

# *Contributo dell' IA nella gestione territoriale del glaucoma*



GRUPPO OCULISTI AMBULATORIALI LIBERI



#ForumRisk20

*Enrico Mantovani*



## **Glaucoma: il ladro silenzioso della vista**

**Gruppo di malattie oculari neurodegenerative caratterizzate da danni del campo visivo e del nervo ottico; la pressione intraoculare è solo uno dei fattori di rischio**

**È una delle principali cause mondiali di cecità irreversibile**

**- nelle forme iniziali il paziente non ha pressoché sintomi**

**- il 50-80% dei glaucomi non è diagnosticato**

**Danni man mano più avanzati influenzano seriamente la qualità della vita e la funzione sociale dei pazienti affetti**

**Il suo esordio insidioso pone serie sfide ai metodi diagnostici convenzionali e ai medici che si sforzano di rilevare la malattia in fase precoce per un intervento tempestivo ed efficace**

The unique problem of glaucoma: Under-diagnosis and over-treatment  
Barun K Nayak<sup>1</sup>, Quresh B Maskati<sup>2</sup>, Rajul Parikh<sup>4</sup>

EDITORIAL ▶ Indian J Ophthalmol. 2011 Jan;59(Suppl):S1-S2. doi: 10.4103/0301-4738.73677

Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology

**Quality of life in glaucoma**

Mini Review | Published: 05 April 2023

Volume 261, pages 3023–3030, (2023)

## *Glaucoma: un ladro silenzioso*

**Diagnosi è molto spesso tardiva e casuale**

tra le circa 800mila persone affette da glaucoma in Italia, circa il 50% di esse, all'atto della diagnosi, non era consapevole di avere la malattia

**Screening di massa finora sono stati considerati non efficaci e troppo costosi**

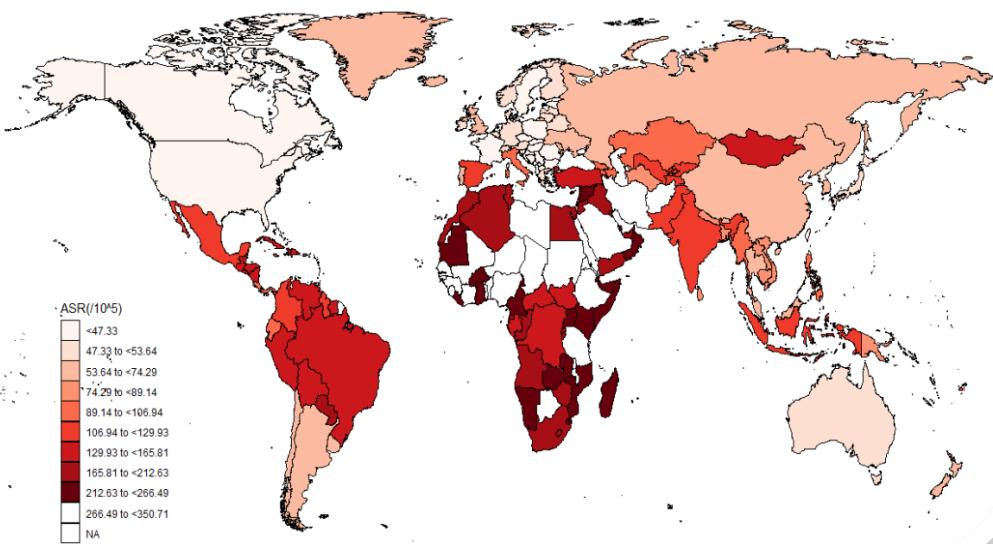
**Terapie oggi disponibili devono essere personalizzate pur seguendo linee guida.**

Sono in parte in grado di stabilizzare o rallentare la progressione del deficit visivo, ma **richiedono un controllo continuo da parte del clinico** per intercettarne la progressione, porre modifiche della terapia, ma anche **strette aderenza e compliance da parte dei pazienti**



## *Glaucoma: un onere globale*

*La prevalenza standardizzata per età del glaucoma è di circa il 3-5% nella popolazione di età pari o superiore a 40 anni in tutto il mondo e si prevede che aumenterà fino a 112 milioni di persone nel 2040, con un incremento del 47% per l'invecchiamento medio previsto*



*E aumenterà i costi di gestione*

*Onere globale del glaucoma in 204 paesi e territori nel 2019  
(ASR: tasso di prevalenza standardizzato per età)*



*J. Clin. Med.* 2023, 12, 1828.

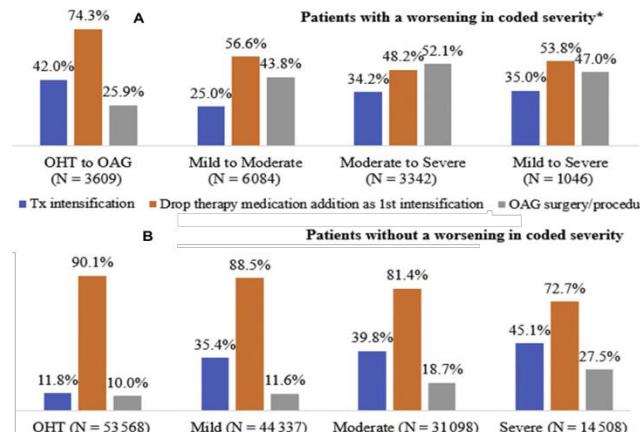
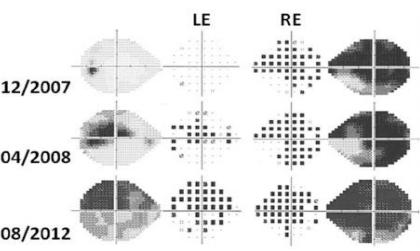
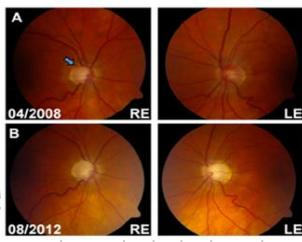


