

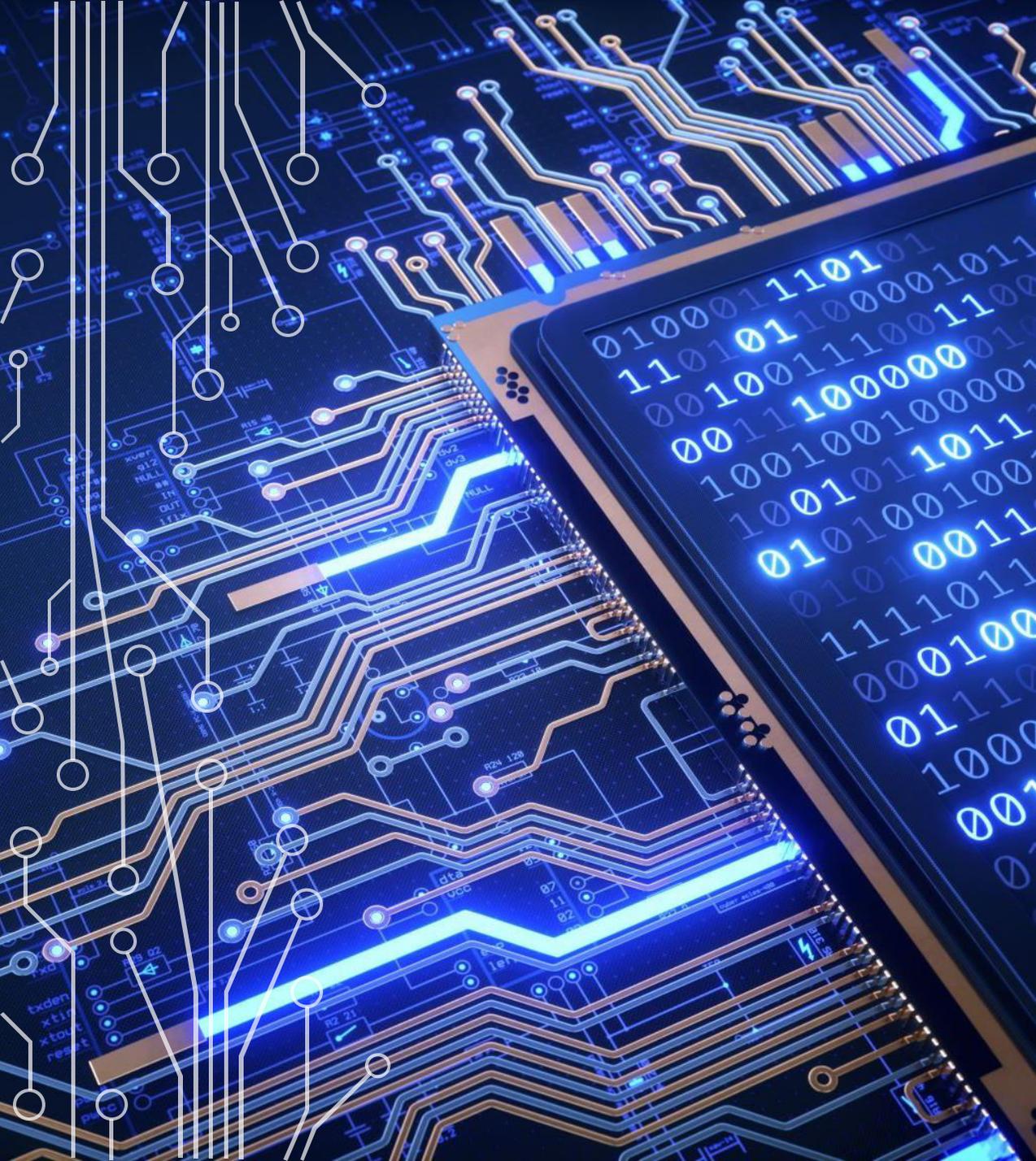


ECOGRAFIA IN AMBITO DIAGNOSTICO ATTUALITÀ' ED UTILIZZO DELLA IA

DOTT. GUIDO MARIA MEDURI

RESPONSABILE DELLA U.O. DI MEDICINA NUCLEARE

UNIVERSITÀ' CAMPUS BIOMEDICO - ROMA



INTELLIGENZA ARTIFICIALE

- L'intelligenza artificiale (IA) è una disciplina dell'informatica che si occupa della progettazione e dello sviluppo di sistemi in grado di svolgere compiti che, se eseguiti dall'uomo, richiederebbero intelligenza
- Tali compiti includono l'apprendimento, il riconoscimento di schemi, la risoluzione di problemi, il ragionamento, la comprensione del linguaggio naturale, e la percezione visiva
- L'obiettivo principale dell'intelligenza artificiale è quello di creare macchine che possano pensare, agire e adattarsi in modo simile agli esseri umani, migliorando l'efficienza e l'accuratezza in una vasta gamma di applicazioni

INTELLIGENZA ARTIFICIALE : CLASSIFICAZIONE PER METODOLOGIA

Machine Learning:

- L'IA che apprende dai dati e migliora le sue prestazioni nel tempo senza essere esplicitamente programmata.
- **Esempi:** Algoritmi di apprendimento supervisionato, apprendimento non supervisionato, apprendimento per rinforzo.

Deep Learning:

- Un sottoinsieme del machine learning basato su reti neurali profonde, che permette di riconoscere modelli complessi.
- **Esempi:** Riconoscimento vocale, visione artificiale.

Intelligenza Artificiale Generativa:

- IA capace di generare nuovi contenuti (testo, immagini, suoni) basandosi su modelli appresi dai dati.
- **Esempi:** Modelli di linguaggio come GPT, GANs (Generative Adversarial Networks) per la generazione di immagini.

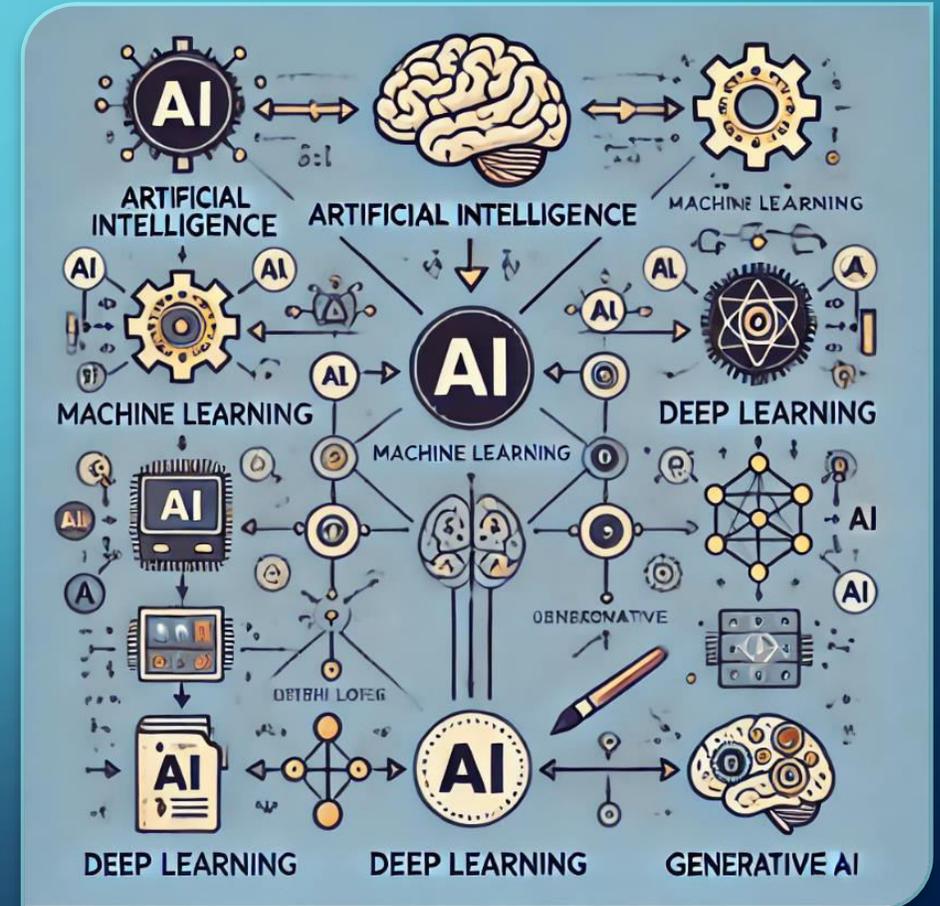
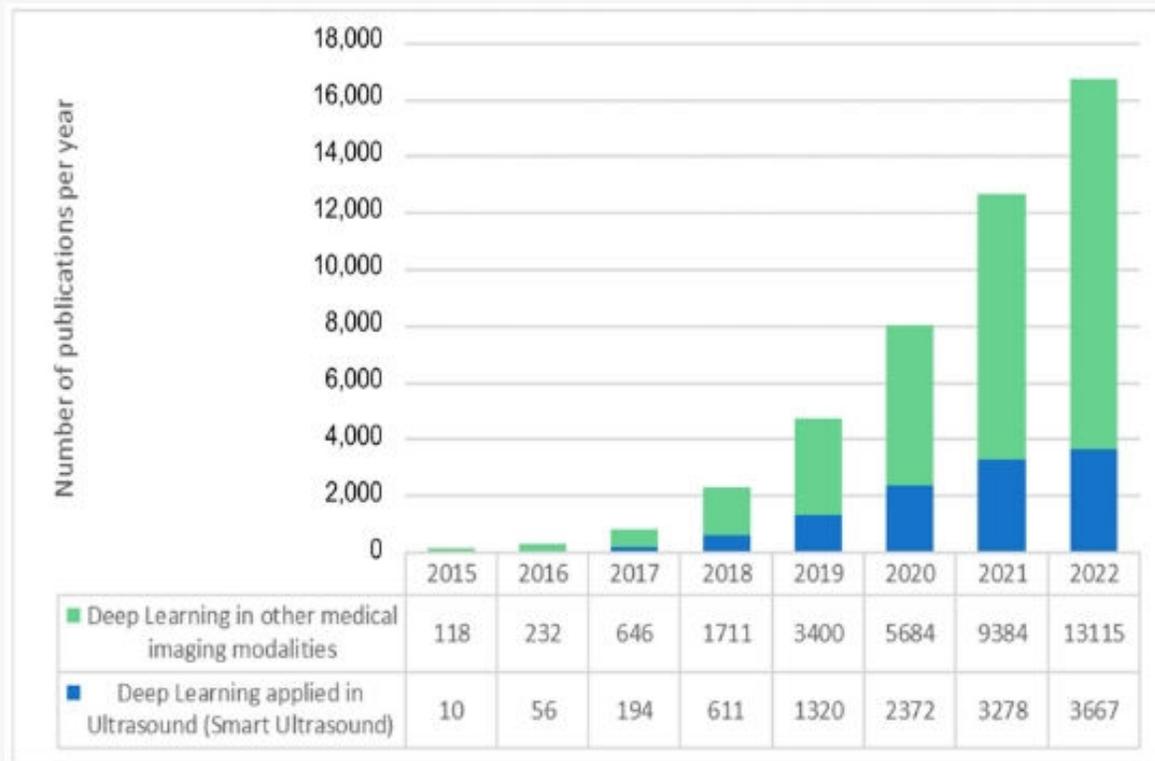


