



Amedeo Lucente

Oculista Libero Professionista

Montaggio tomografico e angio-tomografico con imaging widefield

Abstract: L'imaging a campo allargato è divenuto standard non solo nello screening della DR, ma anche nello studio di numerose altre patologie coroido-retiniche. Dopo successive evoluzioni, si raggiunse lo standard dei 30°, utilizzato fino alla pubblicazione dell'ETDRS. Negli anni Ottanta e Novanta furono commercializzati dispositivi fotografici in grado di acquisire immagini con apertura di 45° in un singolo scatto (one-shot) e di effettuare montaggi fino a circa 75°, conformandosi agli standard richiesti dallo studio ETDRS. L'impiego quotidiano dell'imaging UWF ha aperto nuovi ambiti di ricerca e migliorato le capacità diagnostiche, terapeutiche e prognostiche in numerose patologie. L'analisi dei dati provenienti da immagini a campo ampio consente di sfruttare appieno le potenzialità dei dispositivi più avanzati. Il montaggio angio-tomografico è stato realizzato con Cirrus Zeiss Angioplex 6000 (SW Ver: 11.5.2). Si propone la possibilità di una ricostruzione mediante sovrapposizione di singole linee B-Scan da 12 mm (di norma tre) e di scansioni angiografiche 12x12mm (da tre a cinque). Con un montaggio semplice ma accurato è possibile ottenere un campo lineare paragonabile a quello dei più recenti OCT a grande campo, sia in modalità B-Scan che angiografica. Il principale limite di questa soluzione, economica ma efficace, è rappresentato dal tempo necessario per il montaggio manuale o semi-manuale tramite software di elaborazione. Il vantaggio consiste nella possibilità di sfruttare le potenzialità widefield dei dispositivi già in uso, senza dover sostenere i costi dei nuovi sistemi "one-shot", spesso elevati, soprattutto in ambito privato.

Keywords: SD-OCT, Angio-OCT, Widefield, Ultra-Widefield.

Introduzione

I recenti progressi delle ottiche applicabili ai dispositivi oftalmologici hanno notevolmente ampliato e migliorato il campo retinico esplorabile sia fotograficamente che angio-tomograficamente.

Per descrivere queste nuove performance di imaging a campo esteso sono stati introdotti nuovi termini: Widefield (WF) e Ultra-Widefield (UWF) [1]. Alcuni dispositivi per la diagnostica retinica consentono oggi il montaggio automatico o semi-automatico di immagini centrali e periferiche, ampliando l'angolo d'apertura

visualizzabile. Questa caratteristica è applicabile sia nella fotografia retinica sia nelle indagini tomografiche e angio-tomografiche. L'esigenza di un imaging ad ampio campo si manifestò inizialmente con lo studio ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study), trial clinico multicentrico promosso dal National Eye Institute (NEI).

Si trattava di uno studio randomizzato volto a valutare l'efficacia della fotocoagulazione con laser ad argon rispetto al trattamento con aspirina nella gestione di pazienti affetti da retinopatia diabetica non proliferante (NPDR) o da

retinopatia diabetica proliferante ad alto rischio (HR-PDR) [2].

Iniziato nel dicembre 1979, completato nel giugno 1985, con follow-up fino al 1988 e pubblicato nel 1991, lo studio coinvolse 22 centri, 3.711 pazienti di età compresa tra 18 e 70 anni, con acuità visiva uguale o superiore a 20/40 e senza precedenti trattamenti laser. L'imaging retinico previsto dallo studio ETDRS utilizzava la cosiddetta fotografia a 7 campi, che copriva una porzione di retina non oltrepassante di molto le arcate vascolari. Questa metodica consentì una diagnosi più accurata e una pianificazione più precisa del trattamento della retinopatia diabetica (DR). Il montaggio 7-Field da 30° - standard fotografico ETDRS - garantiva un campo di circa 75° [1,2].

