

**RIVOLUZIONE DIGITALE IN RADIOLOGIA:
costi e benefici dell'intelligenza artificiale nei
percorsi diagnostici di emergenza urgenza.
Esempi di applicabilità nel riconoscimento
delle fratture**

- La Maida Giovanni Andrea
- Randelli Filippo
- Quarenghi Matteo Maria

**Corso di formazione manageriale per
Dirigenti di Struttura Complessa
anno 2023/2024**



Corso di formazione manageriale per Dirigente di struttura complessa

Codice edizione UNIMI DSC 2301/CE-DE

Ente erogatore

Università degli Studi di Milano

GLI AUTORI

Giovanni Andrea La Maida, responsabile di Unità Operativa Semplice di chirurgia delle deformità degli adulti, SC di Chirurgia Vertebrale, ASST Gaetano Pini - CTO, Milano (MI).

giovanniandrea.lamaida@asst-pini-cto.it

Filippo Maria Nicola Randelli, Direttore di Struttura Complessa Centro Chirurgia dell'Anca Displasica, ASST Gaetano Pini - CTO, Milano (MI).

filippo.randelli@asst-pini-cto.it

Matteo Maria Quarenghi, Direttore di Struttura Complessa di Radiologia, ASST Garda, Gavardo (BS)

matteo.quarenghi@asst-garda.it

Il docente di progetto

Federico Lega, CRC HEAD – Centro di Ricerche e Alta Formazione in Health Administration

Università degli Studi di Milano

Il Responsabile didattico scientifico

Elena Maggioni, CRC HEAD – Centro di Ricerche e Alta Formazione in Health Administration

Università degli Studi di Milano

Guida breve all'editing secondo stili pre-impostati

Per utilizzare questo modello di documento è sufficiente posizionarsi nelle diverse sezioni e sostituire il testo di esempio con il proprio.

I numeri di pagina sono pre-ordinati e verranno aggiornati automaticamente.

Nelle pagine che seguono è stato impostato un esempio di documento nelle sue distinte parti: titolo, autori, paragrafi di testo, tavole, figure, riferimenti bibliografici. I testi utilizzati hanno esclusivamente uno scopo dimostrativo e possono essere modificati a seconda delle esigenze.

Qualora si ritenga utile comporre un indice delle parti del documento, può essere utilizzata la struttura appositamente predisposta. Essa si aggiorna posizionandosi sull'indice e tramite il tasto destro del mouse, attivando la voce "Aggiorna campo": in tal modo si aggiorna la numerazione. Se si ritiene di intervenire sui titoli dei paragrafi, per aggiornare l'indice è sufficiente utilizzare l'opzione "Aggiorna intero sommario".

In caso di stampa su carta, occorre selezionare dal menu di Word a sinistra, la funzione Stampa e, in seguito, il menu "Proprietà stampante", la voce Layout e, infine, attivare la voce "Libretto" (stampa fronte/retro).

*RIVOLUZIONE DIGITALE IN RADIOLOGIA:
costi e benefici dell'intelligenza artificiale nei percorsi diagnostici di emergenza urgenza. Esempi di applicabilità
nel riconoscimento delle fratture*

Pubblicazione non in vendita.
Nessuna riproduzione, traduzione o adattamento
può essere pubblicata senza citarne la fonte.
Copyright® PoliS-Lombardia

PoliS-Lombardia
Via Taramelli, 12/F - 20124 Milano
www.polis.lombardia.it

INDICE

INTRODUZIONE	5
SCENARIO DI RIFERIMENTO	6
La ASST Gaetano Pini-CTO	6
ASST GARDA	6
SWOT ASST GARDA	9
SCENARI	9
Ortopedia ASST Pini - CTO	10
Radiologia ASST Garda	11
Situazione Attuale: medici in burn out	13
Rischi di Errori Diagnostici	14
OBIETTIVI STRATEGICI E SPECIFICI DEL PROGETTO	14
Sfide Attuali	15
Impatto sulla Sicurezza del Paziente	15
Ruolo Chiave dell'IA nella Riduzione degli Errori	15
POSSIBILE APPLICAZIONE DI AI NEI REPARTI DI RADIOLOGIA A SUPPORTO DEI REPARTI DI PRONTO SOCCORSO DELLA ASST GAETANO PINI E ASST GARDA	15
MATERIALE ANALIZZATO presso le ASST GAETANO PINI e ASST GARDA	18
ANALISI PROSPETTICA CON AUSILIO DELLA AI	20
ANALISI DEI COSTI	27
CONSIDERAZIONI ETICHE	29
CONSIDERAZIONI NORMATIVE	29
EU AI ACT	30
Digital Markets Act (DMA)	31
Digital Services Act (DSA)	32
GDPR	33
Sfide legali ed etiche legate all'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale (IA) in medicina, con particolare attenzione al contesto normativo italiano.	33
Il Quadro Legale ed Etico dell'Utilizzo dell'IA in Sanità in Europa	33
Normative e gli approcci regolatori all'uso dell'IA in medicina, con considerazioni sul contesto italiano e europeo.	34
In conclusione	34
SOFTWARE BONE VIEW - GLEAMER	36
CONCLUSIONI	38
BIBLIOGRAFIA	39

INTRODUZIONE

Con questo progetto si intende proporre l'introduzione di un sistema basato sull'intelligenza artificiale (IA), Bone View della Gleamer ([AI Bone View](#)), per consentire la consulenza remota di specialisti da parte del personale medico di emergenza, con l'obiettivo di migliorare la precisione diagnostica e ridurre il rischio di errori nelle situazioni critiche. In molte occasioni, i radiologi ed ortopedici devono rispondere prontamente a chiamate di emergenza, ma la loro disponibilità può essere limitata.

Per affrontare queste sfide, il progetto si concentra su vari obiettivi, mirando a migliorare l'esperienza del paziente, ottimizzare l'efficienza della struttura sanitaria e migliorare la qualità complessiva dell'assistenza sanitaria.

Tra gli obiettivi per il paziente, si punta alla tempestività delle diagnosi critiche, all'aumento della precisione diagnostica e all'accesso alle cure specialistiche anche in aree remote, riducendo così l'ansia associata all'attesa dei risultati e migliorando la qualità delle cure ricevute. Per la struttura sanitaria, l'attenzione è posta sull'efficienza operativa, sull'integrazione dell'IA nei processi esistenti e sulla riduzione dei costi legati ai ritardi diagnostici.

Per il sistema sanitario nel suo complesso, l'obiettivo è migliorare la qualità complessiva dell'assistenza, ridurre i ritardi nei percorsi di cura e garantire un'implementazione etica dell'IA. Il

progetto coinvolge diversi attori, tra cui radiologi, ortopedici, personale medico di emergenza, amministratori sanitari, pazienti, autorità regolatorie e fornitori di tecnologia.

Attraverso un'analisi delle criticità emerse durante le attività nei Pronto Soccorso degli Ospedali ASST Gaetano Pini e ASST Garda, si valuta il potenziale impatto positivo dell'IA sul percorso diagnostico assistenziale. Sarà anche condotta un'analisi dei costi per valutare l'effetto dell'adozione del software AI sulla riduzione dei costi legati al personale e al contenzioso medico-legale. La metodologia di implementazione prevede diverse fasi, tra cui l'analisi delle esigenze, la progettazione del sistema, l'implementazione pilota, l'espansione su larga scala e il monitoraggio a lungo termine, con l'obiettivo di adattarsi continuamente alle esigenze e mantenere una comunicazione costante con gli stakeholder.

SCENARIO DI RIFERIMENTO

Negli ultimi decenni il progressivo aumento della speranza di vita della popolazione e il costante incremento delle patologie cronico-degenerative hanno determinato un aumento di bisogni di cure a breve e lungo termine, con importanti implicazioni sull'organizzazione e sui costi che il sistema sanitario deve affrontare per assistere questa tipologia di pazienti, spesso anziani e affetti da più patologie. I malati cronici in Lombardia rappresentano più del 30% della popolazione e assorbono più del 70% delle risorse del Sistema Sanitario Regionale.

Questi malati si rivolgono frequentemente alle strutture ospedaliere in modo discontinuo e a volte inappropriato e con richieste che spesso potrebbero trovare risposta in diversi setting di assistenza e cura. In questo ambito e dopo l'esperienza data dal Covid-19 i medici di medicina generale ed i reparti di Pronto Soccorso si trovano a reggere uno "tsunami" di pazienti che costantemente richiedono una rapida presa in carico.

La crescente pressione sulla sanità rappresenta una minaccia significativa per la sostenibilità dei reparti di radiologia e mette a rischio la qualità complessiva della cura dei pazienti. L'aumento della domanda di servizi radiologici, insieme alle risorse limitate ed alle restrizioni finanziarie, ha reso essenziale esplorare soluzioni innovative per ottimizzare l'efficienza e migliorare la qualità delle diagnosi. In questo contesto, l'introduzione dell'intelligenza artificiale emerge come una strategia chiave per affrontare le sfide operative e garantire una cura dei pazienti più efficace ed efficiente.

La ASST Gaetano Pini-CTO

di Milano è composta da due Aziende Ospedaliere logisticamente distanti tra loro ed ognuna delle quali è dotata di un servizio di pronto soccorso: il presidio ospedaliero Gaetano Pini ed il Centro Traumatologico Ortopedico - CTO.

ASST GARDA

La ASST Garda è caratterizzata da 3 presidi ospedalieri attivi e siti a Desenzano, Gavardo e Manerbio, ospedali distanti anche diverse decine di chilometri. Il presidio di Gavardo è il più distante

e copre verso nord una estensione di territorio che è priva di copertura sanitaria pubblica per circa 100 km sino a Trento. L'Azienda Socio Sanitaria Territoriale del Garda è stata costituita il 1^o gennaio 2016 in base alla Legge Regionale 30 dicembre 2009, n. 33, che è stata modificata dalla Legge n. 23 dell'11 agosto 2015, intitolata "Evoluzione del sistema sociosanitario lombardo: modifiche al titolo I e II della legge regionale 30 dicembre 2009, n. 33 (Testo unico delle leggi regionali in materia di sanità)".

Questa azienda aggrega le strutture precedentemente parte dell'ex A.O. di Desenzano del Garda e le strutture dell'ex A.S.L. di Brescia nei territori degli ex distretti A.S.L. di Garda/Salo, Valle Sabbia, Bassa Bresciana Orientale e Bassa Bresciana Centrale. Ha personalità giuridica pubblica autonoma e gode di autonomia organizzativa, amministrativa, patrimoniale, contabile e tecnica.

L'Azienda Socio Sanitaria Territoriale del Garda serve un territorio estremamente vasto nella provincia di Brescia, che si estende da nord a sud, dalla montagna al lago di Garda con il suo entroterra, e infine alla pianura bresciana centrale ed orientale. La distanza tra i confini nord e sud dell'area è di oltre 100 chilometri.

