

FUNDUS IMAGING

تهیه کننده:

محمد حسین وفائی

مقدمه

○ تصویر برداری از fundus (fundus imaging) یک اصطلاح کلی است و به عملیاتی گفته می شود که طی آن با تابش پرتو نور خارجی به سطح چشم و دریافت پرتو نور بازگشتی، تصویر دو بعدی از retina بدست می آید.

○ بر این اساس، fundus imaging به دسته های زیر تقسیم می شود:

1. Fundus photography یا red-free photography : در این وسیله، از منبع نور با طول موج مشخص استفاده می شود. شدت نور بازگشتی از نواحی مختلف retina بیانگر میزان تیرگی و روشنایی تصویر در آن ناحیه است.

2. Color fundus photography : همانند مورد اول است با این تفاوت که از ۳ منبع نور قرمز، سبز و آبی استفاده می شود. با استفاده از سه منبع نور تصویربرداری صورت می گیرد و تصویر به دست آمده از منابع مختلف با یکدیگر ترکیب شده و نمایش داده می شود.

مقدمه

3. Stereo fundus photography : همانند مورد شماره ۱ است با این تفاوت که منبع نور از زاویه های مختلف به سطح retina تابید شده و تصویربرداری انجام می شود. تصاویر بدست آمده با یکدیگر ترکیب شده و تصویر اصلی حاصل می شود..
4. Scanning Laser Ophthalmoscopy (SLO) : همانند مورد اول است با این تفاوت که پرتو نور به صورت نقطه ای متمرکز شده و با اسکن این نقطه، تصویر بدست می آید. در واقع در SLO تصویر به صورت یکجا بدست نمی آید بلکه با اسکن محل مورد نظر بدست می آید.
5. Adaptive Optics SLO (AOSLO) : با اضافه شدن المان های اپتیکی جبران ساز، واگرایی های ایجاد شده در هنگام تصویربرداری با استفاده از SLO جبران می شود.
6. Fluorescent Angiography و indocyanine Angiography : در این دستگاه به ترتیب Fluorescent یا indocyanine به بیمار تزریق شده و سپس با تابش پرتو به چشم، میزان نور بازگشتی ناشی از این مواد به تصویر کشیده می شود.

چالش های FUNDUS IMAGING

- از آنجا که قطر Iris چشم بسیار کوچک و در محدوده ۳ میلی متر تا ۸ میلی متر است، تابش پرتو نور و تصویربرداری دو بعدی از سطح مقطع چشم بسیار مشکل است.
- به منظور تصویربرداری از چشم باید پرتو نور تابیده شده و به صورت همزمان پرتو نور بازگشتی دریافت شود. به همین دلیل یک مسیر اپتیکی مشترک در نظر گرفته می شود که پرتو تابیده شده و پرتو بازگشتی با استفاده از beam splitter از یکدیگر مجزا می شوند.
- در هنگام ثبت تصویر fundus، به این دلیل که خاصیت بازتابشی cornea بیشتر از retina است، نور بازگشتی از مرکز cornea وارد سیستم تصویربرداری شده و کیفیت تصویر را خراب می کند. به همین دلیل یک annular aperture در مقابل مرکز cornea قرار داده می شود تا مانع از بازگشت نور از این قسمت شود.

چالش های FUNDUS IMAGING

- دستگاه های تصویربرداری از fundus به دو دسته non-mydriatic و mydriatic تقسیم می شوند. در نوع اول لازم است با تزریق دارو، pupil باز شود اما در نوع دوم نیازی به بازتر کردن pupil نیست.
- به منظور تصویربرداری از چشم باید پرتو نور تابیده شده و به صورت همزمان پرتو نور بازگشتی دریافت شود. به همین دلیل یک مسیر اپتیکی مشترک در نظر گرفته می شود که پرتو تابیده شده و پرتو بازگشتی با استفاده از beam splitter از یکدیگر مجزا می شوند.
- در هنگام ثبت تصویر fundus، به این دلیل که خاصیت بازتابشی cornea بیشتر از retina است، نور بازگشتی از مرکز cornea وارد سیستم تصویربرداری شده و کیفیت تصویر را خراب می کند. به همین دلیل یک annular aperture در مقابل مرکز cornea قرار داده می شود تا مانع از بازگشت نور از این قسمت شود.

Retinal photographs by various funds cameras.

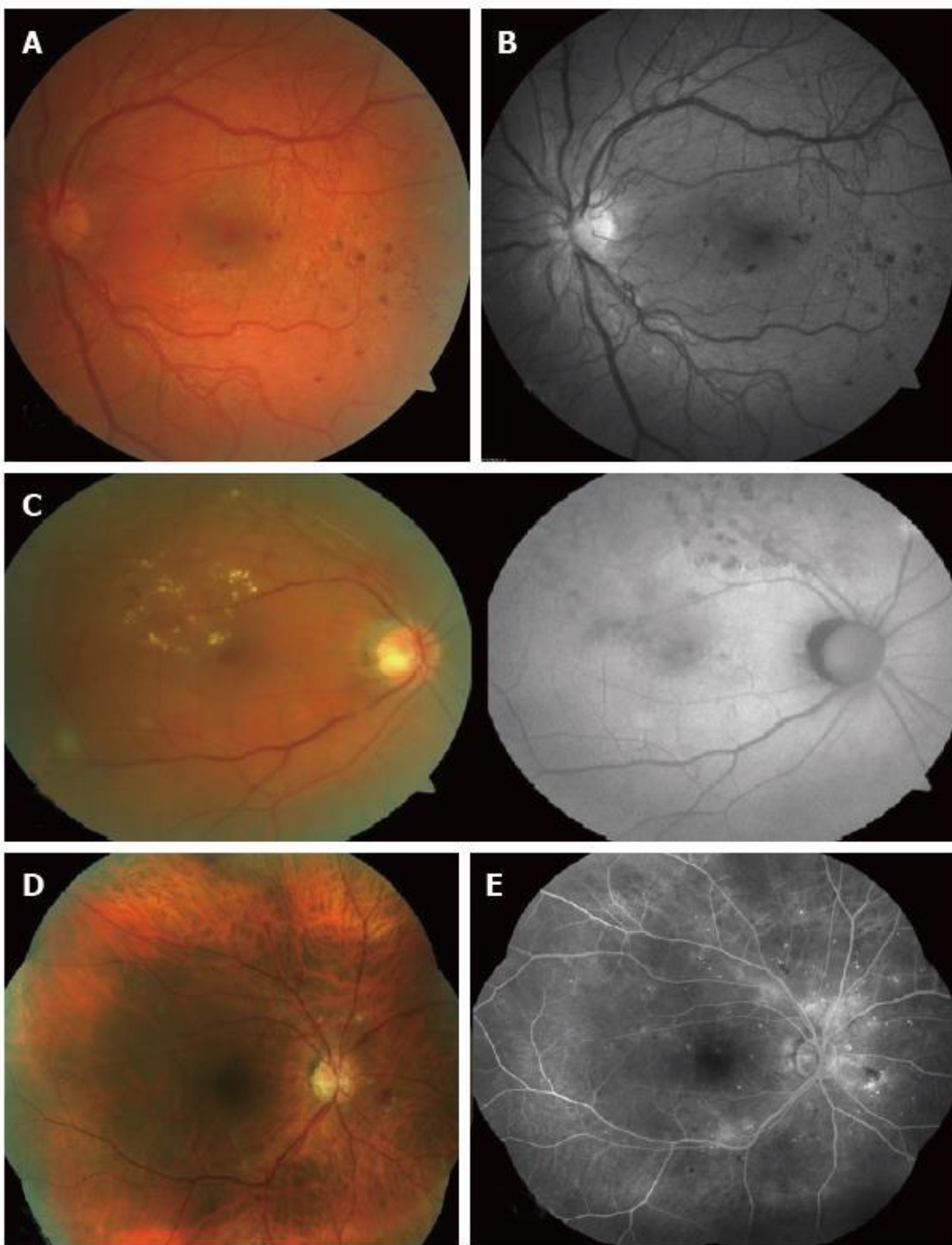
A: Colour fundus photo showing left eye; (Image taken by Zeiss Cirrus photo 800);