Da allora, l'imaging a campo allargato è divenuto standard non solo nello screening della DR, ma anche nello studio di numerose altre patologie corio-retiniche. La prima fundus camera si basava sui principi di ottica geometrica dell'oculista svedese Allvar Gullstrand (1862–1930), premio Nobel per la Medicina nel 1911. Fu realizzata da Carl Zeiss nel 1926 e commercializzata nel 1930 con un'apertura angolare di 10°, successivamente portata a 20°.

Il tempo di esposizione era di 0,5 secondi e il supporto di registrazione era la pellicola fotografica a colori [3].

Dopo successive evoluzioni, si raggiunse lo standard dei 30°, utilizzato fino alla pubblicazione dell'ETDRS. Negli anni Ottanta e Novanta furono commercializzati dispositivi fotografici in grado di acquisire immagini con apertura di 45° in un singolo scatto (one-shot) e di effettuare montaggi fino a circa 75°, conformandosi agli standard richiesti dallo studio ETDRS.

Terminologia e misurazioni angolari retiniche

La misurazione dell'ampiezza angolare nella

fotografia retinica ha da sempre suscitato notevole interesse tra gli studiosi.

Nel 2019, l'International Widefield Imaging Study Group (IWFISG) ha definito su Retina le nomenclature da adottare per la fotografia del fondo oculare, l'angiografia e l'autofluorescenza (AF) [4].

Terminologia per la localizzazione retinica:

- *Posterior Pole: regione all'interno delle arcate vascolari, o immediatamente al di là di esse;*
- *Mid-Periphery: regione compresa fino al margine posteriore delle vene vorticosi;*
- *Far Periphery: regione anteriore alle ampolle delle vene vorticosi.*

Terminologia per la caratterizzazione dell'imaging:

- *Widefield (WF): imaging centrato sulla fovea che include la retina in tutti e quattro i quadranti fino alle vene vorticosi comprese;*
- *Ultra-Widefield (UWF): imaging singolo o montato che estende la visualizzazione fino all'estrema periferia retinica in tutti i quadranti;*
- *Panretinal: imaging esteso da ora serrata a ora serrata, coprente 360°.*

Poiché in letteratura non esiste ancora un accordo terminologico unanime, si è convenuto di utilizzare le seguenti definizioni operative:

- *WF: imaging di aree retiniche (fotografiche o angio-tomografiche) oltre il polo posteriore, fino alle vene vorticosi in tutti e quattro i quadranti;*
- *UWF: imaging che include le aree oltre le ampolle vorticosi fino all'ora serrata, sempre in tutti i quadranti.*

Nel panel internazionale hanno partecipato, per l'Italia, Giovanni Staurenghi e Giuseppe Querques [4].

Imaging angio-tomografico ad ampio campo

Helga Kolb, Eduardo Fernandez e Ralph Nelson (Università dello Utah, Health Sciences Center, Salt Lake City) hanno riportato nel loro manoscritto aggiornato nel 2020 che la retina ricopre circa il 72% della superficie interna del globo oculare, considerando un diametro medio del bulbo di 22 mm [5].

L'impiego quotidiano dell'imaging UWF ha aperto nuovi ambiti di ricerca e migliorato le capacità diagnostiche, terapeutiche e prognostiche in numerose patologie.

L'analisi dei dati provenienti da immagini a campo ampio consente di sfruttare appieno le potenzialità dei dispositivi più avanzati. Tuttavia, fino ai primi mesi del 2018, erano ancora pochi gli studi dedicati a questa tipologia di imaging. Dai principali testi di anatomia umana (Zaccheo, Testut, Bonnet, Orzalesi) si ricava che il bulbo oculare può essere descritto come una figura tridimensionale ellissoidale, prossima a una sfera. In un modello ideale, il bulbo può essere considerato una sfera con diametro di 24 mm e raggio di 12 mm.

