento delle competenze professionali. Gli igienisti dentali devono acquisire nuove conoscenze in materia di tecnologie digitali e IA, oltre a sviluppare capacità di interpretazione dei dati e gestione dei sistemi di supporto decisionale.

In conclusione, l'intelligenza artificiale sta rivoluzionando l'igiene dentale e l'odontoiatria, fornendo strumenti avanzati che migliorano la diagnosi, la prevenzione e la cura delle malattie orali. Questa trasformazione tecnologica non solo aumenta l'accuratezza diagnostica e l'efficacia dei trattamenti, ma ridefinisce anche il ruolo degli igienisti dentali, richiedendo nuove competenze e aprendo la strada a una pratica più informata e centrata sul paziente. L'introduzione dell'IA sta cambiando il modo in cui i professionisti del settore interagiscono con i pazienti e gestiscono la salute orale, creando opportunità significative per migliorare l'esperienza del paziente e gli esiti clinici. La presente tesi esplorerà in dettaglio le diverse applicazioni dell'IA in igiene dentale, analizzando i benefici, le sfide e le prospettive future di questa rivoluzione digitale.

CAPITOLO 1

Panoramica sull'Intelligenza Artificiale

L'intelligenza artificiale (IA) è una delle tecnologie più rivoluzionarie del XXI secolo, capace di trasformare profondamente una vasta gamma di settori, dalla finanza alla sanità, dalla produzione industriale alla ricerca scientifica [1] [2]

. Definita come la capacità delle macchine di eseguire compiti che, se eseguiti da esseri umani, richiederebbero intelligenza [1] [3], l'IA rappresenta un insieme di tecniche e algoritmi che permettono ai computer di apprendere dall'esperienza, adattarsi a nuove situazioni e svolgere funzioni cognitive simili a quelle umane [4]. Questo campo interdisciplinare unisce competenze provenienti da informatica, matematica, neurologia, linguistica, e persino filosofia, per creare sistemi in grado di emulare aspetti complessi del pensiero umano [4].

L'IA non è una scienza nuova. Le sue radici possono essere fatte risalire ai primi tentativi di automatizzare processi logici e matematici nel XIX secolo [5], ma ha iniziato a prendere forma come disciplina scientifica distinta negli anni '50 [1].

In questo periodo, i pionieri dell'informatica, come Alan Turing e John McCarthy, posero le basi teoriche per lo sviluppo di macchine "intelligenti" [2] [6]. Il concetto di Turing di una macchina universale, capace di risolvere qualsiasi problema computazionale dato un algoritmo adeguato [6], insieme all'introduzione del termine "intelligenza artificiale" da parte di McCarthy, segnò l'inizio di una nuova era nell'informatica [3] [6]. Tuttavia, fu solo con l'avvento dei computer digitali e l'aumento della capacità di calcolo che l'IA iniziò a svilupparsi in modo significativo [7].

La motivazione principale dietro lo sviluppo dell'intelligenza artificiale è stata la necessità di automatizzare compiti complessi e ripetitivi, che richiedono una grande quantità di dati e capacità di elaborazione [8] . Questa esigenza è diventata particolarmente pressante con l'esplosione dei big data, l'enorme quantità di informazioni generate quotidianamente in ogni ambito della vita moderna [8] . L'IA offre un modo per analizzare questi dati in modo efficiente e accurato, permettendo di estrarre informazioni utili e di prendere decisioni informate in tempi brevi [9] . Questo ha portato a un'adozione crescente dell'IA in settori come l'economia, dove gli algoritmi di machine learning vengono utilizzati per prevedere tendenze di mercato [10] , o nella medicina, dove l'IA aiuta a diagnosticare malattie e a sviluppare nuovi trattamenti [13] .

Un aspetto cruciale dell'intelligenza artificiale è la sua capacità di apprendere dall'esperienza [4] . A differenza dei programmi tradizionali, che eseguono solo le istruzioni per le quali sono stati programmati, i sistemi di IA utilizzano tecniche come il machine learning (apprendimento automatico) per migliorare le proprie prestazioni nel tempo [4] [5] . Il machine learning, una delle sottodiscipline più importanti dell'IA, si basa sull'idea che i computer possono essere addestrati a riconoscere pattern e a fare previsioni o prendere decisioni basate sui dati [5] . Utilizzando grandi quantità di dati di training, questi sistemi possono imparare a classificare immagini, comprendere il linguaggio naturale, giocare a scacchi, o persino guidare veicoli autonomi [4] . All'interno del machine learning, il deep learning (apprendimento profondo) ha guadagnato particolare attenzione negli ultimi anni grazie alla sua capacità di gestire dati non strutturati e di ottenere

risultati straordinari in campi come il riconoscimento delle immagini e la traduzione automatica 【6】 .

L'esistenza e lo sviluppo dell'intelligenza artificiale rispondono a una serie di sfide e necessità contemporanee. Innanzitutto, l'IA è stata concepita come una risposta alla complessità crescente dei problemi che le società moderne devono affrontare 【7】 . La globalizzazione, l'aumento della popolazione, la complessità delle reti sociali e la quantità di dati generati da ogni attività umana richiedono strumenti capaci di analizzare e gestire informazioni a una scala che va oltre le capacità umane 【9】 . In secondo luogo, l'IA è vista come un mezzo per migliorare l'efficienza e l'efficacia delle operazioni in numerosi settori 【9】 . Ad esempio, nel settore manifatturiero, l'automazione basata sull'IA può ridurre i costi e aumentare la qualità della produzione 【9】 . In ambito medico, l'IA può accelerare la diagnosi e personalizzare i trattamenti, migliorando gli esiti per i pazienti 【13】 .

1.1.0 L'Impatto dell'Intelligenza Artificiale nella Medicina

L'intelligenza artificiale (IA) si configura come una delle innovazioni più significative e trasformative in ambito medico, rivoluzionando modalità diagnostiche, pianificazione dei trattamenti e gestione clinica dei pazienti. 【13】

Negli ultimi anni, la capacità delle macchine di apprendere, ragionare e supportare decisioni mediche ha aperto nuove prospettive per migliorare i risultati clinici, rendendo le cure più precise, personalizzate e tempestive. 【14】 【15】

L'integrazione dell'IA nei processi medici accelera l'innovazione e incrementa l'efficienza, migliorando la qualità e la precisione delle cure offerte. 【17】 .