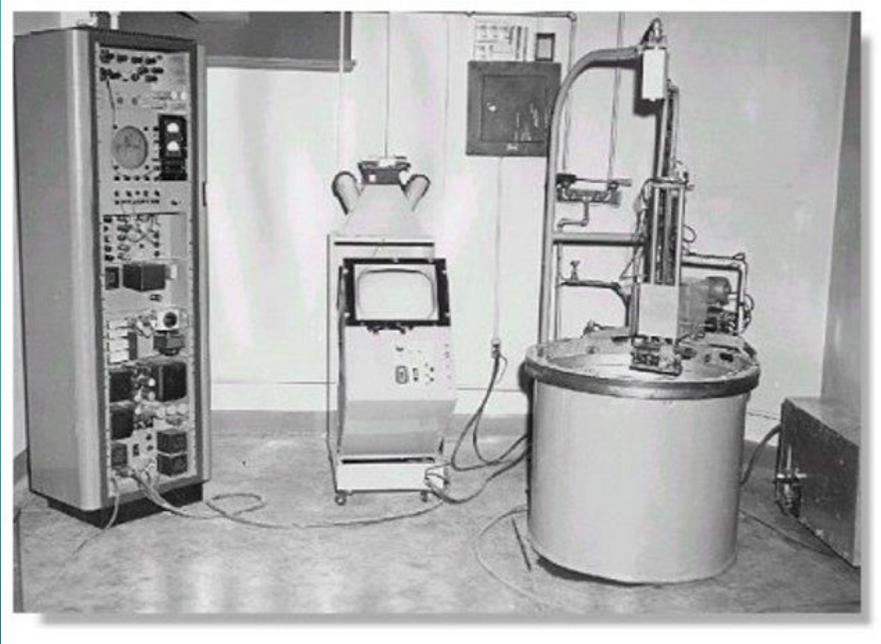
Figure 1. Exponential growth in the number of articles indexed in PubMed with “deep learning” and “ultrasound” (blue) and “deep learning” applied to other data and medical image modalities.



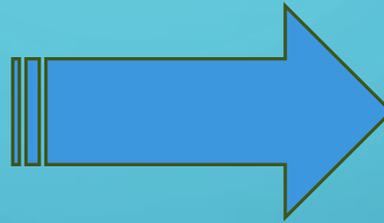
ECOGRAFIA E DEEP LEARNING

NUMERO CRESCENTE DI LAVORI PUBBLICATI SULLE TECNICHE DI DEEP LEARNING APPLICATE ALLA DIAGNOSTICA CON ULTRASUONI

NUOVI APPARECCHI ECOGRAFICI ED INTELLIGENZA ARTIFICIALE



1951



2024

Douglas Howry, William Bliss e Gerald Posakony creano il sistema a ultrasuoni con vasca a immersione, il primo scanner lineare in B MODE nel 1951. Con tale apparecchio è possibile acquisire immagini 2D, il paziente veniva immerso in una vasca d'acqua e un peso di piombo veniva posizionato sull'addome per evitare che galleggiasse.



- L'ecografo portatile di ultima generazione ha il potenziale per diventare il nuovo stetoscopio.
- L'imaging ecografico si distingue per la sua sicurezza, portabilità, non invasività e costo relativamente basso, che ne supportano l'uso in molti scenari clinici diversi.
- Lo sviluppo degli apparecchi ecografici ultraportatili dotati di Intelligenza Artificiale consente una maggiore diffusione della metodica.

VANTAGGI DELL'APPLICAZIONE DELLE TECNICHE DI IA IN ECOGRAFIA

Gli algoritmi di intelligenza artificiale possono aiutare a facilitare la curva di apprendimento dell'esame ecografico assistendo medici, infermieri e tecnici nell'esecuzione di esami completi

Gli algoritmi di elaborazione delle immagini per la misurazione, la quantificazione e il rilevamento assistito da computer sfruttano gli approcci basati sul deep learning per facilitare il compito dell'operatore.

Infine, anche la diagnosi, il triage, il rilevamento e la quantificazione assistiti da intelligenza artificiale consentono di avere un impatto significativo sulla riduzione del carico di lavoro dei medici.

UTILIZZO DI TECNICHE DI IA (DEEP LEARNING O MACHINE LEARNING) IN ECOGRAFIA

RILEVAMENTO

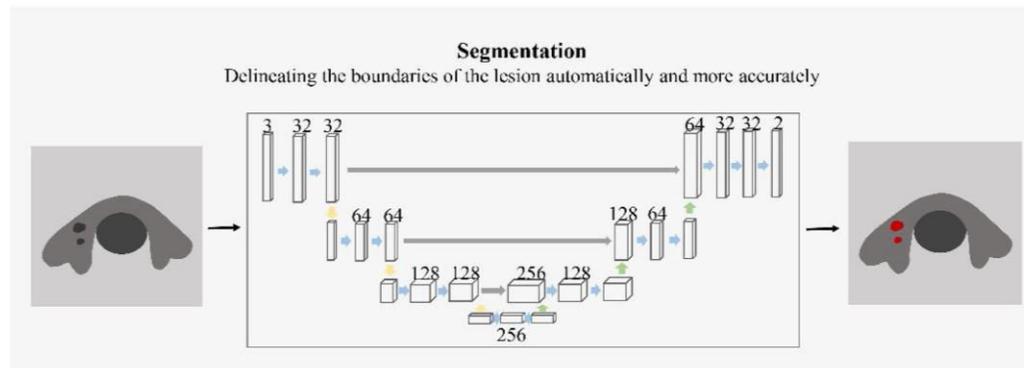
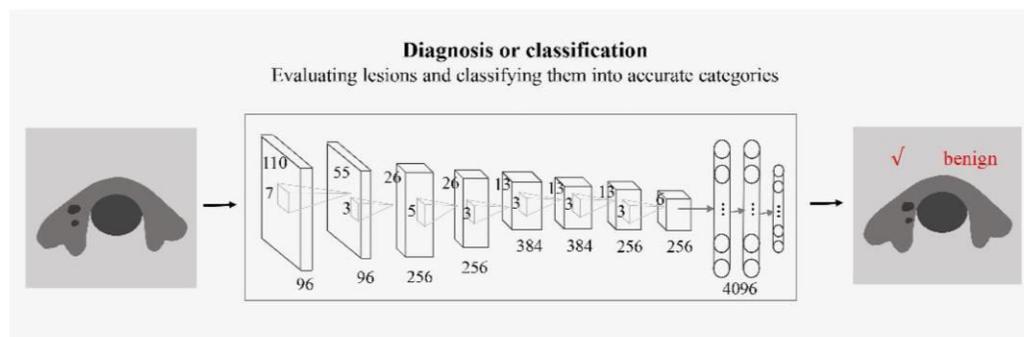
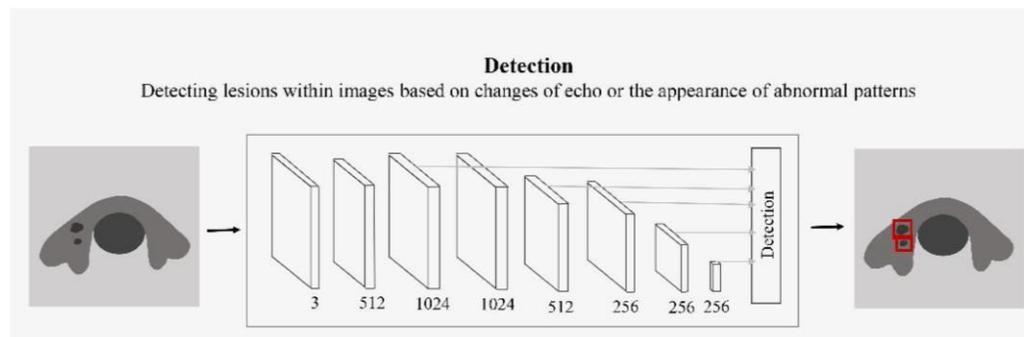
- Identificazione automatica delle strutture degli organi, delle lesioni ed altri oggetti di interesse

DIAGNOSI O CLASSIFICAZIONE

- Analisi delle immagini ecografiche per valutare lo stato della malattia o classificarla in una specifica categoria

SEGMENTAZIONE

- Rilevamento automatico delle strutture anatomiche e dei precisi confini delle lesioni



LIMITAZIONI ALL'APPLICAZIONE DELLE TECNICHE DI AI IN ECOGRAFIA

La tomografia computerizzata e la risonanza magnetica generano immagini prevedibili e riproducibili relativamente indipendenti dall'abilità dell'operatore.

La qualità dell'imaging ecografico dipende in modo significativo dalla capacità e dall'esperienza della persona che esegue l'ecografia. Anche l'esaminatore ecografico più competente potrebbe non produrre risultati diagnostici di alta qualità a seconda dell'habitus corporeo e della compliance del paziente.

L'imaging dipende inoltre dall'angolazione della sonda che incontra la pelle, dall'ombra delle strutture superficiali e dalla profondità della lesione target.

Queste limitazioni, oltre a variabili comuni come le impostazioni operative e gli artefatti dell'ecografo, rendono difficile applicare l'IA negli esami ecografici.

Come risultato di queste interazioni complesse, le informazioni sulle immagini ecografiche come dati di input per le applicazioni AI sono soggette a vari rumori casuali da fonti non identificabili.





