CONGRESSO TERRITORIALE AMD-SID LAZIO
DIABETE IN MOVIMENTO
DAI PROGETTI ALLA PRATICA: L'INNOVAZIONE CHE CURA
4 LUGLIO 2026

Innovazione Tecnologica e Valore della Cura

Dal dato alla decisione clinica.

.

Professor Dario Pitocco
Direttore UOSD Diabetologia
Fondazione Policlinico Universitario "A. Gemelli" IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore –

Gemelli
Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore

La Trasformazione Strutturale della Medicina Digitale

La medicina moderna vive una **trasformazione epistemologica**: tre forze convergenti ridefiniscono diagnosi, terapia e relazione medico-paziente (quindi non più solo osservazione clinica, esperienza professionale e sperimentazione scientifica)



Digitalizzazione

EHR.



Big Data

Esplosione dei dati clinici: genomica, imaging, wearable e laboratorio.



Intelligenza Artificiale

Machine learning e deep learning trasformano i dati in conoscenza clinica.

Topol EJ, Nat Med 2019; Beam & Kohane, NEJM 2017; Rajkomar A et al., NEJM 2019; Obermeyer Z et al., NEJM 2016

I Tre Driver del Cambiamento

Tre forze interconnesse guidano la trasformazione: sistemi sanitari digitali, esplosione dei dati clinici e sviluppo del machine learning. La loro convergenza genera un nuovo paradigma decisionale.

L'interazione tra questi tre elementi ha creato le condizioni per lo sviluppo della medicina data-driven

Il problema non è la scarsità dei dati, ma la loro **interpretazione** e integrazione nel processo decisionale.



Beam AL & Kohane IS, JAMA 2018; Shortliffe EH & Sepúlveda MJ, JAMA 2018;

Il dato grezzo, da solo, ha un valore limitato

Diventa informazione quando viene contestualizzato

Diventa conoscenza quando viene interpretato alla luce delle evidenze scientifiche

Genera una decisione clinica quando viene integrato nel processo assistenziale

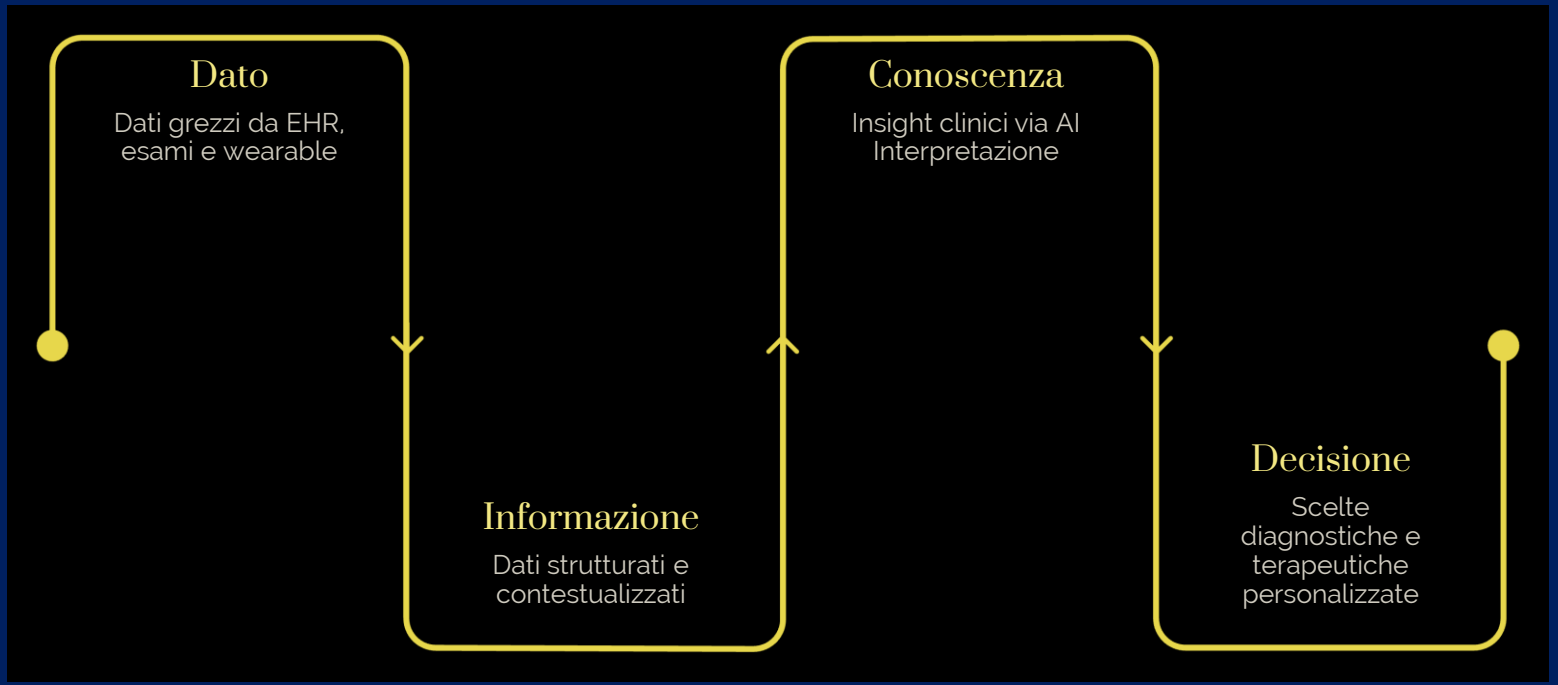
Il problema della medicina contemporanea non è più la scarsità delle informazioni al contrario, il problema è l'eccesso di informazioni