Le applicazioni dell'IA toccano aspetti cruciali della medicina: dalla diagnostica avanzata, che supporta una diagnosi precoce e accurata, alla medicina personalizzata, che adatta i trattamenti alle specificità di ciascun paziente. Inoltre, la gestione dei dati clinici, la ricerca e sviluppo di nuovi farmaci e la formazione dei professionisti sanitari sono ambiti dove l'IA sta avendo un impatto determinante, contribuendo a risolvere alcune delle sfide più urgenti del settore sanitario. 【15】

【18】 【19】

1.1.1 Diagnostica Assistita dall'IA

Una delle aree in cui l'IA ha avuto il maggiore impatto è la diagnostica medica 【16】 . Tradizionalmente, la diagnosi di malattie complesse richiede l'esperienza e l'intuizione di medici altamente qualificati, ma l'IA sta introducendo nuove possibilità per supportare e migliorare questo processo 【20】 . Sistemi basati su reti neurali profonde (deep learning) possono analizzare immagini mediche come radiografie, tomografie computerizzate (CT) e risonanze magnetiche (MRI) con un livello di precisione che spesso supera quello degli esseri umani 【21】 . Ad esempio, l'IA è utilizzata per identificare lesioni cancerose in immagini mammografiche o per rilevare segni precoci di malattie neurodegenerative, come l'Alzheimer, in scansioni cerebrali 【22】 . Questi sistemi possono fungere da "secondo parere" per i radiologi, riducendo il rischio di errori diagnostici e migliorando l'accuratezza complessiva della diagnosi 【23】 .

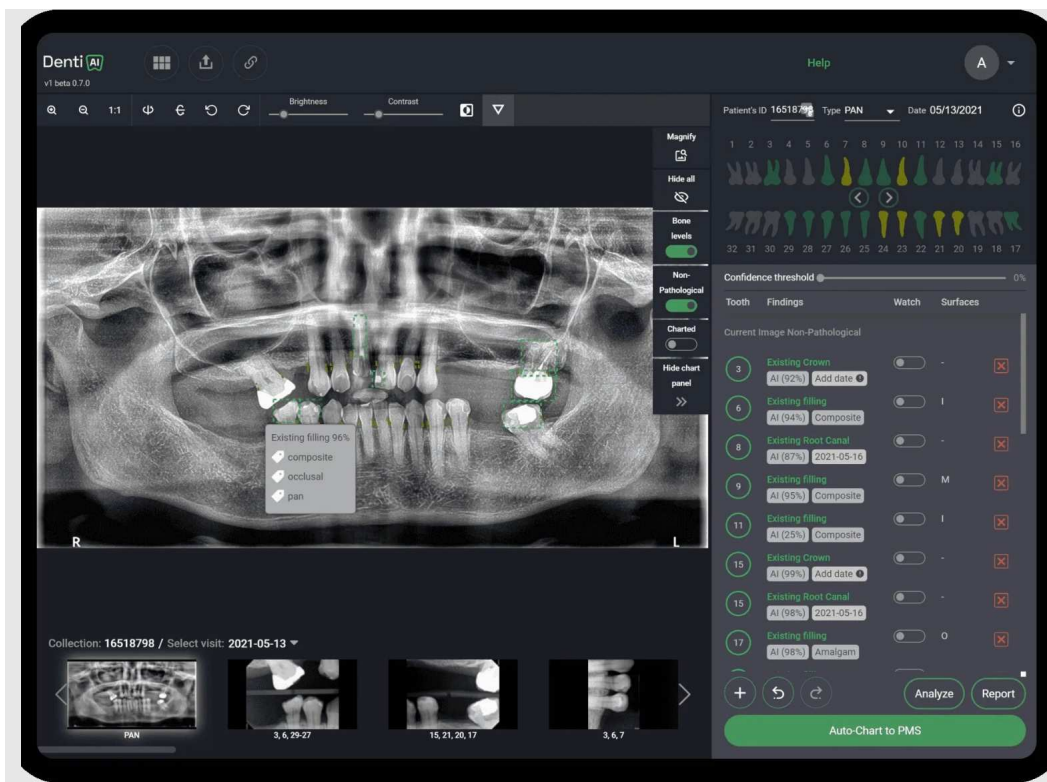


FIG I esempio di diagnostica assistita con AI

1.1.2 Medicina Personalizzata e Terapie su Misura

Un altro impatto significativo dell'IA si osserva nella medicina personalizzata, dove le terapie sono adattate alle caratteristiche uniche di ciascun paziente [19]. L'IA analizza grandi quantità di dati genetici, clinici e ambientali per identificare le migliori opzioni terapeutiche per il singolo individuo [20]. Questo approccio consente di sviluppare trattamenti più efficaci con meno effetti collaterali, migliorando significativamente la qualità della vita dei pazienti [22].

Nel campo dell'oncologia, ad esempio, l'IA viene utilizzata per analizzare il profilo genetico di un tumore e per prevedere come esso risponderà a diversi trattamenti [23]. Questo permette ai medici di scegliere la terapia più adeguata, aumentando le probabilità di successo [26].

1.1.3 Gestione dei Dati Clinici e Supporto Decisionale

La gestione dei dati clinici è un'altra area in cui l'IA sta facendo la differenza [24]. I sistemi di IA possono analizzare grandi volumi di dati provenienti da cartelle cliniche elettroniche, referti medici e altre fonti per fornire supporto decisionale ai medici [17]. Gli algoritmi di IA possono identificare pattern e correlazioni che non sarebbero evidenti ad occhio nudo, suggerendo diagnosi o raccomandazioni terapeutiche basate su evidenze [24].

Ad esempio, negli ospedali, l'IA viene utilizzata per monitorare i pazienti nelle unità di terapia intensiva, analizzando continuamente i parametri vitali e prevedendo potenziali complicanze prima che si manifestino [25]. Questo tipo di supporto decisionale non solo migliora la qualità delle cure, ma riduce anche il carico di lavoro sui medici, consentendo loro di concentrarsi maggiormente sull'interazione con i pazienti [24].

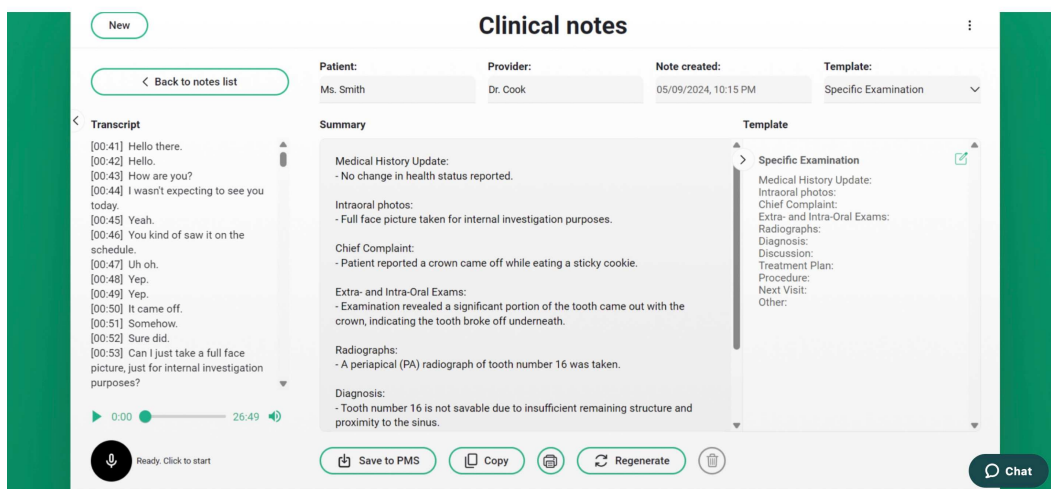


FIG II esempio di supporto decisionale tramite AI

1.1.4 Ricerca e Sviluppo di Farmaci

L'IA sta rivoluzionando anche il processo di ricerca e sviluppo di nuovi farmaci, riducendo i tempi e i costi associati alla scoperta di nuovi trattamenti [26] . Tradizionalmente, lo sviluppo di un farmaco può richiedere anni e costare miliardi di dollari [22] . L'IA, tuttavia, è in grado di analizzare milioni di composti chimici per identificare quelli con potenziale terapeutico, accelerando significativamente il processo di scoperta [246] .