B: Red-free fundus photo, Better visualisation of new vessels and retinal haemorrhages as opposed to Figure A;

C: Colour fundus photo (left) *vs* fundus autofluorescence (right); Retinal exudates are more visible on the colour fundus photo. Autofluorescence highlights the laser scars not readily visible on a colour fundus photo;

D: Seven-field fundus photo - computer-aided mosaic (Image taken by Zeiss Cirrus 800);

E: Seven-field fundus with fluorescein angiography (Image taken by Zeiss Visucam D500).



Advanced retinal imaging with and without contrast.

A: Fluorescein angiography. Localized hyper fluorescence;

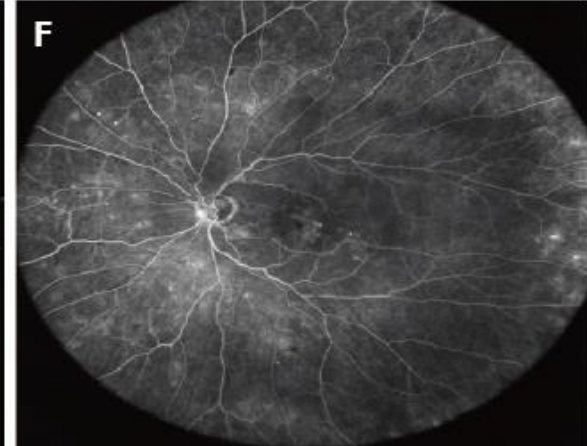
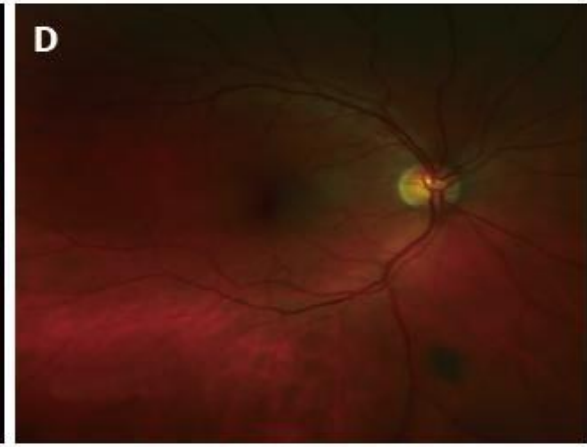
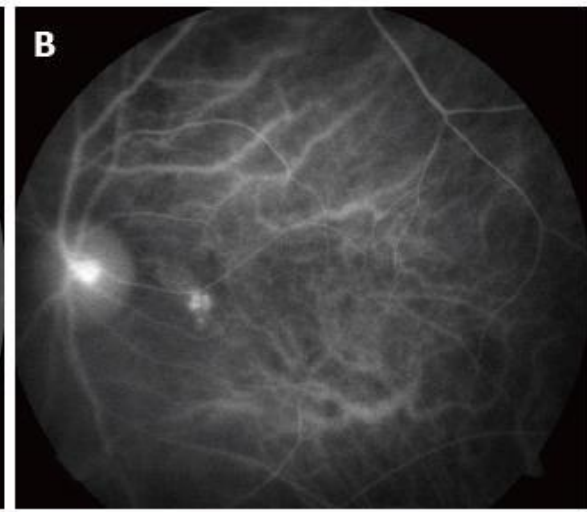
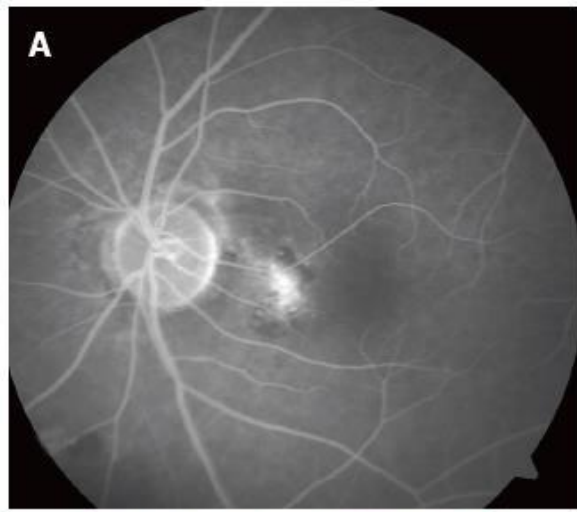
B: ICG revealing the source of leakage depicted on Fundus fluorescein angiography (FFA), Idiopathic polypoidal choroidal vascularization;