La sfida consiste nel riuscire a trasformare questa enorme quantità di dati in conoscenza clinicamente utile

Ed è proprio qui che l'intelligenza artificiale trova il proprio spazio applicativo

Dal Dato alla Decisione Clinica

Il percorso informativo segue quattro livelli progressivi. Il valore clinico si realizza solo quando i dati grezzi vengono trasformati in **decisioni terapeutiche personalizzate**.

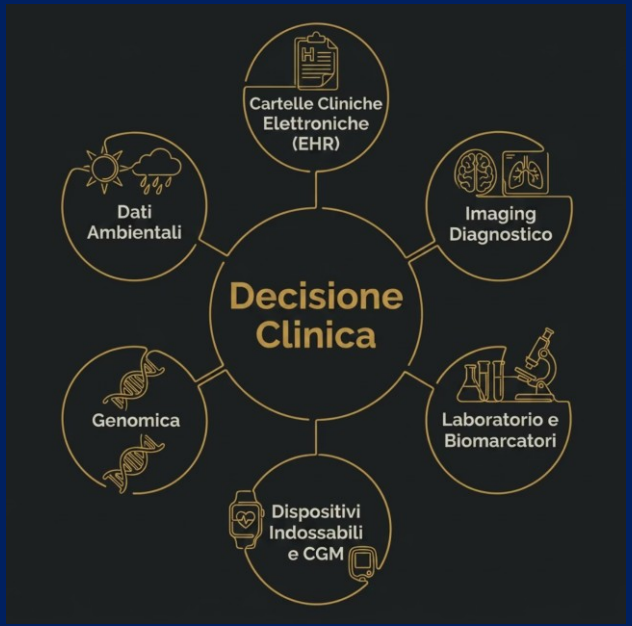


Stead WW, BMJ Saf 2015; Bajwa J et al., Future Healthc J 2021;8(2):e188–e194;

Healthcare: Data-Rich ma Information-Poor

Sistemi sanitari generano volumi enormi di dati non strutturati, ma la presenza di molte informazioni non garantisce automaticamente una migliore qualità delle decisioni.

La sfida è l'**integrazione multimodale** in tempo reale, all'interno di un quadro clinico



Cartelle cliniche elettroniche	Imaging diagnostico	Laboratorio & biomarcatori	Wearable & CGM
Genomica & dati ambientali			

Casey JA et al., Annu Rev Public Health 2016;37:61–81

La Medicina Data-Driven: Obiettivi Strategici

L'approccio data-driven trasforma la pratica clinica in quattro dimensioni fondamentali.



Accuratezza Diagnostica

Algoritmi di supporto per sensibilità e specificità superiori.



Personalizzazione Terapeutica

Profili di rischio individuali per terapie mirate.



Riduzione Variabilità Clinica

Standardizzazione dei percorsi diagnostico-terapeutici.



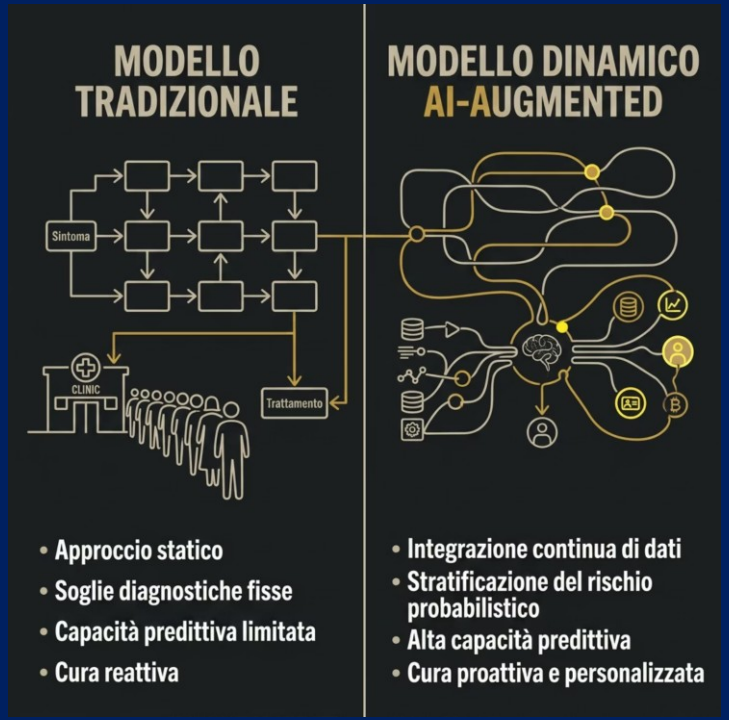
Medicina Predittiva

Identificazione precoce del rischio e prevenzione proattiva.