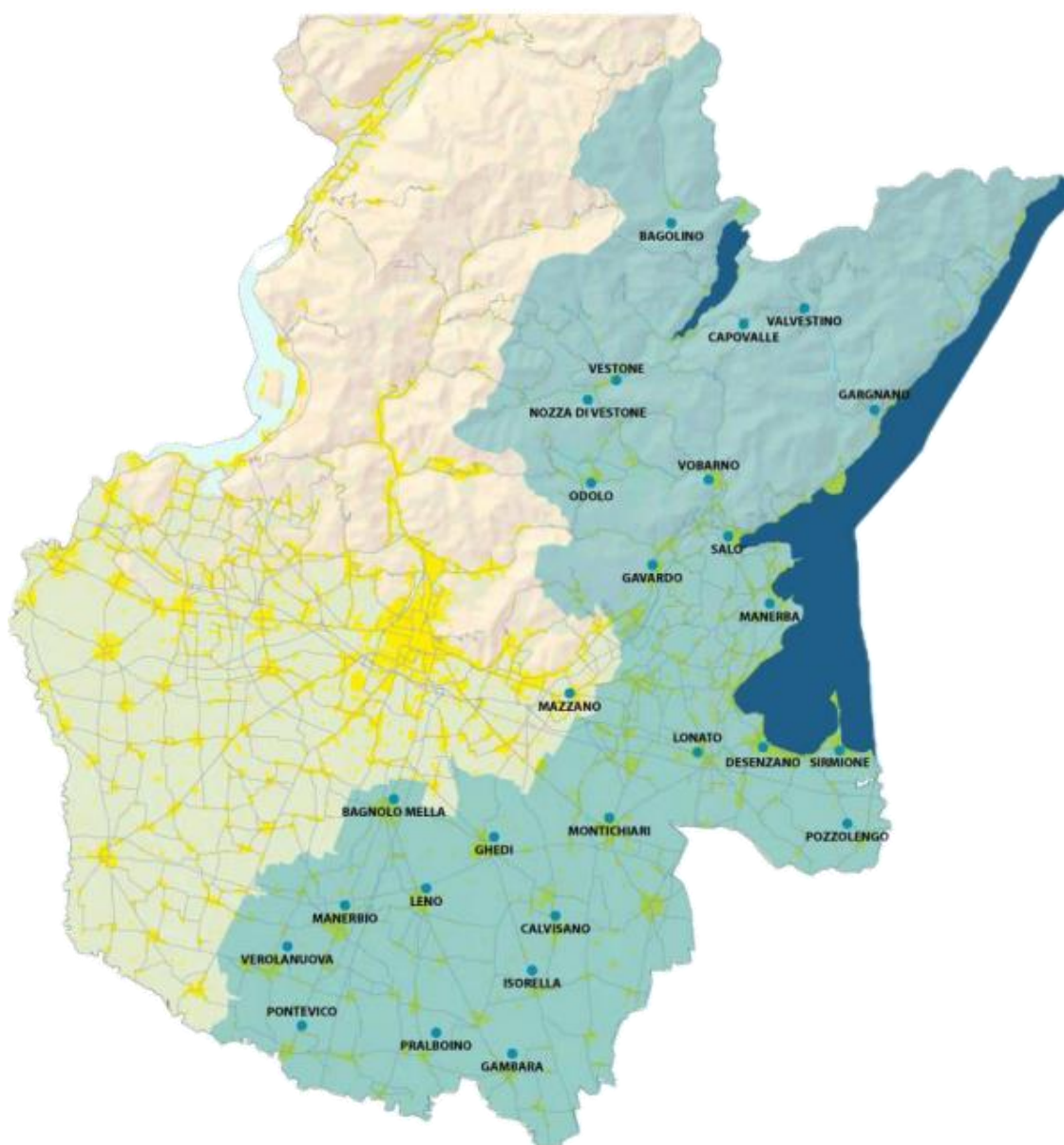
L'Azienda fornisce servizi sanitari e socio-sanitari a una vasta utenza, che aumenta notevolmente durante il periodo estivo a causa dell'afflusso turistico nelle zone circostanti il lago di Garda e il lago d'Idro.

Inoltre, posizionandosi geograficamente al confine con le altre province lombarde e con la Regione Veneto, le strutture dell'Azienda costituiscono un punto di riferimento anche per i residenti delle zone limitrofe.

La sede legale dell'Azienda Socio Sanitaria Territoriale del Garda si trova a Desenzano D/G in località Montecroce. Il suo territorio si estende su 1.967,72 chilometri quadrati e comprende 76 comuni con una popolazione totale di circa 382.000 abitanti. Tuttavia, questa cifra aumenta a circa 2.000.000 di abitanti per sette - otto mesi all'anno a causa dei flussi turistici.

Le sedi dell'Azienda includono:

- Ospedale di **Desenzano** d/G
- Ospedale "Villa dei Colli" (stabilimento del P.O. Desenzano d/G) a Lonato
- Ospedale di **Manerbio**
- Ospedale di Leno
- Ospedale Civile "La Memoria" (stabilimento del P.O. di Gavardo) a **Gavardo**
- Ospedale di Salò a Salò



Nel territorio di Brescia dell' **ASST Garda**, i reparti di radiologia degli Ospedali di Gavardo e di Manerbio hanno subito una drastica fuoriuscita di personale senza trovare nuovi specialisti nei concorsi che sono stati in seguito ripetutamente espletati. Per fare fronte all'incremento della domanda di attività di refertazione di esami di pronto soccorso è stato necessario assumere personale da una cooperativa con un costo complessivo di circa 1.200.000 € all'anno. Questi medici coprono H24 gli esami del pronto soccorso ed urgenze interne provenienti dall'Azienda su due presidi e producono un volume di attività di circa 1.000.000 di €. Al fine di ridurre l'utilizzo di medici gettonisti fino alla cessazione del rapporto con le cooperative si devono trovare differenti soluzioni, sebbene queste in condizioni di difficoltà.

SWOT ASST GARDA

Punti di debolezza

- Governance clinico ed organizzativa
- Scarsa attitudine realizzativa
- Disomogeneità gestionale tra i diversi presidi
- Frammentazione offerta sanitaria e sociosanitaria
- Non sufficiente cultura di management aziendale
- Alto livello di obsolescenza tecnologica
- Livelli di dotazione organica non valutati con metodo
- Comunicazione interna ed esterna insufficiente

Punti di forza

- Attaccamento dipendenti azienda
- Radicamento territoriale
- Supporto MMG più attivo che in altre zone
- Buoni equilibri e governance economico finanziaria
- Disponibilità di risorse da benefattori esterni
- Ottima collaborazione con le amministrazioni locali
- Buon livello di collaborazione con struttura Hub provinciale

Minacce

- Insufficiente livello di offerta di professionisti
- Scarsa attrattività aziendale
- Rapporti sindacali orientati a dinamiche conflittuali con approccio basato sulla percezione e non di misurazione dei problemi
- Rischio di forti ritardi nelle forniture dovuto al contesto internazionale
- Gestione del cambiamento culturale aziendale

Opportunità

- Limitato livello di competizione da privati
- Elevata disponibilità di risorse finanziarie da PNRR
- Possibilità di stabilire proficui rapporti con MMG
- Possibilità di far leva su metodo organizzativo più orizzontale (esperienza Covid)
- Spinta organizzativa derivante dall'applicazione della legge 22/2021

SCENARI

Gli scenari delle due ASST, pur così differenti per la posizione delle sedi, presenta analogie per ciò che riguarda le criticità delle due realtà che si affacciano sulle attività di emergenza ed urgenza, in

particolare sugli alti volumi di pazienti con traumi che impattano nella attività quotidiana diagnostica e di pronto soccorso ortopedico.

Ortopedia ASST Pini - CTO

Il PS della ASST Gaetano Pini è un servizio di accettazione delle urgenze ortopediche attivo 24/24 h, 7/7 d. L'organizzazione del servizio prevede la presenza costante del personale medico ortopedico, del personale infermieristico e del tecnico di radiologia mentre la presenza del medico specialista in radiodiagnostica è presente dalle ore 7 del mattino fino alle ore 22 della sera. Dalle ore 22 fino alle ore 7 del giorno successivo le radiografie vengono eseguite dal tecnico di radiologia ma valutate solo dal medico ortopedico del turno notturno senza l'ausilio della lettura da parte del radiologo.

Il personale medico specialista in ortopedia e traumatologia è presente in PS con turno di guardia attiva sempre nell'arco delle 24h con una presenza dunque costante ed una turnistica che prevede la presenza di due ortopedici nel turno del mattino (8-14) e del pomeriggio (14-20) mentre un solo ortopedico nel turno notturno (20-8 del giorno dopo). E' presente in Istituto durante il turno di notte un ortopedico che effettua il turno di guardia medica interna (assistenza medica ai degenti) che può in determinate situazioni di criticità supportare l'attività dell'ortopedico di turno in PS. In aggiunta ai turni di guardia attiva esiste un servizio di pronta reperibilità ortopedica durante il turno notturno che viene attivato nel caso in cui si dovesse trattare chirurgicamente con tempistica di urgenza/emergenza un paziente accettato in PS o un paziente ricoverato.

Dalla analisi della organizzazione di PS della ASST Gaetano Pini – CTO emerge dunque come lo specialista in ortopedia di guardia attiva notturna si trova da solo in PS per una durata di 12 ore e con il supporto dello specialista radiologo solo fino alle ore 22 (solo per le prime 2 h del turno), dopo le quali deve molto attentamente valutare le radiografie eseguite in quanto non dispone più della refertazione radiografica. Questa organizzazione presenta dunque la criticità dell'assenza nelle ore notturne di una valutazione delle radiografie da parte dello specialista radiologo.

Lo specialista ortopedico del turno notturno si trova quindi in una situazione di difficoltà specialmente dalle ore 22 fino alle ore 7 del giorno seguente (9 ore) in quanto non ha a disposizione la refertazione delle radiografie effettuate in PS da parte dello specialista radiologo che inizia il suo turno alle ore 7.

A questa criticità bisogna aggiungere la fisiologica possibilità di riduzione della concentrazione e della crescente stanchezza psico-fisica che si verifica con il passare del tempo durante le ore del turno notturno, con un possibile apice nelle ore centrali della notte/prime ore della mattina seguente.

Non da ultimo è necessario sottolineare come sempre di più la situazione del pronto soccorso negli Ospedali lombardi sia sempre più critica in relazione alla crescente maleducazione ed aggressività di una parte della popolazione, specie durante le ore notturne.

Infatti è proprio durante il turno notturno che più facilmente possono verificarsi spiacevoli episodi di aggressione verbale e fisica nei confronti del personale medico ed infermieristico ad opera di persone spesso in alterate condizioni psichiche e fisiche a causa anche della possibile assunzione di alcool o droghe. Questo clima che purtroppo sempre più si respira e si vive nel pronto soccorso contribuisce in modo importante a rendere molto difficile il lavoro dell'ortopedico di guardia che spesso si trova a lavorare in condizioni estremamente stressanti e che lo espongono al rischio di burn-out.

Le criticità descritte fanno comprendere molto bene come l'ortopedico del turno notturno possa essere fortemente esposto al rischio di errore diagnostico e terapeutico a causa dei molteplici fattori menzionati; inoltre il possibile rischio di errore si può presentare per un significativo lasso di tempo, quantificabile in 9 ore sulle 24 ore.

Questa situazione spinge tutti noi a valutare attentamente le possibili soluzioni che mirino al miglioramento della qualità del lavoro dello specialista ortopedico di guardia in PS al fine non solo di rendere l'ambiente di lavoro migliore ma anche a ridurre il rischio di errore medico e possibile conseguente contenzioso medico legale.

Radiologia ASST Garda

Il panorama della radiologia è stato radicalmente trasformato negli ultimi 10 anni con un aumento di cinque volte nel numero di immagini generate per scansione, come evidenziato nello studio di McDonald et al. (1). Questo incremento ha generato una pressione senza precedenti sui reparti di radiologia, creando un ambiente operativo caratterizzato da una mole di lavoro significativamente maggiore rispetto al passato. Il personale medico, pertanto, si trova ad affrontare una sfida considerevole nel gestire questo enorme volume di dati in modo efficiente ed efficace. L'incremento del numero di immagini non solo ha un impatto sulla quantità di lavoro richiesta, ma solleva anche la necessità di un'analisi più approfondita e precisa.

Il Pronto Soccorso (PS) dell'ASST del Garda è un DEA con accettazione delle urgenze h24, sette giorni su sette. Rappresenta un punto di riferimento cruciale per l'assistenza sanitaria d'emergenza sul territorio Bresciano del medio e dell'alto Garda, della intera Val Vestino e della Val Sabbia estendendosi sino al trentino, garantendo un servizio attivo 24 ore su 24, 7 giorni su 7. Durante le ore diurne, il reparto vede la presenza costante del personale medico urgentista, infermieristico e tecnico sanitario di radiologia (TSRM), mentre durante le ore notturne e nei giorni festivi, sia il TSRM che il medico specialista in radiologia sono reperibili.