La circonferenza sarà quindi:

$$C = 2\pi r = 75,36 \text{ mm}$$

Il segmento anteriore (arco corneale più due

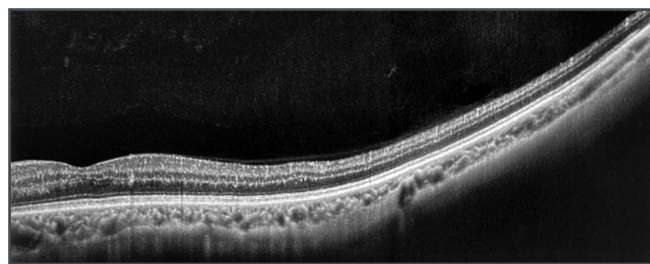


Figura 1 - HD 1 Line 100x 12 mm temporale.

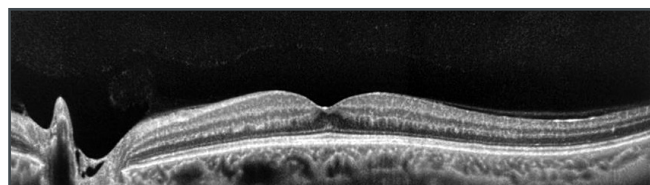


Figura 2 - HD 1 Line 100x 12 mm centrale.

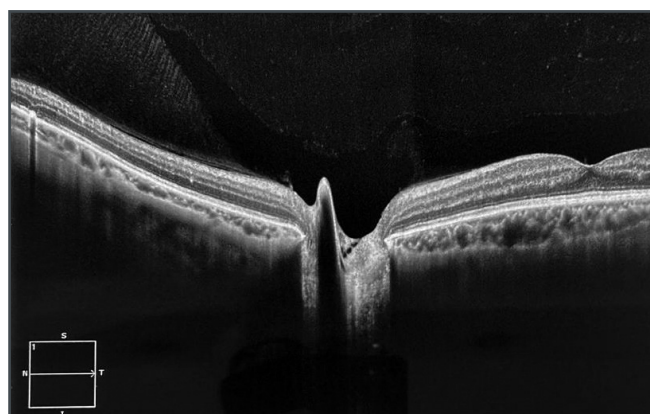


Figura 3 - HD 1 Line 100x 12 mm nasale.

corpi ciliari) misura complessivamente 24,56 mm, corrispondenti a circa 117° dell'arco sferico, mentre il segmento posteriore fotografabile misura 50,8 mm, pari a circa 243° [6,7]. La

