

Letter to Editor

Clinical Applications of Optical Coherence Tomography in Ophthalmology



*Masoud Aghsaei Fard¹

1. Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine, Farabi Eye Hospital, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.



Citation Aghsaei Fard M. [Clinical Applications of Optical Coherence Tomography in Ophthalmology (Persian)]. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2023; 32(1):2-7. <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.1.2024.2>

doi <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.1.2024.2>

Dear Editor

I read the study conducted by Alizade et al. [1] which was interesting. I need to indicate some points about the use of Optical Coherence Tomography (OCT) in ophthalmology and optic nerve diseases. As Alizadeh et al. [1] stated, OCT has become popular for the diagnosis and follow-up of retinal and optic nerve diseases due to its high reproducibility. In this letter, I discuss the role of OCT in optic nerve ischemia and share my experiences in this field. Then, I review the role of OCT angiography (OCT-A) and recent developments in this field, as well as the role of artificial intelligence in ophthalmology.

Optic nerve ischemia is one of the common causes of acute vision loss, but the pathophysiology and cause of this disease have not yet been fully determined. Previously, the thickness of retinal nerve fiber layer (RNFL) had been measured at the beginning of imaging with OCT in this disease. The thickness of this layer is about 100 microns in people with normal vision, but in people with optic nerve ischemia, it decreases after about 6-8 weeks. In the early stages of this disease, the measurement of RNFL thickness is not accurate enough due to swelling of the optic nerve [2]. With the progress of OCT, as mentioned in Alizadeh et al.'s article [1], the measurement of

macular ganglion cell layer (mGCL) thickness is done. We measured the thickness of the mGCL in patients with optic nerve ischemia at intervals of one month and three months after vision loss and found that the mGCL damage occurs faster than the RNFL damage. Therefore, this layer can be used to check the prognosis of the disease in the early stages [3]. With the further development of OCT, it became possible to take pictures of the deep optic nerve layers such that it is now possible to image the lamina cribrosa layer and measure the thickness of the prelaminar layer [4]. Interestingly, in patients with optic nerve ischemia, the prelaminar layer of the optic nerve is thicker than in people with normal vision. Our subsequent studies showed that this is due to the existence of thick peripapillary choroid. In other words, the main cause of optic nerve ischemia is the high choroidal thickness (pachychoroid), which causes the prelaminar layer to move forward and compress the ciliary arteries around the nerve. This is similar to compartment syndrome, causing decreased blood supply and nerve ischemia. We showed the high choroidal thickness in optic nerve ischemia for the first time in 2015, and numerous studies confirmed it [5, 6].

With the invention of OCT-A, it became possible to take images of the peripapillary vessels without injecting contrast material. At first, it seemed that OCT-A shows the vessels responsible for optic nerve ischemia, but it was

* **Corresponding Author:**

Masoud Aghsaei Fard

Address: Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine, Farabi Eye Hospital, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 7934689

E-Mail: masood219@gmail.com

found that it is not possible to image the deep peripapillary vessels that are responsible for optic nerve ischemia, and the OCT-A shows only superficial vessels that are in the RNFL [8]. In our studies, we showed that the drop-out of peripapillary blood vessels may be secondary to RNFL damage, and this reduction cannot differentiate optic nerve ischemia and optic neuritis [9]. For example, the density of peripapillary blood vessels in glaucoma are reduced similar to optic nerve ischemia. Interestingly, damage to the nerve and vascular layer match the visual field defects [10]. The OCT-A also provides the possibility of imaging the small vessels of peripapillary choroid. In several studies, we compared the density of the small vessels of peripapillary choroid in patients with optic nerve ischemia and glaucoma. Although the attenuation of surface layer vessels was the same in both diseases due to damage to the nerve layer, attenuation in small vessels of choroid was observed only in patients with glaucoma, indicating the primary role of small choroidal vessel density attenuation in the pathophysiology of glaucoma. This attenuation was not observed in patients with optic nerve ischemia [11]. It should be noted that the attenuation of small choroidal vessels in glaucoma is specific to open-angle glaucoma; in closed-angle glaucoma, vessel density attenuation is not seen [12].

Finally, I mention some points about the use of artificial intelligence (AI) in ophthalmology and the segmentation of layers in OCT. The most common use of AI is to diagnose diseases from the fundus photos. In a study, we showed that AI can differentiate papilledema from optic nerve ischemia and optic nerve drusen [13]. If AI be used in emergency rooms, it can determine the cause of optic neuritis even without the presence of an ophthalmologist. So far, after performing OCT, the RNFLs are separated and their thicknesses are measured by the software of the OCT device, but due to decrease or increase in their thickness caused by the disease, this type of measurement may not be accurate. Therefore, AI was used to determine the thickness of these layers [14]. In this regard, in a study, we showed that the determination of RNFL thickness and layer segmentation by OCT machine in optic nerve ischemia may not be accurate and manual segmentation or AI should be used [15].