Durante le ore notturne, il processo di valutazione radiologica è gestito dal TSRM, con il supporto del medico di PS e, se necessario, del medico ortopedico di reperibilità, avvalendosi della consulenza del radiologo in regime di reperibilità. Tuttavia, a causa della carenza di personale medico specialista in radiologia, attualmente il turno è coperto da specialisti in libera professione organizzati in cooperativa, come Pediacoop.

La presenza del personale medico specialista in ortopedia e traumatologia è garantita durante l'orario di servizio, mentre è reperibile durante il periodo notturno e nei giorni festivi, anche se il numero di professionisti disponibili è ridotto a causa della carenza di risorse.

L'organizzazione del PS evidenzia una lacuna critica nella valutazione radiologica specializzata durante le ore notturne, creando una sfida nella gestione delle radiografie e spesso richiedendo il coinvolgimento ripetuto del radiologo reperibile, con conseguente ritardo nella refertazione e una maggiore pressione sul personale medico di turno il giorno successivo. Questo scenario, combinato con la fatica e la ridotta concentrazione durante le ore notturne, aumenta significativamente il rischio di errori diagnostici e terapeutici.

Questa situazione sottolinea l'urgente necessità di esplorare soluzioni volte a migliorare le condizioni di lavoro nel PS, non solo per garantire un ambiente più sicuro e efficiente, ma anche per ridurre il rischio di errori medici e le conseguenti controversie legali. È imperativo sviluppare strategie innovative che affrontino le carenze strutturali e di personale, garantendo un livello ottimale di assistenza sanitaria d'urgenza per tutti i pazienti.

Durante il servizio diurno, il personale medico urgentista, infermieristico e tecnico sanitario di radiologia (TSRM) è di servizio, durante l'orario notturno dalle 20:00 alle 08:00 e nei giorni festivi nei festivi sia il TSRM che il medico specialista in radiologia sono reperibile.

Durante le ore notturne, le radiografie vengono eseguite dal TSRM e valutate dal medico di PS ed eventualmente dal medico ortopedico di reperibile, con il radiologo in regime di reperibilità. Oggi, a causa della carenza del personale medico specialista in radiologia, coprono il turno specialisti in libera professione organizzati in cooperativa, Pediacoop.

La presenza del personale medico specialista in ortopedia e traumatologia è garantita durante l'orario di servizio mentre è reperibile durante il periodo notturno ed i festivi, anch'essi ridotti di numero per carenza di professionisti.

L'organizzazione del PS spesso evidenzia la mancanza della valutazione radiologica specializzata durante le ore notturne, presentando una criticità nella gestione delle radiografie e spesso sollecitando reiteratamente il radiologo reperibile, pertanto in turno il giorno successivo. Questo scenario, unito alla fatica ed alla ridotta concentrazione durante le ore notturne, aumenta il rischio di errori diagnostici e terapeutici.

La situazione evidenzia la necessità di valutare soluzioni per migliorare il lavoro, non solo per migliorare l'ambiente di lavorativo, ma anche per ridurre il rischio di errori medici e possibili controversie legali.

Questo aumento di complessità comporta un rischio potenziale di aumento degli errori umani e tempi di elaborazione più lunghi, influenzando negativamente la qualità complessiva delle diagnosi e la soddisfazione del paziente.

In questo contesto, l'intelligenza artificiale emerge come un'opportunità strategica per affrontare le sfide legate all'aumento esponenziale delle immagini radiologiche. Gli algoritmi di machine learning possono essere addestrati per analizzare e interpretare rapidamente grandi quantità di dati, riducendo i tempi di elaborazione e fornendo un supporto prezioso al personale medico. L'introduzione dell'IA diventa quindi un passo cruciale per mantenere la sostenibilità operativa del reparto, migliorare la precisione delle diagnosi e garantire un servizio di qualità ai pazienti [\(1\)](#).

Situazione Attuale: medici in burn out

La situazione attuale nei reparti di radiologia e di pronto soccorso è ulteriormente complicata dai risultati dell'indagine riportata da Medscape Radiologist Lifestyle [\(2\)](#), che evidenzia uno scenario allarmante. Il 46% degli specialisti radiologi riporta sintomi di esaurimento, indicando un carico di lavoro e stress emotivo che sta mettendo a dura prova le risorse umane del settore. Questo dato sottolinea l'urgente necessità di implementare soluzioni innovative per alleviare il carico di lavoro e migliorare la qualità della vita lavorativa del personale medico.

Il fenomeno dell'esaurimento tra i radiologi ha un impatto diretto sulla qualità delle cure offerte e sulla soddisfazione complessiva del paziente. Il personale esausto è più incline a commettere errori, riducendo l'accuratezza delle diagnosi e compromettendo la sicurezza dei pazienti. In questo contesto, è fondamentale affrontare le cause sottostanti dello stress e del sovraccarico di lavoro per migliorare l'efficienza e la qualità delle prestazioni.

L'implementazione dell'intelligenza artificiale si inserisce come una soluzione strategica in risposta a questa sfida critica. Introdurre algoritmi di machine learning per la gestione delle immagini radiologiche può alleviare il carico di lavoro del personale, riducendo i tempi di elaborazione e migliorando l'efficienza complessiva del reparto. Questo non solo può contribuire a mitigare i sintomi di esaurimento, ma anche a preservare la qualità delle cure e a garantire la sicurezza dei pazienti.

L'implementazione dell'intelligenza artificiale (IA) rappresenta un'opportunità fondamentale per affrontare la sfida dell'aumento delle indagini e, di conseguenza, la produzione di immagini radiologiche in ambito sanitario. Utilizzando algoritmi avanzati di machine learning, l'IA può contribuire a migliorare l'efficienza complessiva, riducendo i tempi di elaborazione delle immagini e preservando nel contempo la qualità delle diagnosi. Questo è particolarmente cruciale in un ambiente di lavoro radiologico sempre più complesso ed impegnativo.

Studi recenti hanno evidenziato che l'implementazione dell'IA nella pratica radiologica può portare a una maggiore produttività, consentendo ai radiologi di analizzare un numero maggiore di immagini in minor tempo, senza compromettere la precisione delle diagnosi. Ad esempio, algoritmi di deep learning possono essere addestrati per rilevare automaticamente anomalie nelle immagini radiologiche, aiutando i radiologi a concentrare la propria attenzione su casi più complessi e sfidanti [\(3 e 4\)](#)

Inoltre, l'IA può contribuire a ridurre il carico di lavoro mentale dei radiologi, consentendo loro di focalizzarsi su attività di valore aggiunto, come la consulenza clinica e la pianificazione del trattamento. Ciò può migliorare notevolmente la soddisfazione lavorativa e ridurre il rischio di burnout tra i professionisti radiologi (5).

L'IA in radiologia rappresenta un'opportunità senza precedenti per migliorare l'efficienza, ridurre i tempi di elaborazione e preservare la qualità delle diagnosi. Tuttavia, è fondamentale adottare un approccio olistico che tenga conto sia delle sfide tecniche che delle implicazioni etiche e sociali legate all'uso di queste tecnologie innovative in medicina (6, 7 e 8).

Rischi di Errori Diagnostici

Il panorama della diagnostica radiologica è caratterizzato da un rischio significativo di errori, come evidenziato dallo studio condotto da Itri et al. (9), che stima circa 40 milioni di errori diagnostici all'anno in tutto il mondo. Questi errori non solo pongono una minaccia diretta alla salute dei pazienti, ma evidenziano la complessità e la delicatezza delle decisioni diagnostiche nel campo della radiologia.

OBIETTIVI STRATEGICI E SPECIFICI DEL PROGETTO

Scopo del nostro studio è quello di analizzare gli accessi al PS della ASST Gaetano Pini per trauma scheletrico, valutando gli errori di diagnosi radiografica occorsi durante il periodo di assenza dello specialista radiologo (9h/24h).

L'analisi successiva riguarderà invece l'impatto che può avere un software di AI utilizzato come ausilio diagnostico nelle mani del medico ortopedico di guardia nelle ore notturne al fine di ridurre il potenziale errore di diagnosi radiografica e del conseguente trattamento errato.

Il progetto vuole migliorare l'efficienza operativa, riducendo i tempi di elaborazione delle immagini radiografiche ed aumentando la precisione della diagnosi.

Lo scopo è quello di ridurre il rischio di errore umano e conseguentemente l'errore terapeutico.

Lo studio prevede poi anche una analisi dettagliata dei costi di intervento e di come l'utilizzo di un software AI possa avere un impatto positivo sulla riduzione dei costi legati al personale ed alla riduzione dei risarcimenti legati al possibile contenzioso medico-legale.

Non da ultimo il progetto vuole migliorare la gestione dei dati ottimizzando ed implementando i sistemi di archiviazione, il tutto in linea con la conformità normativa.

L'implementazione dell'intelligenza artificiale nei reparti di radiologia e di pronto soccorso non solo mira a migliorare l'efficienza operativa e la precisione delle diagnosi, ma rappresenta anche una risposta concreta alla crescente pressione sulla sanità. Introdurre soluzioni tecnologiche avanzate diventa imperativo per affrontare le sfide quotidiane, fornendo al personale medico strumenti più potenti per gestire il carico di lavoro e migliorare la qualità complessiva delle cure.

Sfide Attuali

Il reparto di radiologia attualmente si trova ad affrontare sfide operative e finanziarie senza precedenti. I tempi di attesa prolungati, la gestione complessa dei dati e la necessità di affrontare un volume crescente di esami radiologici stanno mettendo a dura prova le risorse disponibili. Inoltre, la carenza di personale specializzato e la necessità di risparmiare tempo senza compromettere la qualità delle diagnosi sono diventati nodi critici da risolvere. In questo contesto, l'adozione dell'intelligenza artificiale offre un approccio innovativo per affrontare queste sfide, ottimizzando i processi e consentendo una gestione più efficiente delle risorse.

Impatto sulla Sicurezza del Paziente

Gli errori diagnostici non solo possono influenzare negativamente la qualità delle cure, ma anche compromettere la sicurezza dei pazienti. Il rischio di interpretazioni errate delle immagini radiologiche sottolinea la necessità di soluzioni che riducano la possibilità di errori umani e migliorino la precisione delle diagnosi.

Ruolo Chiave dell'IA nella Riduzione degli Errori

L'implementazione dell'intelligenza artificiale emerge come una risposta cruciale a questa sfida. Gli algoritmi di machine learning possono essere addestrati per analizzare dettagliatamente le immagini radiologiche, fornendo un supporto aggiuntivo al radiologo e riducendo il rischio di errori di interpretazione. L'IA può agire come una sorta di "seconda opinione" automatizzata, contribuendo a identificare eventuali discrepanze e migliorare complessivamente l'affidabilità delle diagnosi.

POSSIBILE APPLICAZIONE DI AI NEI REPARTI DI RADIOLOGIA A SUPPORTO DEI REPARTI DI PRONTO SOCCORSO DELLA ASST GAETANO PINI E ASST GARDA

Con questo studio si vuole valutare come il possibile impiego di un software basato su AI studiato per la valutazione delle radiografie eseguite in PS possa migliorare sensibilmente l'accuratezza diagnostica riducendo il possibile errore di diagnosi di frattura scheletrica.

Nello studio verranno valutati ed analizzati anche i potenziali benefici che ne possono derivare in termini di riduzione del possibile contenzioso medico legale.

L'analisi dello studio effettuata riguarda i dati relativi al solo servizio di pronto soccorso (PS) della ASST Gaetano Pini di Milano che, sebbene collocata in una realtà centrale milanese essendo dedicata alla specifica attività ortopedica sotto certi aspetti è affine per la presenza di medici specialisti radiologi non in presenza durante l'attività in urgenza notturna ma come reperibili, con risvolti e rilievi affini a quelli della ASST Garda.