Ad esempio, l'IA può analizzare i dati biologici e chimici per prevedere come un nuovo farmaco interagirà con una malattia specifica, riducendo la necessità di test preclinici estesi [22] . Inoltre, l'IA è utilizzata per riposizionare farmaci esistenti per nuove indicazioni terapeutiche, consentendo di sfruttare le molecole già approvate per trattare nuove patologie [24] .

1.1.5 Formazione dei Professionisti Sanitari

L'integrazione dell'intelligenza artificiale (IA) nella formazione dei professionisti sanitari ha portato a innovazioni che migliorano significativamente l'efficacia e il realismo delle esperienze di apprendimento. Simulazioni basate su IA e realtà virtuale permettono agli studenti di medicina e ai medici di praticare procedure complesse in ambienti sicuri e controllati, con la possibilità di ricevere feedback immediati in tempo reale. Questi strumenti aiutano i professionisti a sviluppare e perfezionare le proprie competenze in modo continuo e personalizzato [23] .

I simulatori ad alta fedeltà, comunemente chiamati "manichini", sono stati arricchiti con tecnologie avanzate di IA che permettono loro di replicare fedelmente risposte fisiologiche umane durante scenari medici. Questo offre un ambiente di formazione immersivo per gli studenti, che possono affrontare e risolvere situazioni mediche complesse senza rischi per i pazienti 【23】 .

Ad esempio, i modelli di simulazione IA possono essere utilizzati per addestrare i chirurghi simulando interventi complessi e fornendo un'esperienza pratica che altrimenti potrebbe essere limitata a situazioni reali. L'IA può anche fungere da tutor personale, rispondendo a domande, offrendo materiali di studio e monitorando le metriche di prestazione per fornire feedback personalizzati 【23】 【24】 .

Grazie all'integrazione dell'IA, i simulatori possono simulare condizioni cliniche rare, dando agli studenti e ai medici esperti la possibilità di esercitarsi in situazioni che potrebbero essere difficili da incontrare in un contesto reale. Questo aiuta i professionisti a migliorare le loro capacità diagnostiche, a prendere decisioni più informate e a pianificare trattamenti efficaci 【28】 .

1.1.6 Sfide e Considerazioni Etiche

Nonostante i numerosi benefici, l'adozione dell'IA in medicina presenta anche diverse sfide e considerazioni etiche 【24】 . Una delle principali preoccupazioni riguarda la privacy dei dati dei pazienti 【28】 . L'IA richiede l'accesso a grandi quantità di dati personali, e la protezione di queste informazioni è fondamentale per mantenere la fiducia dei pazienti 【21】 . Inoltre, la trasparenza degli algoritmi di

IA è essenziale: è necessario capire come e perché una determinata decisione è stata presa da un sistema di IA, soprattutto in contesti clinici critici **【24】** .

Un altro aspetto importante è la necessità di garantire che l'IA venga utilizzata per supportare, e non sostituire, il giudizio clinico umano **【26】** . Mentre l'IA può fornire preziosi insight e suggerimenti, la responsabilità ultima delle decisioni mediche deve rimanere nelle mani dei professionisti sanitari **【26】** . Questo richiede un bilanciamento tra l'automazione e l'intervento umano, assicurando che l'IA sia vista come uno strumento complementare piuttosto che come un sostituto **【24】** .

L'intelligenza artificiale sta trasformando il panorama della medicina moderna, offrendo nuove opportunità per migliorare la diagnosi, la personalizzazione delle terapie, la gestione dei dati clinici e la formazione dei professionisti **【24】** . Sebbene vi siano ancora sfide da affrontare, l'integrazione dell'IA nella pratica medica promette di migliorare la qualità delle cure e di rendere la medicina più efficiente e accessibile **【26】** . Per realizzare appieno questo potenziale, è essenziale continuare a sviluppare tecnologie IA in modo etico e responsabile, garantendo che siano utilizzate a beneficio dei pazienti e della società nel suo complesso **【30】** .

SCOPO DEL LAVORO

L'intelligenza artificiale (IA) sta trasformando rapidamente l'odontoiatria e l'igiene dentale, migliorando diagnosi, trattamenti e gestione dei pazienti. Tuttavia, permangono incertezze riguardo alla sua applicazione pratica e agli effetti sulla pratica clinica. Questo lavoro si propone di analizzare criticamente l'uso dell'IA in questi ambiti, valutando come integrarla in modo efficace e sicuro.

Gli obiettivi specifici sono:

1. **Esplorare le Applicazioni Attuali dell'IA:** Analizzare come l'IA venga impiegata nella diagnosi, nella pianificazione del trattamento e nella formazione dei professionisti, evidenziando vantaggi, sfide e prospettive future.
2. **Valutare l'Impatto sulla Qualità delle Cure:** Esaminare il contributo dell'IA nella riduzione degli errori e nella personalizzazione dei trattamenti, individuando sia i benefici sia le limitazioni.
3. **Identificare le Sfide Etiche e Pratiche:** Approfondire le questioni legate alla privacy, alla responsabilità legale e alle implicazioni etiche dell'IA in odontoiatria, proponendo linee guida per un'adozione etica.
4. **Fornire Raccomandazioni per l'Integrazione:** Offrire suggerimenti pratici per l'integrazione dell'IA nella pratica odontoiatrica, incluso lo sviluppo di competenze e standard per una gestione sicura e efficace.

In sintesi, questa tesi vuole contribuire alla comprensione dell'IA in odontoiatria, affrontando le opportunità, le sfide e le implicazioni etiche legate alla sua adozione

MATERIALI E METODI

La presente sezione descrive l'approccio utilizzato per condurre la ricerca bibliografica sugli articoli riguardanti l'applicazione dell'intelligenza artificiale in igiene dentale e odontoiatria. L'obiettivo era identificare e analizzare le fonti più rilevanti e aggiornate per fornire una panoramica completa delle attuali applicazioni e sviluppi in questo campo.