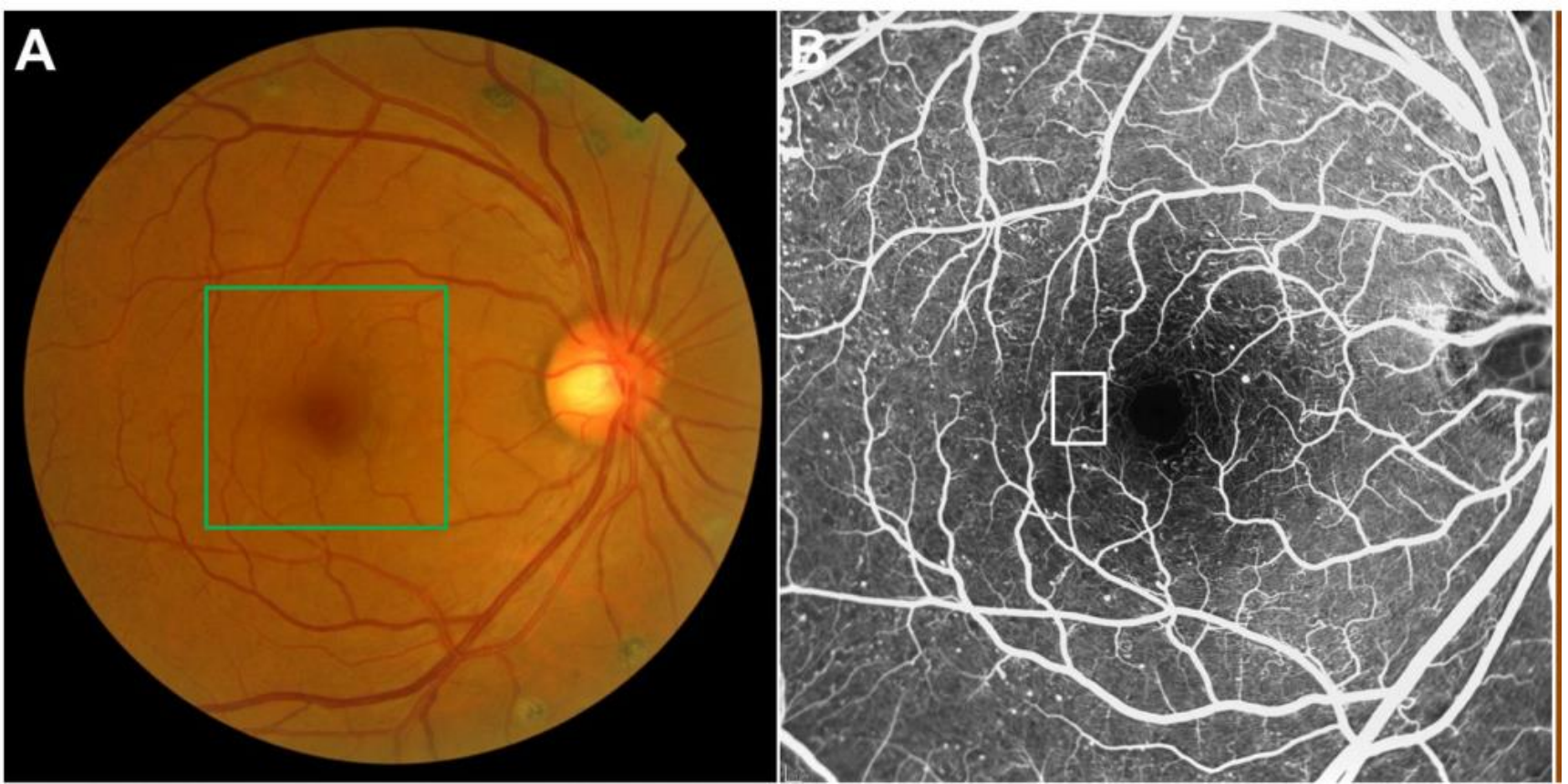
C: Ultra-wide field (UWF) fundus photo showing Retinopathy of prematurity (ROP) taken with Retcam;

D: Optomap ultra-wide-field retinal image. Peripheral pigmented lesion not visible on standard colour fundus photo;

E: Optomap ultra-wide-field retinal image. Note lash artifact;

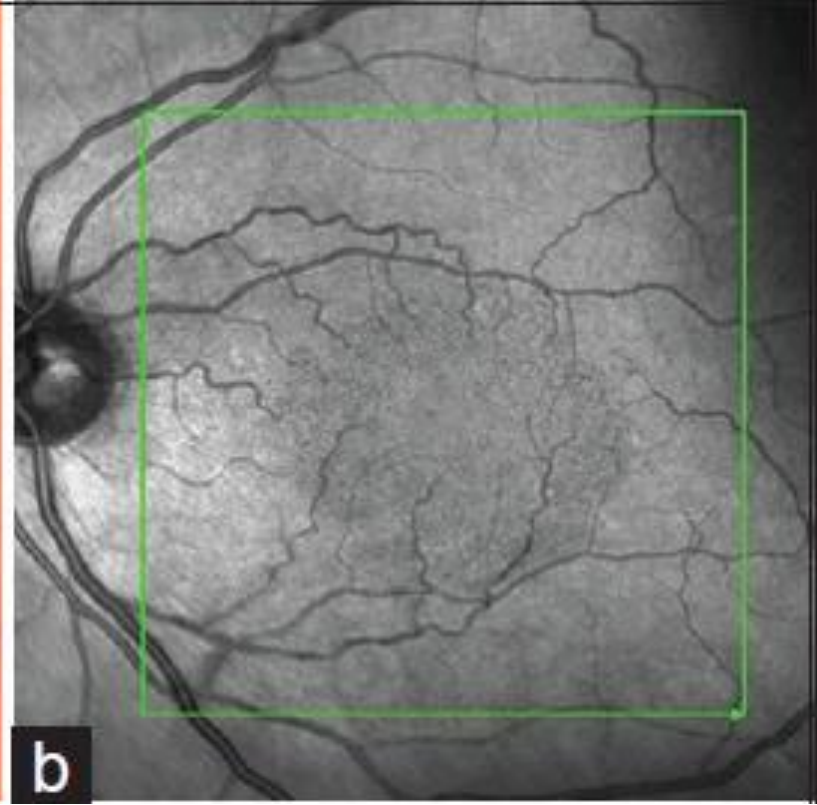
F: Heidelberg HRA ultra-wide-field retinal image.