Apparecchio Ecografico

Operatore

Algoritmi Avanzati (Software)

Immagini

Scansione

Misure Quantificazione

Diagnosi

Riconoscimento Strutture

Guida alla Scansione

Verifica qualità immagine

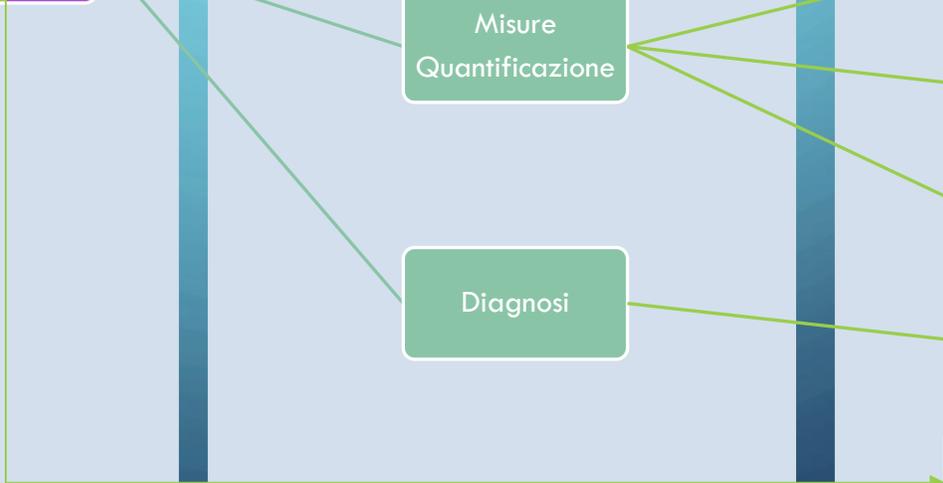
Misure automatiche

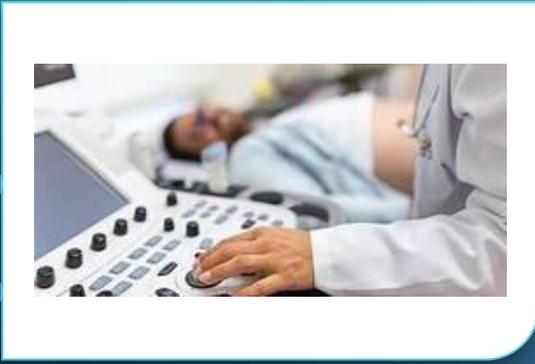
Auto-quantificazione

Riconoscimento computerizzato

CAD

MIGLIORAMENTO QUALITA'





Apparecchio Ecografico

Operatore

Algoritmi Avanzati (Software)

Immagini

Scansione

Misure Quantificazione

Diagnosi

Riconoscimento Strutture

Guida alla Scansione

Verifica qualità immagine

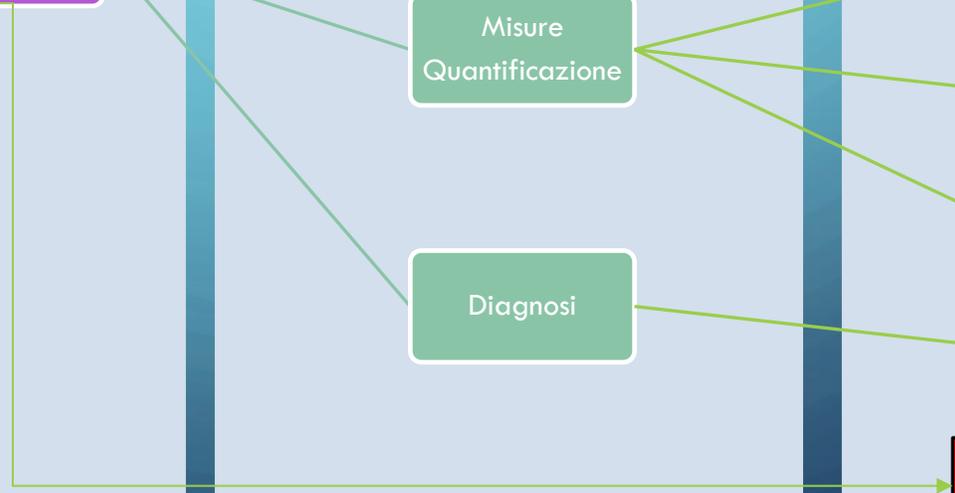
Misure automatiche

Auto-quantificazione

Riconoscimento computerizzato

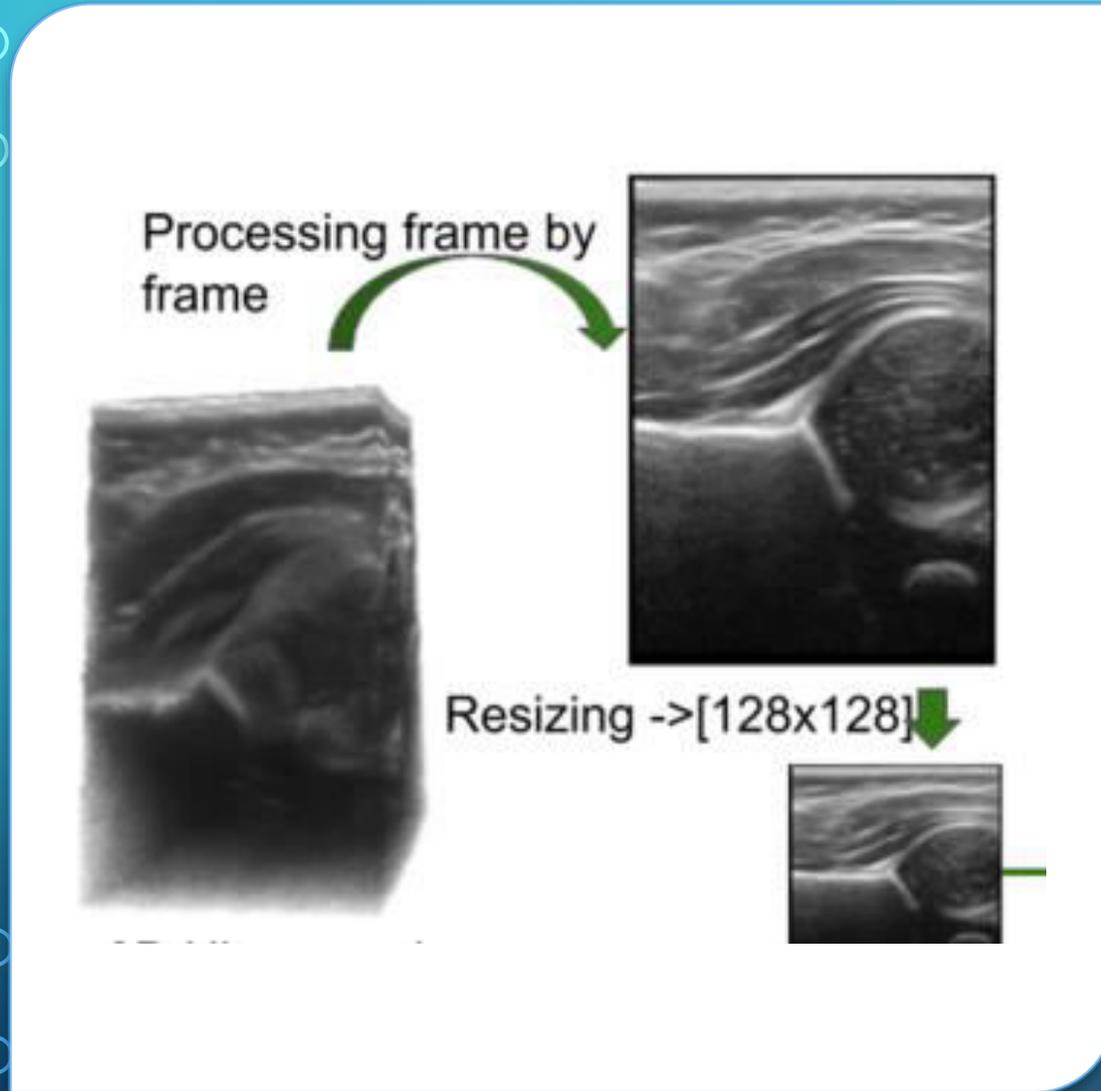
CAD

MIGLIORAMENTO QUALITA'



MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELLE IMMAGINI

- **Riduzione del Rumore e dell'Artefatto:** Tecniche di IA possono migliorare la qualità delle immagini ecografiche riducendo il rumore e correggendo gli artefatti, permettendo una visualizzazione più chiara delle strutture anatomiche.

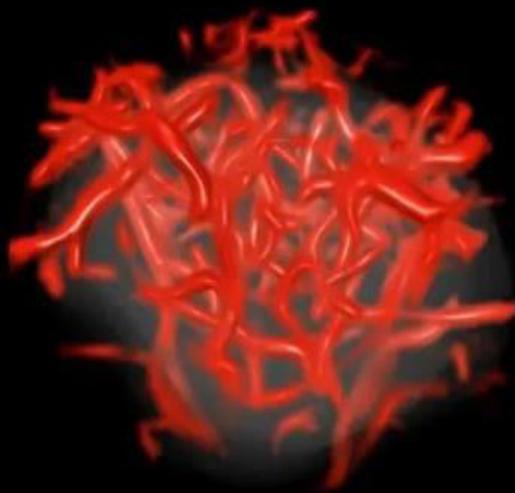


RESEARCH

Advancing ultrasound microvessel imaging and AI to improve cancer detection

Alison Satake

October 13, 2023



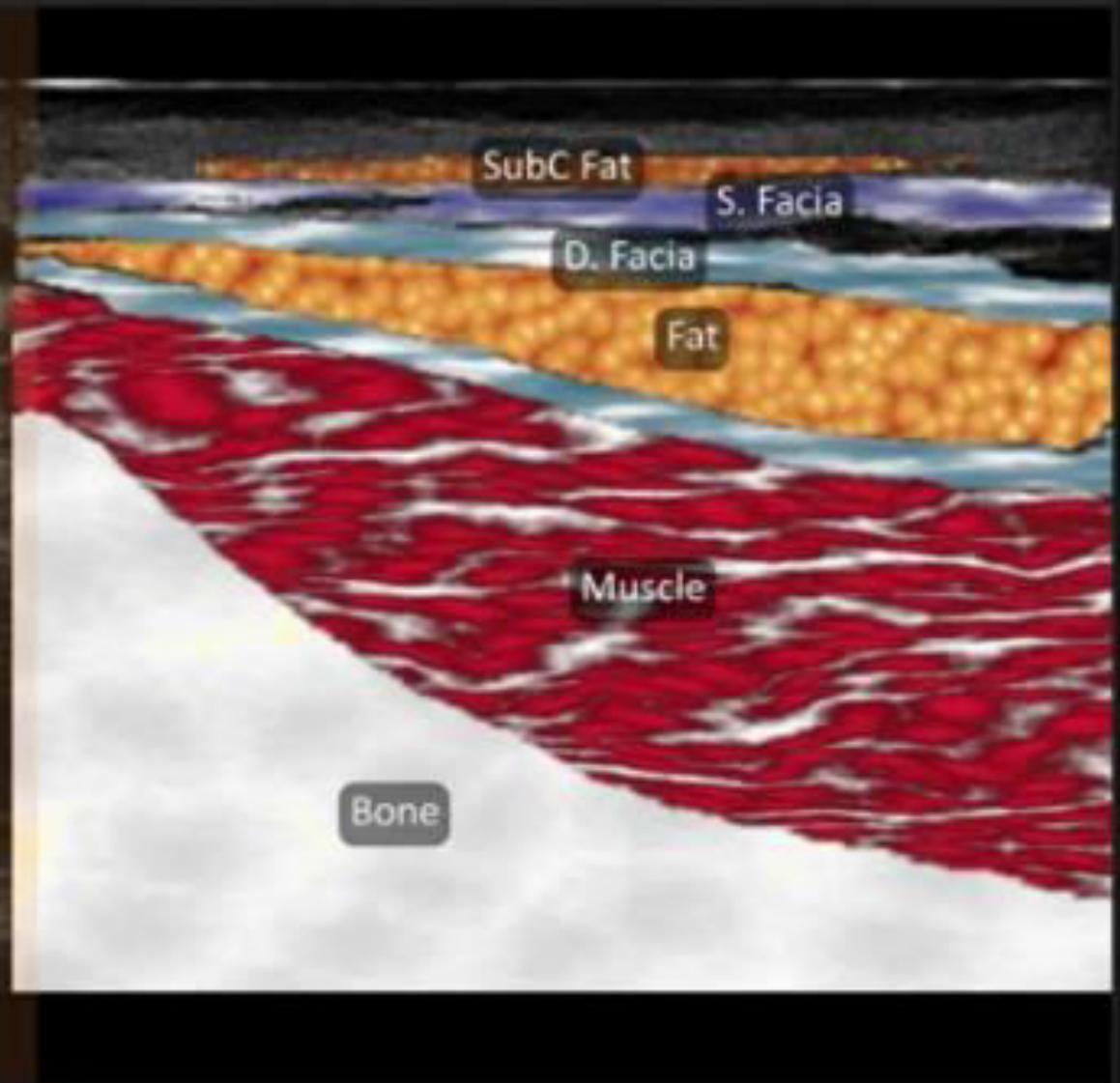
- Il software sperimentale chiamato **imaging quantitativo microvascolare ad alta definizione (q-HDMI)** consente di ottenere immagini 2D e 3D ad alta risoluzione di vasi del diametro massimo di 150 micron, (circa il doppio della larghezza di un capello umano)
- Inoltre, i ricercatori hanno identificato una serie di biomarcatori che rappresentano caratteristiche specifiche dei piccoli vasi sanguigni, come forma, modello, irregolarità e complessità creando un algoritmo in grado di classificare i dati dell'immagine in masse benigne o maligne.