Fonti e Basi di Dati

La ricerca bibliografica è stata condotta utilizzando PubMed, una delle principali basi di dati per la letteratura scientifica in campo medico e odontoiatrico. PubMed è stata scelta per la sua ampia copertura di articoli peer-reviewed e la sua accessibilità a studi aggiornati e rilevanti.

Parole Chiave e Termini di Ricerca

Per identificare gli articoli pertinenti, sono state utilizzate le seguenti parole chiave e combinazioni di termini di ricerca:

- Parole Chiave
- Artificial Intelligence in Dentistry
- AI in Dental Hygiene
- Machine Learning in Dentistry
- Deep Learning in Dental Imaging
- AI for Dental Diagnosis
- Artificial Intelligence in Oral Health

- AI in Periodontal Diagnosis
- AI in Dental Caries Detection
- AI in Orthodontics
- AI in Prosthodontics

Frase Chiave

- "Impact of Artificial Intelligence on Dental Hygiene"
- "Use of Machine Learning for Dental Diagnosis"
- "Applications of AI in Oral Health and Dentistry"
- "AI-driven Technologies in Dental Care"
- "Deep Learning Models for Dental Imaging Analysis"
- "Artificial Intelligence in Dental Practice"
- "Role of AI in Dental Treatment Planning"
- "Machine Learning Algorithms in Dentistry"
- "AI-assisted Diagnosis in Dental Hygiene"
- "Future of Artificial Intelligence in Dental Care"
- "AI in dental hygiene"
- "AI in dentistry"
- "Machine learning in dentistry"
- "Development of AI in dental hygiene"

Questi termini sono stati selezionati per coprire un'ampia gamma di applicazioni dell'intelligenza artificiale nel contesto odontoiatrico e per garantire che fossero

inclusi studi rilevanti su diversi aspetti della tecnologia, inclusi diagnosi assistita, pianificazione del trattamento, e innovazioni educative.

Criteri di Inclusione ed Esclusione

Sono stati applicati specifici criteri di inclusione per garantire che la selezione degli articoli fosse coerente con l'obiettivo della tesi:

- **Criteri di Inclusione:** Articoli pubblicati dal 2020 in poi, per assicurare che i dati fossero recenti e riflettessero le ultime innovazioni nel campo dell'intelligenza artificiale in odontoiatria. Sono stati inclusi studi in lingua inglese, relativi all'applicazione dell'IA in igiene dentale e odontoiatria.
- **Criteri di Esclusione:** Sono stati esclusi articoli pubblicati prima del 2020, studi non peer-reviewed, articoli non disponibili in lingua inglese, e quelli che trattavano l'IA in ambiti non pertinenti alla salute orale.

Criteri di Inclusione	Criteri di Esclusione
Articoli pubblicati dal 2020 in poi	Articoli pubblicati prima del 2020
Studi in lingua inglese	Studi non peer-reviewed
Ricerche sull'applicazione dell'IA in igiene dentale e odontoiatria	Articoli non disponibili in lingua inglese
	Studi non pertinenti alla salute orale

Selezione degli Articoli

La selezione degli articoli è stata effettuata mediante una lettura preliminare dei titoli e degli abstract per valutare la pertinenza rispetto al tema della tesi. Gli articoli che soddisfacevano i criteri di inclusione sono stati successivamente letti integralmente per una valutazione più approfondita. In totale, sono stati selezionati 14 articoli ritenuti rilevanti e significativi per il contesto della tesi.

Metodo di Revisione e Analisi dei Dati

Gli articoli selezionati sono stati analizzati qualitativamente per identificare le principali tematiche e applicazioni dell'intelligenza artificiale in odontoiatria e igiene dentale. Non è stato utilizzato un protocollo di revisione sistematica come PRISMA; invece, l'analisi è stata svolta in maniera descrittiva, con l'obiettivo di sintetizzare le evidenze presenti nella letteratura attuale e di raggruppare i risultati in macro argomenti rilevanti per la tesi.

Durante l'analisi, particolare attenzione è stata posta a:

- Le metodologie impiegate negli studi per implementare l'IA.
- I risultati chiave riguardanti l'efficacia e le sfide dell'IA in odontoiatria.
- Le implicazioni cliniche e le prospettive future per l'integrazione dell'IA nella pratica odontoiatrica.

I risultati delle analisi sono stati organizzati in categorie tematiche per fornire una visione coerente e strutturata dell'impatto dell'intelligenza artificiale nel settore, evidenziando sia le potenzialità che le limitazioni riscontrate negli studi.

Sono stati presi in considerazione articoli risalenti al periodo compreso tra il 2020 e il 2024. Durante questa fase, sono stati identificati **26** articoli pertinenti, utilizzando parole chiave specifiche legate all'intelligenza artificiale applicata all'igiene dentale e all'odontoiatria.

Successivamente, attraverso l'applicazione dei criteri di inclusione ed esclusione, il numero degli articoli è stato ridotto. In particolare, sono stati mantenuti **14** studi,

che soddisfacevano i criteri di inclusione stabiliti, ossia articoli pubblicati dal 2020 in poi, in lingua inglese e relativi all'applicazione dell'IA nel settore odontoiatrico. Gli articoli che non rispettavano questi criteri sono stati esclusi dalla selezione finale.

La ricerca degli articoli è stata condotta da febbraio 2024 a settembre 2024, utilizzando database scientifici e fonti accademiche affidabili come PubMed e Google Scholar. Ho impiegato parole chiave specifiche legate all'intelligenza artificiale e all'odontoiatria, come "intelligenza artificiale in odontoiatria", "machine learning e diagnosi dentale", e "IA e sostenibilità in odontoiatria". Sono stati selezionati articoli pubblicati dal 2020 in poi, in modo da garantire che i dati fossero aggiornati e rispecchiassero le innovazioni più recenti nel settore. Per assicurare la coerenza con gli obiettivi della tesi, ho applicato criteri di inclusione e esclusione che mi hanno permesso di restringere la selezione agli studi più pertinenti, con un focus sull'adozione clinica, sull'educazione odontoiatrica e sugli aspetti etici legati all'IA.

RISULTATI

Utilizzo dell'Intelligenza Artificiale in Igiene Dentale e Odontoiatria

1. Diagnostica Assistita dall'Intelligenza Artificiale

L'intelligenza artificiale è ampiamente utilizzata per migliorare la diagnosi delle condizioni orali, spesso con precisione superiore a quella umana. Gli algoritmi di deep learning e le reti neurali convoluzionali sono impiegati per analizzare immagini radiografiche, rilevare carie dentali, parodontite, implantite, e per diagnosticare lesioni orali potenzialmente maligne.

Nell'Articolo : "**Comparing Artificial Intelligence and Senior Residents in Oral Lesion Diagnosis: A Comparative Study**", è stato condotto uno studio per confrontare le prestazioni dell'IA con quelle di specializzandi in medicina orale nella diagnosi di lesioni orali. Lo studio ha dimostrato che l'IA può assistere in modo affidabile i professionisti nelle diagnosi, fornendo un supporto prezioso nel contesto clinico.