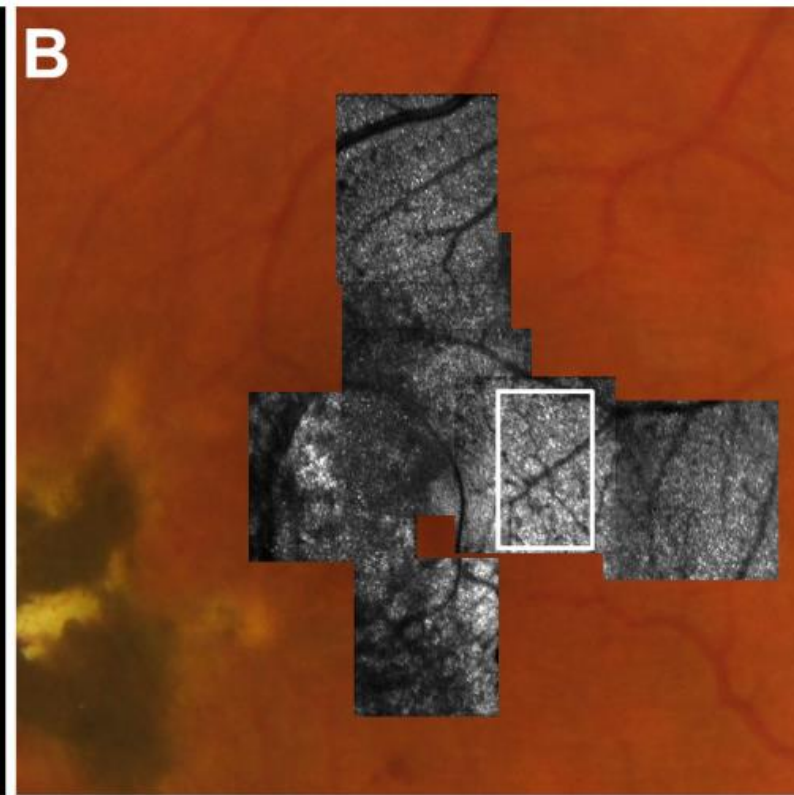
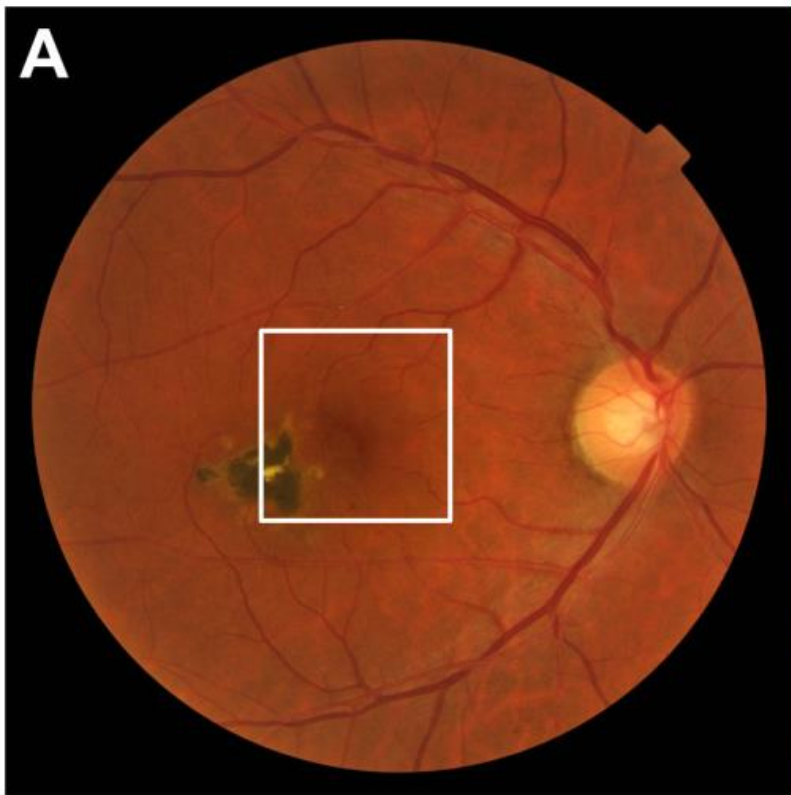
(A) Color fundus photograph.

(B) Early-phase fluorescein angiography (FA) image.

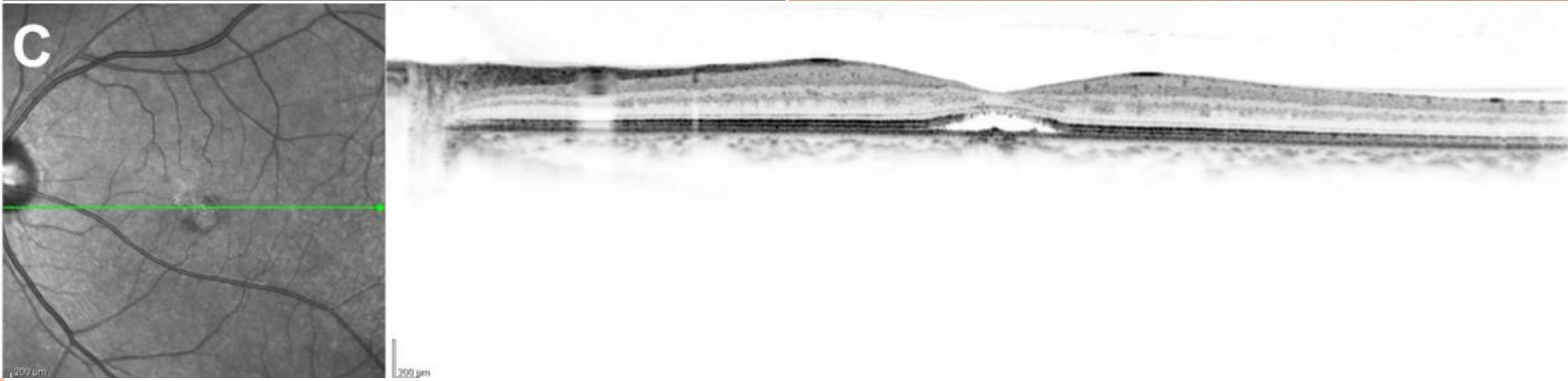
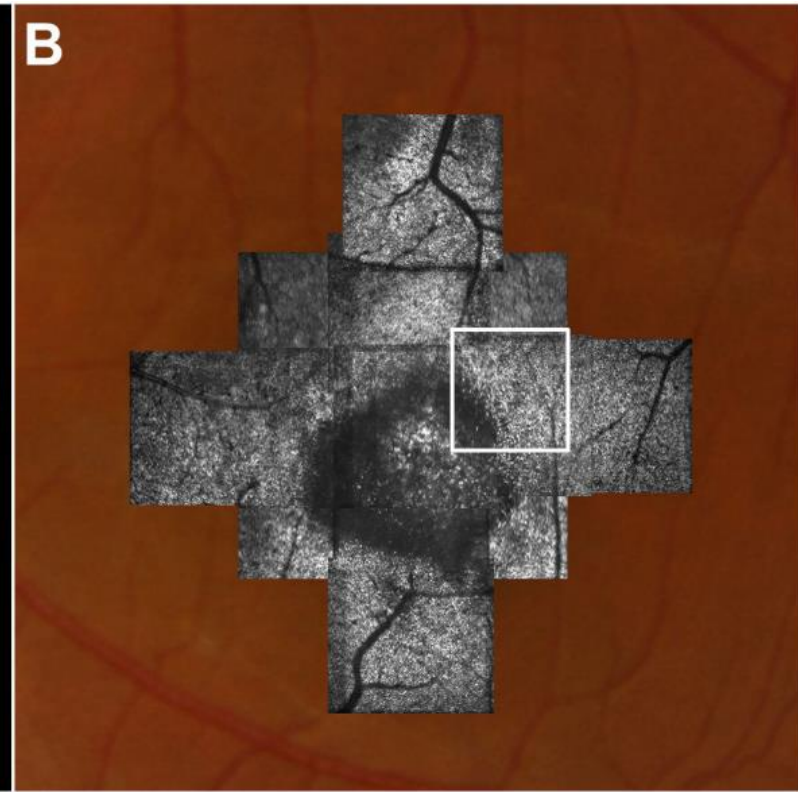
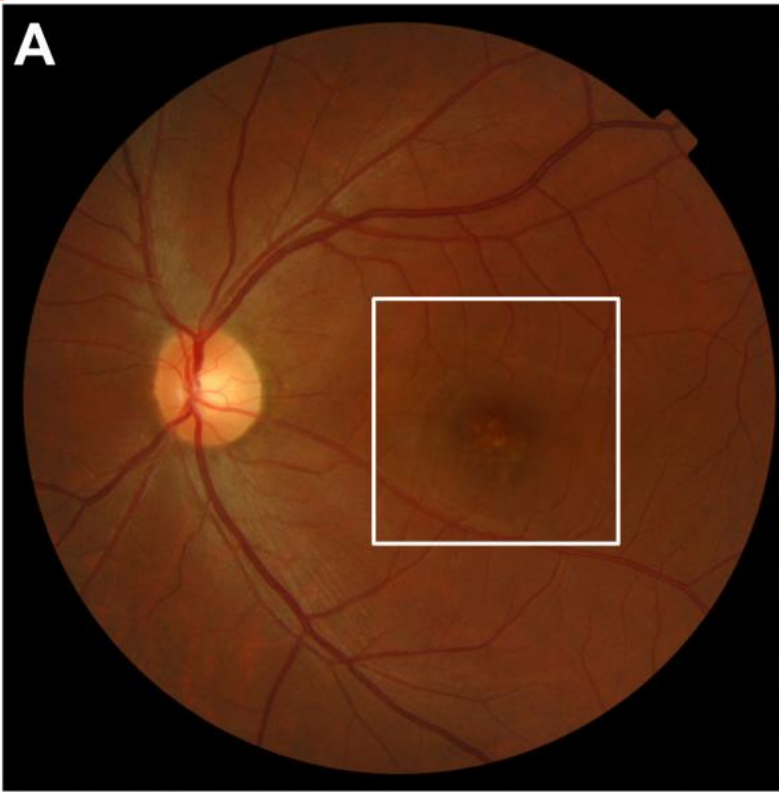