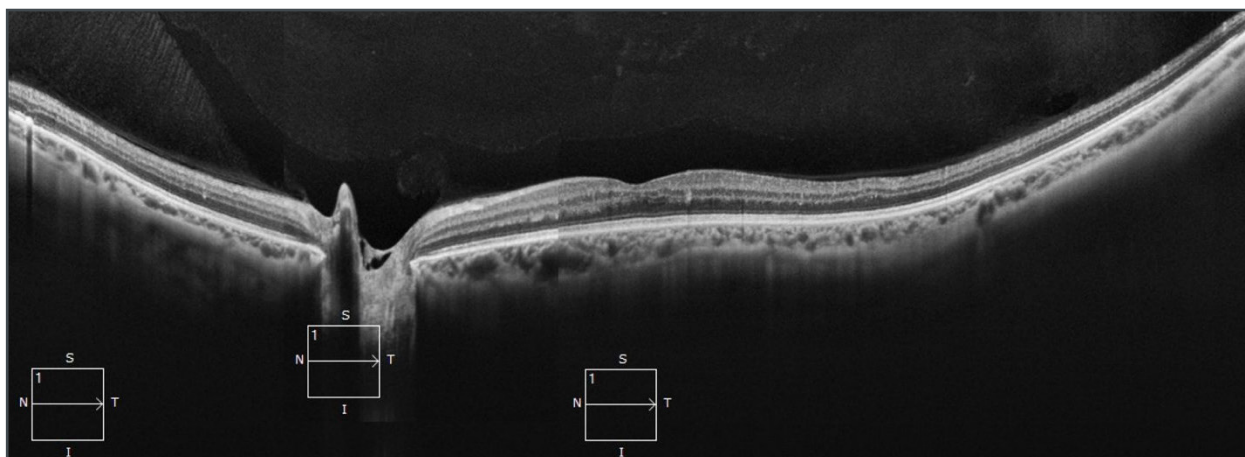


Figura 4 - Montaggio Figura 1, Figura 2 e Figura 3

superficie retinica totale della sfera ideale è pari a 1808 mm²; quella dell'emisfera è 904 mm². L'area teoricamente fotografabile corrisponde a 1219 mm², cioè al 67,4% della superficie interna complessiva [6,7].

Montaggio widefield B-Scan e angio-tomografico con Angio-OCT Spectral Domain

Il montaggio angio-tomografico è stato realizzato con Cirrus Zeiss Angioplex 6000 (SW Ver: 11.5.2). La ricostruzione è ottenuta mediante la sovrapposizione di singole linee B-Scan da 12 mm (di norma tre) e di scansioni angiografiche 12×12 mm (da tre a cinque). È sconsigliabile un'eccessiva lateralizzazione delle immagini da montare, per evitare la comparsa di artefatti. Con un montaggio semplice ma accurato è possibile ottenere un campo lineare paragonabile a quello dei più recenti OCT a grande campo, sia in modalità B-Scan che angiografica. Il principale limite di questa soluzione, economica ma efficace, è rappresentato dal tempo necessario per il montaggio manuale o semi-manuale tramite software di elaborazione.

Il vantaggio consiste nella possibilità di sfruttare le potenzialità widefield dei dispositivi già in uso, senza dover sostenere i costi dei nuovi sistemi "one-shot", spesso elevati, soprattutto in ambito privato. Questo upgrade è possibile sia con gli Angio SD-OCT che con gli SS-OCT, nel rispetto delle specifiche tecniche di ciascun dispositivo e senza modificare il software originale.

Dal punto di vista diagnostico, le singole scansioni da 12×12 mm garantiscono un'ottima qualità, permettendo di spingersi oltre i limiti di apertura angolare dei nuovi strumenti a campo ampio. Tuttavia, l'estensione eccessiva del campo può generare aberrazioni ottiche e distorsioni geometriche nel montaggio finale. Sulla

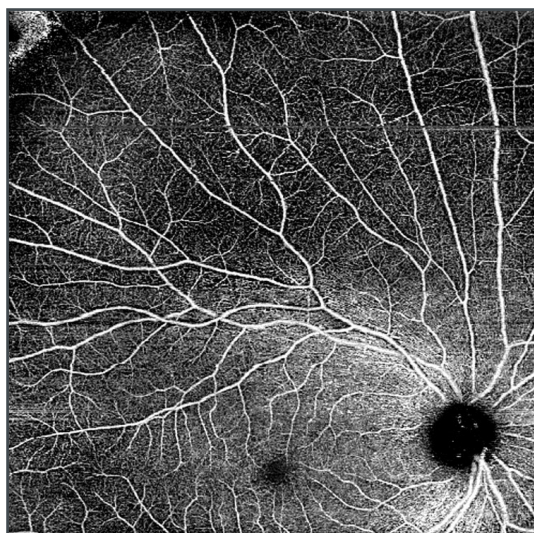


Figura 5 - AngioPlex 12mmx12mm campo superiore.