ADA Standards of Care 2024; EASD/ADA Consensus Report 2022

Il Ruolo dell'Intelligenza Artificiale

L'IA non sostituisce il medico. **L'IA aumenta le capacità cognitive del medico**.



Modello Tradizionale vs. Modello Dinamico

L'IA introduce un approccio **dinamico e probabilistico**: integrazione continua di dati multimodali, stratificazione del rischio in tempo reale e supporto decisionale

Il medico mantiene invece competenze insostituibili come il ragionamento clinico, la contestualizzazione, la valutazione etica e la relazione con il paziente.

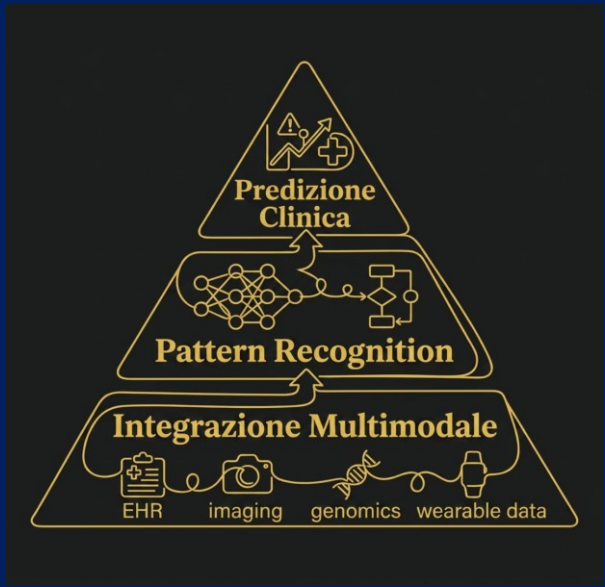
Medico + IA = Decisione Aumentata

Esteva A et al., Nat Med 2019; Yu KH et al., Nat Biomed Eng 2018;

IA come Infrastruttura della Medicina Moderna

L'IA costituisce l'**infrastruttura cognitiva** dei sistemi sanitari del futuro: integrazione, riconoscimento e predizione su scala clinica.

L'obiettivo non è creare macchine che pensano come i medici
L'obiettivo è costruire sistemi capaci di aumentare la capacità del medico di comprendere fenomeni biologici complessi (augmented intelligence piuttosto che artificial intelligence.)



Integrazione dati multimodali
Fusione di EHR, imaging, genomica e wearable in un modello unificato.

Pattern recognition avanzato
Identificazione di correlazioni non evidenti all'analisi umana.

Predizione e prevenzione
Modelli predittivi per complicanze e risposta terapeutica.

Wiens J et al., Nat Med 2019;

IA nella Radiologia Toracica

Gli algoritmi di deep learning raggiungono performance paragonabili al radiologo esperto in patologie toraciche acute e corniche **identificando correlazioni matematiche estremamente complesse tra milioni di pixel e probabilità diagnostiche**.

Polmonite

Sensibilità >93% nel rilevamento di infiltrati parenchimali su RX torace.

Pneumotorace

Identificazione automatica con riduzione dei tempi di diagnosi in emergenza.

Noduli Polmonari

Screening precoce con riduzione dei falsi negativi e stratificazione del rischio.

Rajpurkar P et al., Nat Med 2022; Ardila D et al., Nature 2019

Evidenze cliniche nell'imaging

L'applicazione dell'IA nell'imaging diagnostico sta dimostrando metriche di performance elevate, spesso **comparabili o superiori** a quelle dei radiologi esperti in specifici contesti clinici.



Accuratezza Diagnostica

Misura complessiva della correttezza del test, indicando quanto bene identifica sia i casi positivi che negativi.



Sensibilità

Capacità dell'algoritmo di identificare correttamente i veri positivi (es. presenza di lesione).



Specificità

Capacità dell'algoritmo di identificare correttamente i veri negativi (es. assenza di lesione).

Queste performance dimostrano il potenziale dell'IA nel supportare e aumentare le capacità diagnostiche dei radiologi, in particolare per la **riduzione del carico di lavoro e l'identificazione precoce di patologie**.