*Article*  
**The Global Burden of Glaucoma: Findings from the Global Burden of Disease 2019 Study and Predictions by Bayesian Age-Period-Cohort Analysis**

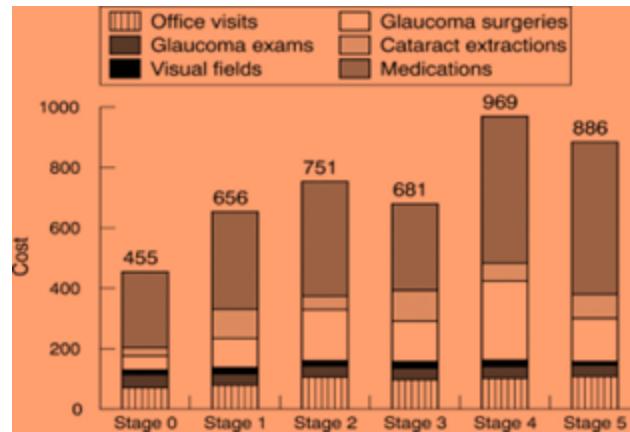
Yi Lin <sup>1</sup>, Bingcui Jiang <sup>1</sup>, Yuanqing Cai <sup>2</sup>, Wangdu Lu <sup>1</sup>, Xiaomin Zhu <sup>1</sup>, Qianyi Lin <sup>1</sup>, Min Tang <sup>1</sup>, Xiangji Li <sup>1</sup> and Lin Xie <sup>1,\*</sup>

## *Glaucoma: un onere globale*

*I pazienti con glaucoma soffrono non solo di notevole disagio, ma anche di un significativo onere finanziario per loro e per la società, in particolare con la progressione della malattia*



Vanessa et al. Opth Glaucoma  
2021;4:490-503



Traverso CE et al. BJO 2005;89:1245-1249

*Pertanto, prevenzione, diagnosi precoce, scelta dei trattamenti ed adeguato follow up del glaucoma sono particolarmente importanti dal punto di vista medico, ma hanno anche un importante risvolto sociale ed economico*

## *Glaucoma: un onere globale*

Ma ... Prevenzione, diagnosi precoce e follow-up per un adeguato trattamento richiedono ciascuno **importanti disponibilità**

- **da parte dei pazienti: di ottenere adeguate informazioni, possibilità di raggiungere sedi di visita, ma anche adeguati tempi e costi per sottoporsi a esami e visite**



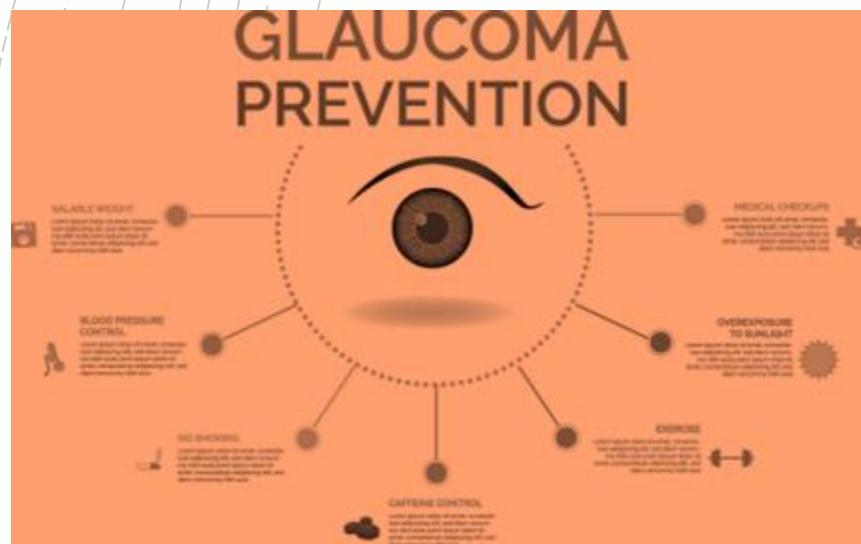
### Cause di mancata presenza alla visita oftalmologica

- non lo sapevo e non me lo avete ricordato	35%
- Impegni di lavoro	21%
- Stavo male	12%
- Avevo altri appuntamenti	10%
- Non me ne sono ricordato	7%
- Non sapevo come fare con i figli / nipoti	5%
- Non ho i soldi per pagare	4%
- Mi pareva di vederci bene	2%
- Si sovrapponeva con altre visite	2%
- Brutto tempo	1%

## *Glaucoma: un onere globale*

Ma... Prevenzione, diagnosi precoce e follow-up per un adeguato trattamento richiedono ciascuno importanti disponibilità

- **da parte sanitaria: di tempi e costi per l'informazione preventiva, l'esecuzione di tecniche strumentali, la valutazione oftalmologica e la refertazione**



### Common Tests to Diagnose Glaucoma & Predict its Progression



## *Glaucoma: un onere globale*

In particolare, le **attuali linee guida** per la gestione del glaucoma **suggeriscono** che i pazienti eseguano **una media di tre visite oculistiche all'anno associate a esami funzionali/strutturali**