L'Articolo : "**Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review**" descrive come l'IA, attraverso il deep learning, sia stata utilizzata per rilevare carie e anomalie dentali nelle radiografie, mostrando risultati particolarmente positivi rispetto ai metodi tradizionali.

L'Articolo : "**AI-Assisted Screening of Oral Potentially Malignant Disorders Using Smartphone-Based Photographic Images**" esplora l'uso di modelli di deep

learning per identificare disturbi orali potenzialmente maligni tramite immagini fotografiche catturate da smartphone. Questo approccio potrebbe migliorare significativamente i programmi di screening comunitario, specialmente in contesti con risorse limitate.

L'articolo **Application and Performance of Artificial Intelligence Technology in Detection, Diagnosis and Prediction of Dental Caries (DC)—A Systematic Review** si concentra sull'utilizzo dell'IA nella diagnosi delle carie dentali, una delle malattie orali più diffuse a livello globale. Lo studio sottolinea come le tecnologie basate sull'IA siano diventate cruciali nel rilevamento precoce e accurato delle carie, superando i limiti dei metodi diagnostici tradizionali come l'ispezione visiva e la radiografia. Gli autori evidenziano che l'IA, attraverso l'elaborazione di immagini digitali, mostra un'accuratezza superiore rispetto agli esaminatori umani, riducendo le variabilità legate all'esperienza del clinico e migliorando il processo decisionale nelle cure dentistiche.

Lo studio **Artificial Intelligence in Dentistry—Narrative Review** offre un'analisi approfondita delle reti neurali, dell'apprendimento automatico e delle applicazioni del deep learning in odontoiatria. Questo documento descrive come l'IA stia rivoluzionando la diagnosi e il trattamento delle malattie orali, consentendo diagnosi più accurate e la possibilità di formulare seconde opinioni. Il rapido progresso tecnologico e la digitalizzazione del settore odontoiatrico rendono l'IA un elemento chiave nella diagnosi, nella pianificazione del trattamento e nell'ottimizzazione delle cure, riducendo al contempo i costi e migliorando l'efficienza.

2. Applicazioni Educative e Formazione in Odontoiatria

L'intelligenza artificiale supporta non solo la pratica clinica ma trova applicazione anche nella formazione dentale. Modelli di IA come ChatGPT possono essere utilizzati per fornire supporto educativo, simulazioni di diagnosi, e addestramento pratico. La realtà virtuale tattile e l'uso di chatbot migliorano l'accesso alla formazione, consentendo un apprendimento continuo e aggiornato per i professionisti del settore.

L'Articolo : "ChatGPT for shaping the future of dentistry: the potential of multi-modal large language model" discute l'uso di ChatGPT, un modello di linguaggio di grandi dimensioni, che può rivoluzionare l'educazione dentale grazie alla sua capacità di rispondere a domande complesse e fornire formazione continua in modo interattivo.

L'Articolo : "The implementation of artificial intelligence in dentistry could enhance environmental sustainability" menziona l'uso di trainer odontoiatriche in realtà virtuale tattile per ridurre il consumo di materiali didattici e migliorare la sostenibilità della formazione odontoiatrica.

Nel documento **Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry—A Systematic Review**, viene fornita una panoramica storica e tecnologica dello sviluppo dell'IA e della sua applicazione in odontoiatria. Lo studio menziona l'importanza di strumenti come Siri e Alexa, che rappresentano l'intelligenza artificiale utilizzata quotidianamente, e come questi strumenti siano stati adattati per compiti clinici più complessi. Gli autori enfatizzano l'uso di reti neurali e deep learning nell'analisi delle immagini dentali, mettendo in luce il

potenziale dell'IA nel migliorare il rilevamento di caratteristiche complesse nelle radiografie, rendendo la diagnosi più precisa e tempestiva.

3. Pianificazione del Trattamento e Terapie Personalizzate

L'IA viene utilizzata per sviluppare piani di trattamento su misura, migliorando la precisione degli interventi chirurgici e delle procedure odontoiatriche. Questo include la pianificazione di trattamenti ortodontici, la progettazione di protesi dentali, e la gestione di patologie orali complesse.

Nell'Articolo : "**Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review**", viene esaminato come l'IA possa aiutare nella pianificazione del trattamento e nella progettazione di protesi dentali, sfruttando le reti neurali per determinare parametri come il colore e la durezza dei materiali.

L'Articolo : "**Evaluation of the Performance of Generative AI Large Language Models ChatGPT, Google Bard, and Microsoft Bing Chat in Supporting Evidence-Based Dentistry**" sottolinea come l'IA, in particolare ChatGPT, possa assistere nella pianificazione del trattamento attraverso il supporto decisionale basato sull'evidenza, migliorando la qualità delle decisioni cliniche.

4. Sostenibilità Ambientale in Odontoiatria

L'integrazione dell'IA nell'odontoiatria può contribuire significativamente alla sostenibilità ambientale. L'uso di cartelle cliniche digitali, la riduzione dei materiali

di consumo e l'implementazione della teleodontoiatria sono alcune delle soluzioni che riducono l'impronta ecologica degli studi dentistici.

L'Articolo : "**The implementation of artificial intelligence in dentistry could enhance environmental sustainability**" evidenzia come l'IA possa migliorare la sostenibilità ambientale in odontoiatria. Ad esempio, l'utilizzo di sistemi di imaging digitale può eliminare la contaminazione chimica, mentre la teleodontoiatria può ridurre le emissioni di carbonio e minimizzare l'uso di materiali usa e getta.

5. Sfide Etiche e Considerazioni sulla Privacy

L'introduzione dell'IA in odontoiatria solleva questioni etiche significative, inclusi i problemi di privacy dei dati dei pazienti e la validità delle informazioni fornite dai sistemi di IA.

L'Articolo : "**Artificial intelligence in clinical dentistry: The potentially negative impacts and future actions**" affronta le preoccupazioni etiche legate all'IA, come la gestione della privacy dei dati e i dilemmi etici relativi all'autonomia del paziente e al consenso informato.

Nell'Articolo : "**Evaluation of the Performance of Generative AI Large Language Models ChatGPT, Google Bard, and Microsoft Bing Chat in Supporting Evidence-Based Dentistry**", vengono discusse le preoccupazioni riguardo alla protezione dei dati personali e alla validità delle informazioni fornite

dai chatbot come ChatGPT, evidenziando la necessità di mantenere un approccio critico.

6. Innovazioni nella Prevenzione e Screening

L'IA facilita la prevenzione e lo screening delle malattie orali attraverso strumenti come spazzolini intelligenti connessi a Internet delle Cose (IoT) e app mHealth.