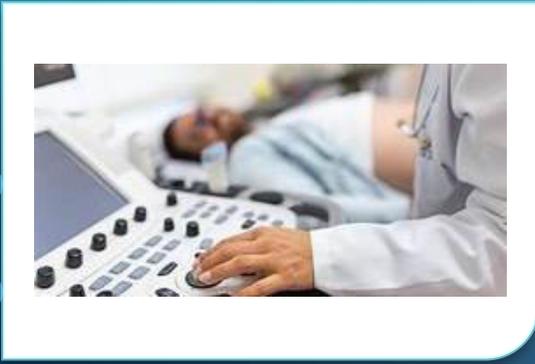
Photorealistic Ultrasound (AI) vs Conventional Methods





L20HD3
Forehead / Temple





Apparecchio Ecografico

Operatore

Algoritmi Avanzati (Software)

Immagini

Scansione

Misure Quantificazione

Diagnosi

Riconoscimento Strutture

Guida alla Scansione

Verifica qualità immagine

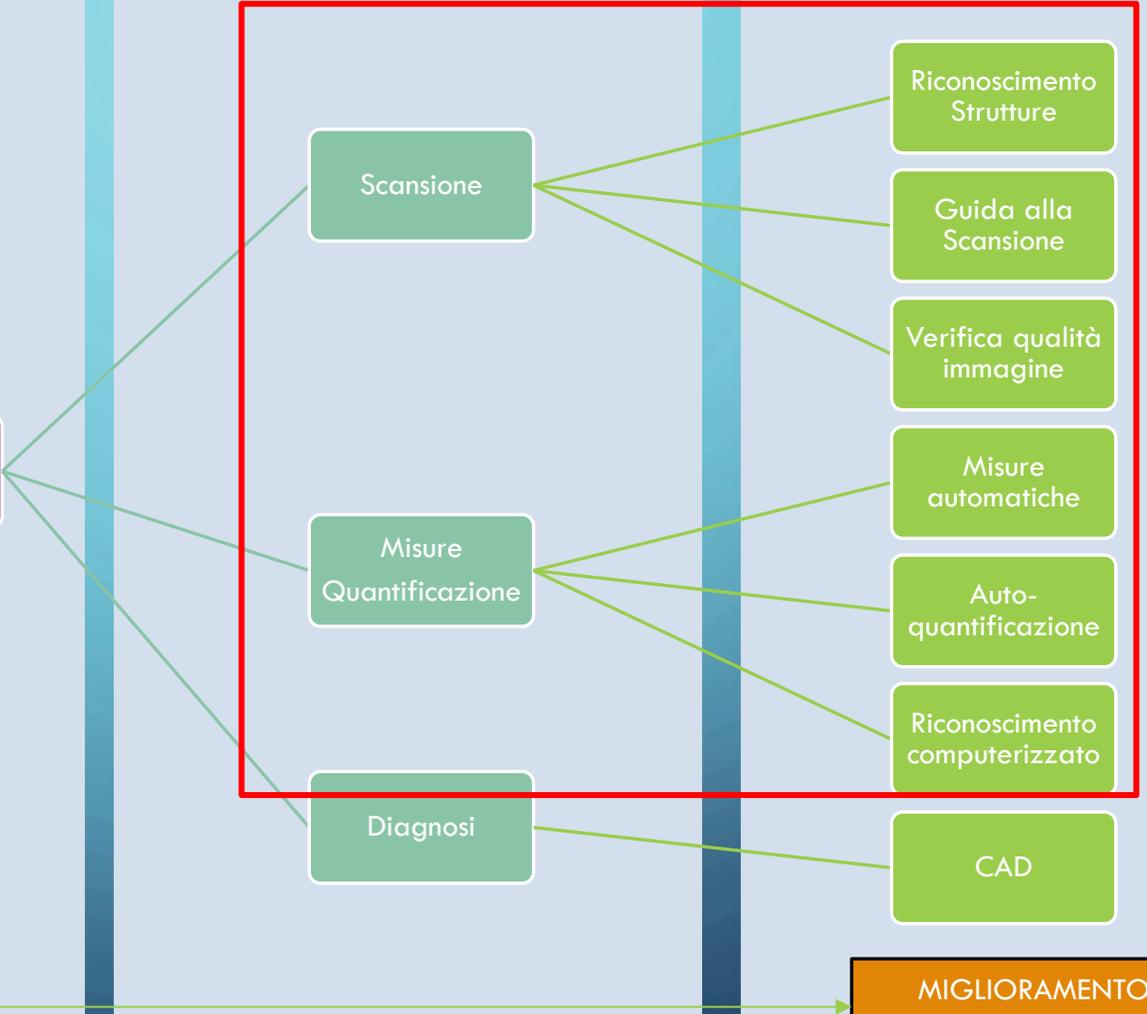
Misure automatiche

Auto-quantificazione

Riconoscimento computerizzato

CAD

MIGLIORAMENTO QUALITA'



COME L'IA PUO' AIUTARE GLI OPERATORI

L'imaging ecografico è altamente dipendente dall'operatore pertanto gli ecografisti devono essere adeguatamente formati per essere in grado di acquisire immagini clinicamente utili. Il loro processo di formazione ha una curva di apprendimento ripida

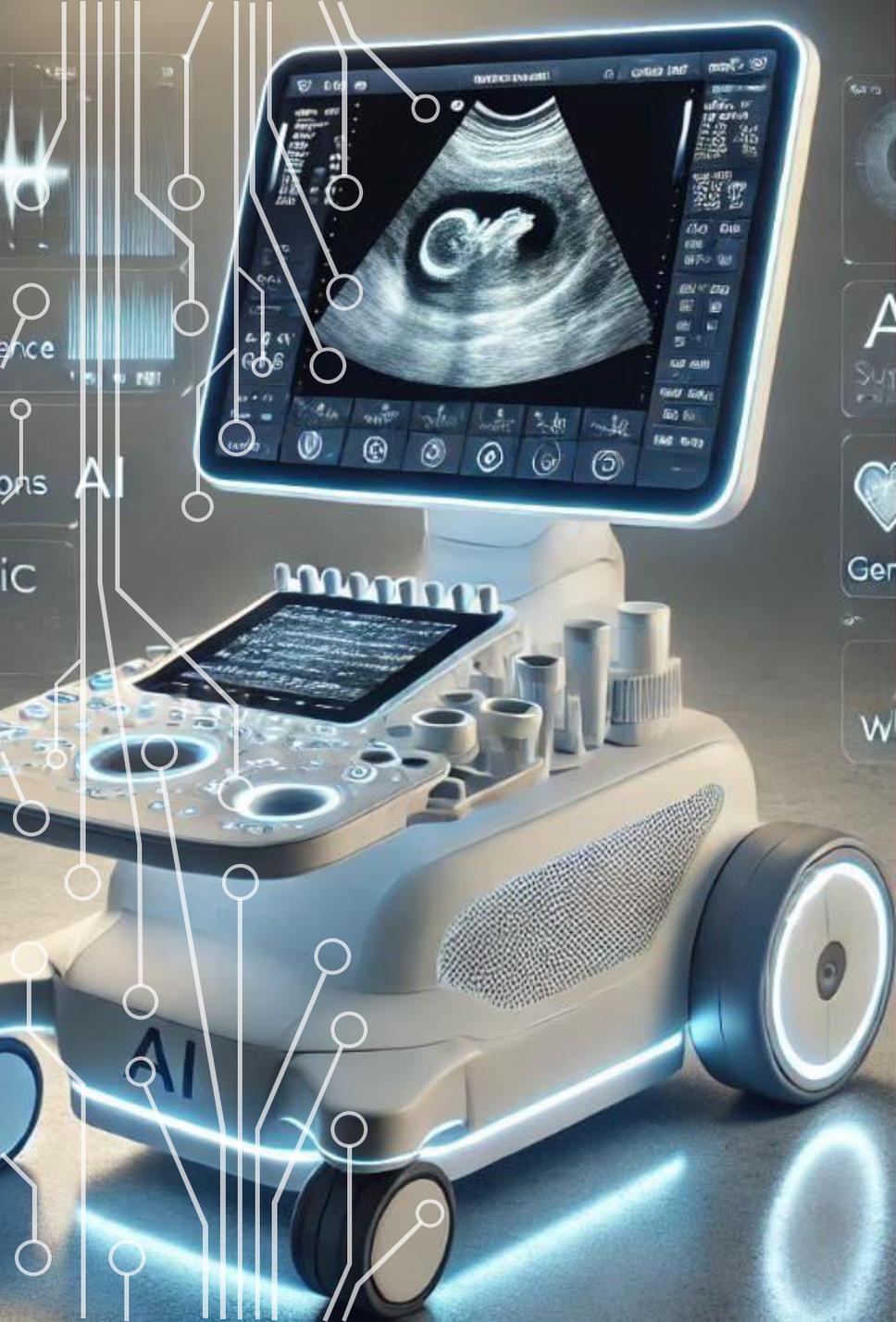
L'operatore deve posizionare il trasduttore sulla superficie corporea del paziente in punti precisi per consentire al segnale di raggiungere l'organo desiderato e ritornare al sensore.