***Di fatto attualmente non sostenibile***



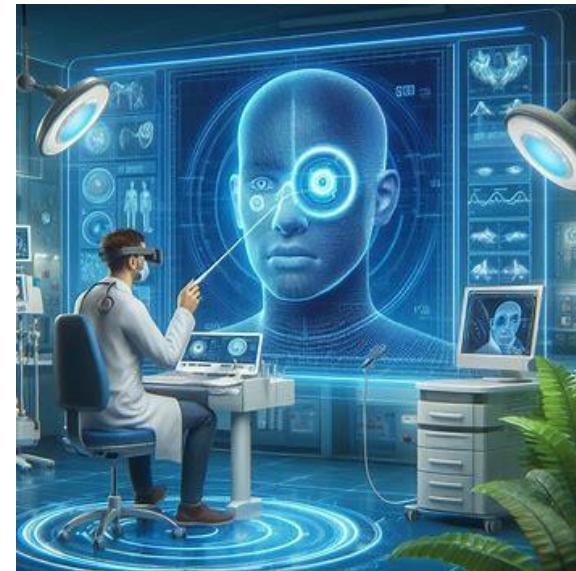
**La maggior parte dei centri territoriali primari non è dotata di strumenti per la diagnostica funzionale/strutturale e, pertanto, tali esami vengono eseguiti esclusivamente presso centri di riferimento specializzati di secondo livello (cliniche, ospedali). Si crea un progressivo sovraffollamento di queste strutture, aumentando i tempi di attesa e le difficoltà nel garantire adeguata continuità di cura**

## **Glaucoma & IA**

È necessario **ottimizzare la diagnosi precoce** e, una volta posta la diagnosi di glaucoma, il **necessario follow-up** con visite relativamente frequenti e con attenzione alle problematiche della terapia (effetti collaterali, aderenza e compliance)

Ecco perché, sfruttando le nuove tecnologie, anche per l'attività **in primis territoriale / ambulatoriale, l'intelligenza artificiale potenzialmente fornisce grandi promesse** di:

- **aumentare l'accesso dei pazienti a screening non episodici**
- **favorire l'informazione per prevenzione ed aderenza a terapie**
- **ottenere per il glaucoma cure personalizzate, di alta qualità e convenienti**



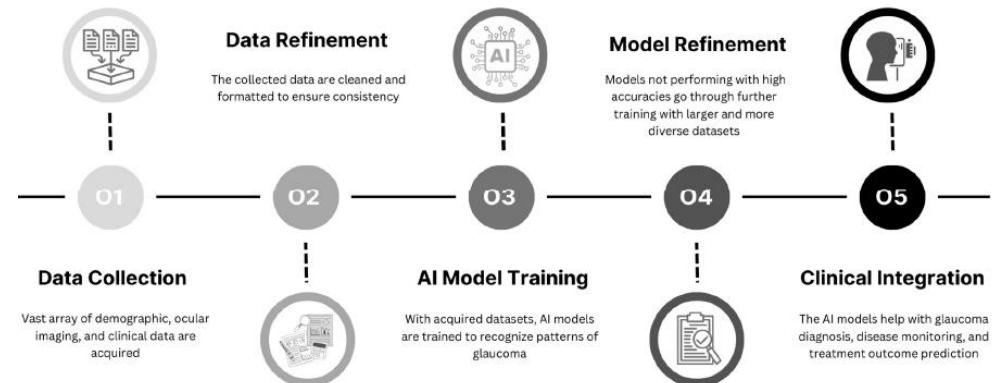
## Glaucoma & IA

*L'utilizzo dell'IA all'interno di modalità di imaging diagnostico strutturale come la tomografia a coerenza ottica (OCT) e la fotografia del fondo oculare sono sempre più utilizzate per*

- *migliorare l'accuratezza della diagnosi precoce*
- *prevedere la progressione della malattia*
- *ottimizzare i piani di trattamento*

*Inoltre, l'IA può svolgere un ruolo significativo*

- *nel prevedere i modelli di risposta individuali*
- *nello sviluppo di regimi di trattamento personalizzati*



***Si mira ad ottenere un'integrazione clinica dei dati ottenuti con IA***

## Telemedicina ed IA

Healthcare has progressed through advancements in medicine, leading to improved global life expectancy. Nevertheless, the sector grapples with increasing challenges such as heightened demand, soaring costs, and an overburdened workforce.

**Factors contributing to health workforce strain include ageing populations, increasing burden from non-communicable and chronic diseases, healthcare providers' burnout, and evolving patient expectations.**

**Artificial Intelligence (AI) could potentially transform healthcare by alleviating some of these pressures.**

AI in health also poses risks to patients in several ways including privacy and liability concerns or through biased algorithms negatively impacting care. AI in health also poses risks to health providers through potential workforce disruption - with changing roles requiring adapted skills with some functions subject to automation.

**Striking a balance between innovation and safeguards is imperative.**

Weak digital and data foundations, inconsistent health data governance, inadequate technology standards, and limited resources can hinder the potential of AI in healthcare.

**AI in health also poses risks to patients, insurance companies that raise health**

The OECD conducted a survey into the perspectives of medical associations on AI in health. The survey aimed to contribute to the discussion on AI in health and to inform the work of the World Medical Association (WMA) on behalf of the OECD. The survey was conducted in 2024 and involved 12 medical associations from across the world. The results of the survey were presented at the 2025 Forum Risk Management conference in Arezzo, Italy.

Intelligenza Artificiale in sanità: il 72% dei medici ritiene che i benefici superino i rischi. Ocse: “Ma serve bilanciare innovazione e sicurezza”

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE HEALTH WORKFORCE PERSPECTIVES FROM MEDICAL ASSOCIATIONS ON AI IN HEALTH**

**November 2024**

**OECD ARTIFICIAL INTELLIGENCE PAPERS**  
November 2024 No. 28

**Artificial intelligence and the health workforce: Perspectives from medical associations on AI in health**

Margarita Almyrantzi, Eric Sutherland, Dr Nachman Ash and Samuel Eiszele

## Tele-Glaucoma ed IA

Cosa si può fare?