McKinney SM et al., Nature 2020; Ardila D et al., Nat Med 2019; Rajpurkar P et al., arXiv 2017;

Limiti dell'IA Diagnostica

Nonostante il grande potenziale, l'IA diagnostica presenta ancora sfide significative che ne limitano l'adozione diffusa e la piena affidabilità.

Bias

Gli algoritmi possono riflettere e amplificare i bias presenti nei dati di addestramento, portando a disparità diagnostiche in gruppi demografici specifici.

Black Box

La mancanza di trasparenza nel processo decisionale di alcuni modelli complessi rende difficile per i clinici comprendere e fidarsi delle raccomandazioni.

Generalizzabilità

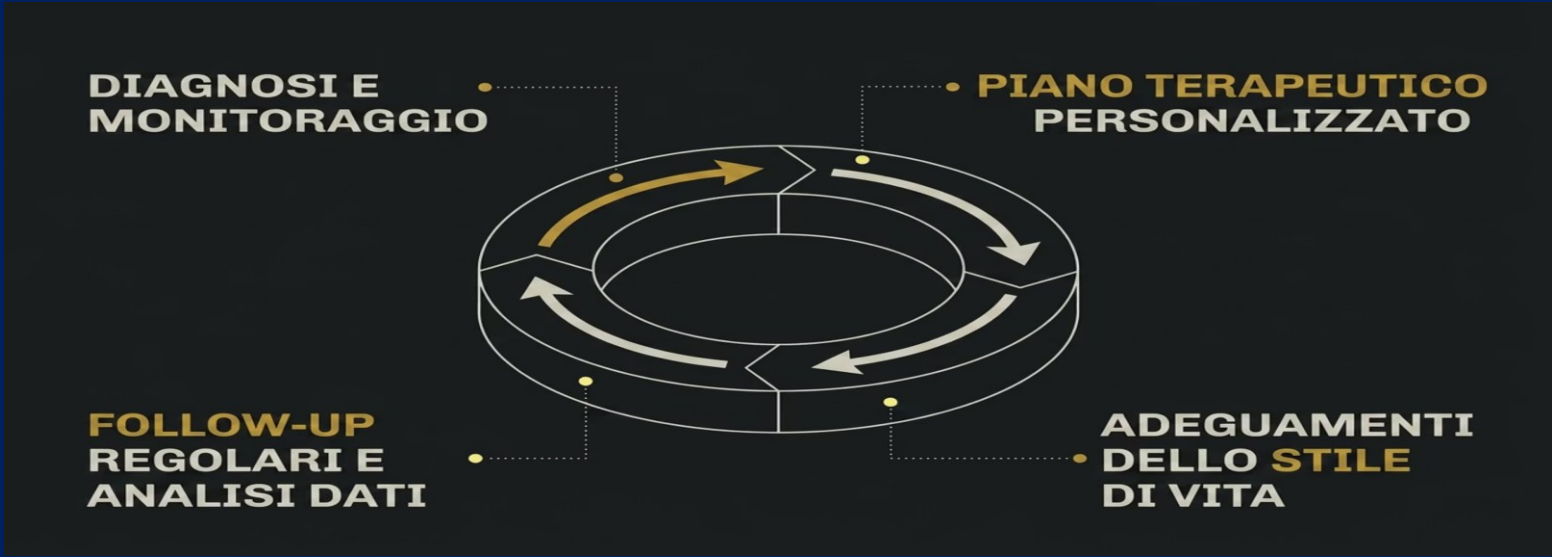
Le performance dell'IA possono diminuire drasticamente quando applicate a dati provenienti da popolazioni o contesti clinici diversi da quelli di addestramento.

Per superare questi limiti, l'IA deve essere sempre più integrata in un **workflow clinico centrato sull'uomo**, supportando il medico senza sostituirlo.