POSSIBILI INTERVENTI MIGLIORATIVI

I possibili interventi mirati al miglioramento della situazione descritta possono essere riassunti in due principali punti:

- 1) Aumentare il personale medico di guardia nelle ore notturne in PS stabilendo la presenza di uno specialista in radiodiagnostica per tutto il turno di guardia notturno
- 2) Utilizzare un sistema software basato su AI in supporto allo specialista ortopedico che possa supportarlo nella diagnosi radiografica durante le ore notturne

L'aumento del personale medico di guardia è oggi più che mai argomento di grande interesse e discussione sociale e politica in relazione alla critica situazione che stiamo vivendo legata allo scarso numero di medici disponibili oggi in Italia.

Oltre al limitato numero di medici disponibili è necessario considerare che esistono alcune specializzazioni, tra queste anche quella di radiodiagnostica, che sebbene siano molto considerate dai medici in formazione i posti in specialità sono attualmente insufficienti rispetto alle esigenze richieste nel mondo della salute in ambito di diagnostica, dove il numero di indagini richiesto è in costante incremento anche per motivi di medicina difensiva, per i miglioramenti tecnologici gli esami sono sempre più complessi e contemporaneamente i medici specialisti radiologi e ortopedici che si sono formati nel periodo demografico dei baby boomers sono in decremento per i pensionamenti e le uscite dal mondo del lavoro, con un ricambio generazionale che si è dimezzato demograficamente ([10 e 11](#)).

Per tali motivazioni è oggi molto difficile reperire personale medico specialista in radiologia disponibile a lavorare in Ospedale e molto spesso i concorsi pubblici rimangono deserti.

Un'alternativa è quella di ricorrere al personale medico "gettonista" ossia che copre il turno scoperto per la carenza di personale per la singola prestazione senza dover essere assunto in modo continuativo dall'Ospedale. Questa formula che ha permesso fino a poco tempo fa di poter coprire i turni scoperti dalla mancanza del personale non è oggi più percorribile per decreto regionale **Dgr** 1514 del 13 dicembre 2023, in quanto troppo onerosa.

Una valida possibile alternativa alla carenza del personale medico specializzato in radiologia può essere quello di utilizzare strumenti di supporto per alleggerire i carichi di lavoro, come quelli offerti dalle moderne tecnologie ed in particolare dall'Intelligenza Artificiale (AI).

Esistono infatti oggi diversi tipi di software basati su AI che analizzano le immagini radiografiche e che propongono al clinico una possibile diagnosi, che chiaramente deve essere poi valutata e validata dallo specialista in radiodiagnostica.

In particolare è stato sviluppato un software AI che è in grado di leggere le radiografie dello scheletro e diagnosticare la presenza di una possibile frattura ossea.

Il programma di AI potrebbe dunque validamente fornire supporto durante le ore del turno notturno lo specialista ortopedico (perchè radiologo) , supportando validamente lo specialista ortopedico nella diagnosi di frattura e riducendo quindi il possibile rischio di errore. Le diagnosi radiografiche dovranno comunque essere confermate il mattino seguente dal medico radiologo.

Questa moderna ed interessantissima novità potrebbe essere una valida soluzione alle criticità fino ad ora esposte legate alla carenza di medici radiologi, andando nello stesso tempo a ridurre i costi di gestione che possono diventare enormi sia se si considera il ricorso al radiologo gettonista, sia se si quantifica il possibile danno che può derivare da un errore diagnostico-terapeutico.

MATERIALE ANALIZZATO presso le ASST GAETANO PINI e ASST GARDA

ASST Garda

Il PS dell'ASST Garda ha richiesto 44870 esami radiologici all'anno tra il 1.1.23 e 31.12.23, totale di esami radiologici per traumatismi, suddivisi tra i presidi di

- Gavardo: 5152
- Desenzano : 4688
- Manerbio: 6603

Gli esami relativi all'attività traumatologica ortopedica sono stati 16443 per l'anno 2023 di cui 9125 durante il turno cosiddetto notturno, tra le 20:00 e le 8:00 del mattino seguente.

ASST Gaetano Pini

Il PS della ASST Gaetano Pini registra circa 38.000 accessi all'anno per traumatismo scheletrico per un totale di 47.719 indagini radiografiche eseguite dal 1.1.23 al 31.12.23. Nello stesso lasso temporale di un anno (2023) le radiografie eseguite durante il turno notturno sono state 9.059 (circa il 19%).

Da questo dato possiamo facilmente estrapolare il numero medio di radiografie che vengono eseguite mensilmente nel corso della notte senza il radiologo che è di $9.059/12 = 754$ radiografie per la ASST Gaetano Pini e $9125/12 = 760$ Rx per la ASST Garda.

Presso la ASST Gaetano Pini sono state prese in considerazione i vari distretti anatomici. Delle 9.059 radiografie eseguite la notte nel 2023, circa il 48% (4327 rx) riguardavano i distretti anatomici polso/mano e caviglia/piede che quindi risultano i segmenti scheletrici più sottoposti ad indagine radiografica per traumatismo. (vedi grafico 1)

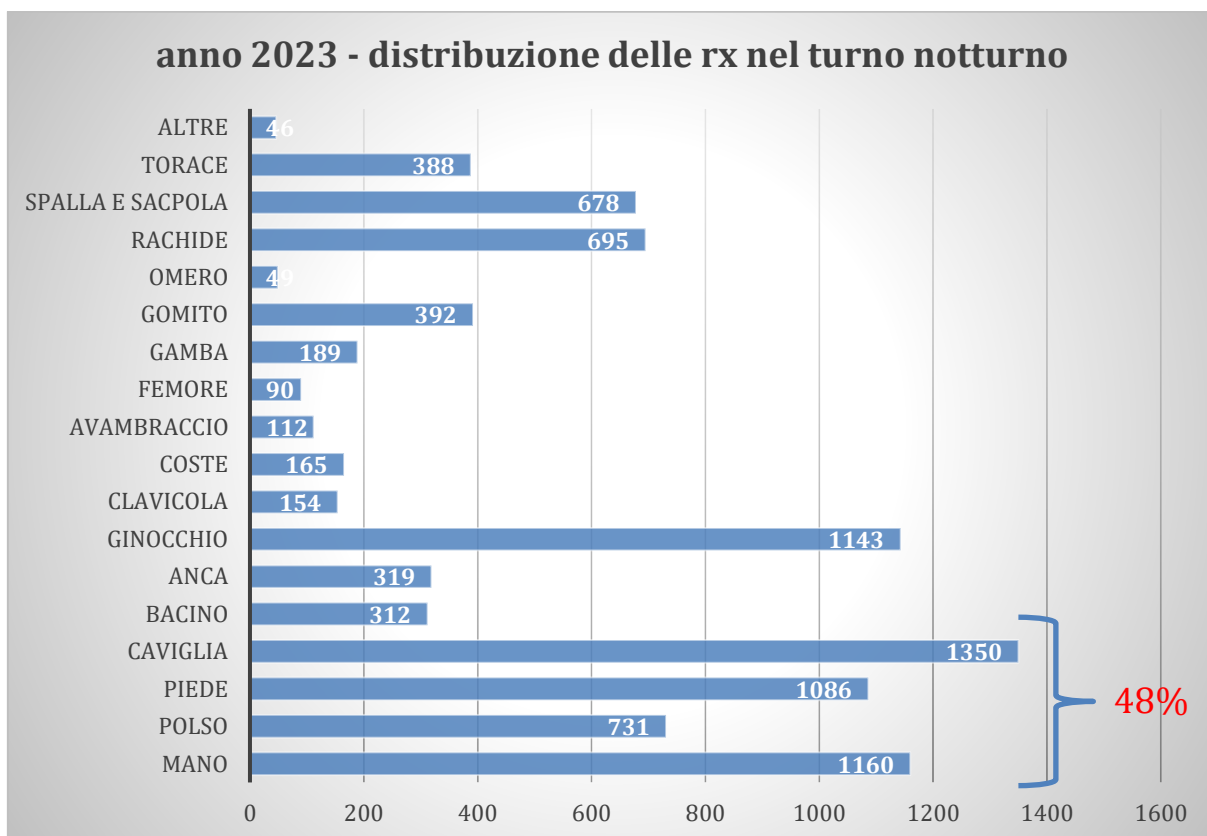


Grafico 1 – distribuzione delle rx durante il turno di notte.

Dalle 9.059 rx eseguite alla fine della nostra analisi è necessario scorporare le rx del torace (388) che non rappresentano oggetto di traumatismo ma che sono state effettuate solo ai fini della preparazione del paziente all'intervento chirurgico, ne consegue che le radiografie oggetto della nostra analisi sono in totale 8.671.

Nel periodo di tempo compreso tra il 1.1.22 ed il 31.12.23 (2 anni) abbiamo estratto in modo retrospettivo 636 casi nei quali è stato necessario richiamare il paziente per correggere la diagnosi errata di uscita dal PS durante le ore del turno notturno.

Da questo dato possiamo facilmente estrapolare il numero medio mensile di casi di errore diagnostico radiografico avuto la notte che è di $636/24 = 26,5$ casi.

Un primo dato interessante da notare è dunque che durante il turno notturno vi sia una media mensile di 26,5 errori diagnostici su una media totale di 722 radiografie ($8.671/12$) eseguite per una percentuale mensile media di errore del 3,7%, che corrisponde a poco meno di 1 errore a notte (0,87).

E' molto interessante notare come la distribuzione percentuale dell'errore radiografico non sia omogeneamente distribuita in tutte le radiografie eseguite, bensì la percentuale di errore è differente in relazione al distretto anatomico analizzato. (vedi tabella 1)

In particolare abbiamo notato come la percentuale maggiore dell'errore è stata osservata per il distretto anatomico "arto superiore" con il 51,9% di errore (frattura misconosciuta di clavicola, scapola, omero, gomito, radio e ulna, polso e mano) e di questi il 36,28% è a carico esclusivo del distretto polso e mano.

Il secondo distretto anatomico maggiormente gravato dal rischio di errore è rappresentato dal segmento caviglia e piede con il 31,71% di errore diagnostico.

Se consideriamo insieme i distretti anatomici polso/mano e caviglia/piede notiamo come la percentuale totale dell'errore diagnostico radiografico è del 68 %, quindi molto elevata per questi segmenti scheletrici ma certamente da rapportare al fatto che si tratta dei settori anatomici maggiormente interessati da traumatismo scheletrico. (vedi Grafico 1)

Frattura (Distretto)	Percentuale
POLSO E MANO	36,28%
CAVIGLIA E PIEDE	31,71%
RACHIDE	4,26%
COSTE	4,57%
BACINO	1,58%
CLAVICOLA E SCAPOLA	1,58%
OMERO	5,05%
GOMITO	8,99%
FEMORE	0,63%
GINOCCHIO	0,95%
GAMBA	4,42%
	100,00%

Tabella 1: distribuzione della percentuale di errore per distretto anatomico

ANALISI PROSPETTICA CON AUSILIO DELLA AI

Abbiamo analizzato poi in modo prospettico tutto il mese di marzo 2024 ed abbiamo sottoposto le radiografie oggetto di errore diagnostico notturno all'analisi della AI ed abbiamo osservato quanto segue.

Dal 1.3.24 al 31.3.24 per un totale di 576 radiografie eseguite in assenza del radiologo durante il turno notturno (9 ore) abbiamo registrato 24 casi di errore diagnostico radiografico che hanno richiesto il richiamo del paziente con correzione della diagnosi in dimissione. La percentuale di errore diagnostico radiografico registrata durante il turno notturno nel mese di marzo 24 è stata dunque del 4,1 %.

Le radiografie oggetto di errore sono state poi fatte analizzare dalla AI che ha identificato 12 casi di frattura e 3 casi di effusione emorragica dei tessuti molli sulle 24 lastre oggetto dello studio. In totale quindi possiamo dire che AI ha segnalato all'ortopedico la presenza di 15 casi sospetti per presenza di frattura (12 certi e 3 con tumefazione dei tessuti molli) sulle 24 radiografie analizzate (62,5%).

La tabella 2 mostra la distribuzione secondo la sede anatomica delle radiografie segnalate dalla AI con possibile presenza di frattura scheletrica. Il segmento scheletrico maggiormente rappresentato è il segmento polso/mano e caviglia/piede.