- **tele-educazione ed informazione**
- **tele-screening di popolazioni a rischio o disagiate**  
*modalità sincrona (real-time), asincrona (store & forward approach), ibrida (acquisizione dati asincrona, invio al medico e successivo confronto sincrono paziente-medico)*
- **tele-monitoring: televisita di controllo**  
*informazione sanitaria, reminder di visite, valutazione aderenza alla terapia, tendenza a progressione ev. con strumenti di autovalutazione (non adeguato post-chirurgia)*
- **tele-consulto sanitario**  
*consultazioni diagnostiche a distanza tra sanitari (tecnico-medico, medico-medico)*
- **tele-gestione amministrativa**  
*creazione di un'agenda condivisa in base al livello di rischio individuale*
- **archivio dati comuni e interoperabilità**  
*cliniche – ospedali – territorio, interregionale, internazionale*



**Fascicolo sanitario elettronico**

## Tele-Educazione con IA

*La tecnologia digitale ha radicalmente modificato il modo in cui i pazienti e i professionisti comunicano e/o ottengono informazioni sanitarie*

*Infatti, la tecnologia digitale, specie se integrata con IA, può:*

- recare l'informazione sanitaria ovunque in qualunque momento*
- porre in contatto le organizzazioni sanitarie quando il paziente sia disponibile ed utilizzando dati per guidare le sue decisioni*
- valutare i dati di popolazione che indirizzino determinanti sociali della salute*
- trasformare il modello di cura della salute in uno dedicato a prevenzione, personalizzazione e partecipazione*



## Tele-Educazione

Il termine anglosassone di «**personal health literacy**» definisce il grado individuale di abilità nel trovare, capire ed utilizzare informazioni e servizi per comunicare con le organizzazioni sanitarie per sé e per gli altri

L'**educazione del paziente** è il processo che mira ad influenzare il comportamento del paziente per ottenere modifiche nella consapevolezza, nell'attitudine e nelle capacità di mantenere o migliorare la propria salute

**La partecipazione del paziente alla gestione della propria salute porta al miglioramento certo dei successi terapeutici**



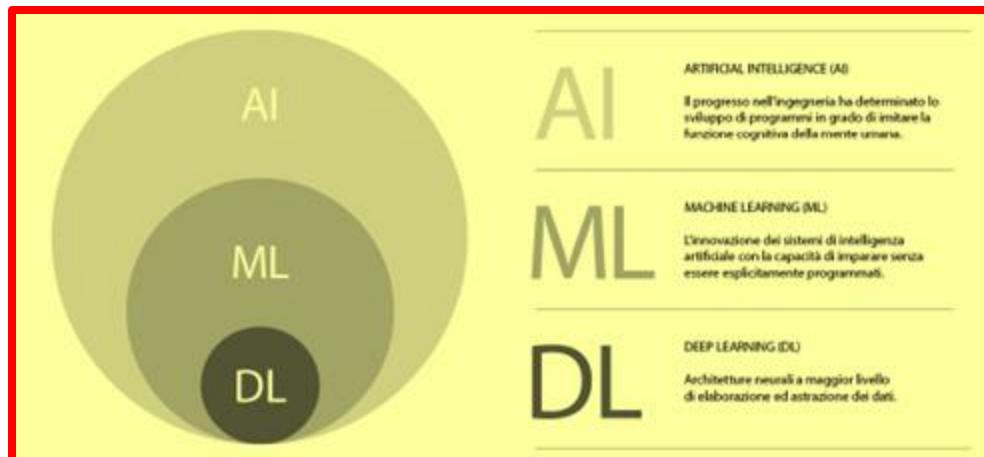
## Tele-Glaucoma Screening

Molti dei principi alla base dei programmi di **tele-glaucoma IA assistiti** sono condivisi con quelli dei programmi di tele-retinopatia diabetica

Del resto, considerando che **il diabete è un fattore di rischio per il glaucoma ad angolo aperto**, tali programmi hanno dimostrato **alti tassi di rilevamento incidentale di nervi ottici di aspetto glaucomatoso**, tanto che il sospetto di glaucoma è un fattore importante nei **referral clinici** nello screening diabetico tele-retinico



**OPPURE →**



**Table 3. Prevalence and Proportion of Eye Disease in Participants with Diabetes Screened with Telemedicine**

DISEASE	PREVALENCE (95% CI) N=424 PERSONS	PROPORTION (95% CI) N=820 EYES
Diabetic retinopathy		
Total	24.5% (20.4, 28.6%)	17.4% (14.8, 20.0%)
Glaucomatous features	10.4% (7.5, 13.3%)	6.8% (5.1, 8.6%)
Glaucoma	2.8% (1.3, 4.4%)	2.4% (1.4, 3.5%)
ARMD	5.7% (3.5, 7.9%)	3.8% (2.5, 5.1%)
Other eye disease <sup>a</sup>	2.4% (0.9, 3.8%)	1.2% (0.5, 2.0%)

## Tele-Screening con IA

AUC = 0,986

Sensibilità = 95.6%

Specificità = 92%

Forte correlazione  $r= 0.832$ ,  $p < 0.001$

MAE =  $7.39\mu$

AUC = 0.944

*Purtroppo, le performance si riducono per foto di scarsa qualità, nervi ottici diversi o con caratteristiche atipiche («unreferable data»)*

> *Ophthalmology*. 2018 Aug;125(8):1199-1206. doi: 10.1016/j.ophtha.2018.01.023. Epub 2018 Mar 2.