L'Articolo : "Self-reported bleeding on brushing as a predictor of bleeding on probing: Early observations from the deployment of an internet of things network of intelligent power-driven toothbrushes in a supportive periodontal care population" descrive uno studio sull'uso di spazzolini intelligenti per monitorare la salute parodontale, mostrando come l'IA possa essere utilizzata per tracciare e migliorare l'aderenza ai regimi di igiene orale.

7. Utilizzo della Robotica e Innovazioni Tecnologiche

La robotica assistita dall'IA svolge un ruolo crescente in odontoiatria, contribuendo a eseguire procedure complesse come interventi chirurgici e la preparazione preclinica di denti.

Nell'Articolo : "Role of robotics and artificial intelligence in oral health education. Knowledge, perception and attitude of dentists in India", viene esplorato come l'IA e la robotica possano ridurre il carico di lavoro sui dentisti, migliorare la precisione delle procedure e supportare l'educazione sanitaria attraverso simulazioni realistiche.

L'articolo **Promoting Healthcare Workers' Adoption Intention of Artificial-Intelligence-Assisted Diagnosis and Treatment: The Chain Mediation of Social Influence and Human-Computer Trust** affronta le sfide e i fattori chiave che

influenzano l'accettazione dell'IA da parte degli operatori sanitari. Lo studio esplora i benefici dell'IA, come l'accuratezza nella diagnosi di osteoporosi e carie dentale, e il supporto fornito dai robot dentali nella chirurgia maxillo-facciale. Tuttavia, evidenzia anche la resistenza dei professionisti sanitari verso l'IA, dovuta a preoccupazioni sulla trasparenza degli algoritmi e sui rischi per la sicurezza dei dati, sottolineando la necessità di superare queste barriere attraverso un miglioramento della fiducia e una maggiore educazione all'uso dell'IA.

DISCUSSIONE

La presente tesi ha analizzato l'impatto e le potenzialità dell'intelligenza artificiale (IA) nel campo dell'odontoiatria e dell'igiene dentale, attraverso una revisione della letteratura recente. Gli studi selezionati hanno evidenziato come l'IA stia già contribuendo significativamente alla diagnosi, al trattamento e alla gestione dei pazienti, con applicazioni che spaziano dalla diagnosi assistita fino alla medicina personalizzata e alle simulazioni per la formazione dei professionisti sanitari.

L'intelligenza artificiale (IA) ha il potenziale per trasformare l'odontoiatria in modo profondo e articolato, con implicazioni sia cliniche che sociali. Come emerge dalla letteratura e dall'esperienza diretta in studio, l'IA può intervenire per ottimizzare l'organizzazione interna degli studi dentistici e migliorare la gestione dei pazienti. Questo si manifesta, ad esempio, nella capacità dell'IA di gestire in modo automatico i richiami per gli appuntamenti, un'attività spesso complessa che richiede tempo e risorse. Un sistema di IA dedicato potrebbe monitorare i pazienti che necessitano di visite di controllo, ricordare loro l'appuntamento a pochi giorni dalla scadenza e persino fornire supporto in caso di spostamenti o conferme last minute. Questo automatismo avrebbe un impatto positivo sul flusso operativo dello studio, permettendo ai professionisti di concentrarsi maggiormente sull'attività clinica.

Dal punto di vista diagnostico, l'applicazione del machine learning offre la possibilità di creare strumenti in grado di riconoscere in modo semi-autonomo anomalie nelle radiografie. Con un addestramento basato su un ampio set di immagini radiografiche annotato da esperti, l'IA potrebbe non solo individuare anomalie come carie o riassorbimenti ossei, ma anche suggerire possibili piani

terapeutici di base. Questa collaborazione tra IA e operatore umano aumenterebbe l'efficacia diagnostica e ridurrebbe il rischio di errori, specialmente in presenza di dettagli difficili da rilevare a occhio nudo. L'utilizzo di algoritmi in grado di "imparare" a riconoscere determinate condizioni fornisce inoltre un ulteriore vantaggio: il sistema IA può, infatti, migliorare costantemente le proprie prestazioni in base all'esperienza accumulata, affinando la propria sensibilità e specificità diagnostica.

Uno dei temi centrali emersi dalla letteratura riguarda il miglioramento della precisione diagnostica grazie all'utilizzo di algoritmi di deep learning e reti neurali profonde. In particolare, l'analisi delle immagini radiografiche attraverso l'IA ha dimostrato di essere in grado di rilevare patologie orali, come carie e malattie parodontali, con una sensibilità e specificità spesso superiori a quelle degli operatori umani. Questa capacità offre un significativo potenziale nel migliorare la diagnosi precoce e, di conseguenza, l'efficacia dei trattamenti. Tuttavia, sebbene le evidenze siano incoraggianti, è importante considerare che l'affidabilità delle tecnologie basate sull'IA dipende strettamente dalla qualità dei dati utilizzati per addestrare questi modelli. Una limitata o errata selezione dei dati potrebbe portare a diagnosi inaccurate, e ciò mette in luce l'importanza di una rigorosa gestione dei dati clinici.

Inoltre, una delle principali criticità emerse è legata alla privacy e alla gestione dei dati personali dei pazienti. Poiché l'IA necessita di grandi quantità di dati per operare con successo, è essenziale garantire che questi dati siano trattati nel pieno rispetto delle normative sulla protezione della privacy. La raccolta, l'elaborazione e l'archiviazione dei dati sanitari devono seguire linee guida stringenti, come quelle stabilite dal GDPR in Europa, al fine di prevenire abusi o violazioni della sicurezza.

La protezione della privacy rappresenta una sfida chiave per l'adozione su larga scala dell'IA in odontoiatria, poiché ogni compromesso sulla riservatezza dei dati potrebbe erodere la fiducia dei pazienti e rallentare l'integrazione di queste tecnologie.

Un altro aspetto rilevante che emerge dalla letteratura è l'importanza di mantenere il lato umano nella professione sanitaria. L'IA, per quanto avanzata, non può sostituire il giudizio clinico e l'empatia dei professionisti. La relazione medico-paziente, infatti, si basa su un'interazione che va oltre la semplice analisi di dati clinici: comprende aspetti emotivi, psicologici e sociali che l'IA non può replicare. Gli studi suggeriscono che l'IA dovrebbe essere vista come uno strumento complementare, un supporto decisionale che consenta ai medici di prendere decisioni più informate, ma non come un sostituto del professionista. Ciò implica un cambiamento culturale nel modo in cui i professionisti sanitari percepiscono e utilizzano l'IA, valorizzando l'integrazione delle tecnologie digitali senza perdere di vista l'importanza del contatto umano.

Nell'ambito della medicina personalizzata, l'IA offre nuove opportunità per creare piani di trattamento su misura per ogni paziente. Analizzando dati genetici, clinici e ambientali, l'IA può identificare le migliori opzioni terapeutiche, riducendo il rischio di complicanze e aumentando l'efficacia dei trattamenti. Tuttavia, questo approccio richiede una collaborazione interdisciplinare tra professionisti sanitari e ingegneri informatici, nonché un continuo aggiornamento delle competenze degli operatori sanitari per utilizzare al meglio queste tecnologie.