Le immagini 1 e 2 mostrano le radiografie di due casi (uno adulto ed uno pediatrico) che AI è riuscita ad identificare e che mostrano molto bene come se l'ortopedico avesse avuto a disposizione di notte questo ausilio diagnostico avrebbe potuto immediatamente dimettere il paziente con una diagnosi corretta e di certezza.

RADIOGRAFIE SEGNALATE DA AI	NUMEROSITA'
GINOCCHIO	1
CAVIGLIA	2
PIEDE	3
PIEDE PEDIATRICO	2
GOMITO	2
MANO	4
MANO PEDIATRICA	1
totale	15

Tabella 2: radiografie segnalate da AI con possibile presenza di frattura o tumefazione dei tessuti molli



Immagine 1: rx di caviglia in proiezione LL che mostra la presenza di una frattura dell'osso navicolare (distacco osseo parcellare) non riscontrata dall'ortopedico ma identificata da AI



Immagine 2: rx di piede pediatrico che mostra la presenza di una frattura della base del II osso MT non riscontrata dall'ortopedico ma identificata da AI

In sintesi dall'analisi dei dati della ASST Gaetano Pini emerge molto chiaramente come l'intervento della AI ad ausilio diagnostico dell'ortopedico durante le ore del turno notturno è di enorme ausilio e permette di ridurre drasticamente il rischio di possibile errore medico.

*RIVOLUZIONE DIGITALE IN RADIOLOGIA:
costi e benefici dell'intelligenza artificiale nei percorsi diagnostici di emergenza urgenza. Esempi di applicabilità
nel riconoscimento delle fratture*

Emerge in modo altrettanto chiaro come AI da sola non sia in grado di identificare tutte le fratture scheletriche ma è dall'unione tra l'analisi della macchina (AI) e dell'uomo (specialista in radiologia) che si può avere la maggior percentuale di successo diagnostico.

INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN REVISIONE DI ESAMI PRODOTTI ALL'ASST GARDA

Durante un test condotto su 10 pazienti con fratture riconosciute presso il presidio di Gavardo della ASST Garda si è riscontrata l'efficacia dello strumento di intelligenza artificiale applicata agli esami reali. In particolare:

	TIPO DI PATOLOGIA DA RICONOSCERE	RICONOSCIUTA	NON RICONOSC	RADIOLOGO
1	protesi d'anca lussata	si	//	si
2	dito mano	si	//	si
3	gomito capitello	si	//	si
4	polso	si	//	si
5	coste :2	1 si	1 no	si
6a	gomito + lussazione + effusione	si tutto	//	lussazione senza frattura, ed effusione
6b	gomito per riduzione di lussazione	si tutto	//	frattura non effusione
7	femore	si	//	si
8	mano e metacarpo	si + frammento intra articolare	//	solo metacarpo
9	caviglia	si	//	si
10	spalla	si		si

Quindi su 10 esami analizzati sono state riconosciute tutte le patologie indicate nel referto radiologico ed inoltre sono state evidenziate una effusione in una lussazione che obliterava il cuscinetto adiposo del gomito, indice di frattura latente e non indicato nel referto; una frattura pluriframmentata del metacarpo ed inoltre una frattura tra prima e seconda falange, non evidenziata nel referto radiologico. Tuttavia un esame per fratture costali ha evidenziato solo una delle due fratture presenti a livello costale.

Quindi su un totale di 10 esami si non è stata refertata la seconda frattura, andando ad inquadrare il fenomeno di "appagamento" diagnostico per cui è stata indicata solo la frattura maggiore; non è stata vista la, difficile da rivedere anche a ritroso, frattura del capitello radiale presente nella lussazione del gomito ma che era intuibile per la presenza di effusione perifratturativa. Invece lo strumento ha fallito il riconoscimento della seconda frattura costale.

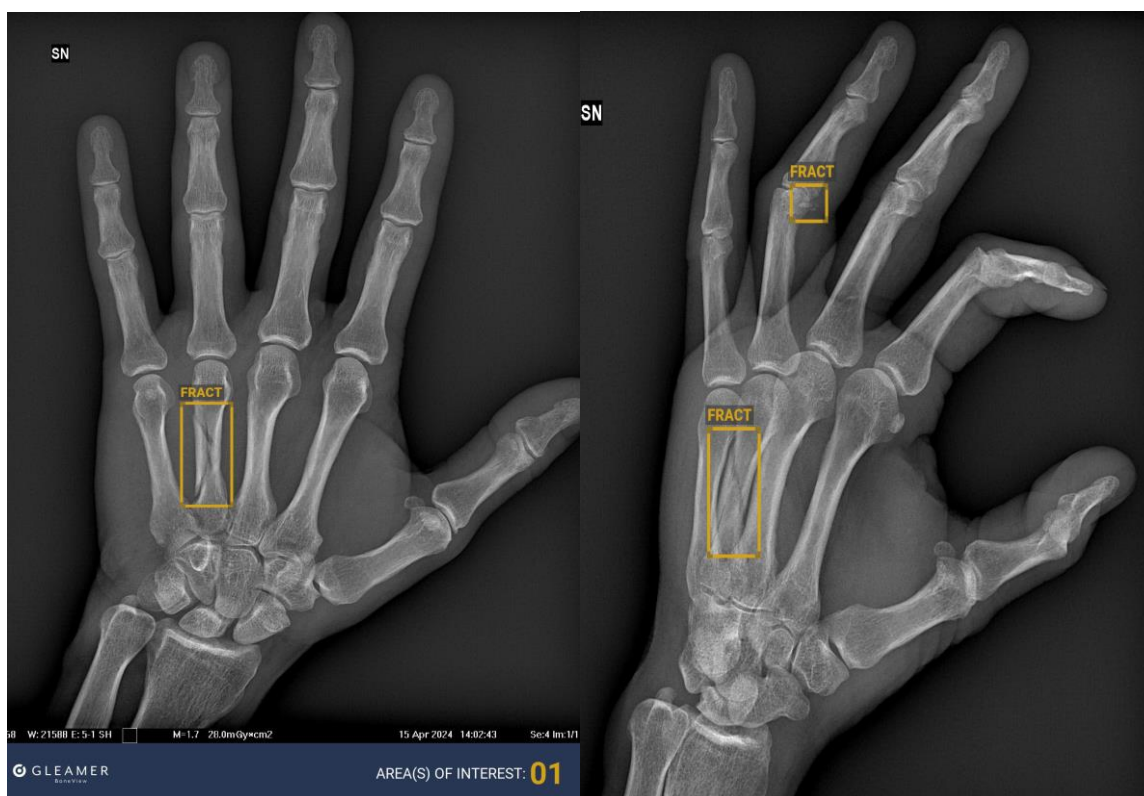


Fig 1 e 2 - il software riconosce una seconda frattura interarticolare tra la prima e la seconda falange del quarto dito, oltre alla frattura pluriframmentata del quarto metacarpo.

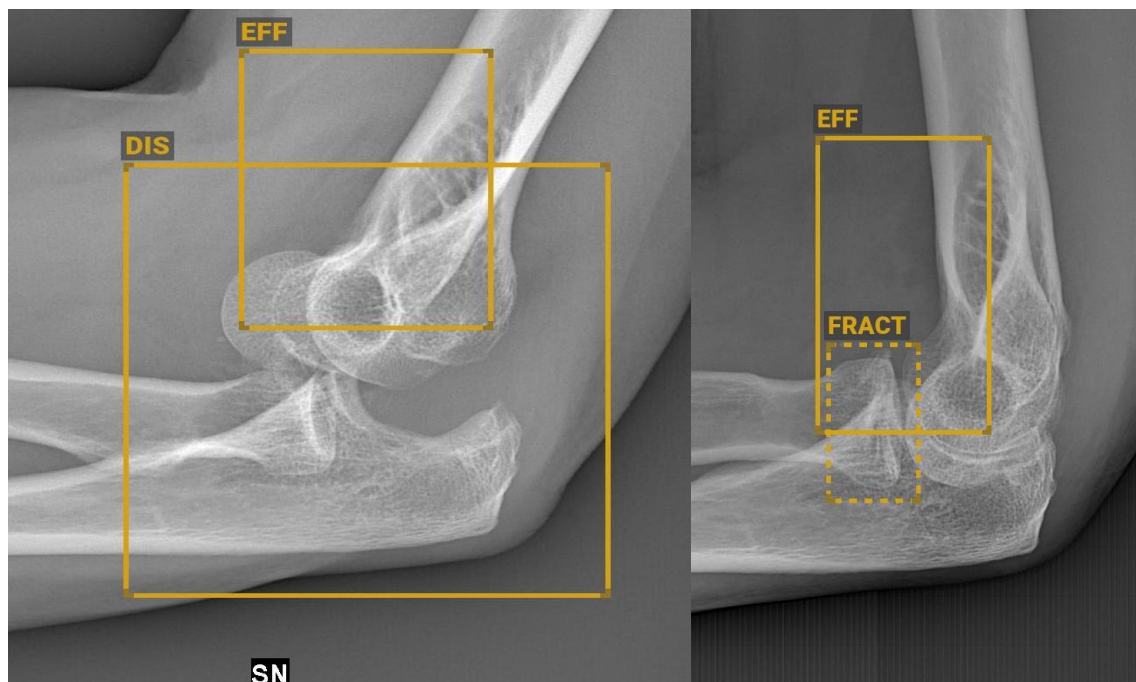


Fig 3 e 4 - lussazione del gomito riconosciuta sia dal radiologo sia dalla AI, la inoltre ha evidenziato versamento che oblitera il cuscinetto adiposo omerale rilievo indicativo di probabile frattura latente e confermato dopo riduzione della lussazione

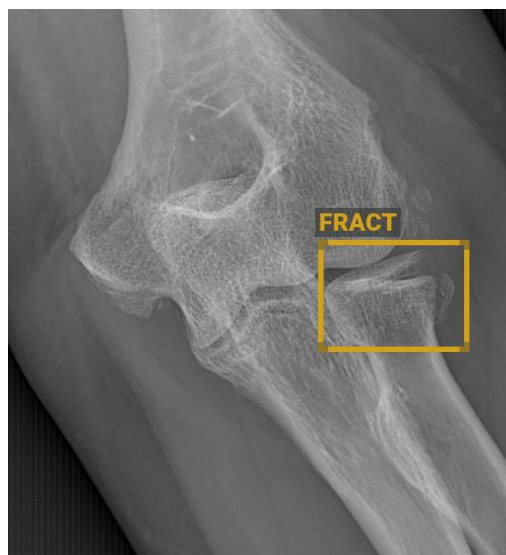


Fig 5 - frattura del capitello radiale correttamente evidenziata con AI e referto radiologico

ANALISI DEI COSTI

Per iniziare l'analisi dei costi si deve ovviamente partire dal mero costo di un "sistema" di intelligenza artificiale applicabile al riconoscimento delle fratture. Il "Bone view" della Gleamer è certamente uno dei più utilizzati e conta tra i suoi users attuali più di 800 Istituti Pubblici e Privati sparsi in tutto il mondo con più di 15 milioni di esami validati all'anno.

Il costo del software "bone view" è rappresentato da una licenza omnicomprensiva. Installazione sul Pacs già in essere, senza limiti di utenti, manutenzione, aggiornamenti, formazione e supporto sono compresi nel contratto di licenza. Il costo dipende dal numero di esami eseguiti, partendo, come base, da quelli eseguiti dalla struttura acquirente nell'anno precedente. Per l'ASST Gaetano Pini- CTO, dove si eseguono almeno 30.000 esami radiografici all'anno consisterebbe in circa 1 euro ad esame.