Efficacy of a Deep Learning System for Detecting Glaucomatous Optic Neuropathy Based on Color Fundus Photographs

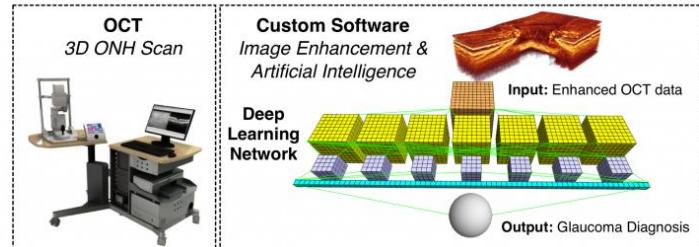
Zhixi Li <sup>1</sup>, Yifan He <sup>2</sup>, Stuart Keel <sup>3</sup>, Wei Meng <sup>2</sup>, Robert T Chang <sup>4</sup>, Mingguang He <sup>5</sup>

*Ophthalmology*. 2019 April ; 126(4): 513–521. doi:10.1016/j.ophtha.2018.12.033.

From Machine to Machine: An OCT-trained Deep Learning Algorithm for Objective Quantification of Glaucomatous Damage in Fundus Photographs

Felipe A. Medeiros, MD, PhD<sup>1</sup>, Alessandro A. Jammal, MD<sup>1</sup>, Atalie C. Thompson, MD, MPH<sup>1</sup>

Our Approach to Simplify Glaucoma Diagnosis & Prognosis



*Ma esistono modalità integrate di valutazione !!*

## Tele-Screening con IA

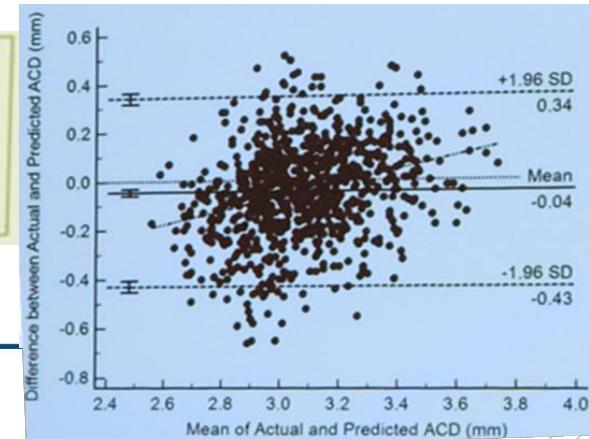
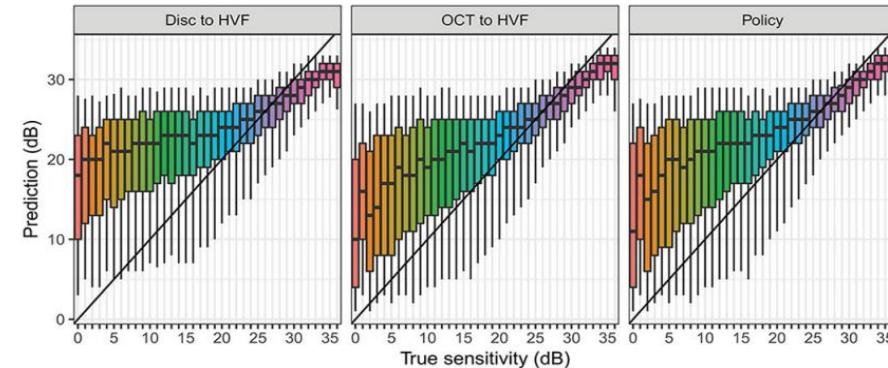
*La classificazione dei nervi ottici anormali deve allora basarsi su sistemi OCT con «quality check» eseguito da personale esperto*

### Policy-Driven, Multimodal Deep Learning for Predicting Visual Fields from the Optic Disc and OCT Imaging

Yuka Kihara <sup>1</sup>, Giovanni Montesano <sup>2</sup>, Andrew Chen <sup>1</sup>, Nishani Amerasinghe <sup>3</sup>, Chrysostomos Dimitriou <sup>4</sup>, Aby Jacob <sup>3</sup>, Almira Chabi <sup>5</sup>, David P Crabb <sup>6</sup>, Aaron Y Lee <sup>7</sup>