Sia l'esatta posizione delle finestre acustiche che la forza da esercitare con la sonda dipendono dalla costituzione corporea del paziente.

Nell'imaging ecografico convenzionale, l'operatore sposta manualmente il trasduttore, ottenendo una serie di immagini bidimensionali (2D) della regione target. Quindi, esegue una ricostruzione mentale 3D dell'anatomia sottostante in base al contenuto e agli schemi di movimento utilizzati.

Le immagini ecografiche sono rumorose e sono influenzate da perdita di segnale, attenuazione, e ombre acustiche. Quindi non sempre l'operatore percepisce l'anatomia così chiaramente come vorrebbe.





- A causa di queste particolarità , la scansione assistita da computer è un insieme promettente di tecnologie che potrebbero democratizzare l'imaging medico ecografico.
- I medici trarranno vantaggio da eventuali miglioramenti nell'efficacia e nell'autonomia del flusso di lavoro di acquisizione di questa modalità di imaging.
- La guida intelligente per la scansione assistita semplificherà il lavoro, aumenterà la produttività, diminuirà le spese e ottimizzerà il flusso di lavoro.

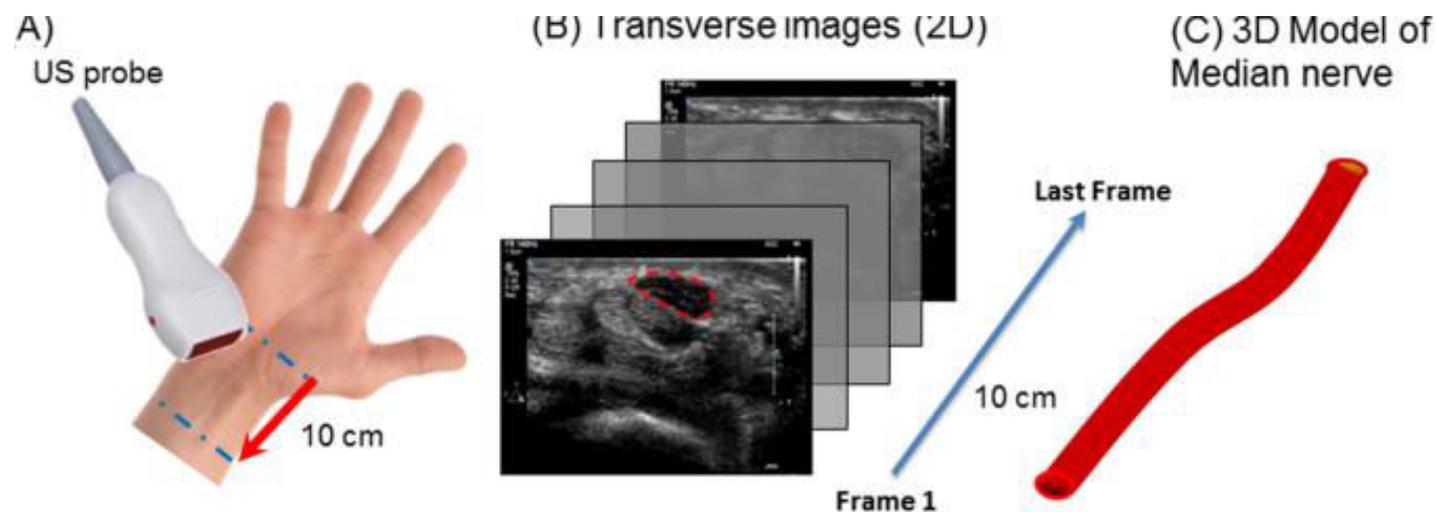
AUTOMATIZZAZIONE DELL'ACQUISIZIONE DELLE IMMAGINI



- **Assistenti Virtuali per l'Acquisizione delle Immagini:** Algoritmi di IA possono guidare l'operatore nel posizionamento della sonda ecografica per ottenere immagini di alta qualità, riducendo la variabilità tra operatori e migliorando l'accuratezza delle acquisizioni.

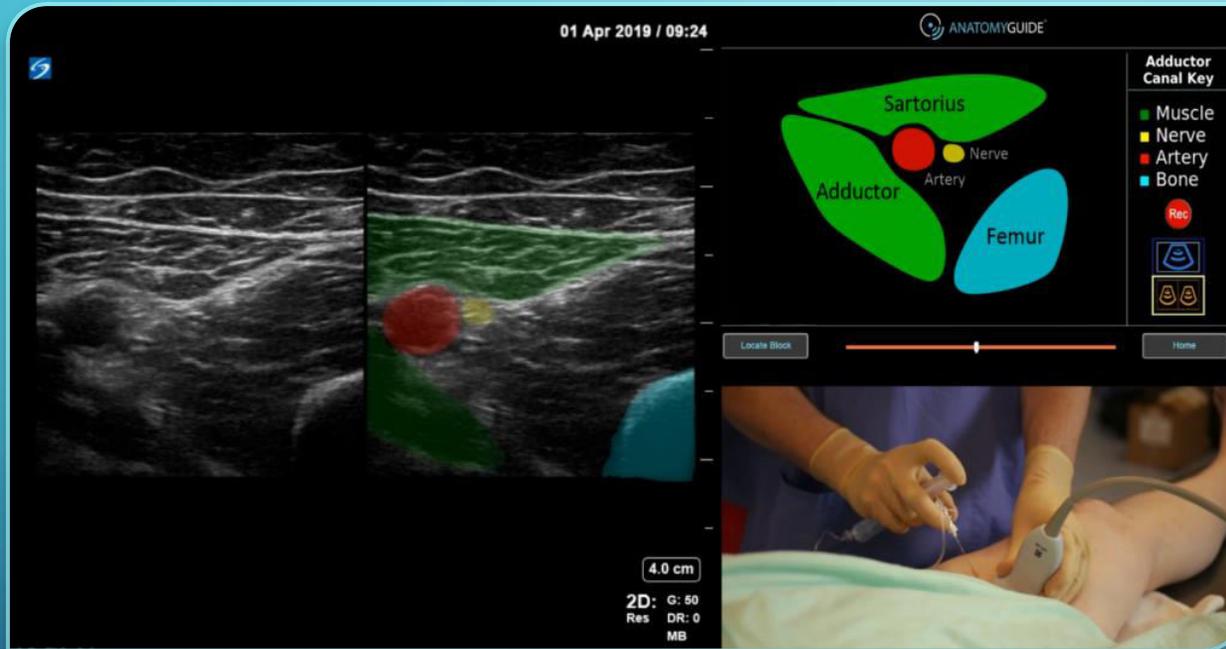
SEGMENTAZIONE AUTOMATICA DELLE IMMAGINI

- **Identificazione Automatica delle Strutture Anatomiche:** La IA può segmentare automaticamente strutture specifiche come organi, tessuti o lesioni nelle immagini ecografiche, facilitando l'analisi e riducendo i tempi di interpretazione.
- **Misurazioni Automatizzate:** La IA può eseguire misurazioni precise di parti anatomiche, come il diametro di un organo o la dimensione di una massa, senza l'intervento manuale del medico.

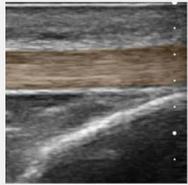


L'identificazione degli organi nelle immagini ecografiche è un problema simile al rilevamento degli oggetti nelle immagini naturali nella visione artificiale. Pertanto, alcuni algoritmi della visione artificiale sono stati utilizzati con successo per rilevare e identificare gli organi nell'imaging ecografico e vengono utilizzati anche come primo passo nella segmentazione degli organi.

RICONOSCIMENTO STRUTTURE - ANESTESIOLOGIA



- I blocchi dei nervi periferici guidati dagli ultrasuoni vengono sempre più utilizzati come un'alternativa più sicura ed economica all'anestesia generale
- non tutti gli anestesisti hanno la conoscenza specialistica dell'anatomia ecografica per eseguirli.
- AnatomyGuide fornisce supporto software e guida per aiutare i medici meno esperti durante la procedura utilizzando tecniche di deep learning su un set di dati di migliaia di immagini di pazienti reali, la tecnologia viene "addestrata" a riconoscere le strutture anatomiche chiave evidenziando queste strutture in tempo reale durante una procedura di blocco nervoso



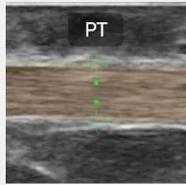
Color Overlay

Automatically highlights the tendon, with adjustable opacity



Auto Measurement

Automatically measures the thickest width of the tendon



Auto Labelling

Labels the Patellar tendon, Achilles, and plantar fascia

Supported Scanners



L15 HD3

Scan superficial structures, from tiny nerves and vessels to musculoskeletal up to 7cm.



L7 HD3

Enjoy superior imaging to 11cm in our most versatile linear scanner.



RICONOSCIMENTO STRUTTURE ECOGRAFIA MUSCOLO-SCHELETRICA



RICONOSCIMENTO
AUTOMATICO
STRUTTURE



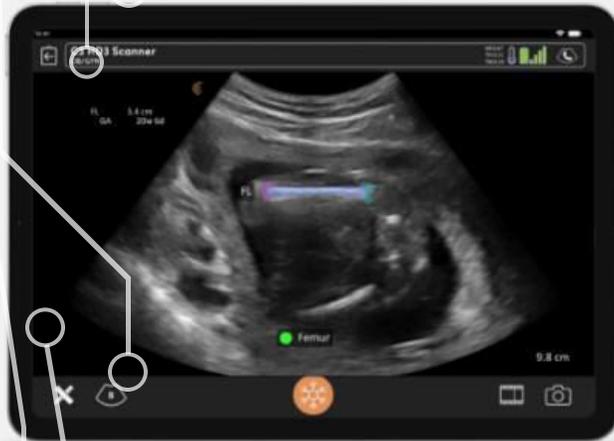
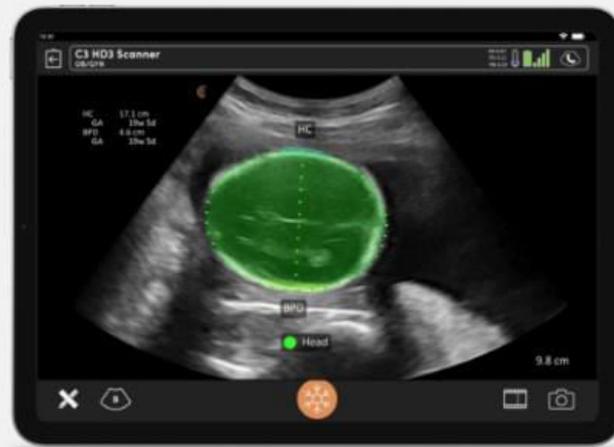
RICONOSCIMENTO DEI PIANI STANDARD