(a) Color fundus photograph.

(b) Infrared confocal scanning laser ophthalmoscope fundus image demonstrating stippled hypo-reflectance at the macula.



(A) Color fundus photograph. (B) Montage of adaptive optics scanning laser ophthalmoscopy (AO-SLO) images overlaid on magnified color fundus photograph corresponding to the area outlined in white in (A). (C) The optical coherence tomographic scan shows intra-retinal cystoid spaces.



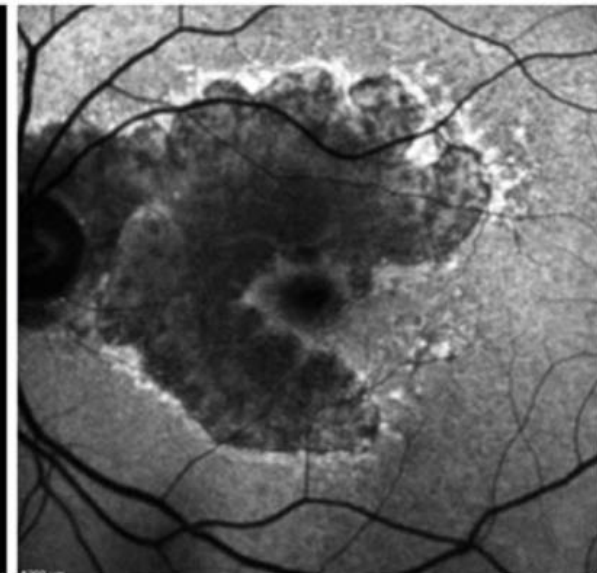
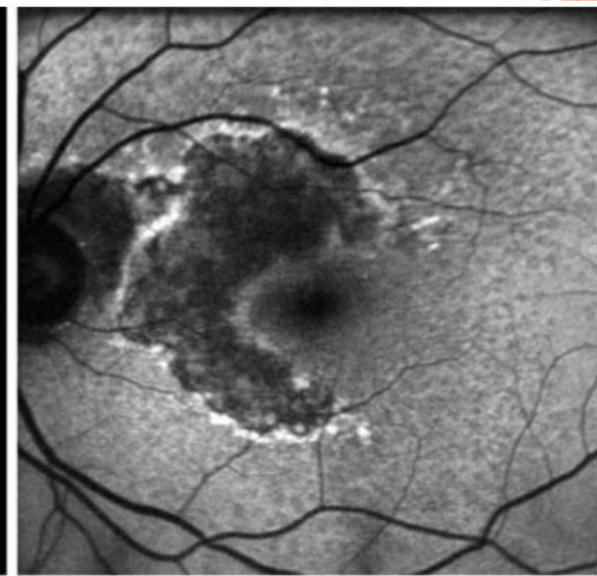
(A) Color fundus photograph. (B) Montage of adaptive optics scanning laser ophthalmoscopy (AO-SLO) images overlaid on magnified color fundus photograph corresponding to the area outlined in white in (A). (C) The optical coherence tomographic scan shows intra-retinal cystoid spaces.