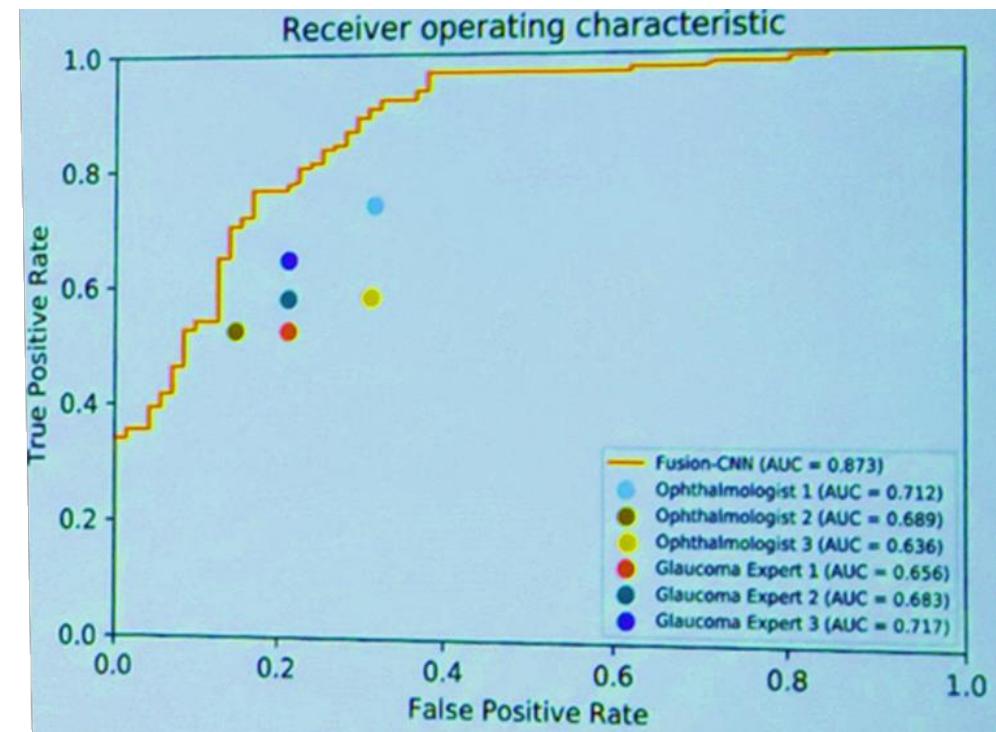
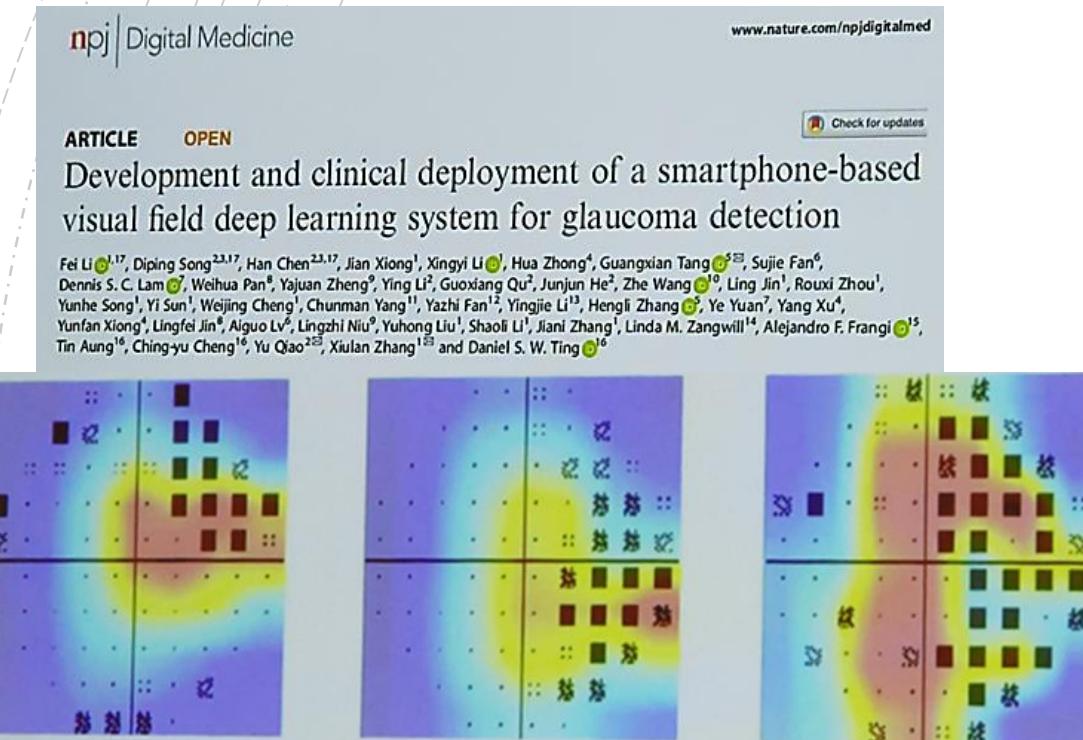


$r = 0.63, p < 0.001$   
 $MAE = 0.16 \pm 0.13 \text{ mm}$   
 $AUC = 0.944$



## Tele-Screening con IA

Anche il **campo visivo** potrebbe essere valutato primariamente da sistemi di IA, prima che analizzato da un oftalmologo



## Tele-Screening non IA

### *Virtual glaucoma clinic (VGC): come funziona?*

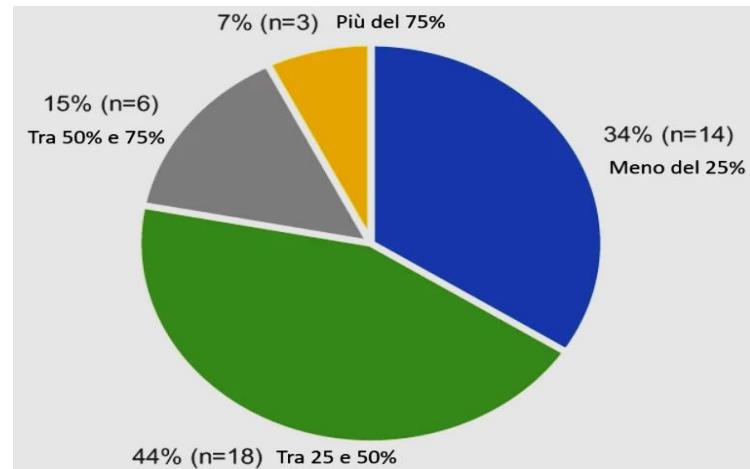
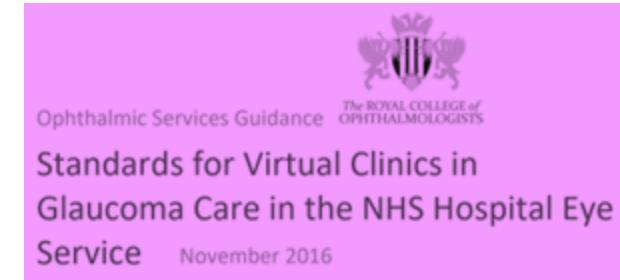
ORTOTTISTA + INFERNIERE (non da soli !)