- I medici non esperti potrebbero avere difficoltà a determinare quale organo o parte del corpo viene sottoposto a scansione con gli ultrasuoni, poiché solitamente è disponibile solo un'immagine 2D in sezione trasversale limitata.
- La mancanza di informazioni sulla posizione specifica di ciascun aereo riduce l'accuratezza diagnostica e la rende fortemente dipendente dall'esperienza e dalle competenze del medico.
- I metodi di rilevamento automatico del piano possono essere utilizzati nella pratica in due modi diversi: nella scansione in tempo reale per assistere gli ecografisti inesperti e, come fase di postelaborazione, recuperando i piani di scansione standard dai video acquisiti che potrebbero essere ulteriormente analizzati in seguito

In ostetricia, le scansioni per l'individuazione di un possibile sviluppo fetale anomalo comportano tipicamente l'acquisizione di diversi piani standard, che vengono utilizzati per ottenere misurazioni biometriche e identificare possibili anomalie

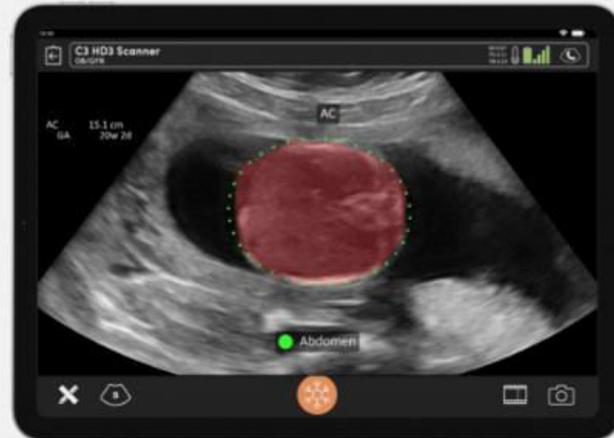
Real-Time Anatomy Identification

Automatically highlights key fetal anatomy.



Automated Caliper Placement

Measures key fetal dimensions for fetal biometric measurements.



Faster Diagnoses

Enables quicker growth assessments, for earlier intervention and monitoring.

RICONOSCIMENTO
STRUTTURE
OSTETRICA

GUIDA ALLA SCANSIONE CARDIOLOGIA

- Caption AI offre agli utenti degli ecografi portatili la sicurezza di acquisire visualizzazioni cardiache per valutazioni rapide presso il punto di cura. La funzione Caption AI AutoCapture cattura automaticamente un video di una vista apicale a 4 camere e poi di una vista apicale a 2 camere.

GUIDA ALLA SCANSIONE TROMBOSI VENOSA PROFONDA

COSA E' LA TVP

La trombosi venosa profonda (TVP) è causata da un coagulo di sangue nelle vene profonde della gamba. Ciò può essere potenzialmente fatale se parti del coagulo si rompono, viaggiano attraverso il corpo e causano embolia polmonare (PE).

IL PROBLEMA

Sebbene la TVP e l'EP combinate siano la causa numero uno di morte ospedaliera prevenibile, l'attuale percorso diagnostico è lento e inefficiente. I pazienti spesso aspettano ore o giorni per i risultati dei test.

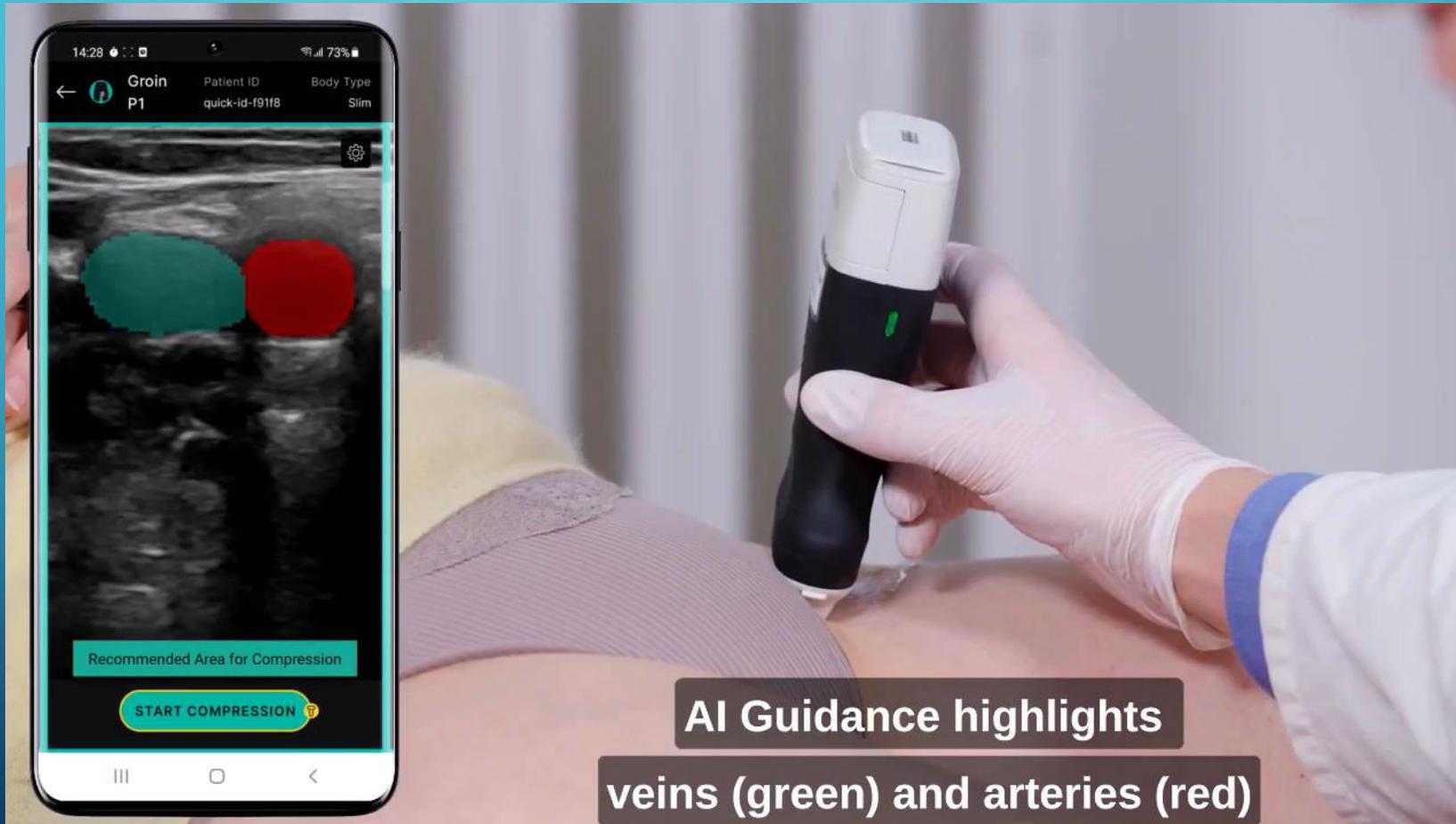


LA SOLUZIONE IA

ThinkSono Guidance consente agli operatori sanitari senza una formazione ecografica specifica di raccogliere dati sugli esami DVT affinché un medico qualificato possa esaminarli. Ciò può migliorare significativamente il percorso clinico. Un esame ThinkSono Guidance richiede in genere meno di 15 minuti utilizzando solo un dispositivo portatile compatibile e un telefono cellulare.

La metodica consente di condurre un esame TVP con ecografia compressiva con guida AI in tempo reale. Identifica in modo intuitivo l'anatomia corretta e il posizionamento della sonda, consentendo una raccolta dati rapida e accurata senza supervisione diretta.

AUTO-DVT



**AI Guidance highlights
veins (green) and arteries (red)**



IMPATTO DELL'ECOGRAFIA ASSISTITA DALL'IA NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO

- L'impatto delle tecniche di IA applicate all'ecografia può essere ancora maggiore nei paesi in via di sviluppo
- Dal momento che in tali paesi non ci sono abbastanza operatori qualificati, molte donne non vengono sottoposte ad alcun esame ecografico durante la gravidanza
- La creazione di un sistema che possa contribuire a ridurre il livello di competenza necessario durante la scansione potrebbe avere un impatto molto significativo
- Con questo tipo di sistema, qualsiasi persona con conoscenze anatomiche di base in una zona remota sarebbe in grado di eseguire un esame ecografico. Solo le immagini con valore clinico verrebbero inviate agli esperti radiologi per essere valutate, indipendentemente da dove vive il medico.