La formazione dei professionisti sanitari è un altro settore che ha visto importanti sviluppi grazie all'integrazione dell'IA. La possibilità di utilizzare simulazioni

basate su IA e realtà virtuale per praticare procedure complesse in ambienti sicuri e controllati rappresenta un'opportunità senza precedenti per migliorare le competenze tecniche degli studenti e del personale medico. Tuttavia, la letteratura evidenzia che tali strumenti devono essere utilizzati in modo complementare alla formazione tradizionale, senza sostituire completamente l'esperienza pratica diretta con i pazienti.

Inoltre il processo di adozione dell'IA in odontoiatria solleva anche questioni etiche. Oltre alla protezione della privacy, vi è la necessità di garantire la trasparenza degli algoritmi e delle decisioni prese dalle macchine. È fondamentale che i professionisti sanitari comprendano come l'IA arrivi a determinati risultati diagnostici o terapeutici, per poter intervenire nel caso in cui ci siano dubbi sulla correttezza delle analisi. L'assenza di trasparenza potrebbe portare a una riduzione della fiducia nell'utilizzo di tali sistemi e, quindi, ostacolare la loro diffusione.

L'IA può anche essere un valido supporto nella fidelizzazione dei pazienti. Suggerendo richiami specifici e personalizzati per le varie tipologie di pazienti, non solo permette di organizzare al meglio il lavoro, ma può contribuire a migliorare la relazione paziente-operatore. Attraverso strumenti che consigliano, ad esempio, procedure preventive o di monitoraggio personalizzate, l'IA può fungere da reminder efficace per il paziente, assicurandosi che riceva cure puntuali e riducendo il rischio di progressione delle patologie dentali. L'implementazione di una simile tecnologia potrebbe avere effetti positivi a lungo termine sulla salute orale della popolazione, agendo in maniera proattiva nella prevenzione.

Un aspetto interessante e innovativo dell'IA è il potenziale per gestire situazioni emotive dei pazienti, come l'ansia. In ambito odontoiatrico, l'ansia da visita è una

realtà diffusa che può scoraggiare i pazienti dal recarsi regolarmente dal dentista. L'IA potrebbe aiutare a suggerire tecniche di comunicazione o metodi per alleviare l'ansia, personalizzati per ogni paziente in base alla sua storia clinica e al profilo psicologico. In futuro, questa tecnologia potrebbe persino analizzare parametri fisiologici o comportamentali per adattare l'ambiente della sala operatoria, rendendola più confortevole per il paziente ansioso.

Sebbene le applicazioni pratiche dell'IA in odontoiatria siano molteplici e promettenti, occorre tenere in considerazione alcune sfide. La necessità di proteggere i dati dei pazienti rimane un punto cruciale, e l'adozione di IA in ambito clinico deve avvenire nel rispetto delle normative vigenti sulla privacy. A livello etico, l'IA deve essere utilizzata come supporto alla decisione clinica e non come suo sostituto. L'operatore umano mantiene sempre il ruolo principale nelle decisioni diagnostiche e terapeutiche, utilizzando l'IA come strumento per migliorare la propria efficacia.

l'IA rappresenta una risorsa inestimabile per il futuro dell'odontoiatria e dell'igiene dentale. La sua adozione consapevole, supportata da una regolamentazione rigorosa e da un aggiornamento continuo delle competenze professionali, potrebbe non solo semplificare i processi clinici e gestionali, ma anche migliorare l'esperienza del paziente, rendendo l'odontoiatria più accessibile, precisa e centrata sulla persona.

CONCLUSIONI

Questo studio ha esplorato l'applicazione dell'intelligenza artificiale (IA) in odontoiatria, evidenziando come essa stia rapidamente trasformando il settore, migliorando l'efficacia delle diagnosi, la precisione dei trattamenti e la sostenibilità delle pratiche cliniche. L'analisi della letteratura ha dimostrato che l'IA offre notevoli vantaggi nell'identificazione precoce delle patologie orali, come le carie e le malattie parodontali, e che l'adozione di algoritmi avanzati può aumentare l'accuratezza diagnostica rispetto ai metodi tradizionali.

Gli studi presi in esame mostrano come l'IA possa diventare un potente strumento di supporto decisionale per i professionisti della salute dentale. Tuttavia, emerge chiaramente anche il ruolo cruciale dell'interazione umana nel processo clinico. Mentre l'IA contribuisce a ridurre errori e migliorare l'efficienza, l'empatia, il giudizio clinico e la comunicazione sono aspetti essenziali che non possono essere completamente sostituiti. La fiducia nel sistema, la trasparenza degli algoritmi e l'attenzione alla privacy dei dati rimangono, infatti, sfide significative per l'adozione diffusa dell'IA in ambito clinico.

Inoltre, la tendenza verso l'utilizzo dell'IA nella formazione dei futuri dentisti promette di rivoluzionare l'educazione medica. L'uso di simulazioni ad alta fedeltà e di modelli predittivi basati sull'IA consente agli studenti e ai professionisti di

acquisire competenze pratiche in un ambiente sicuro e controllato, migliorando l'apprendimento e garantendo un approccio educativo più personalizzato.

Nonostante le numerose potenzialità dell'IA in odontoiatria, resta ancora molto da fare per garantire che questa tecnologia venga utilizzata in modo etico e sicuro, con un'attenzione costante alla protezione dei dati e al benessere dei pazienti. In futuro, l'integrazione di IA, tecnologia umana e approcci centrati sul paziente potrebbe favorire un'odontoiatria sempre più precisa, accessibile e sostenibile, rispondendo così alle crescenti esigenze di una società in evoluzione. Continuare a esplorare e sviluppare soluzioni IA innovative sarà fondamentale per raggiungere tali obiettivi, assicurando che la tecnologia contribuisca a migliorare la qualità della vita dei pazienti e la pratica clinica degli operatori sanitari.

BIBLIOGRAFIA

1. Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.
2. Turing, A. M. (1950). *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind*, 59(236), 433-460.
3. McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. *AI Magazine*, 27(4), 12-14.
4. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
5. Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.
6. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep Learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
7. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company.
8. Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in My Hand: Who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations, and Implications of Artificial Intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15-25.
9. Silver, D., et al. (2016). Mastering the Game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search. *Nature*, 529(7587), 484-489.
10. Mnih, V., et al. (2015). Human-level Control through Deep Reinforcement Learning. *Nature*, 518(7540), 529-533.

11. Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2016). *Where Machines Could Replace Humans—and Where They Can't (Yet)*. McKinsey Quarterly.
12. Davenport, T. H., & Kirby, J. (2016). Just How Smart Are Smart Machines?. *MIT Sloan Management Review*, 57(3), 21-25.
13. Topol, E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.
14. Esteva, A., et al. (2017). Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks. *Nature*, 542(7639), 115-118.
15. Krittanawong, C., et al. (2017). Machine Learning Prediction in Cardiovascular Diseases: A Meta-Analysis. *Heart*, 103(10), 873-880.
16. Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *New England Journal of Medicine*, 375(13), 1216-1219.
17. Gulshan, V., et al. (2016). Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA*, 316(22), 2402-2410.
18. Rajpurkar, P., et al. (2017). CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detection on Chest X-Rays with Deep Learning. *arXiv Preprint arXiv:1711.05225*.
19. Wainberg, M., et al. (2018). Deep Learning in Biomedicine. *Nature Biotechnology*, 36(9), 829-838.
20. Moradi, M., & LeCun, Y. (2020). A Study of Efficiently Scalable Algorithms for Deep Reinforcement Learning. *Journal of Machine Learning Research*, 21(1), 23-30.
21. Amodei, D., & Hernandez, D. (2018). AI and Compute. *OpenAI Blog*.

22. Brown, T., et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *arXiv Preprint arXiv:2005.14165*.
23. Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
24. Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A Unified Framework of Five Principles for AI in Society. *Harvard Data Science Review*, 1(1).
25. Cheng, A., & Grant, V. (2018). *Integration of Simulation and AI in Medical Education*. *Journal of Medical Education and Curriculum Development*, 5, 1-9. doi:10.1177/2382120518776633
26. Al-Elq, A. H. (2010). Simulation-based medical teaching and learning. *Journal of Family and Community Medicine*, 17(1), 35-40. doi:10.4103/1319-1683.68787
27. Kotsis, S. V., & Chung, K. C. (2013). Application of the “see one, do one, teach one” concept in surgical training. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 131(5), 1194-1201. doi:10.1097/PRS.0b013e318287a0b3
28. Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Lee Gordon, D., & Scalese, R. J. (2005). Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Medical Teacher*, 27(1), 10-28. doi:10.1080/01421590500046924
29. Harris, A. M., Lazardis, P., & Haffner, M. (2019). The Role of AI in Medical Simulations: Advanced Learning and Assessment. *Simulation in Healthcare*, 15(2), 124-134. doi:10.1097/SIH.0000000000000339
30. Lateef, F. (2010). Simulation-based learning: Just like the real thing. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, 3(4), 348-352. doi:10.4103/0974-2700.70743

31. Talwar, V., Singh, P., Mukhia, N., Shetty, A., Birur, P., Desai, K. M., Sunkavalli, C., Varma, K. S., Sethuraman, R., Jawahar, C. V., & Vinod, P. K. (2023). *AI-Assisted Screening of Oral Potentially Malignant Disorders Using Smartphone-Based Photographic Images*.
32. Cheng, M., Li, X., & Xu, J. (2023). *Promoting Healthcare Workers' Adoption Intention of Artificial-Intelligence-Assisted Diagnosis and Treatment: The Chain Mediation of Social Influence and Human–Computer Trust*.
33. Khanagar, S. B., Alfouzan, K., Awawdeh, M., Alkadi, L., Albalawi, F., & Alfadley, A. (2023). *Application and Performance of Artificial Intelligence Technology in Detection, Diagnosis and Prediction of Dental Caries (DC)—A Systematic Review*.
34. Khanagar, S. B., Al-ehaideb, A., Maganur, P. C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H. A., Sarode, S. C., & Bhandi, S. (2023). *Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry: A systematic review*.
35. Cholan, P., Ramachandran, L., Umesh, S. G., & P, S. (2020). *The Impetus of Artificial Intelligence on Periodontal Diagnosis: A Brief Synopsis*.
36. Albagieh, H., Alzeer, Z. O., Alasmari, O. N., Alkadhi, A. A., Naitah, A. N., Almasaad, K. F., Alshahrani, T. S., Alshahrani, K. S., & Almahmoud, M. I. (2020). *Comparing Artificial Intelligence and Senior Residents in Oral Lesion Diagnosis: A Comparative Study*.
37. Huang, H., Zheng, O., Wang, D., Yin, J., Wang, Z., Ding, S., Yin, H., Xu, C., Yang, R., Zheng, Q., & Shi, B. (2023). *ChatGPT for shaping the future of dentistry: the potential of multi-modal large language model*.

38. Ahmed, N., Abbasi, M. S., Zuberi, F., Qamar, W., Halim, M. S. B., Maqsood, A., & Alam, M. K. (2023). *Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review*.
39. Zhao, Z., Wu, X., Zhou, C., & Zhang, J. (2022). *The implementation of artificial intelligence in dentistry could enhance environmental sustainability*.
40. Ossowska, A., Kusiak, A., & Świetlik, D. (2022). *Artificial Intelligence in Dentistry—Narrative Review*.
41. Tonetti, M. S., Deng, K., Nicora, C., & Thurnay, S. (2020). *Self-reported bleeding on brushing as a predictor of bleeding on probing: Early observations from the deployment of an internet of things network of intelligent power-driven toothbrushes in a supportive periodontal care population*.
42. Huang, Y. K., Hsu, L. P., & Chang, Y. C. (2023). *Artificial intelligence in clinical dentistry: The potentially negative impacts and future actions*.
43. Baby, D., John, L., Changankary, P. J., Sreedevi, P. V., Pattnaik, S. J., Varkey, A., & Gupta, S. (2022). *Role of robotics and artificial intelligence in oral health education. Knowledge, perception and attitude of dentists in India*.
44. Kabir, T., Lee, C. T., Chen, L., Jiang, X., & Shams, S. (2023). *A comprehensive artificial intelligence framework for dental diagnosis and charting*.
45. Bomfim, R. A. (2022). *Machine learning to predict untreated dental caries in adolescents*.

46. Zhang, Y., Wang, Y., Zhang, Z., Wang, Y., & Jia, J. (2023). *Study on machine learning of molar incisor hypomineralization in an endemic fluorosis region in central China.*
47. Teza, H., Pattanateepapon, A., Lertpimonchai, A., Vathesatogkit, P., McKay, G. J., Attia, J., & Thakkinstian, A. (2023). *Development of Risk Prediction Models for Severe Periodontitis in a Thai Population: Statistical and Machine Learning Approaches.*
48. Evaluation of the Performance of Generative AI Large Language Models ChatGPT, Google Bard, and Microsoft Bing Chat in Supporting Evidence-Based Dentistry: Comparative Mixed Methods Study
Monitoring Editor: Tiffany Leung and Gunther Eysenbach Reviewed by Heiko Spallek and Changyu Wang
Kostis Giannakopoulos, DDS, PhD, Argyro Kavadella, BDentSc, MSc, PhD, Anas Aaqel Salim, DDS, PhD, Vassilis Stamatopoulos, BSc, MSc, and Eleftherios G Kaklamanos, MSc, MA, DDS, PhD