Più difficile è valutarne i ricavi o, meglio, il risparmio che questo software AI, può apportare in un setting così particolare come il Gaetano Pini. Occorre quindi spiegare in breve dove, come e quando questa applicazione potrebbe apportare un risparmio. Senza dubbio, trattandosi di un software di riconoscimento fratture, in Pronto Soccorso. Basti pensare che presso il Pronto Soccorso dell'ASST Gaetano Pini- CTO il radiologo finisce il turno di lavoro alle 22.00 lasciando scoperte 10 ore durante la notte dove l'Ortopedico di guardia, oberato da varie incombenze, deve anche fare delle diagnosi radiografiche, senza alcun supporto. Questo porta inevitabilmente ai noti errori diagnostici che abbiamo già analizzato in questo progetto. Di fatto la mattina seguente un radiologo rivede tutte le radiografie della notte e non di rado "scopre" delle fratture non riconosciute ab inizio. Questo porta a dover richiamare il Paziente e, talvolta, a contenziosi medico legali con richieste di risarcimento e quindi ad una spesa, per l'Istituto. E, in primis, ad un potenziale danno per il Paziente. Nel 2019 ad esempio l'Istituto ha dovuto risarcire alcuni pazienti con 114.701,16 euro per mancate diagnosi.

L'interrogativo sull'efficacia dell'Intelligenza Artificiale (AI) nel ridurre gli errori diagnostici è oggetto di studio e riflessione nel settore medico. Uno studio recente, European Journal of Radiology nel 2022 da Regnard, N.E., ha evidenziato che l'impiego della tecnologia "bone view" ha ottenuto una sensibilità del 98% e una specificità dell'88%. Questi risultati indicano che il sistema è in grado, con una percentuale elevata di affidabilità, di individuare potenziali fratture. Tuttavia, è importante considerare che esiste la possibilità di sovraestimazione, come evidenziato dalla specificità, il che potrebbe portare a falsi positivi. In tal caso, i pazienti sono solitamente sottoposti a una Tomografia Assiale Computerizzata (TAC) per ottenere una diagnosi definitiva. Nella realtà da noi analizzata le cose sono andate diversamente. Nel nostro mese campione, marzo 2024, di fatto l'AI non ha migliorato la performance globale nel riconoscimento delle fratture ma ha certamente migliorato la performance dell'Ortopedico di notte non supportato dal Radiologo. Certo si tratta di Radiologi super esperti in traumatologia con una esperienza tale da non poter essere emulata in tutti i Pronto Soccorsi generali.

Se l'AI associata ad un Radiologo di grande esperienza azzerasse le mancate diagnosi di frattura, esaminando i costi associati ai contenziosi dell' ASST Gaetano pini - CTO, nel 2019 sarebbe stato

possibile risparmiare un totale di 84.701,16 euro e questo considerando solo i costi legali evitati ed, escludendo quindi i danni reputazionali associati a errori diagnostici.

Un'ulteriore considerazione riguarda l'ipotesi di impiegare l'AI al Pronto Soccorso anche durante il giorno, con il radiologo facilitato nella individuazione delle fratture durante la refertazione dei casi positivi individuati dall'AI. È importante notare che al momento l'AI non fornisce una diagnosi definitiva delle fratture, ma solo suggerimenti sulla loro possibile presenza. Di conseguenza, il ruolo del radiologo rimane fondamentale per confermare e interpretare tali segnalazioni. Tuttavia, questa modalità operativa potrebbe portare a una riduzione delle ore lavorative dei radiologi, liberando risorse umane senza compromettere la precisione complessiva delle diagnosi. La quantificazione precisa del risparmio derivante da tale riduzione delle ore lavorative rimane complessa, ma è evidente che tale approccio potrebbe portare a un utilizzo più efficiente delle risorse disponibili nel contesto medico.

Esaminando la possibilità di estendere l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale (AI) ad altri esami radiografici comunemente richiesti al Pronto Soccorso, come la lastra del torace, emergono interessanti prospettive. Esistono diversi software di AI che dimostrano una capacità superiore a quella del radiologo nel riconoscere patologie toraciche. Ad esempio, "Chest view" presenta una sensibilità del 26% maggiore nel riconoscere uno pneumotorace rispetto al radiologo, e un miglioramento del 14-20% nella diagnosi di altre patologie polmonari quali versamenti, noduli, nuclei di consolidazione (polmoniti) o masse mediastiniche. Il costo di utilizzo di tali software è approssimativamente di 0,90 euro per esame, ma può variare in base al volume di esami eseguiti.

Il mancato riconoscimento di un nodulo polmonare, ad esempio, può comportare conseguenze significative, come dimostrato da un evento del 2017 presso l'Ospedale Gaetano Pini, dove una diagnosi mancata ha comportato un costo di €80.000,00 per l'ospedale stesso, senza considerare il danno per il paziente derivante dalla diagnosi ritardata di una patologia neoplastica.

La situazione è ancor più complessa presso l'ASST Garda, dove la carenza cronica di radiologi specialisti ha portato all'utilizzo di radiologi a gettone a costi significativi. Nonostante gli sforzi della Regione Lombardia nel contenere i costi, con una tariffa oraria ridotta a 80 euro, il costo rimane rilevante, soprattutto considerando l'importanza della presenza fisica del radiologo per esami quali TAC con contrasto ed ecografici, eseguiti anche di notte.

L'integrazione dell'AI potrebbe alleviare il carico di lavoro dei radiologi, consentendo loro di concentrarsi su compiti più complessi e specialistici. Ciò potrebbe contribuire a ridurre il rischio di burn-out e i costi associati, migliorando complessivamente l'efficienza e la qualità dell'assistenza sanitaria fornita.

Il Burn-out è un evento molto discusso in letteratura proprio nella categoria dei Radiologi, e non solo. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), il burnout è una sindrome derivante da stress cronico associato al contesto lavorativo, che non riesce ad essere ben gestito. Non di rado porta a prolungate assenze lavorative per chi ne è affetto. Di certo ne riduce la performance. L'estremo di

questa patologia, in termini economici, può portare a dover sostituire il Medico. In caso di un Radiologo questa sostituzione può costare non solo in termini umani e psicologici ma monetari. Sostituire un Radiologo varia economicamente da 170.000 euro all'anno (contratto a tempo determinato) fino a 205 euro all'anno in caso vengano utilizzati dei gettonisti secondo il valore determinato DGR XII / 1514 - dicembre 2023. Non parliamo poi in caso di gettonisti non regolamentati che possono costare fino a 270.000 euro all'anno, come nella ASST Garda attualmente.

CONSIDERAZIONI ETICHE

L'uso dell'intelligenza artificiale in medicina presenta anche una serie di risvolti legati alle questioni etiche fondamentali che devono essere affrontate con attenzione. Una delle principali preoccupazioni riguarda la trasparenza e l'interpretabilità degli algoritmi utilizzati. Poiché molte decisioni cliniche possono essere influenzate o addirittura prese autonomamente dagli algoritmi, è essenziale che sia chiaro come vengono presi tali decisioni e quali fattori vengono considerati (12).

Un'altra questione etica importante riguarda la privacy e la sicurezza dei dati dei pazienti. L'IA richiede l'accesso a grandi quantità di dati sanitari per addestrare e migliorare i suoi algoritmi. Tuttavia, ciò solleva preoccupazioni riguardo alla protezione dei dati sensibili dei pazienti e alla possibilità di violazioni della privacy (13).

Inoltre, c'è il problema dell'equità nell'accesso e nell'utilizzo dell'IA in medicina. Se non gestite correttamente, le tecnologie basate sull'IA potrebbero esacerbare le disuguaglianze già presenti nel sistema sanitario, favorendo i pazienti più abbienti o quelli con accesso a cure più avanzate (14).

Infine, c'è il tema della responsabilità e dell'accountability. Chi è responsabile quando un algoritmo sbaglia una diagnosi o raccomanda un trattamento errato? È importante stabilire chi è responsabile delle decisioni prese dall'IA e come possono essere attribuite responsabilità in caso di errori o danni ai pazienti (15).

Le questioni etiche legate all'uso dell'IA in medicina richiedono un approccio olistico e una stretta collaborazione tra professionisti sanitari, ricercatori, legislatori e altre parti interessate per garantire che l'IA sia utilizzata in modo sicuro, equo e responsabile nell'ambito dell'assistenza sanitaria.

CONSIDERAZIONI NORMATIVE

In Italia, l'uso dell'intelligenza artificiale (IA) in medicina solleva diverse questioni normative che richiedono un quadro regolatorio chiaro e aggiornato. Attualmente, non esiste una legislazione

specifica che disciplini in modo esaustivo l'applicazione dell'IA nel settore sanitario, ma piuttosto una serie di leggi e normative esistenti che possono essere applicate in questo contesto.

L'Unione Europea (UE) è diventata il primo grande governo a istituire una regolamentazione orizzontale per tutti gli utilizzi dell'IA. Il loro approccio ha seguito principi di gestione del rischio con l'obiettivo di fornire regole per una maggiore adozione dell'IA e lo sviluppo dei sistemi in futuro.

Uno dei principali documenti normativi è il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR), che stabilisce le regole per la raccolta, l'elaborazione e la protezione dei dati personali, inclusi quelli utilizzati nei sistemi di intelligenza artificiale. Inoltre, il Codice di Deontologia Medica e il Codice di Etica degli Operatori Sanitari forniscono orientamenti etici e professionali che devono essere seguiti nell'uso dell'IA in medicina.

Tuttavia, la mancanza di una normativa specifica può creare incertezza e lacune nel quadro regolatorio, soprattutto considerando le implicazioni complesse dell'IA sulla pratica medica, la responsabilità professionale e la privacy dei pazienti. Pertanto, è fondamentale che vengano sviluppate e implementate leggi e regolamenti mirate per affrontare questi argomenti in modo completo ed adeguato.

In ambito normativo molte linee guida e leggi si possono ritrovare:

- A. EU AI Act
- B. Digital Market Act (DMA)
- C. Digital Services Act (DSA)
- D. Codice deontologico dei medici chirurghi e degli odontoiatri (FNOMCeO)
- E. Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR)
- F. Codice in materia di protezione dei dati personali (Codice Privacy)
- G. Leggi e regolamenti italiani in materia di responsabilità civile e penale
- H. Normative sanitarie italiane pertinenti
- I. Linee guida e raccomandazioni delle autorità sanitarie nazionali e internazionali

Questi documenti normativi forniscono un quadro giuridico e etico per orientare l'uso dell'IA in medicina in Italia, ma è importante che vengano sviluppate ulteriori normative specifiche per affrontare le sfide emergenti e garantire un'adozione sicura ed efficace di queste tecnologie nel contesto sanitario italiano.

EU AI ACT

Il Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale si trova ora nelle fasi finali della procedura legislativa dopo un accordo politico nel dicembre del 2023. Si prevede che venga completamente approvato nel 2024 e diventi uno standard globale.

Detto questo, la regolamentazione dell'IA da parte dell'UE non si ferma qui. Le tecnologie AI sono coinvolte sia nel Digital Markets Act (DMA) che nel Digital Services Act (DSA), che richiederanno trasparenza algoritmica sotto forma di ispezioni indipendenti e di terze parti.

Il Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale è stato proposto per la prima volta dalla Commissione Europea nell'aprile del 2021. Dopo molte fasi di revisione, è stato approvato provvisoriamente nel dicembre del 2023. È la prima legge a livello mondiale che regola lo sviluppo e l'uso dell'IA in modo esaustivo e mira a essere un "GDPR per l'IA". Come il GDPR per la protezione dei dati, il Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale prevede significative sanzioni per la mancata conformità, un ambito extraterritoriale e un'ampia serie di requisiti obbligatori per le organizzazioni che sviluppano e implementano l'IA.

Qualsiasi impresa che operi o venda nell'Unione Europea dovrebbe essere consapevole delle implicazioni di ampia portata del Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale e adottare misure per garantire la prontezza con le sue disposizioni.

Digital Markets Act (DMA)

Il Digital Markets Act (DMA), insieme al Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale, stabilisce una serie di requisiti che si applicano ai più grandi fornitori di tecnologia nell'UE. Considerato come un pezzo di legislazione storico, il DMA mira a ridurre i colli di bottiglia creati dai grandi fornitori tecnologici (i cosiddetti "gatekeeper") che monopolizzano l'economia digitale.