GUIDA ALLA SCANSIONE ED IDENTIFICAZIONE AUTOMATICA REPERTI PATOLOGICI



Portable AI Ultrasound Reducing Maternal Mortality in Sierra Leone

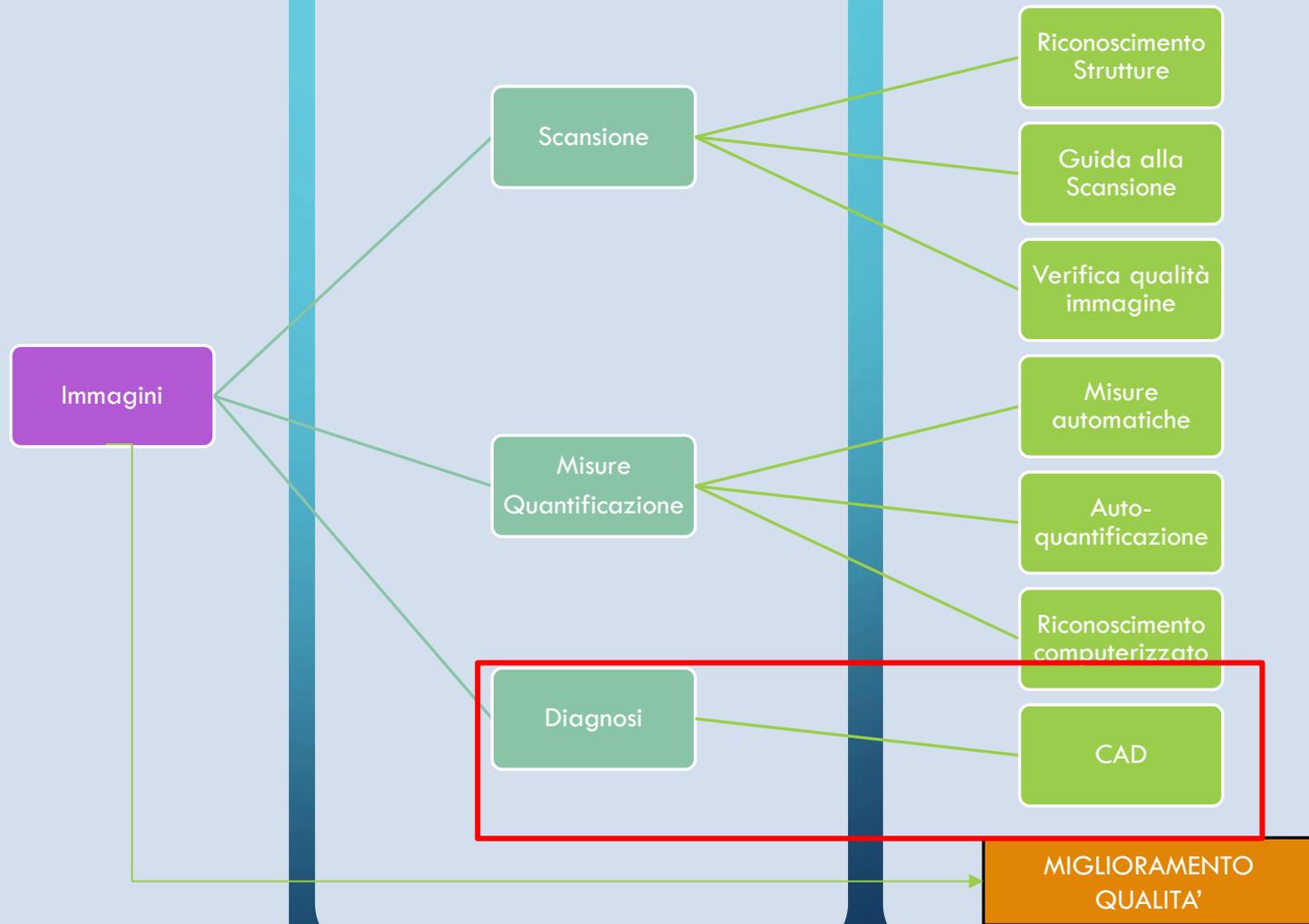
Nel Chiefdom di Gbonkolenken, Khadija Tolo, un operatore sanitario presso il Centro sanitario comunitario di Yele, si prende cura di circa 22 donne incinte ogni giorno. "Il BabyChecker determina gravidanze e parti potenzialmente rischiosi. Identifica l'età gestazionale, le anomalie fetali, i gemelli, la posizione della placenta. il dispositivo è facile da usare con un tutorial molto semplice e istruzioni chiare".



Apparecchio Ecografico

Operatore

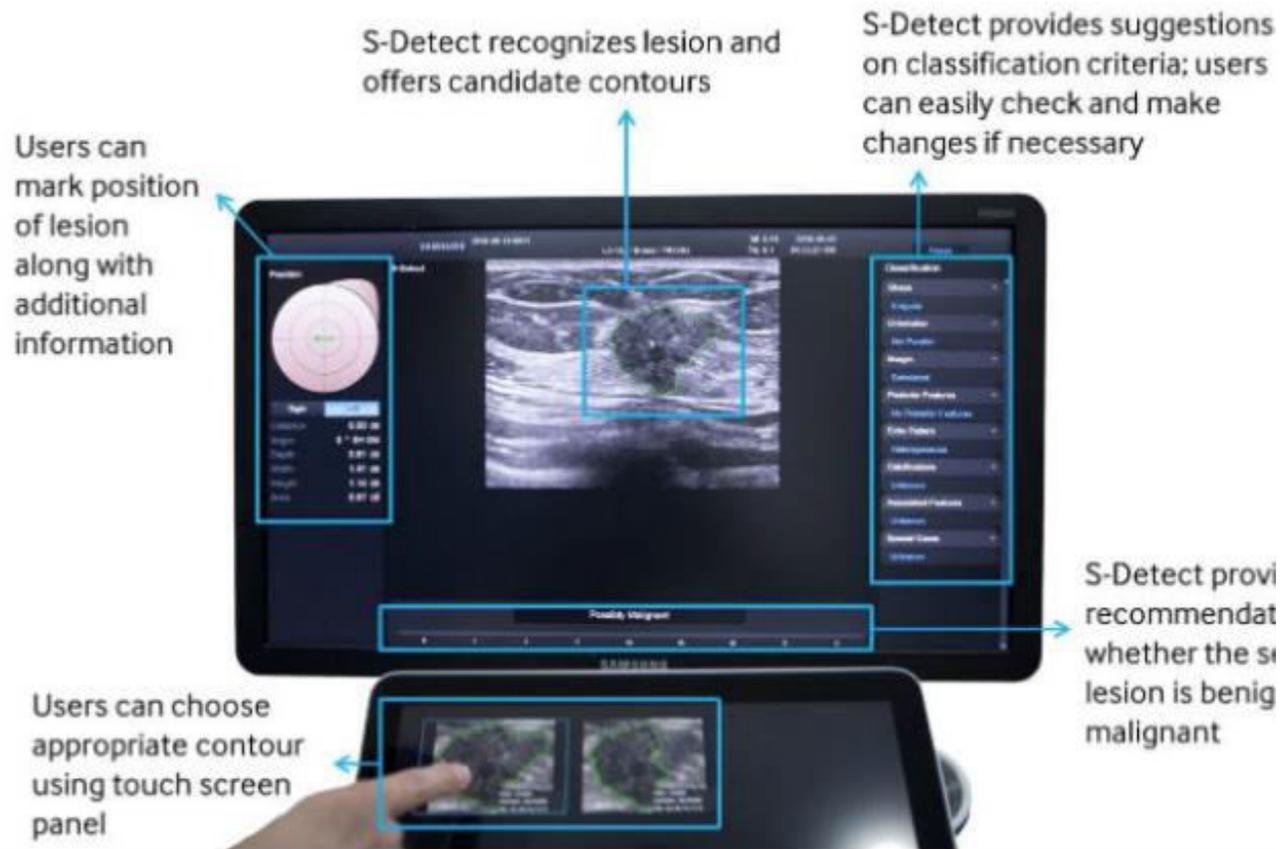
Algoritmi Avanzati (Software)



- **Riconoscimento di Patologie:** Algoritmi di deep learning possono essere addestrati per riconoscere e classificare varie patologie, come tumori, cisti, o malformazioni, direttamente dalle immagini ecografiche.
- **Valutazione Cardiaca:** Nel caso di ecografie cardiache (ecocardiogrammi), l'IA può aiutare a valutare la funzione cardiaca, identificando anomalie nei movimenti delle pareti del cuore o problemi con le valvole cardiache.

DIAGNOSI ASSISTITA DA COMPUTER (CAD)

CAD AI PER LA CLASSIFICAZIONE BI-RADS SEMI-AUTOMATICA



Position

Distance: 0.00 cm
 Angle: 0° 0H 0M
 Depth: 0.38 cm
 Width: 1.90 cm
 Height: 1.45 cm
 Area: 1.60 cm²

Left / Right
 Left Right

Classification

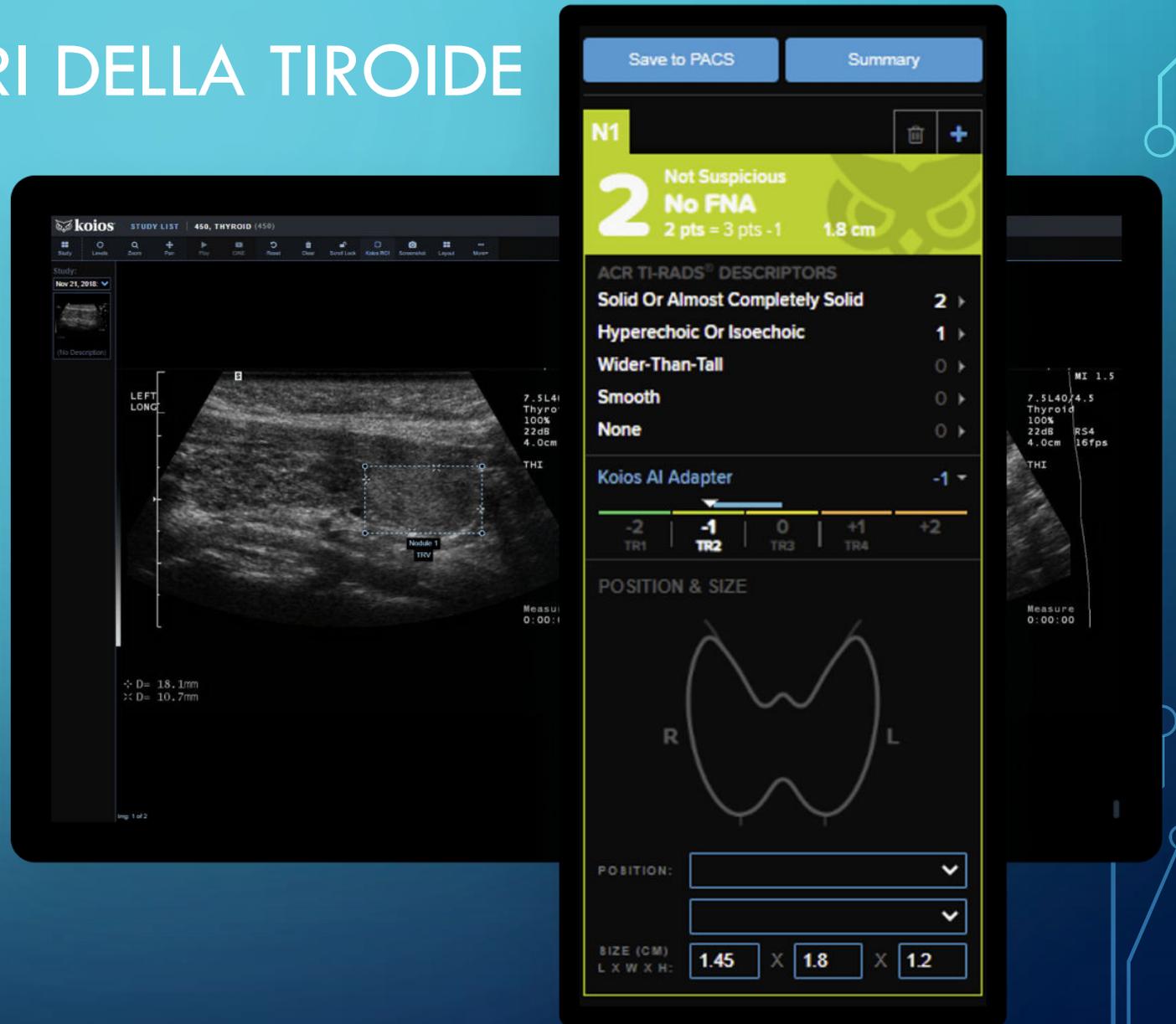
Shape: Irregular
 Orientation: Parallel
 Margin: Spiculated
 Lesion Boundary: Abrupt Interface
 Posterior Feature: No Posterior Findings
 Echo Pattern: Hypoechoic
 Calcifications: Unknown
 Surrounding Tissue: Unknown
 Vascularity: Unknown
 Special Case: Unknown