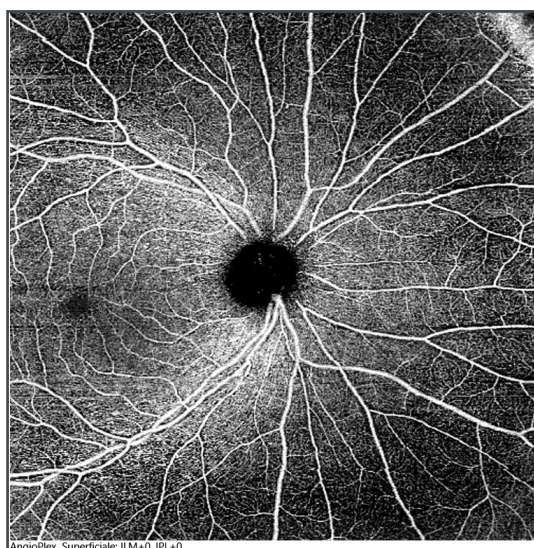


Figura 6 - AngioPlex 12mmx12mm campo nasale.

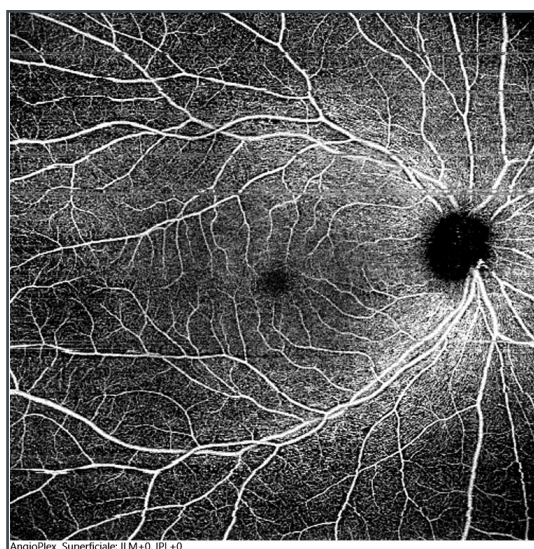


Figura 7 - AngioPlex 12mmx12mm campo centrale.

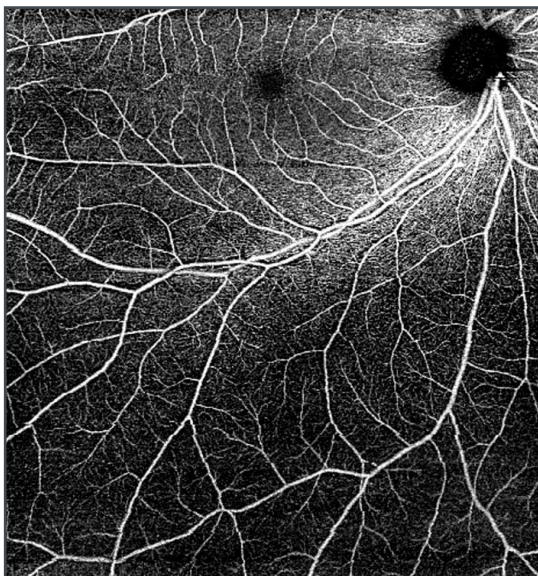


Figura 8 - AngioPlex 12mmx12mm campo inferiore.

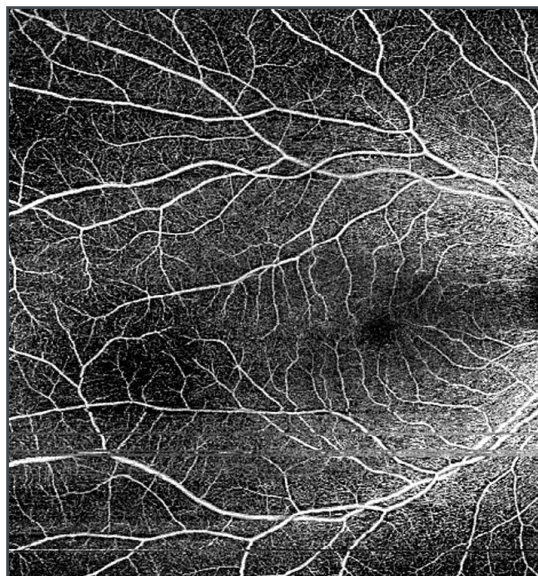


Figura 9 - AngioPlex 12mmx12mm campo temporale.