- *Informazioni clinico-demografiche*
- *Pressione arteriosa*
- *Acuità visiva corretta*
- *Pachimetria corneale*
- *Tonometria Rebound (ICare)*
- *Fotografia (non midriatica) del fundus*
- *Perimetria computerizzata*
- *(ottimale OCT segmento anteriore, OHN, RNFL e GCC)*

OFTALMOLOGO

- *Sistema veloce per upload dati (protetti) \* al reader esperto con successive Indicazioni*

- *al paziente e al medico curante*
- *rimando a visita in-patient*



Percentuale dell'intera popolazione affetta da glaucoma che viene seguita presso cliniche virtuali per il glaucoma in Europa

**Il 50% delle VGC è in UK; in Europa Il 70% non usa VGC**

## Tele-Screening non IA: Virtual glaucoma clinic (VGC)

Questioni	Evidenze
Sono efficaci?	Tutti gli studi dimostrano che i VGC sono efficaci nella diagnosi e nel monitoraggio del glaucoma. L'efficacia aumenta se le VHC sono guidate da Glaucoma Consultants e escludendo il glaucoma moderato-grave o instabile
Sono sicuri?	I tassi di diagnosi errate e di classificazione errata sono bassi in tutti gli studi. Sono richiesti formazione sul glaucoma e revisione specialistica del glaucoma per mantenere la sicurezza. Alcuni resoconti contrastanti sulla classificazione degli angoli iridocorneali utilizzando AS-OCT. Le valutazioni FTF sono richieste per i casi inequivocabili
Sono convenienti?	I dati inglesi e americani mostrano che sono convenienti. Anche le cliniche virtuali in altre specialità sono più convenienti delle cliniche FTF
Cosa ne dicono i sanitari?	La maggior parte dei medici segnala alti livelli di soddisfazione per i VGC. La sfida principale nell'implementazione dei VGC è la carenza di personale
Cosa ne dicono i pazienti?	La soddisfazione dei pazienti è stata elevata in tutti gli studi, in particolare per la comunicazione, e ci sono alti livelli di fiducia nei VGC. I tempi di attesa dei pazienti sono significativamente inferiori rispetto alle cliniche FTF.
Cosa riserva il futuro?	I dispositivi mobili che misurano i parametri del glaucoma potrebbero essere il futuro, consentendo al paziente di inviare informazioni da casa. L'intelligenza artificiale può aiutare a rivedere i dati del paziente

## **Tele-Screening non IA SIGHT Project**

Negli USA sono stati **finanziati 3 centri per lo sviluppo di STRATEGIE di SCREENING ed INTERVENTO INNOVATIVE per migliorare la diagnosi precoce e la gestione del glaucoma in popolazioni con alcuni fattori di rischio per il glaucoma**

I trials clinici della durata di 5 anni sono attuati in Michigan (**MI-SIGHT**), New York City (**NYC-SIGHT**) ed Alabama (**AL-SIGHT**)

*SIGHT: Screening and interventions for glaucoma and eye health through telemedicine*

I pazienti accedono da edifici di edilizia popolare, da centri sanitari qualificati a livello federale, da comunità o da cliniche gratuite che servono **aree svantaggiate** (reclutamento mediante flyer pubblicitari)

Modalità di screening simile alle Glaucoma Virtual Clinic  
Differenza: Sempre OCT

Owsley C et al. Alabama Screening and Intervention for Glaucoma and Eye Health through Telemedicine (AL-SIGHT): Baseline Results. Am J Ophthalmol. 2024 Jan;257:66-75

Hark LA et al. Manhattan Vision Screening and Follow-up Study (NYC-SIGHT): Baseline Results and Costs of a Cluster-Randomized Trial. Am J Ophthalmol. 2023 Jul;251:12-23

Newman-Casey PA et al. Michigan Screening and Intervention for Glaucoma and Eye Health Through Telemedicine Program. Am J Ophthalmol. 2023 Jul;251:43-51

## *Tele-Screening SIGHT Project*

### ***Chi prosegue il percorso?***

*Inviato a oculista territoriale entro 21 giorni per ulteriore valutazione (circa il 30-40%) se:*

- Acuità visiva inferiore a 5/10
- Tono (IOP) tra 23 e 29 mmHg
- Immagine fundus illeggibile

*Inviati ad oftalmologo specialista in glaucoma se tono (IOP):*

- $\geq 30$  mmHg entro 14 giorni
- $> 35$  mmHg entro 5 giorni
- $> 40$  mmHg entro 1 giorno (fast track)