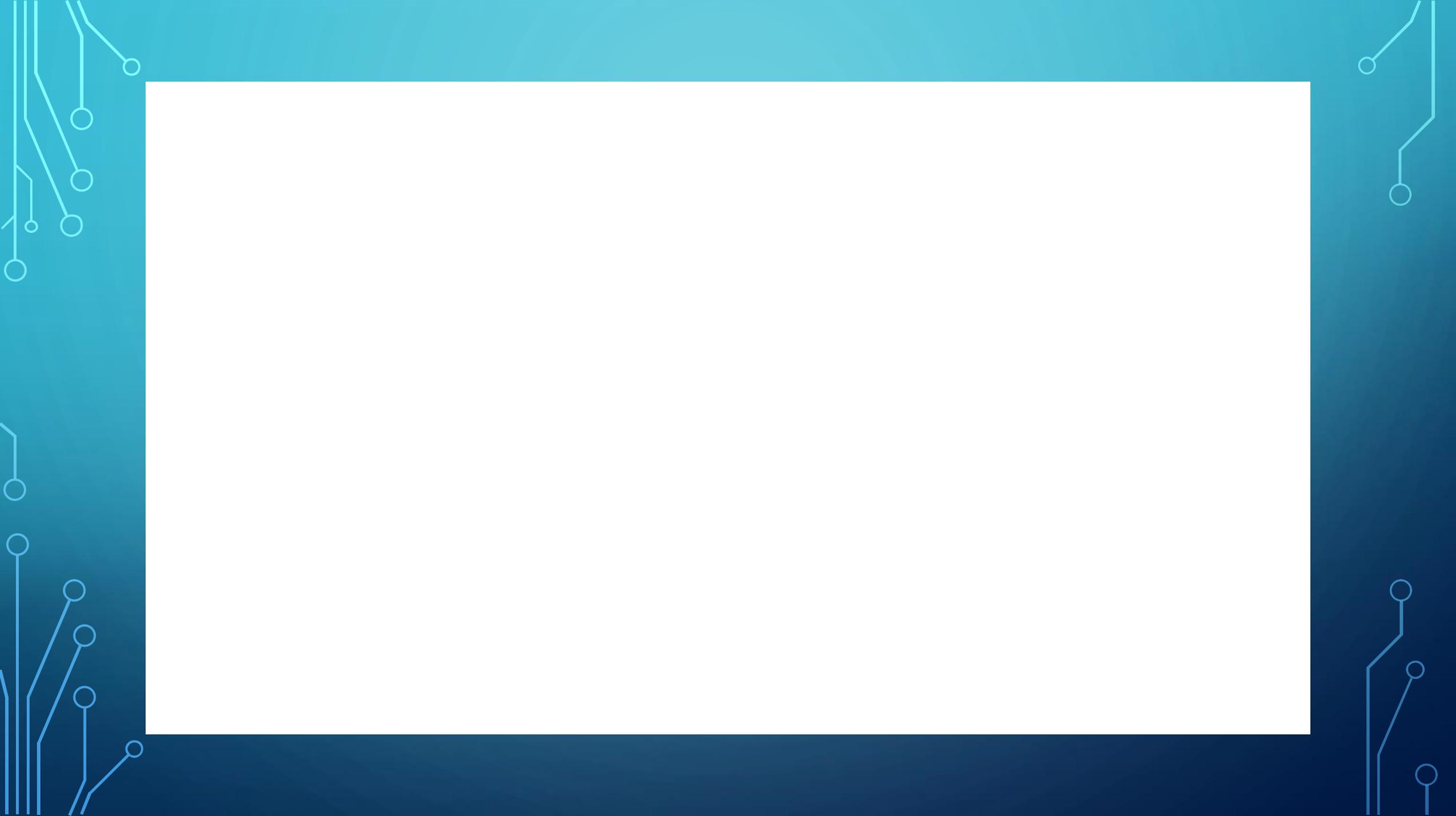
Ultrasound Lexicon	
Breast composition	a. homogeneous - fat b. homogeneous - fibroglandular c. heterogeneous
Mass	shape : oval - round - irregular
	margin : Circumscribed or Not-circumscribed: indistinct, angular, microlobulated, spiculated
	orientation : parallel - not parallel
	echo pattern : anechoic - hyperechoic - complex cystic/solid hypoechoic - isoechoic - heterogeneous
posterior features	no features - enhancement - shadowing - combined pattern
Calcifications	in mass - outside mass - intraductal
Associated features	architectural distortion - duct changes - skin thickening - skin retraction - edema - vascularity (absent, internal, rim) - elasticity
Special cases <i>(cases with a unique diagnosis)</i>	simple cyst - clustered microcysts - complicated cyst - mass in or on skin - foreign body (including implants) - intramammary lymph node - AVM - Mondor disease - postsurgical fluid collection - fat necrosis

Final Assessment Categories		
Category	Management	Likelihood of cancer
0	Need additional imaging or prior examinations	Recall for additional imaging and/or await prior examinations n/a
1	Negative	Routine screening Essentially 0%
2	Benign	Routine screening Essentially 0%
3	Probably Benign	Short interval-follow-up (6 month) or continued >0 % but ≤ 2%
4	Suspicious	Tissue diagnosis 4a. low suspicion for malignancy (>2% to ≤ 10%) 4b. moderate suspicion for malignancy (>10% to ≤ 50%) 4c. high suspicion for malignancy (>50% to <95%)
5	Highly suggestive of malignancy	Tissue diagnosis ≥95%
6	Known biopsy-proven	Surgical excision when clinical appropriate n/a

DIAGNOSI DEI TUMORI DELLA TIROIDE

Software che impiega una raccolta di algoritmi che utilizzano oltre 2 milioni di immagini ecografiche proprietarie e l'analisi di oltre 17.000 caratteristiche per immagine mediante l'intelligenza artificiale per classificare e rendere affidabile la valutazione del rischio di cancro alla tiroide.







FORMAZIONE E ADDESTRAMENTO

- **Simulazioni e Feedback in Tempo Reale:** L'IA può essere utilizzata per creare simulazioni di ecografie per la formazione dei medici, fornendo feedback in tempo reale per migliorare le abilità degli operatori.

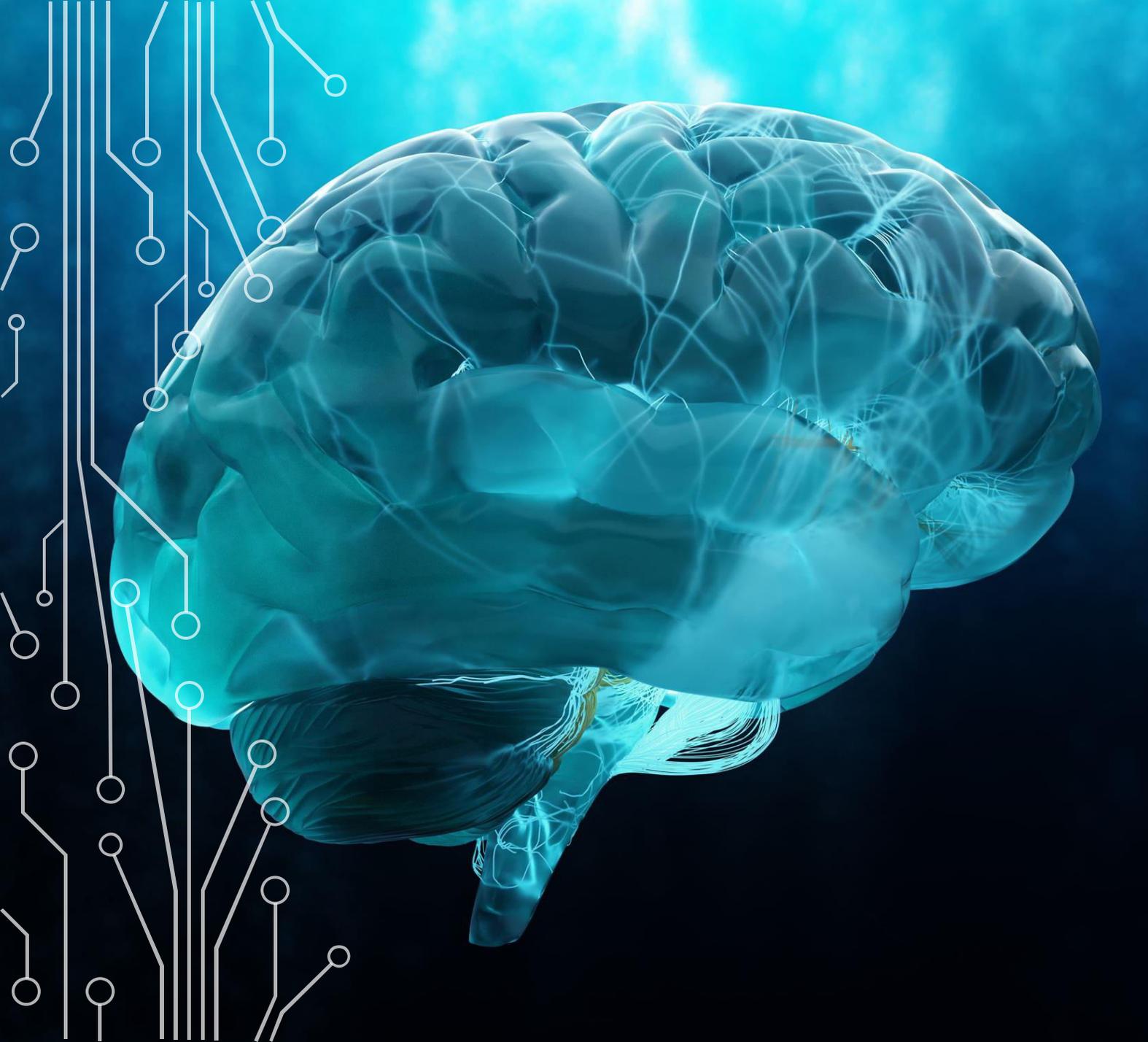


IN CONCLUSIONE

L'ecografia potenziata dall'intelligenza artificiale fornisce la possibilità di estendere l'uso dell'ecografia in vari contesti clinici con un ampio utilizzo da parte del personale medico.

Prima di utilizzare qualsiasi strumento di intelligenza artificiale, ogni istituzione dovrebbe condurre un processo di convalida interno per verificare se è adatto ai propri pazienti e professionisti, poiché mancano studi prospettici non randomizzati basati sull'evidenza per convalidare l'efficacia degli strumenti di intelligenza artificiale

In caso contrario, l'uso crescente dell'ecografia abbinata agli strumenti di assistenza dell'intelligenza artificiale potrebbe comportare uno spreco di risorse, negligenza causata da diagnosi errate e, infine, un grande onere per le istituzioni mediche e i loro pazienti.



"L'intelligenza artificiale può processare miliardi di dati in un istante ed imparare dall'esperienza ma solo l'intelligenza naturale sa trasformare l'esperienza in saggezza."