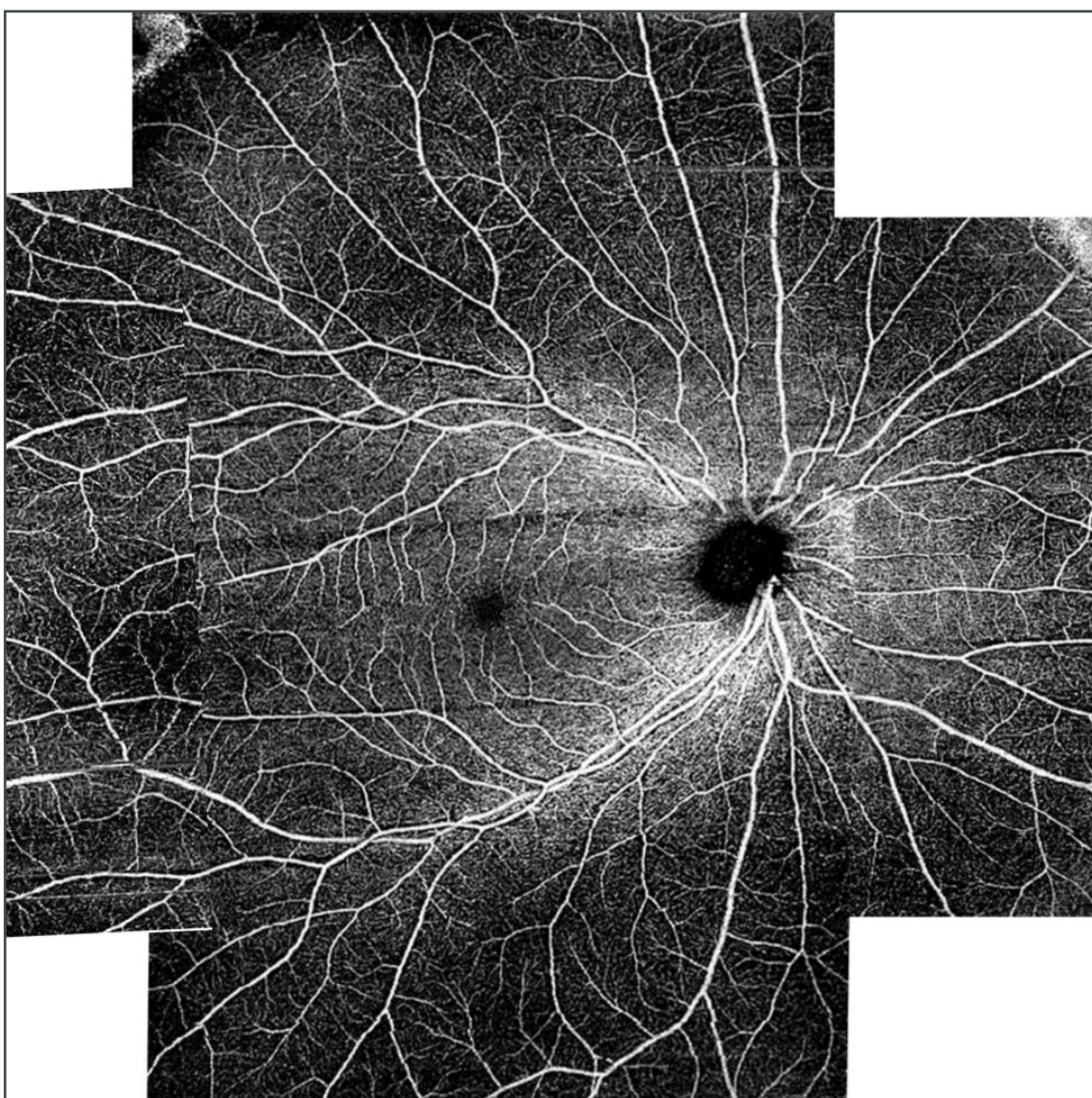


Figura 10 - Montaggio delle Figure 5 → 9

base dell'esperienza personale, si consiglia di spostare la mira di fissazione non oltre l'80–90% della distanza tra il centro foveale e il margine del campo di scansione. Per linee B-Scan superiori a 10 mm, è sufficiente spostare la mira di circa 4 mm nasalmente e temporalmente, senza oltrepassare il limite del quadrato di scansione. Le immagini vengono poi salvate, trasferite sul server e montate in modalità semi-automatica con un'applicazione di editing (es. Photopad) (Fig. 1-4).