## *Tele-Screening SIGHT Project*

### *Risultati preliminari dello screening*

*78% riscontro di problemi oculari in generale*

*Ultima visita oculistica: 40% più di 2 anni prima*

*Familiarità glaucoma: 24-40% dei casi*

*Familiarità per cecità: 18% dei casi*

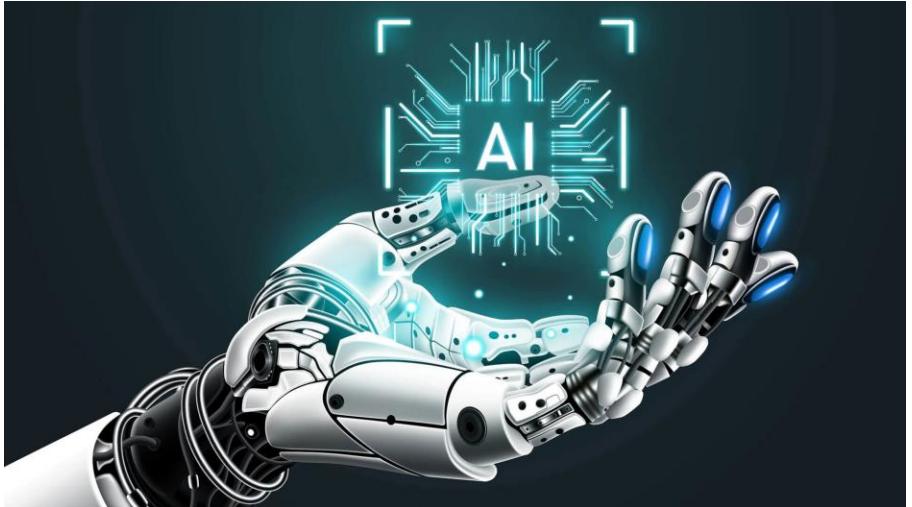
*Acuità visiva < 5/10: 32% dei casi*

***Diagnosi di GLAUCOMA: 7.6%-24%***

***Diagnosi di SOSPETTO GLAUCOMA: 13.5-27%***

***Diagnosi di IPERTENSIONE OCULARE: 12.4%***

***Tra gli inviati per follow-up: aderenza nel 92% dei casi***



*E se venisse introdotta  
l'analisi con IA?*

## *Tele-Screening SIGHT Project*

### *Considerazioni dello screening*

**Può essere affidabile come una visita face-to-face?**

*86% delle visite in-person conferma anomalie identificate in visita screening*

*78% dei dischi ottici sospetti in visita screening venivano confermati come glaucoma o sospetto di glaucoma alla visita in-person*

**Pertanto, gli studi parziali concludono che la PERFORMANCE diagnostica del tele-screening per glaucoma è elevata**

### *Quanto tempo occupa?*

-Durata media tele-visita: 23' (gestita da tecnico)

*La parte più «time-consuming» è l'imaging del fundus: 12.0'*

2. Durata media visita in-person: 52' (oftalmologo + tecnico)

*La parte più «time-consuming» è la valutazione dell'oftalmologo pre e post-dilatazione 11.6' ed 11.0'*



## *Tele-Screening SIGHT Project*

**Quanto costa (esclusa strumentazione)?**

*Costo medio TELE-SCREENING*  
\$ 8 a partecipante

*Costo medio VISITA IN-PERSON*  
\$ 41 a partecipante

*Il costo della visita in person è circa 5 volte il costo della visita di screening, dato che il protocollo di screening utilizza tecnici con costo inferiore ai medici*

**«Questo modello di screening mirato può essere adattato e ampliato a livello nazionale e internazionale man mano che emerge una nuova telemedicina e l'uso dell'IA»**

Hark LA et al. Philadelphia Telemedicine Glaucoma Detection and Follow-up Study: Methods and Screening Results. Am J Ophthalmol. 2017 Sep;181:114-124

## **AI nel monitoraggio e trattamento del glaucoma**

**Dato che il glaucoma in genere progredisce lentamente, prevederne accuratamente la velocità di progressione può migliorare significativamente la prognosi dei pazienti**

**Gli strumenti diagnostici convenzionali (tonometria, OCT, campo visivo), se utilizzati singolarmente, soffrono di variabilità anche in base alla collaborazione, rendendo difficile un monitoraggio affidabile della malattia.**

**I modelli di IA possono rilevare in modo più accurato e precoce rispetto ai metodi tradizionali fini pattern di perdita di campo visivo o di danno strutturale nervoso, con ciò identificando precocemente una progressione, ma anche potendo prevedere per il singolo caso il rischio di deterioramento futuro**

## *AI nel monitoraggio e trattamento del glaucoma*

Purtroppo, la gestione del glaucoma, ed in particolare delle varie sue categorie, comprende un'ampia gamma di trattamenti farmacologici e interventi procedurali

**La scelta della strategia terapeutica ottimale è complessa**, a causa dei diversi fattori che caratterizzano ogni paziente, per cui **le decisioni relative al trattamento richiedono una profonda comprensione dei meccanismi sottostanti la malattia e di come i vari interventi possano alterano la fisiologia oculare**

**L'IA può offrire un prezioso supporto**, poiché, sfruttando la sua capacità di elaborare vasti set di dati, consente una **previsione personalizzata delle risposte dei pazienti ai vari trattamenti del glaucoma sia medici che chirurgici**, con il potenziale di perfezionare e personalizzare gli approcci terapeutici

## *AI nella gestione chirurgica del glaucoma*

*L'intelligenza artificiale può assistere i chirurghi del glaucoma nella fase di pianificazione preoperatoria, intraoperatoria e postoperatoria*

### *Preoperatoria*

*Gli algoritmi di IA, basati su enormi database e deep learning, possono offrire raccomandazioni, utilizzando una gamma completa di parametri clinici del singolo caso per prevedere il successo, i rischi e le potenziali complicanze dei vari approcci chirurgici*

*L'utilizzo della AI ha, quindi, la potenzialità di migliorare il processo clinico decisionale dell'oculista per una «data evidence based medicine» per strategie di trattamento personalizzate nella cura del glaucoma*



THANK  
YOU  
FOR  
YOUR  
ATTENTION



#ForumRisk20



Padova  
Il Battistero del Duomo  
Giusto de' Menabuoi



[www.forumriskmanagement.it](http://www.forumriskmanagement.it)