Liu X et al., Lancet Digit Health 2019

Perché il diabete è il modello ideale

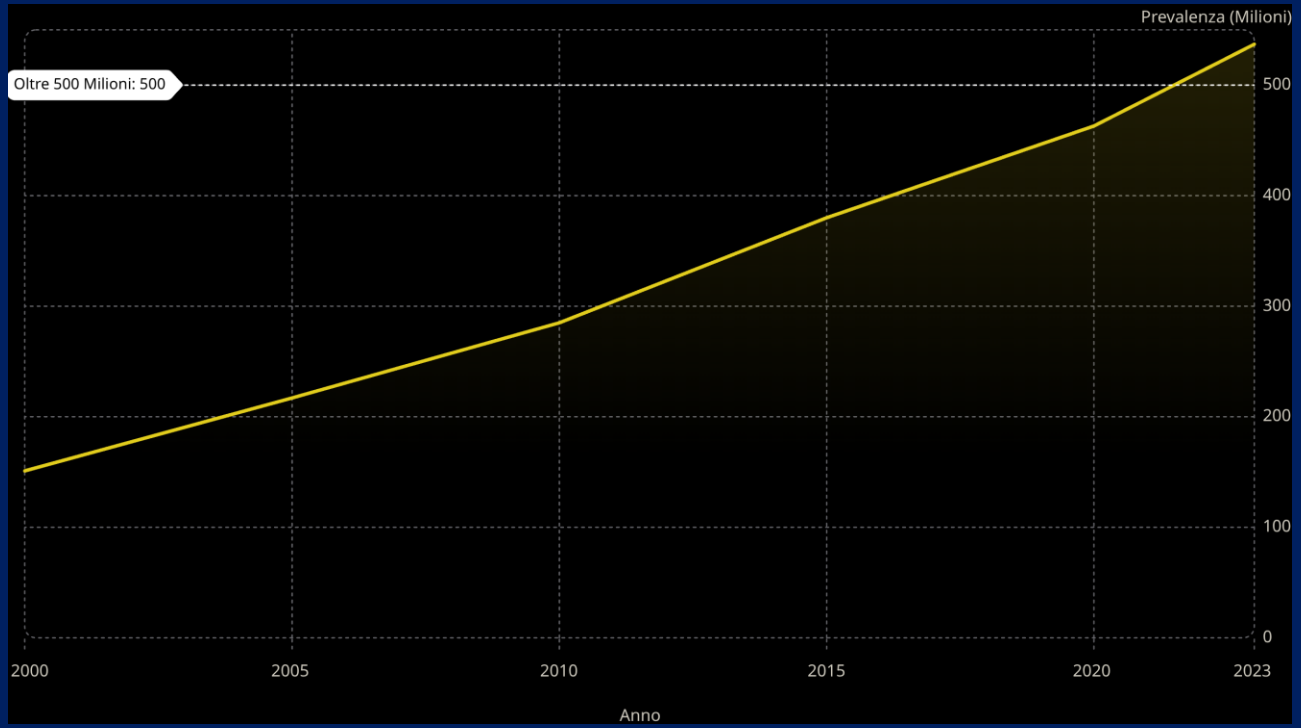
Il diabete mellito è una patologia cronica paradigmatica per l'applicazione della medicina data-driven. La sua gestione richiede un monitoraggio continuo, un'analisi costante dei dati e decisioni terapeutiche dinamiche e personalizzate



Questa natura **cronica, continua** e **altamente data-driven** rende il diabete un banco di prova ideale per l'innovazione tecnologica, dove l'integrazione di dati e intelligenza artificiale possono massimizzare l'efficacia terapeutica e la qualità di vita dei pazienti.

Impatto Epidemiologico Globale

Il diabete mellito rappresenta una delle sfide sanitarie globali più pressanti, con una crescita esponenziale della prevalenza che impatta milioni di vite



La curva di crescita evidenzia un trend allarmante: si stima che la prevalenza mondiale superi i **500 milioni di persone** affette, con proiezioni che indicano un ulteriore aumento significativo nei prossimi decenni. Questo sottolinea l'urgenza di strategie innovative per la gestione e la prevenzione.

Zheng Y et al., Nat Rev Endocrinol 2018; Gregg EW et al., NEJM 2014;

Complessità Decisionale nel Diabete

La gestione efficace del diabete è un processo intrinsecamente complesso, che richiede una costante valutazione e un aggiustamento delle decisioni terapeutiche basate su molteplici fattori interconnessi che ruotano attorno al paziente.



Ogni fattore non agisce isolatamente, ma influenza e viene influenzato dagli altri, rendendo la personalizzazione della cura una sfida continua. L'integrazione di questi dati eterogenei è cruciale per ottimizzare gli outcome clinici e migliorare la qualità di vita.

Zheng Y et al., Nat Rev Endocrinol 2018; Gregg EW et al., NEJM 2014;

L’ecosistema digitale del diabete

La gestione moderna del diabete si avvale di un ecosistema interconnesso di dispositivi e applicazioni che raccolgono, analizzano e condividono dati per ottimizzare il controllo glicemico e migliorare la qualità di vita.

Monitoraggio Continuo Glucosio (CGM)

Sensori sottocutanei per dati glicemici in tempo reale.

Pompa Insulinica Intelligente

Erogazione automatizzata di insulina, spesso integrata con CGM.

Dispositivi Wearable

Tracciamento di attività fisica, sonno e parametri vitali.

App di Gestione e Analisi

Piattaforme mobili per la visualizzazione dei dati e il supporto decisionale.

Questi elementi lavorano in sinergia per fornire una visione olistica del paziente,, facilitando decisioni terapeutiche più rapide, precise e personalizzate.

Battelino T et al., Diabetes Care 2019; Beck RW et al., JAMA 2017; Thabit H et al., Lancet Diabetes Endocrinol 2017

Machine Learning e Dati Glicemici

Il Machine Learning permette di estrarre significati profondi dai dati glicemici,,rivelando pattern e correlazioni che sfuggono all'analisi umana o a metodi statistici tradizionali. Questo porta a una comprensione più predittiva della dinamica del glucosio.