Overall, peripapillary and macular OCT and OCT-A allow better evaluating the optic neuropathies in ophthalmology and AI has potential to provide clear differentiation of diseases, allowing for better use of resources and time.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

This Page Intentionally Left Blank

نامه به سردبیر

کاربردهای بالینی اپتیکال کوهرنس توموگرافی (OCT) در چشم پزشکی

مسعود اقصایی فرد^{۱*}

۱. گروه چشم پزشکی، دانشکده پزشکی، بیمارستان فارابی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.



Citation Aghsaei Fard M. [Clinical Applications of Optical Coherence Tomography in Ophthalmology (Persian)]. Journal of Guilan University of Medical Sciences. 2023; 32(1):2-7. <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.1.2024.2>

doi <https://doi.org/10.32598/JGUMS.32.1.2024.2>

سردبیر محترم

من مقاله جالب علیزاده و همکاران [۱] را در شماره اخیر مطالعه کردم و در نظر داشتم نکاتی را جمع به کاربرد دستگاه اپتیکال کوهرنس توموگرافی^۱ در چشم پزشکی و بررسی بیماری های عصب بینایی بیان کنم. همان گونه که علیزاده و همکاران بیان کردند OCT در تشخیص و پیگیری بیماری های شبکیه و عصب باتوجه به تکرارپذیری بالایی که دارد جایگاه مهمی پیدا کرده است. در این مقاله من به نقش OCT در بررسی ایسکمی عصب بینایی و تجارب و مقالات خودم در این حیطه می پردازم و سپس نقش OCT آنژیوگرافی و پیشرفت های اخیر در این حیطه و سرانجام نقش هوش مصنوعی در چشم پزشکی را مرور می کنم.

ایسکمی عصب بینایی از علل شایع کاهش حاد بینایی است و هنوز پاتوفیزیولوژی و علت بیماری به طور کامل مشخص نشده است. در اوایل شروع تصویربرداری با OCT ضخامت لایه عصبی در این بیماری اندازه گیری می شود. این لایه در افراد نرمال در حدود ۱۰۰ میکرون است و در ایسکمی عصب بینایی بعد از حدود ۶ تا ۸ هفته کاهش می یابد، اما در اوایل بیماری به دلیل ورم عصب بینایی، اندازه گیری دقت کافی ندارد [۲]. با پیشرفت OCT همان طور که در مقاله علیزاده و همکاران [۱] اشاره شده است،

ضخامت ماکولا و لایه گانگلیون در ماکولا به عنوان محل شروع آسیب لایه عصبی اندازه گیری شد. ما ضخامت لایه گانگلیون را در ایسکمی عصب در فواصل ۱ ماه و ۳ ماه بعد از کاهش دید اندازه گیری کردیم و نشان دادیم آسیب گانگلیون سل در ناحیه ماکولا زودتر از لایه دور عصب رخ می دهد، بنابراین در بررسی پروگنوز بیماری در مراحل اولیه می تواند به کار رود [۳].

با پیشرفت بیشتر OCT امکان تصویربرداری از لایه های عمقی عصب بینایی امکان پذیر شد و ما توانستیم لایه لامینا کریبروزا که در عمق عصب وجود دارد را تصویربرداری و ضخامت لایه پره لامینار را اندازه گیری کنیم [۴]. به طور جالب در ایسکمی عصب بینایی لایه پره لامینار عصب بینایی ضخیم تر از افراد نرمال است که مطالعات بعدی ما نشان داد این به خاطر ضخامت زیاد کوروئید دور عصب است. به عبارت دیگر علت اصلی ایسکمی عصب، ضخامت زیاد کوروئید دور عصب (پاکی کوروئید) است که باعث به جلو راندن ناحیه پره لامینار و کمپرس عروق سیلیاری دور عصب می شود و این شبیه سندروم کمپارتمنت باعث کاهش خون رسانی و ایسکمی عصب می شود. ما اولین بار در سال ۲۰۱۵ به ضخامت زیاد کوروئید دور عصب در ایسکمی عصب اشاره کردیم و مقالات متعدد این موضوع را تأیید کردند [۵، ۶].

1. Optical coherence tomography (OCT)

* نویسنده مسئول:

مسعود اقصایی فرد

نشانی: گروه چشم پزشکی، بیمارستان فارابی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

تلفن: ۷۹۳۴۶۸۹ (۹۱۲) ۰۹۸

رایانامه: masood219@gmail.com

در یک مطالعه نشان دادیم در ایسکمی عصب بینایی به علت آسیب عصب و کیفیت پایین تصاویر تعیین حدود لایه عصبی و سگمنتاسیون لایه‌ها توسط ماشین OCT ممکن است دقیق نباشد و باید از سگمنت دستی یا از هوش مصنوعی استفاده کرد [۱۵].