In tal modo si ottiene una scansione lineare di 20–22 mm, corrispondente a un'apertura angolare di 100–120° in B-Scan e Angio-OCT. Una singola scansione 12×12 mm corrisponde a circa 50–55° di apertura; raddoppiando l'angolo si raggiungono i 110°. L'estensione orizzontale risulta più agevole rispetto a quella verticale, ma occorre tenere conto delle aberrazioni cumulative dovute alla curvatura retinica. Un limite del Cirrus è la scarsa manovrabilità della mira di fissazione, che si muove a scatti e non consente una regolazione fine, rendendo più complessa l'indagine vascolare 12×12 mm (Fig. 5-10).

All'equatore di un bulbo ideale di 24 mm, l'apertura teorica è di 180°, pari a 37,68 mm lineari di arco. Con le tecniche descritte si esplorano 20–22 mm, ossia circa 53% della lunghezza e 61% dell'ampiezza angolare (110° su 180°) [6,7]. Considerando la superficie retinica fino all'equatore (904 mm²), la porzione realmente indagata corrisponde a circa 551 mm². Tutte le immagini sono state acquisite in miosi, a dimostrazione della versatilità della metodica.

Un semplice aggiornamento software consentirebbe di automatizzare il montaggio, con vantaggi diagnostici e terapeutici significativi, riducendo i tempi di elaborazione e migliorando la precisione finale dell'imaging. In assenza di tale aggiornamento, il montaggio manuale rimane comunque fattibile e riproducibile. La diffusione di questi dispositivi permetterebbe di avviare studi multicentrici su larga scala, favorendo nuovi approcci diagnostici e terapeutici per le patologie neuro-corio-retiniche, senza la necessità di investimenti onerosi nei nuovi sistemi "one-shot".

REFERENCES

1. Amedeo Lucente. *Imaging retinico Widefield e Ultra-Widefield*. www.oftalmologiadomani.it gennaio-aprile 2022.
2. Nidhi Relhan, Harry W. Flynn Jr. *The Early Treatment Diabetic Retinopathy Study historical review and relevance to today's management of diabetic macular edema*. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017 May;28(3):205-212.
3. RH Webb, GW Hughes, O Pomerantzeff. *Flying Spot TV Ophthalmoscope*. *Appl Opt* 1980 Sep;19(17):2991-7.
4. Choudhry, N., Duker, J.S., Freund, K.B., Kiss, S., Querques, G., Rosen, R., Sarraf, D., Souied, E.H., Stanga, P.E., Staurenghi, G., et al. *Classification and Guidelines for Widefield Imaging: Recommendations from the International Widefield Imaging Study Group*. *Ophthalmol. Retina*. 2019, 3, 843–849.
5. Helga Kolb, Eduardo Fernandez, Ralph Nelson. *Webvision. The Organization of the Retina and Visual System*. University of Utah Health Sciences Center; Salt Lake City (UT). Last Updated: May 28, 2020.
6. Amedeo Lucente, Andrea Taloni, Vincenzo Scorcia, Giuseppe Giannaccare. *Widefield and Ultra-Widefield Retinal Imaging: A Geometrical Analysis*. *Life* 2023, 13, 202.
7. Amedeo Lucente, Andrea Taloni, Vincenzo Scorcia, Giuseppe Giannaccare. *Measurement inaccuracies in widefield imaging—a cautionary tale*. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2024 Apr; 262(4):1365-1367.