Attraverso algoritmi avanzati, i volumi massivi di dati raccolti dai dispositivi CGM vengono trasformati in informazioni cliniche che potrebbero migliorare la gestione e la prevenzione delle complicanze acute e croniche del diabete.

Liu K et al., JMIR Med Inform 2023; Ryu JS et al., Sci Rep 2025; Srinivasu PN et al., Heliyon 2024

Predizione delle ipoglicemie

L'applicazione del Machine Learning nei dati glicemici segna un cambiamento paradigmatico dalla gestione reattiva a quella proattiva, consentendo interventi tempestivi e personalizzati



Gestione Reattiva

Intervento tradizionale che avviene dopo l'insorgenza dell'ipoglicemia, spesso con ritardi e maggiori rischi per il paziente.

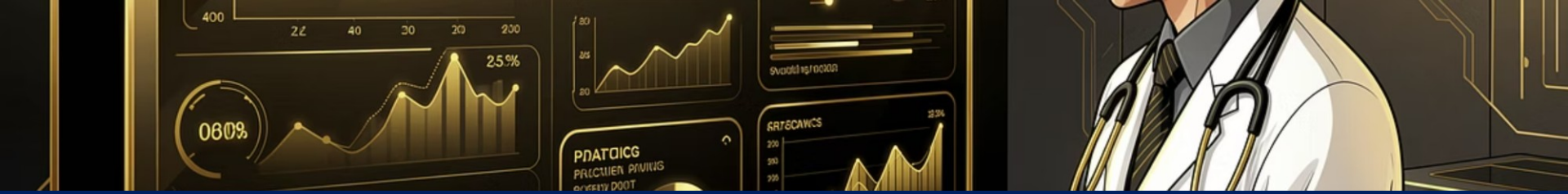


Gestione Preventiva

Attraverso modelli di Machine Learning, è possibile predire l'insorgenza di un episodio ipoglicemico con un anticipo di 30-60 minuti, permettendo azioni correttive prima che si manifesti l'evento.

Questa capacità di previsione trasforma radicalmente l'approccio alla sicurezza del paziente diabetico, riducendo le complicanze e migliorando significativamente la qualità della vita.

DeVries JH et al., Diabetes Care 2016



Verso la medicina predittiva

Il Deep Learning, applicato alle serie temporali glicemiche, rappresenta un passo fondamentale verso una medicina del diabete non solo reattiva ma proattiva, capace di anticipare gli eventi clinici e personalizzare le strategie



Questo approccio consente di trasformare i dati grezzi in informazioni cliniche significative, permettendo ai professionisti sanitari di agire in modo più tempestivo ed efficace, migliorando gli esiti per i pazienti con diabete.

Huang S et al., JMIR 2023

Clinical Decision Support Systems

Sistemi di Supporto alle Decisioni Cliniche (CDSS) basati sull'IA stanno rivoluzionando la gestione del diabete, trasformando grandi volumi di dati in raccomandazioni attuabili per medici e pazienti.

TERAPIA INSULINICA

Offrono raccomandazioni precise per l'aggiustamento delle dosi di insulina, basate sui pattern glicemici individuali e sulle necessità metaboliche del paziente.

Ottimizzazione Terapeutica

Suggeriscono modifiche al regime terapeutico complessivo, integrando dati su alimentazione, attività fisica e altri farmaci per massimizzare l'efficacia e ridurre gli effetti avversi.

Riduzione Variabilità Glicemica

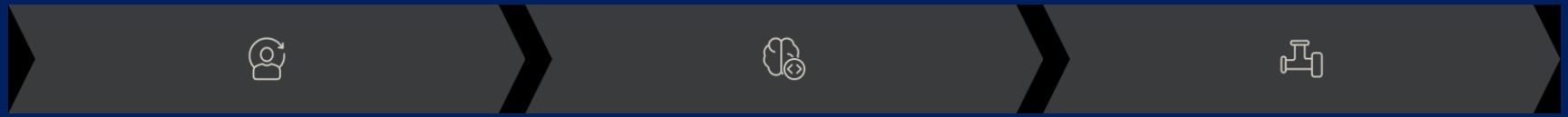
Identificano le cause della fluttuazione del glucosio e propongono interventi per stabilizzare i livelli glicemici, migliorando il controllo metabolico a lungo termine.

Questi sistemi non solo alleggeriscono il carico cognitivo dei clinici, ma empowerizzano i pazienti con informazioni e strumenti per una gestione più autonoma e consapevole della loro condizione.

Shortliffe EH & Sepúlveda MJ, JAMA 2018

Pancreas Artificiale: Un Sistema Closed-Loop

Il pancreas artificiale rappresenta l'apice della tecnologia per la gestione del diabete, integrando monitoraggio, analisi e somministrazione in un sistema completamente automatizzato che imita la funzionalità fisiologica del pancreas.