به‌طور خلاصه، تصویربرداری OCT در پیگیری و تشخیص بیماری‌های چشم‌پزشکی کمک زیادی انجام می‌دهد و قابلیت تکرار بالای آن همان‌طور که در مقاله علیزاده بیان شد، تحولی در علم چشم‌پزشکی است.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

با ابداع OCT آنژیوگرافی امکان تصویربرداری از عروق دور عصب و ماکولا بدون تزریق ماده حاجب فراهم شد [۷]. در ابتدا به نظر می‌رسید آنژیوگرافی عروق مسئول ایسکمی را نشان می‌دهد، اما مشخص شد امکان تصویربرداری عروق عمقی سر عصب که مسئول ایسکمی هستند، وجود ندارد و OCT آنژیوگرافی فقط عروق سطحی را که در لایه عصبی هستند، نشان می‌دهد [۸]. ما در مطالعات خودمان نشان دادیم عروق دور عصب ثانویه به هر نوع آسیب لایه عصبی کاهش پیدا می‌کند و این کاهش عروقی متمایزکننده ایسکی عصب و التهاب عصب نیست [۹]. برای مثال در گلوکوم هم عروق دور عصب مشابه ایسکمی کاهش می‌یابد. به‌طور جالب آسیب لایه عصبی و عروقی با میدان دید هم هماهنگی دارد [۱۰]. OCT، آنژیوگرافی امکان تصویربرداری عروق کوچک کورویید دور عصب را هم فراهم کرده است.

در چندین مقاله، عروق کوچک کورویید در ایسکمی عصب و گلوکوم را مقایسه کردیم. با وجود اینکه کاهش عروق لایه سطحی در هر ۲ بیماری به‌علت آسیب لایه عصبی یکسان بود، عروق کوچک کورویید فقط در گلوکوم آسیب را نشان می‌دادند که نشانگر نقش اولیه کاهش عروق کوچک کورویید در پاتوفیزیولوژی گلوکوم است. این کاهش عروقی در ایسکمی عصب وجود نداشت و همان‌طور که قبلاً اشاره شد حتی افزایش ضخامت این لایه در ایسکمی وجود دارد [۱۱]. قضیه آسیب عروق کوچک کورویید در گلوکوم منحصر به گلوکوم زاویه باز است و در گلوکوم زاویه بسته کاهش عروق دیده نمی‌شود [۱۲].

سرانجام راجع به کاربرد هوش مصنوعی در چشم‌پزشکی و سگمنت کردن لایه‌ها در OCT مطالبی را ذکر می‌کنم. بیشترین کاربرد هوش مصنوعی تشخیص بیماری‌ها از روی عکس فوندوس است. این‌گونه که ابتدا نرم‌افزار تعداد زیادی عکس فوندوس با تشخیص معلوم را می‌بیند و از روی آن‌ها یاد می‌گیرد و سپس وقتی تصویر فوندوس نامشخص را به شبکه نرم‌افزاری نشان می‌دهند، این بار خود شبکه نرم‌افزاری تشخیص می‌دهد.

در یک مطالعه بزرگ بین‌قاره‌ای نشان دادیم هوش مصنوعی به‌خوبی چشم‌پزشک می‌تواند پاپیلاهما را از ایسکمی عصب و دروزن عصب افتراق بدهد [۱۳]. اگر این نرم‌افزارها در اورژانس‌ها به کار گرفته شوند حتی بدون حضور متخصص چشم می‌توانند علت ورم عصب بینایی را تعیین کنند. قضیه دیگر کاربرد هوش مصنوعی در تعیین حدود لایه‌های عصبی OCT است. تا به امروز بعد از انجام OCT لایه‌های شبکیه توسط نرم‌افزار دستگاه OCT از هم جدا و ضخامت‌ها اندازه‌گیری می‌شود، اما به‌علت کاهش ضخامت یا افزایش ضخامت ناشی از بیماری این نوع اندازه‌گیری و مشخص کردن لایه‌ها ممکن است دقیق نباشد، بنابراین از هوش مصنوعی برای تعیین محدوده این لایه‌ها استفاده شد [۱۴].