Il DMA definisce i gatekeeper come fornitori di servizi di piattaforma core, tra cui:

- Servizi di intermediazione online
- Motori di ricerca online
- Servizi di social networking online
- Servizi di condivisione video online
- Servizi di comunicazione interpersonale indipendenti dal numero
- Sistemi operativi
- Browser web
- Assistenti virtuali
- Servizi di cloud computing
- Servizi di pubblicità online

I gatekeeper che soddisfano i seguenti criteri qualitativi rientrano nell'ambito della legislazione:

- Hanno un impatto significativo sul mercato interno.
- Forniscono un servizio che è un importante punto di accesso per gli utenti commerciali verso i consumatori finali.
- Si trovano in una posizione consolidata e duratura o ci si aspetta che lo siano in un futuro prossimo.

RIVOLUZIONE DIGITALE IN RADIOLOGIA: costi e benefici dell'intelligenza artificiale nei percorsi diagnostici di emergenza urgenza. Esempi di applicabilità nel riconoscimento delle fratture

Tutti i criteri qualitativi sono associati a una soglia quantitativa per chiarezza nella categorizzazione. Queste misure quantitative sono specificate nell'articolo 3(2) del DMA.

Detto ciò, le aziende possono argomentare e presentare prove che non dovrebbero essere designate come gatekeeper nonostante soddisfino i criteri.

Al contrario, la Commissione europea può anche avviare la propria indagine di mercato utilizzando una valutazione qualitativa per considerare un'azienda come gatekeeper anche se i criteri o le soglie indicate non sono soddisfatti, estendendo ulteriormente l'ambito della legislazione.

Il 6 settembre 2023, la Commissione europea ha designato per la prima volta sei gatekeeper per 22 servizi di piattaforma core: Alphabet, Amazon, Apple, ByteDance, Meta e Microsoft.

Digital Services Act (DSA)

Insieme al Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale e al DMA, il Digital Services Act (DSA) è un pezzo legislativo lungo e trasversale (cross-sector) con regole composite e obblighi legali per le aziende tecnologiche.

Uno degli obiettivi centrali della regolamentazione è porre fine all'autoregolamentazione delle aziende tecnologiche e costringerle a essere più trasparenti, in particolare nel campo della responsabilità algoritmica e della moderazione dei contenuti. La regolamentazione si applica principalmente ai social media, alle comunità orientate agli utenti e ai servizi online con un modello di business basato sulla pubblicità.

Il Digital Services Act si applica ai servizi di hosting, ai mercati e alle piattaforme online che offrono servizi nell'UE, indipendentemente dal loro luogo di stabilimento. Pertanto, l'effetto della legge e l'aspettativa di conformità si faranno sentire a livello globale.

La regolamentazione del DSA si concentra principalmente su Very Large Online Platforms (VLOP) e Very Large Online Search Engines (VLOSE). Si tratta di servizi basati sul web che hanno oltre 45 milioni di utenti attivi mensili medi nell'UE.

Un approccio alla gestione del rischio è alla base del Digital Services Act. Il DSA attribuisce responsabilità regolamentate per affrontare problemi di sistema tra cui, ma non solo:

- Disinformazione
- Bufale e manipolazione durante le pandemie
- Danni ai gruppi vulnerabili
- Altri danni emergenti per la società

Queste problematiche sono categorizzate come danni online o contenuti dannosi nella legislazione e sono governate da un quadro di valutazione del rischio, mitigazione del rischio e audit indipendente fornito ai sensi degli articoli 34, 35 e 37.

GDPR

Il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR) per la ricerca sanitaria, con particolare attenzione all'analisi dei requisiti normativi e delle sfide pratiche. Il GDPR, entrato in vigore nel maggio 2018, ha introdotto normative più rigorose in materia di protezione dei dati personali, imponendo regole più stringenti per la raccolta e il trattamento dei dati personali, inclusi quelli relativi alla salute. Gli autori esaminano le implicazioni specifiche del GDPR per la ricerca sanitaria, evidenziando le sfide normative e pratiche che i ricercatori devono affrontare nel rispetto delle nuove disposizioni legislative.

Tra le questioni affrontate vi sono la necessità di ottenere il consenso informato dei pazienti per la raccolta e l'uso dei loro dati, l'obbligo di garantire la sicurezza e la riservatezza dei dati personali, nonché le procedure da seguire in caso di violazione della sicurezza dei dati. Si sottolinea l'importanza di un approccio equilibrato che consenta di conciliare la protezione della privacy dei pazienti con la necessità di condurre ricerche scientifiche cruciali per il progresso della medicina. Inoltre, identificano la necessità di linee guida chiare e di risorse adeguate per supportare i ricercatori nel rispetto delle disposizioni del GDPR senza compromettere la qualità e la portata della ricerca sanitaria ([16](#)).

Sfide legali ed etiche legate all'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale (IA) in medicina, con particolare attenzione al contesto normativo italiano.

Con un'analisi dettagliata del quadro normativo esistente, delle linee guida internazionali e dei principi etici fondamentali, si esaminano le implicazioni dell'IA per la responsabilità legale dei professionisti sanitari, la protezione della privacy e della sicurezza dei dati dei pazienti, nonché la trasparenza e l'interpretabilità degli algoritmi utilizzati. Attraverso la revisione della letteratura e l'analisi di casi studio, si propongono raccomandazioni pratiche per superare tali sfide e promuovere un utilizzo responsabile e sicuro dell'IA nel contesto sanitario italiano ([17](#)).

Il Quadro Legale ed Etico dell'Utilizzo dell'IA in Sanità in Europa

Il recente studio condotto da William Watson et al. e pubblicato sul Journal of Law and the Biosciences nel 2020 fornisce una panoramica approfondita del quadro legale ed etico che regola l'impiego dell'Intelligenza Artificiale (IA) nel settore sanitario europeo ([18](#)).

Gli autori esaminano attentamente le normative europee e le linee guida esistenti per comprendere le sfide e le opportunità che l'IA presenta nel contesto della sanità. In particolare, si

soffermano su due tematiche cruciali: la protezione dei dati dei pazienti e la responsabilità legale nell'utilizzo dell'IA.

Per quanto riguarda la privacy dei dati, il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR) dell'Unione Europea stabilisce rigide normative per la raccolta, il trattamento e la conservazione dei dati personali, inclusi quelli sanitari. Gli autori esplorano come l'IA possa influenzare la privacy dei pazienti e la necessità di garantire la conformità alle disposizioni del GDPR.

In merito alla responsabilità legale, Watson et al. analizzano le implicazioni dell'adozione dell'IA nel contesto sanitario e la necessità di definire chiaramente le responsabilità dei professionisti sanitari e degli sviluppatori di tecnologia.

Inoltre, l'articolo offre un'analisi specifica delle implicazioni del quadro legale ed etico per l'Italia, considerando le peculiarità del sistema sanitario italiano e la normativa nazionale.

In conclusione, Watson et al. sottolineano l'importanza di un approccio equilibrato che consenta di sfruttare appieno il potenziale dell'IA nel migliorare la salute pubblica, garantendo nel contempo il rispetto dei diritti e delle normative esistenti. Questo studio fornisce una base solida per ulteriori riflessioni e ricerche nel campo della bioetica e della giurisprudenza sanitaria.

Normative e gli approcci regolatori all'uso dell'IA in medicina, con considerazioni sul contesto italiano e europeo.

Negli ultimi anni, l'uso dell'Intelligenza Artificiale (IA) in medicina ha suscitato un crescente interesse, ma anche nuove sfide regolatorie. Un recente articolo pubblicato su *The New England Journal of Medicine* esplora il complesso panorama normativo che circonda l'impiego dell'IA nel settore sanitario.

Il focus è sulle normative e gli approcci regolatori relativi all'IA in medicina, con particolare attenzione al contesto italiano ed europeo. L'articolo fornisce un'analisi dettagliata delle sfide e delle opportunità presentate dall'IA, e delle diverse modalità con cui i vari Paesi e regioni stanno affrontando la regolamentazione di questa tecnologia emergente. Questo studio offre una panoramica completa delle questioni legali e regolatorie che circondano l'uso dell'IA in medicina, rappresentando una risorsa fondamentale per i professionisti della sanità, i legislatori e gli studiosi interessati a comprendere e affrontare le sfide normative connesse a questa tecnologia innovativa ([19](#)).

In conclusione

Il 2022-23 è stato un periodo frenetico per l'adozione dell'IA e la nascita delle prime regolamentazioni in molti mercati importanti. Il 2024 sarà importante poiché molte regolamentazioni diventeranno finalizzate, entreranno in vigore o stabiliranno precedenti su come dovrebbe apparire l'applicazione delle norme.

Nel primo semestre del 2024 è probabile che si assista alla definizione del testo definitivo del Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale. Questo atto storico, insieme al DMA e al DSA, stabilirà lo standard d'oro per una regolamentazione completa dell'IA. Sarà necessaria una significativa cooperazione internazionale e diligenza da parte dell'industria per sostenere la visione dell'UE di un'IA affidabile.

Negli Stati Uniti e nell'UE, ci si aspetta un focus sui grandi colossi tecnologici e sui servizi digitali attraverso il Digital Services Act e l'applicazione da parte della Federal Trade Commission. L'intersezione tra algoritmi, pattern oscuri e privacy è probabile che sia un obiettivo per un'azione regolamentare aumentata.

Per le organizzazioni che utilizzano l'IA in Cina, l'applicazione è già in corso o in attesa per i sistemi di raccomandazione, la tecnologia deepfake e l'IA generativa. Questo è bilanciato da clausole per sostenere l'innovazione interna.

Analogamente, il Regno Unito ha predisposto quadri per sostenere l'innovazione riducendo al minimo i rischi. La Legge sulla Sicurezza Online del 2023 presenta una via per contrastare i danni causati dalle piattaforme online che è distinta dal DSA.

Una tendenza positiva che speriamo di vedere di più nel 2024 è il trasferimento di conoscenze da Est a Ovest a sostegno dello sviluppo di regolamentazioni che affrontino adeguatamente i danni in rapida evoluzione. Alcuni progressi sembrano essere stati già compiuti verso la cooperazione internazionale, con il Brasile che propone una legge simile al Regolamento UE sull'Intelligenza Artificiale, compreso un approccio basato sul rischio. Tuttavia, sarà necessaria una crescente cooperazione internazionale per bilanciare l'innovazione e una gestione efficace dei rischi legati all'IA.

Il 2024 sarà probabilmente l'anno più impattante finora per la regolamentazione dell'IA e sarebbe saggio per le imprese e le organizzazioni essere proattive nell'implementare un quadro di gestione del rischio all'interno dei propri sistemi.

Holistic AI fornisce la prima soluzione a 360 gradi per la fiducia nell'IA, la gestione del rischio, la sicurezza e la conformità, e consente alle imprese di adottare e scalare l'IA con fiducia. Siamo stati all'avanguardia di molte regolamentazioni iniziali e abbiamo uno dei principali team di esperti sia di ML tecnico che di politica sull'IA.

La nostra piattaforma ti aiuta ad evitare rischi regolamentari, reputazionali e finanziari mentre costruisci fiducia nei sistemi per un impatto più diffuso dell'IA. Mettiti in contatto con un membro del team o pianifica una demo per scoprire come puoi compiere passi verso un'IA affidabile e impattante per tutta l'organizzazione.

SOFTWARE BONE VIEW - GLEAMER

Il software in nostro possesso è stato utilizzato da altri centri, in particolare per due anni al Niguarda di Milano. E' prodotto da una azienda di origine Francese, la Gleamer. Noi abbiamo avuto possibilità di testare il pacchetto Bone-View gratuitamente. Non abbiamo avuto nessuna sponsorizzazione né rapporto economico con l'azienda fornitrice. Abbiamo scelto il software della Gleamer perchè già ampiamente testato da altri centri di riferimento come il Niguarda. L'applicazione fornita, Bone View di Gleamer, è un software di Intelligenza Artificiale (IA) progettato per assistere i radiologi nella rilevazione e nella diagnosi di fratture ossee su radiografie. Il funzionamento di Bone View si basa sull'analisi automatica delle immagini radiografiche utilizzando algoritmi avanzati di machine learning e visione artificiale.