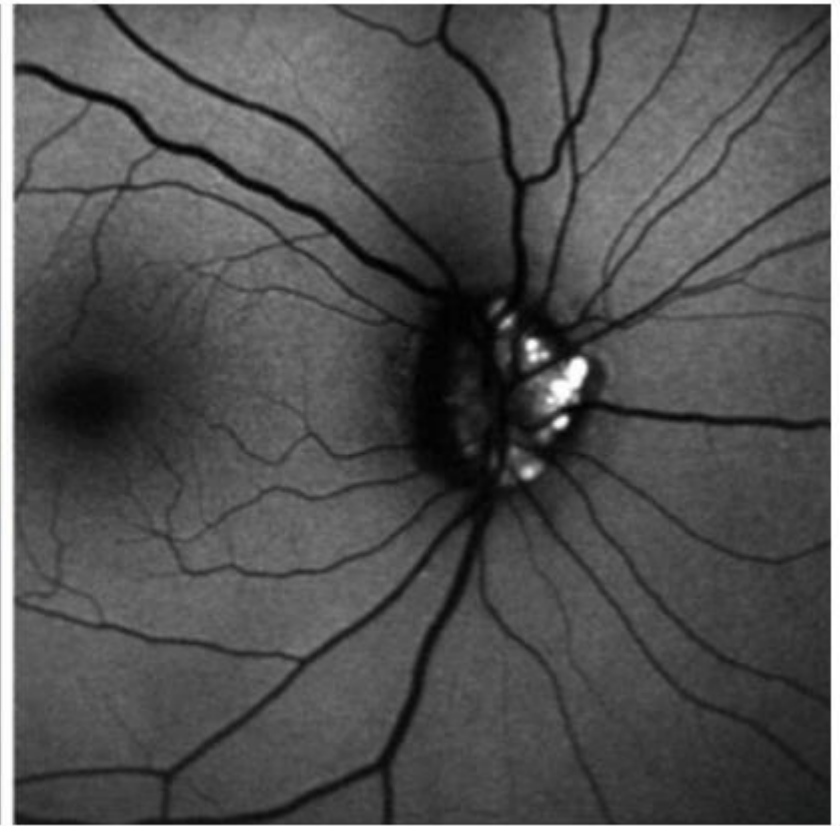
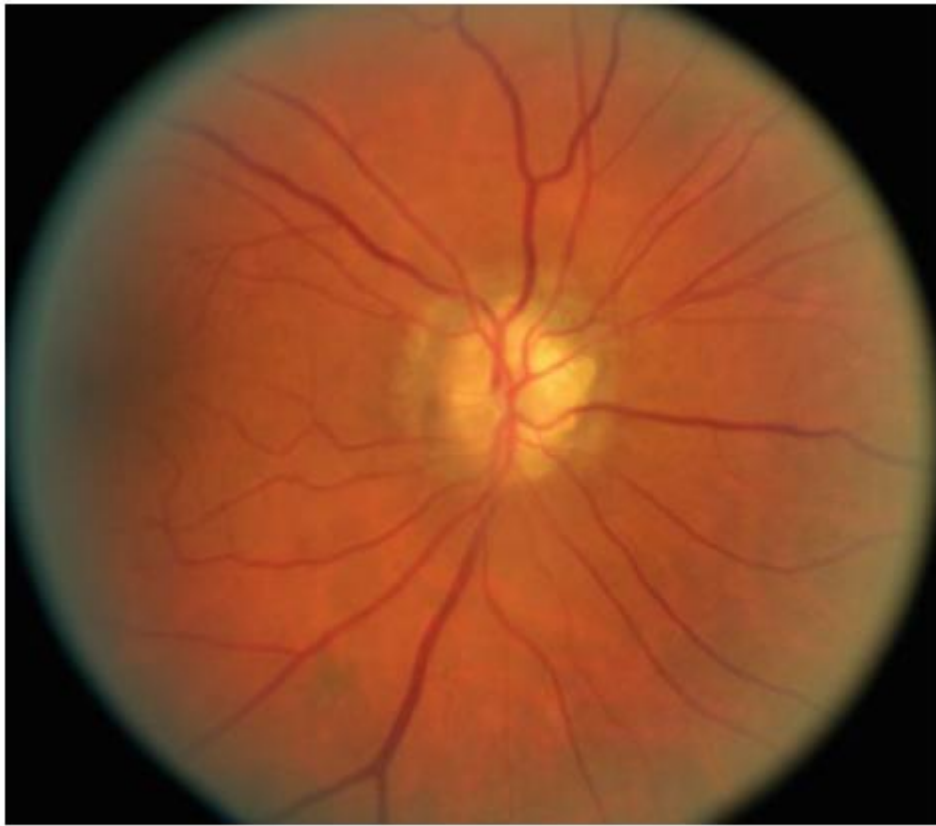
Left column, standard white light digital fundus photographs of the retina.

Right column, fundus auto fluorescence images taken with a scanning laser ophthalmoscope camera (Heidelberg HRA II).

Top row, the color and auto fluorescence images both taken on the same day.

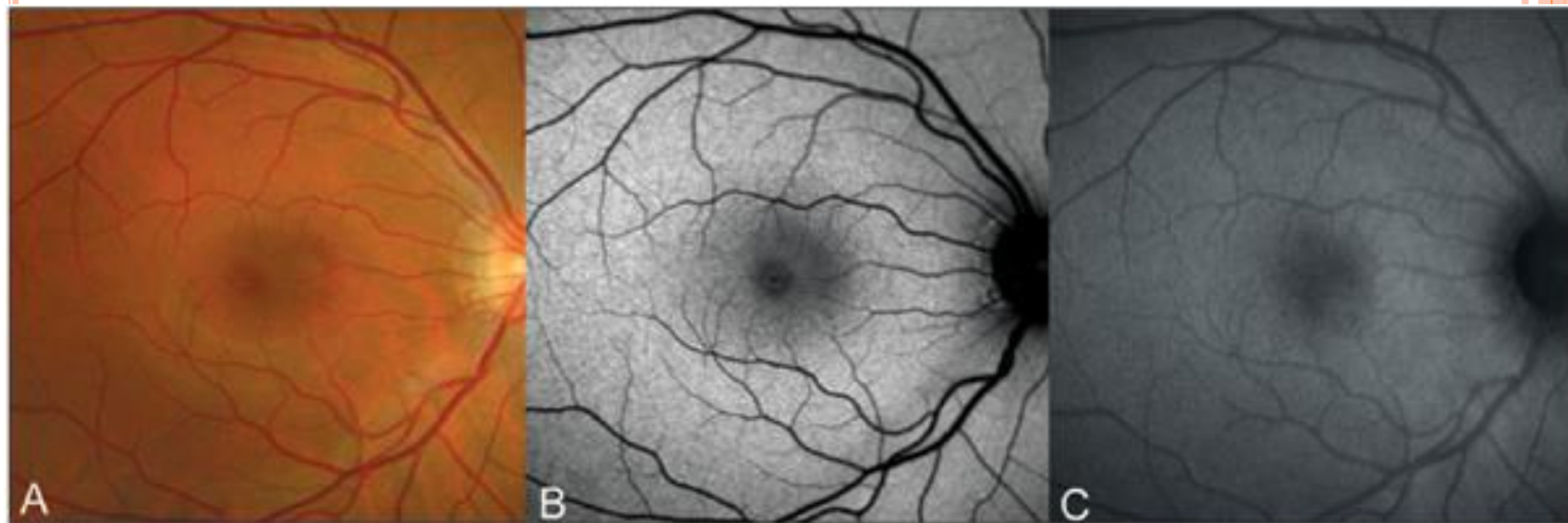
Bottom row, the color and auto fluorescence images taken on the same day 3 years and 3 months after the *top row* of images.





Left, color standard digital photograph of an abnormal appearing optic nerve.

Right, auto fluorescence imaged obtained with a scanning laser ophthalmoscope (Heidelberg HRA II).



FAF imaging in normal subject:

A. Fundus photograph

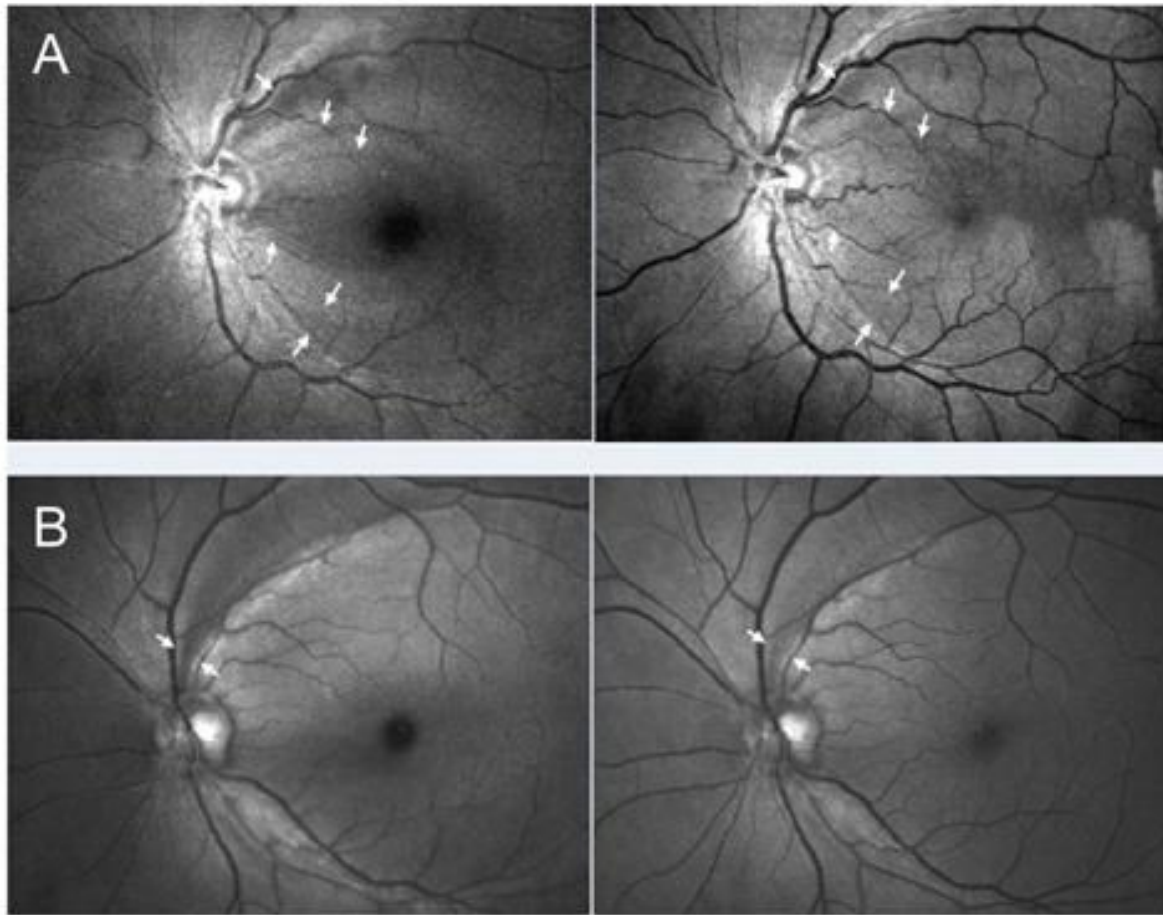
B. Mean and normalized FAF image recorded with the cSLO (Heidelberg Retina Angiograph, HRA 2, Heidelberg Engineering, Germany)

C. FAF image obtained with the modified fundus camera (TRC-50IX, Topcon, Paramus, NJ).

Note the different distribution of intensity in the fovea between cSLO and fundus camera imaging. This most likely due to different degrees of absorption of the excitation light by macular pigment.

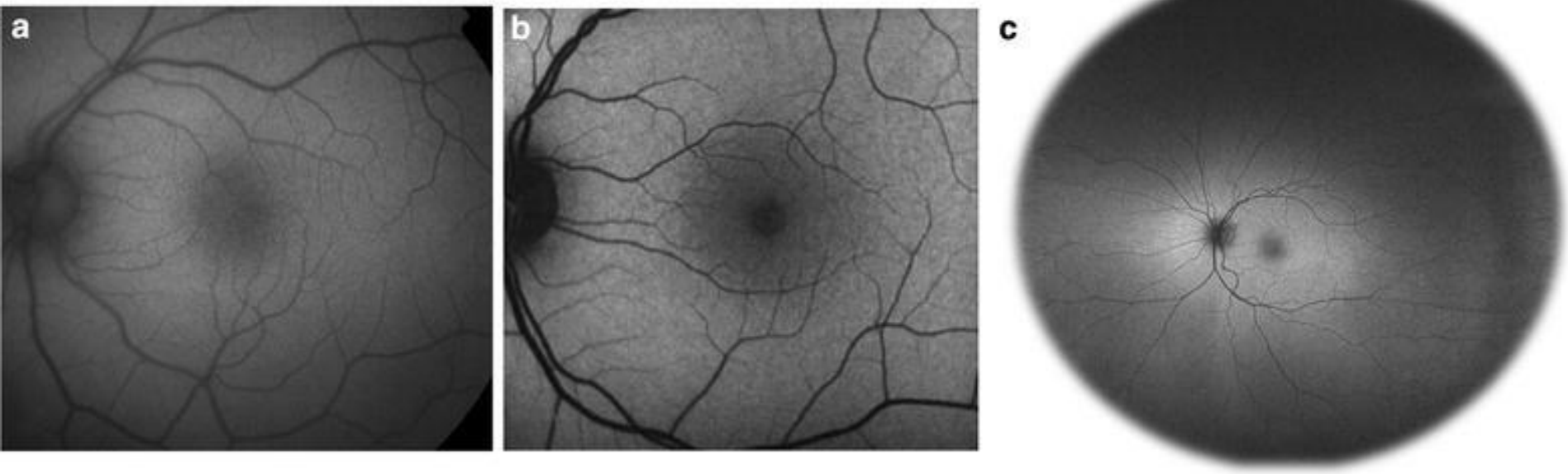
Blue CSLO

Green CSLO



(A) Case 1: 82-year-old male. Multiple retinal nerve fiber layer (RNFL) defects (white arrow) were visible with both blue and green CSLO imaging. Visualization of RNFL defects was better with blue compared to green CSLO imaging.

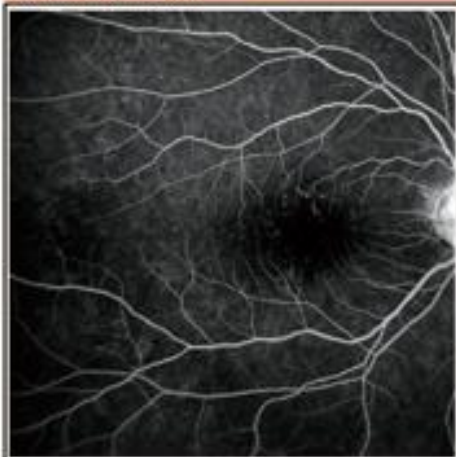
(B) Case 2: 63-year-old female. A superior temporal RNFL defect (white arrow) was visible with both blue and green CSLO imaging. Visualization of the RNFL defect was better with blue compared to green CSLO imaging.