References

- [1] Alizadeh Y, Dourandeesh M, Behboudi H, Kianmehr S, Kazemzad leyli E, Nimasa N. Repeatability and reproducibility of macular thickness measurements using optical coherence tomography (OCT) in normal eyes before and after pupil dilation. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2022; 31(3):180-91. [DOI:10.32598/JGUMS.31.3.1911.1]
- [2] Aghsaei Fard M, Ghahvehchian H, Subramanian PS. Optical coherence tomography in ischemic optic neuropathy. *Annals of Eye Science*. 2020; 5:1-10. [DOI:10.21037/aes.2019.12.05]
- [3] Akbari M, Abdi P, Fard MA, Afzali M, Ameri A, Yazdani-Abyaneh A, et al. Retinal ganglion cell loss precedes retinal nerve fiber thinning in nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Journal of Neuro-Ophthalmology*. 2016; 36(2):141-6. [DOI:10.1097/WNO.0000000000000345] [PMID]
- [4] Moghimi S, Afzali M, Akbari M, Ebrahimi KB, Khodabande A, Yazdani-Abyaneh AR, et al. Crowded optic nerve head evaluation with optical coherence tomography in anterior ischemic optic neuropathy. *Eye (London, England)*. 2017; 31(8):1191-8. [DOI:10.1038/eye.2017.56] [PMID] [PMCID]
- [5] Aghsaei Fard M, Abdi P, Kasaei A, Soltani Mogaddam R, Afzali M, Moghimi S. Peripapillary choroidal thickness in nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2015; 56(5):3027-33. [DOI:10.1167/iops.14-15661] [PMID]
- [6] Girkin CA. Is nonarteritic ischemic optic neuropathy due to choroidal compression of the prelaminar neurovascular compartment of the optic nerve head? *Journal of Neuro-Ophthalmology*. 2018; 38(1):1-3. [DOI:10.1097/WNO.0000000000000628] [PMID]
- [7] Gao SS, Jia Y, Zhang M, Su JP, Liu G, Hwang TS, et al. Optical coherence tomography angiography. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2016; 57(9):OCT27-36. [DOI:10.1167/iops.15-19043] [PMID] [PMCID]
- [8] Aghsaei Fard M, Jalili J, Sahraiyen A, Khojasteh H, Hejazi M, Ritch R. Optical coherence tomography angiography in optic disc swelling. *American Journal of Ophthalmology*. 2018; 191:116-23. [DOI:10.1016/j.ajo.2018.04.017] [PMID]
- [9] Aghsaei Fard M, Yadegari S, Ghahvehchian H, Moghimi S, Soltani-Moghaddam R, Subramanian PS. Optical coherence tomography angiography of a pale optic disc in demyelinating optic neuritis and ischemic optic neuropathy. *Journal of Neuro-Ophthalmology*. 2019; 39(3):339-44. [DOI:10.1097/WNO.0000000000000775] [PMID]
- [10] Aghsaei Fard M, Ritch R. Optical coherence tomography angiography in glaucoma. *Annals of Translational Medicine*. 2020; 8(18):1204. [DOI:10.21037/atm-20-2828] [PMID] [PMCID]
- [11] Aghsaei Fard M, Salabati M, Mahmoudzadeh R, Kafieh R, Hojati S, Safizadeh M, et al. Automated evaluation of parapapillary choroidal microvasculature in ischemic optic neuropathy and open angle glaucoma. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2020; 61(3):35. [DOI:10.1167/iops.61.3.35] [PMID] [PMCID]
- [12] Suwan Y, Aghsaei Fard M, Vilainerun N, Petpiroon P, Tantraworasin A, Teekhasaene C, et al. Parapapillary choroidal microvascular density in acute primary angle-closure and primary open-angle glaucoma: An optical coherence tomography angiography study. *The British Journal of Ophthalmology*. 2022; 1-6. [DOI:10.1136/bjo-2021-321022] [PMID]
- [13] Milea D, Najjar RP, Zhuho J, Ting D, Vasseneix C, Xu X, et al. Artificial intelligence to detect papilledema from ocular fundus photographs. *The New England Journal of Medicine*. 2020; 382:1687-95. [DOI:10.1056/NEJMoa1917130] [PMID]
- [14] Jammal AA, Thompson AC, Ogata NG, Mariottoni EB, Urata CN, Costa VP, et al. Detecting retinal nerve fibre layer segmentation errors on spectral domain-optical coherence tomography with a deep learning algorithm. *Scientific Reports*. 2019; 9(1):9836. [DOI:10.1038/s41598-019-46294-6] [PMID] [PMCID]
- [15] Razaghi G, Hedayati E, Hejazi M, Kafieh R, Samadi M, Ritch R, et al. Measurement of retinal nerve fiber layer thickness with a deep learning algorithm in ischemic optic neuropathy and optic neuritis. *Scientific Reports*. 2022; 12(1):17109. [DOI:10.1038/s41598-022-22135-x] [PMID] [PMCID]