Quando un'immagine radiografica viene caricata nel sistema Bone View, immagine prima resa anonima e poi inviata su un cloud di Google su cui giace il software AI, l'algoritmo analizza la struttura e la composizione dell'immagine per identificare anomalie o lesioni ossee che potrebbero indicare la presenza di una frattura. L'algoritmo è in grado di riconoscere pattern caratteristici e differenziare tra tessuti ossei normali e aree di frattura.

Una volta completata l'analisi, Bone View fornisce al radiologo un output dettagliato, evidenziando le aree sospette di frattura e fornendo informazioni quantitative sulla loro posizione, dimensione e caratteristiche. Questo aiuta il radiologo a prendere decisioni più informate e accurate nella diagnosi e nel trattamento delle fratture ossee.

È importante sottolineare che BoneView è progettato come uno strumento di supporto per i radiologi e non sostituisce la loro expertise clinica. Il radiologo rimane responsabile della valutazione finale delle immagini e della diagnosi definitiva. Bone View mira quindi a migliorare l'efficienza e l'accuratezza della diagnosi radiologica, consentendo ai radiologi di concentrarsi su casi più complessi e di fornire un servizio più rapido ed efficiente ai pazienti.

In diversi studi si rileva come la sensibilità di Gleamer Bone View sia elevata, talora più elevata di quella rilevata nei referti dei radiologi, tuttavia la constatazione che la specificità dell'AI sia stata inferiore rispetto a quella dei radiologi suggerisce che un approccio combinato, in cui radiologi e IA lavorano insieme, potrebbe portare alle migliori prestazioni nella rilevazione di lesioni.

Questa sinergia tra l'intelligenza artificiale e l'esperienza clinica umana è stata già oggetto di indagini in studi retrospettivi precedenti, soprattutto per quanto riguarda la rilevazione di fratture. Tuttavia, per confermare questa ipotesi, sarà necessario condurre uno studio successivo che includa una varietà di lesioni analizzate sulle radiografie ossee. Inoltre, per garantire una valutazione accurata delle prestazioni, sarà essenziale utilizzare uno standard di riferimento più robusto. Questo costituirà un miglioramento significativo rispetto allo studio attuale. Inoltre, per comprendere appieno l'impatto clinico delle lesioni non individuate dalle relazioni dei radiologi, sarà necessario condurre uno studio prospettico. Questo consentirà di valutare in modo più completo e accurato le implicazioni mediche delle lesioni non rilevate e di identificare eventuali miglioramenti necessari nel processo diagnostico. ([20-29](#))

CONCLUSIONI

In conclusione possiamo affermare che l'impiego dell' AI nei reparti di pronto soccorso e di radiodiagnostica delle ASST Gaetano Pini ed ASST Garda potrebbe avere un impatto positivo.

Per quanto concerne l'ASST Gaetano Pini soprattutto nelle ore notturne quando l'Ortopedico si trova da solo senza ausilio del Radiologo.

Per quanto concerne l'ASST Garda l'AI potrebbe aiutare a ridurre il carico di lavoro ottimizzando l'impiego del personale medico sia del pronto soccorso generico sia del reparto di radiodiagnostica.

Le implicazioni economiche sono più complesse da stabilire perché molto specifiche per ogni Ospedale. All'ASST Gaetano Pini, ad esempio, il risparmio economico sembrerebbe relativo e incentrarsi soprattutto nel ridurre i costi relativi ad un contenzioso per mancato riconoscimento di una frattura. Mentre per l'ASST Garda il risparmio sarebbe direttamente correlato al flusso di lavoro. Questo determina una riduzione nei tempi di valutazione di un'indagine radiologica ed una conseguente riduzione della percepita pressione del carico lavorativo. C'è da considerare che lo strumento rispetto all'essere umano è instancabile.

Gli effetti favorevoli dell'uso dell'AI porterebbero benessere per Medici, Pazienti e Sanità Pubblica con una riduzione della spesa conseguente all'utilizzo di medici pagati a gettone ed a lungo termine la spesa relativa ad eventuali incidenti medico legali.

Non da ultimo, a favore dell'AI, da sottolineare l'importante effetto di immagine positiva che può avere nei confronti dell'Utenza

Il tutto a costi accettabili.

Infine da ricordare che, allo stato delle cose, l'AI non sostituisce il Radiologo, che in taluni casi è superiore, ma ne integra il giudizio riducendo il rischio di errore.

L'AI oggi non è necessaria in modo assoluto ma lo sarà di certo nel prossimo futuro considerando la progressiva riduzione di Medici Specialisti a fronte di una esponenziale richiesta di Sanità come ben studiato dalla demografia moderna. Sarà un "mai più senza".

BIBLIOGRAFIA

1. McDonald RJ, Schwartz KM, Eckel LJ et al (2015) "The Effects of Changes in Utilization and Technological Advancements of Cross-Sectional Imaging on Radiologist Workload", *Academic Radiology*, Volume 22, Issue 9, Pages 1191-1198
2. Medscape Radiologist Lifestyle, Happiness & Burnout Report (2020). URL <https://www.medscape.com/slideshow/2020-lifestyle-radiologist-6012479del2020>
3. Chartrand, G., Cheng, P. M., Vorontsov, E., Drozdal, M., Turcotte, S., Pal, C. J., ... & Kadoury, S. (2017). Deep learning: a primer for radiologists. *Radiographics*, 37(7), 2113-2131.
4. McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., ... & Oakden-Rayner, L. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577(7788), 89-94.
5. Pesapane, F., Codari, M., Sardanelli, F., & Artificial Intelligence in Medical Imaging Working Group of the Italian College of Breast Radiologists (2020). Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *European Radiology Experimental*, 4(1), 50.
6. McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., ... & Oakden-Rayner, L. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577(7788), 89-94.
7. Wang, S., Summers, R. M., & Yao, J. (2017). Machine learning and radiology. *Medical image analysis*, 42, 2-4.
8. Norgeot, B., Glicksberg, B. S., Butte, A. J., & Shah, N. H. (2019). A call for deep-learning healthcare. *Nature medicine*, 25(1), 14-15.
9. Itri JN, Tappouri RR, McEachern RO et al (2018) "Fundamentals of Diagnostic Error in Imaging", *Radiographic*, Volume 38, Issue 6, 1845-1865
10. Smith-Bindman R, Kwan ML, Marlow EC, et al. "Trends in Use of Medical Imaging in US Health Care Systems and in Ontario, Canada, 2000-2016" *JAMA*. 2019;322
11. Francesco Scacciati "The demographic dynamics of Italy's chronic depopulation" *Journal of Population Research*, 2019

- 12.** Schuster Bruce et al. "Interpretability in machine learning for precision oncology: lessons learned from the SMMART clinical trial" Precision Oncology, 2020
- 13.** Wilson K. Tsui et al. "Privacy and Security in the Era of Digital Health: What Should translational researchers Know and Do about it?" Journal of the American Medical Informatics Association, 2020
- 14.** Amol S. Navathe et al. "Artificial Intelligence and Health Equity: Opportunities and Challenges" Journal of General Internal Medicine, 2021
- 15.** Kenneth Anderson "Artificial Intelligence, Accountability, and the Laws of War" Stanford Law Review, 2019
- 16.** Effy Vayena et al. "Implications of the General Data Protection Regulation for Health Research" JAMA, 2018
- 17.** Luigi Moccia et al. "Artificial Intelligence in Medicine: Legal and Ethical Challenges" European Journal of Internal Medicine, 2020
- 18.** William Watson et al. "The Legal and Ethical Framework Governing the Use of Artificial Intelligence in Healthcare in Europe" Journal of Law and the Biosciences, 2020
- 19.** Effy Vayena et al. "The Regulation of Artificial Intelligence in Health Care" The New England Journal of Medicine, 2021
- 20.** Bennani S et al "Using AI to Improve Radiologist Performance in Detection of Abnormalities on Chest Radiographs" Radiology. 2023
- 21.** Guermazi A "Improving Radiographic Fracture Recognition Performance and Efficiency Using Artificial Intelligence. Radiology". Radiology. 2021
- 22.** Guermazi A "How AI May Transform Musculoskeletal Imaging. " Radiology. 2024
- 23.** Oppenheimer J "A Prospective Approach to Integration of AI Fracture Detection Software in Radiographs into Clinical Workflow." Life . 2023 Jan
- 24.** Bousson V " Artificial Intelligence for Detecting Acute Fractures in Patients Admitted to an Emergency Department: Real-Life Performance of Three Commercial Algorithms. " Acad Radiol. 2023 Oct;30(10):2118-2139

- 25.** Salvatore Gitto “AI applications in musculoskeletal imaging: a narrative review”
European Radiology Experimental. 2024

- 26.** Gale W, Oakden-Rayner L, Carneiro G, et al (2017) Detecting hip fractures with radiologist-level performance using deep neural networks.

- 27.** Chen H-Y, Hsu BW-Y, Yin Y-K et al (2021) Application of deep learning algorithm to detect and visualize vertebral fractures on plain frontal radiographs. PLoS One 16:e0245992. <https://doi.org/10.1371/journal>.

- 28.** Jones RM, Sharma A, Hotchkiss R et al (2020) Assessment of a deep-learning system for fracture detection in musculoskeletal radiographs - NPJ Digit Med 3:144. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00352-w>

- 29.** Aghnia Farda N, Lai J-Y, Wang J-C et al (2021) Sanders classification of calcaneal fractures in CT images with deep learning and differential data augmentation techniques. Injury 52:616–624. <https://doi.org/10>.

- 30.** Tanzi L, Vezzetti E, Moreno R et al (2020) Hierarchical fracture classification of proximal femur X-Ray images using a multistage Deep Learning approach. Eur J Radiol 133:109373. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020>.

- 31.** Chung SW, Han SS, Lee JW et al (2018) Automated detection and classification of the proximal humerus fracture by using deep learning algorithm. Acta Orthop 89:468–473. <https://doi.org/10.1080/17453674>.

- 32.** Li Y-C, Chen H-H, Horng-Shing LuH et al (2021) Can a deep-learning model for the automated detection of vertebral fractures approach the performance level of human subspecialists? Clin Orthop Relat Res 479:1598–1612. <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000001685>

- 33.** Lind A, Akbarian E, Olsson S et al (2021) Artificial intelligence for the classification of fractures around the knee in adults according to the 2018 AO/OTA classification system. PLoS One 16:e0248809. <https://doi>.

- 34.** Olczak J, Emilson F, Razavian A et al (2021) Ankle fracture classification using deep learning: automating detailed AO Foundation/Orthopedic Trauma Association (AO/OTA) 2018 malleolar fracture identification reaches a high degree of correct classification. Acta Orthop 92:102–108.

- 35.** Pranata YD, Wang K-C, Wang J-C et al (2019) Deep learning and SURF for automated classification and detection of calcaneus fractures in CT images. *Comput Methods Programs Biomed* 171:27–37.
- 36.** Mutasa S, Varada S, Goel A et al (2020) Advanced deep learning techniques applied to automated femoral neck fracture detection and classification. *J Digit Imaging* 33:1209–1217.
- 37.** Jin L, Yang J, Kuang K et al (2020) Deep-learning-assisted detection and segmentation of rib fractures from CT scans: development and validation of FracNet. *EBioMedicine* 62:2020
- 38.** Zhou Q-Q, Tang W, Wang J et al (2021) Automatic detection and classification of rib fractures based on patients' CT images and clinical information via convolutional neural network. *Eur Radiol* 31:3815–3825.
- 39.** Cho BH, Kaji D, Cheung ZB et al (2020) Automated measurement of lumbar lordosis on radiographs using machine learning and computer vision. *Global Spine J* 10:611