Comparison of common imaging systems available for fundus autofluorescence. Images of normal healthy retina were obtained using the fundus camera with

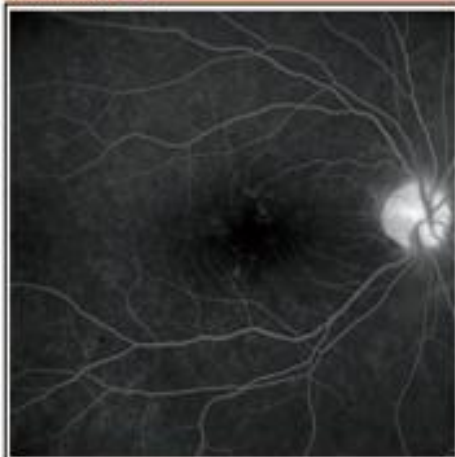
- (a) a Spaide filter,
- (b) confocal cSLO,
- (c) Optos ultra-widefield systems

FA Inj. Time 03:47.523



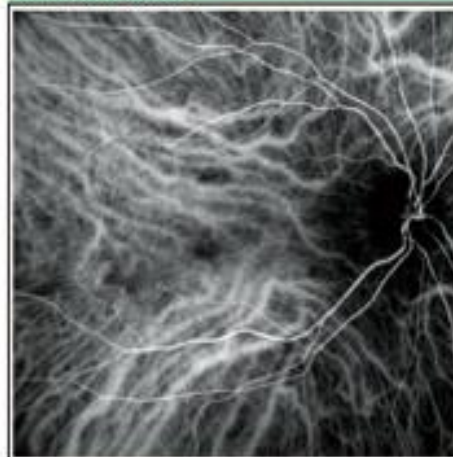
Type FA HD 41/120
 Normalize On Focus 1.00D
 SQI 2/5

FA Inj. Time 09:42.130



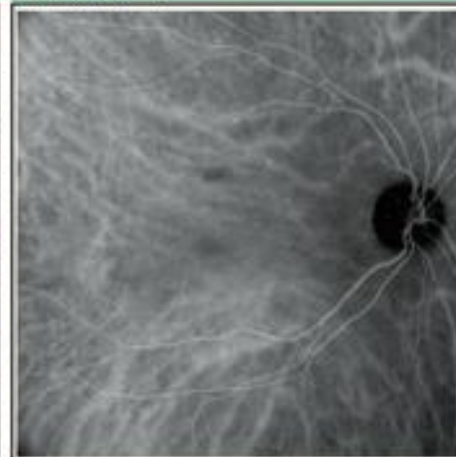
Type FA HD 65/120
 Normalize On Focus 0.00D
 SQI 5/5

ICG Inj. Time 04:01.192



Type ICG HD 47/120
 Normalize On Focus 1.00D
 SQI 2/5

ICG Inj. Time 09:51.739



Type ICG HD 52/120
 Normalize On Focus 0.00D
 SQI 5/5

Color



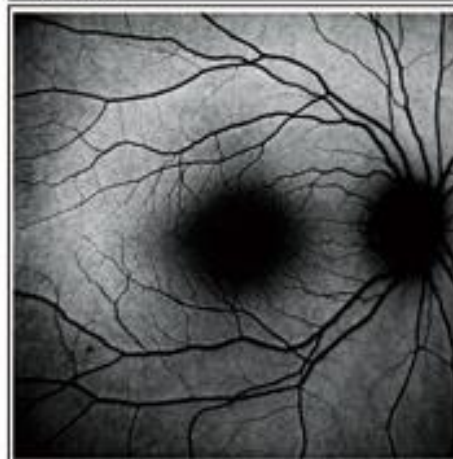
Type BGR HD 3/3
 Normalize Off Focus 0.25D
 SQI 5/5

FAF



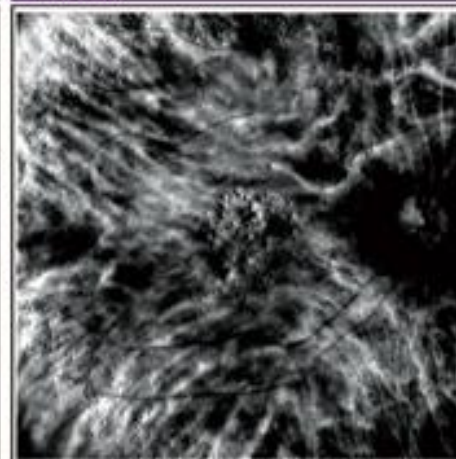
Type G-FAF HD 120/120
 Normalize Off Focus 0.25D
 SQI 2/5

FAF

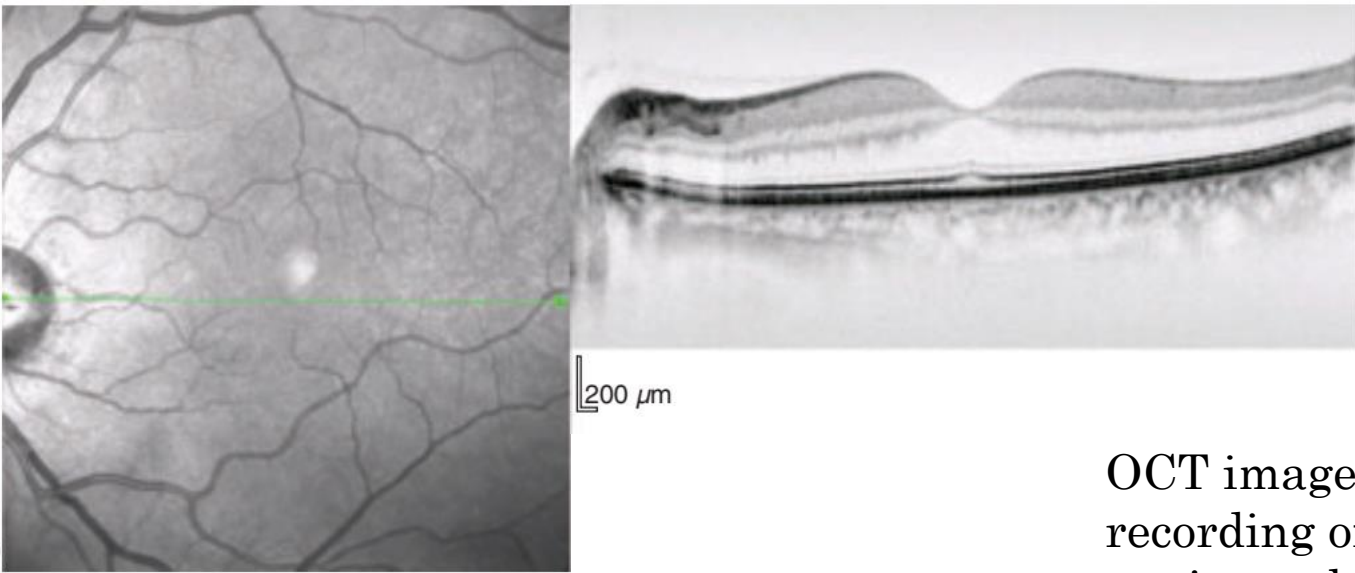


Type B-FAF HD 59/120
 Normalize Off Focus 0.25D
 SQI 2/5

Retro



Type DR HD 120/120
 Normalize On Focus 0.25D
 SQI 4/5



OCT images and simultaneous recording of fluorescein angiography, indocyanine green (ICG) angiography, infrared, and blue reflectance ('red-free') or fundus autofluorescence (FAF) images were obtained with a novel imaging device (Spectralis HRA + OCT; Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany).