Monitoraggio Continuo Glucosio (CGM)

Rileva in tempo reale i livelli di glucosio nel sangue con sensori sottocutanei.

Algoritmo Intelligente

Elabora i dati del CGM e, tramite IA, calcola la dose ottimale di insulina necessaria.

Pompa Insulinica

Eroga automaticamente l'insulina sottocute in base alle istruzioni dell'algoritmo.

Questo sistema "closed-loop" opera senza intervento manuale per mantenere la glicemia in un range ottimale, riducendo le ipoglicemie e le iperglicemie e migliorando significativamente la qualità di vita dei pazienti.

Di Molfetta S et al., Diabetes Metab Res Rev 2024

Evidenze Cliniche del Pancreas Artificiale

L'adozione dei sistemi a pancreas artificiale ha dimostrato miglioramenti significativi negli esiti clinici e nella qualità della vita per i pazienti con diabete, supportati da robuste evidenze scientifiche.



Aumento del Time in Range (TIR)

I pazienti sperimentano un incremento sostanziale del tempo trascorso nell'intervallo glicemico ottimale (70-180 mg/dL), riducendo le fluttuazioni.



Riduzione delle Ipoglicemie

La gestione automatizzata dell'insulina minimizza il rischio di episodi ipoglicemici gravi e lievi, migliorando la sicurezza del paziente.



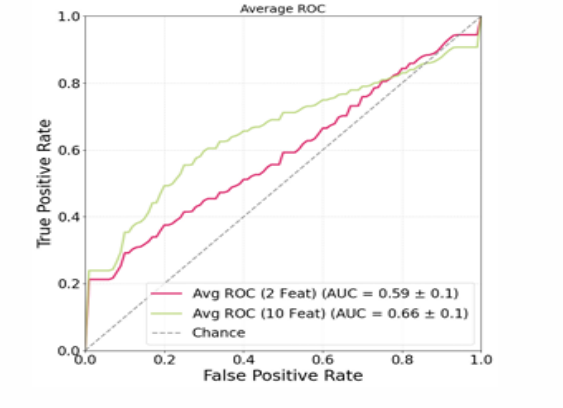
Miglioramento della Qualità di Vita

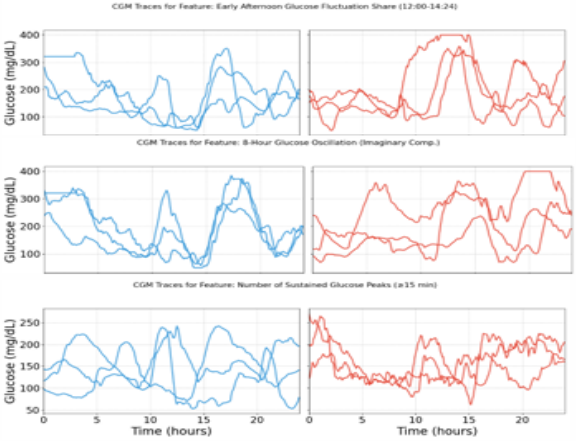
La diminuzione del carico gestionale e la maggiore stabilità glicemica si traducono in un benessere psicofisico e una libertà significativamente maggiori.

Questi benefici si traducono in una gestione più efficace del diabete, minor incidenza di complicanze a lungo termine e una maggiore autonomia per i pazienti.

Brown SA et al., NEJM 2019; Boughton CK et al., Lancet Healthy Longev 2022

Predictive Medicine Meets Physics-Informed Data Analysis: Enhancing Continuous Glucose Monitoring Systems for Diabetes Care



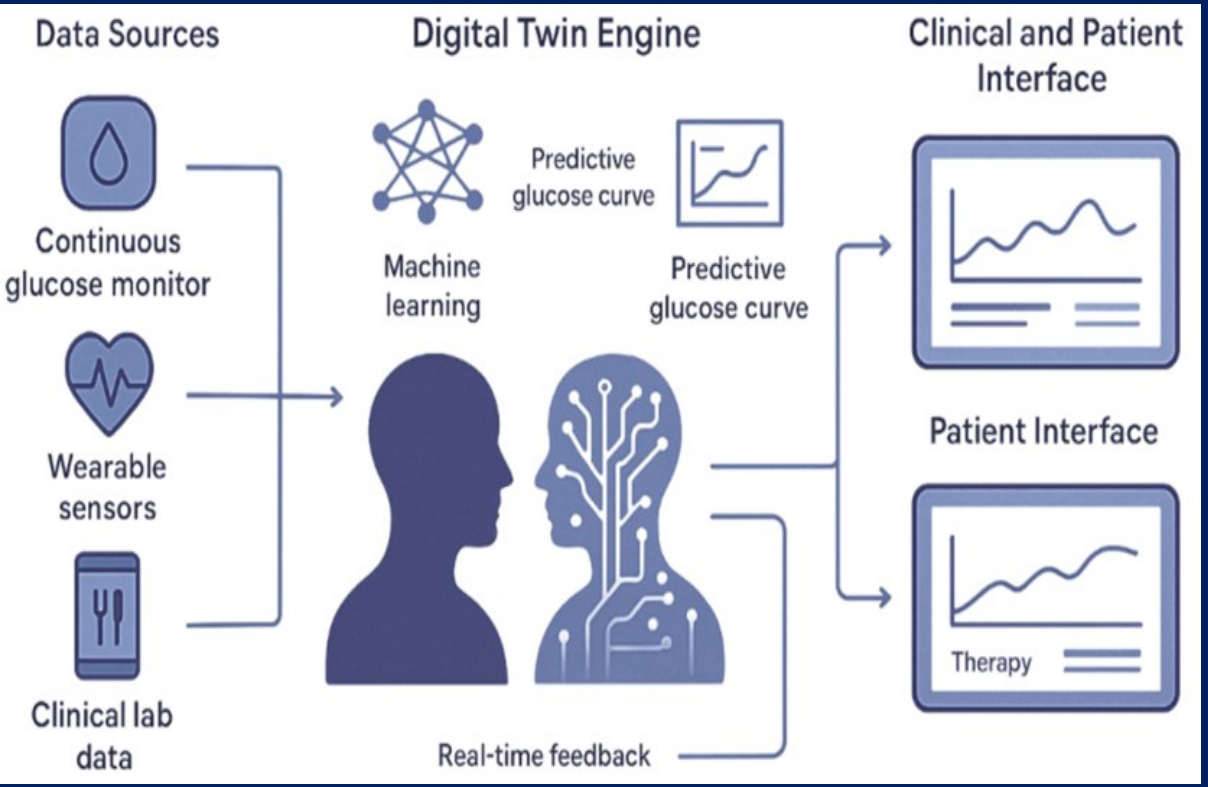


The PI-CGM project will develop a novel ML-based predictor for MCs by integrating long-term CGM profiles with patient clinical data

The project will leverage advanced Physics-Informed ML methods, including Neural ODE and Diffusion Models, to manage data heterogeneity

Review

Digital twin paradigm in diabetes prediction and management



Digital twin (DT) technology creates virtual replicas through computational modelling and real time data integration as a transformative approach

Diabetes Research and Clinical Practice 231 (2026) 113075

Limiti e sfide future

Nonostante i progressi, l'implementazione su larga scala delle soluzioni digitali per il diabete si confronta con significative sfide che richiedono attenzione e soluzioni innovative.



Accessibilità

Assicurare che queste tecnologie siano disponibili e usufruibili da tutti i pazienti, indipendentemente dalla loro posizione geografica o dalla loro condizione socio-economica.



Bias Algoritmici

Prevenire che gli algoritmi riproducano o amplifichino pregiudizi esistenti, garantendo equità e accuratezza per tutti i gruppi demografici di pazienti.



Sicurezza Dati

Proteggere la privacy e la sicurezza dei dati sensibili dei pazienti è fondamentale per mantenere la fiducia e conformarsi alle normative.



Responsabilità Clinica

Definire chiaramente le responsabilità legali ed etiche quando le decisioni cliniche sono supportate o guidate da sistemi di intelligenza artificiale.

Affrontare queste sfide è cruciale per garantire che le tecnologie digitali in ambito diabetologico possano esprimere il loro pieno potenziale in modo equo e sicuro, migliorando la cura per tutti.

Obermeyer Z et al., NEJM 2016; Wiens J et al., Nat Med 2019; Liu X et al., Radiology 2020

CONCLUSIONI

Il percorso attraverso l'innovazione tecnologica nella cura del diabete culmina in alcuni messaggi chiave che ridefiniscono il futuro della medicina.

Diabete: Paradigma Digitale

La gestione del diabete è il modello per eccellenza dell'applicazione della medicina digitale.

IA: Decisioni Cliniche

L'Intelligenza Artificiale converte i dati continui in decisioni cliniche attuabili e personalizzate.

Medicina Predittiva

Si evolve verso un approccio proattivo, anticipando e prevenendo eventi clinici avversi.

Medicina Personalizzata

Garantisce terapie e interventi su misura per le esigenze uniche di ogni paziente.

Integrazione Uomo-Tecnologia

Un futuro in cui l'uomo e la tecnologia collaborano per una cura più efficace e olistica.

ADA Professional Practice Committee, Diabetes Care 2024; Topol EJ, Nat Med 2019; Rajkomar A et al., NEJM 2019; Brown SA et al., NEJM 2019; Boughton CK et al., Lancet Healthy Longev 2022.

Grazie per l'attenzione

