

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ПРОКСИМАЛНАТА СЛЪЗНА СИСТЕМА ЧРЕЗ ПРЕДНО-СЕГМЕНТНА ОПТИЧНА КОХЕРЕНТНА ТОМОГРАФИЯ

Елизабета Янкова<sup>1,2</sup>, Розалия Христова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Катедра по очни болести и зрителни науки, Факултет по медицина, Медицински университет – Варна, България

<sup>2</sup>Очна клиника „VISION“, София, България

<sup>3</sup>Университетска болница „Александровска“, Медицински университет – София, България

## IMAGING OF PROXIMAL LACRIMAL SYSTEM WITH SPECTRAL-DOMAIN ANTERIOR SEGMENT OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY

Elizabeta Yankova<sup>1,2</sup>, Rozalia Hristova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology and Visual Sciences, Faculty of Medicine, Medical University of Varna, Bulgaria

<sup>2</sup>VISION Eye Hospital, Sofia, Bulgaria

<sup>3</sup>Alexandrovskia University Hospital, Medical University of Sofia, Bulgaria

### Адрес за кореспонденция:

Елизабета Янкова  
Катедра по очни болести и зрителни науки, Факултет по медицина, Медицински университет – Варна  
ул. „Марин Дринов“ 55  
Варна 9002  
България  
e-mail: elizabetayankova1305@abv.bg

### РЕЗЮМЕ

**Въведение:** Слъзната пункта е входна врата за слъзите към назолакрималния канал. В литературата има сравнително малко проучвания върху пунктите поради липсата на консенсус по отношение на модалностите за изобразяване на проксималната слъзна система. Понастоящем няма рутинно използвани методи за изобразяване на проксималната слъзна система.

**Цел:** Да се оцени проксималната слъзна система, като се използва нов безконтактен метод чрез предно-сегментна оптична кохерентна томография.

**Материал:** Това проучване включва 25 десни очи на 25 здрави доброволци. Заснети бяха изображения на долна дясна слъзна пункта от двама оператори, използвайки SD OCT 3D OCT-2000 FA Plus (Topcon Corporation, Япония) и софтуерна версия 8.11. Измерванията се повтарят след 7 дни. Измерват се вътрешният диаметър на каналикула и височината на слъзния мениск. IBM SPSS v23 беше използван за статистически анализ.

**Резултати:** Средната възраст на лицата, включени в изследването, е  $24 \pm 2,4$  години. Проучването включва 10 мъже и 15 жени. Средните диаметри на пунктите при посещение 1 и посещение 2 бяха съответно  $179,08 \pm 76,97 \mu$  и  $179,64 \pm 76,37 \mu$  за изследовател 1 (опитен) и  $204,72 \pm 106,98 \mu$  и  $192,32 \pm 91,52 \mu$  за втория изследовател (неопитен). При 20 пациенти е измерена височината на слъзния мениск в пунктата. Уилкоксън ранг тест не показва статистически значима разлика между стойностите на двамата изследователи ( $p=0,106$ ). Линеиният регресионен анализ демонстрира отлична корелация между изследователите ( $p=.000$ ,  $r=0,834$ ). Тестът за хомогенност на Levene показва подобна вариация на измерванията между наблюдателите ( $p=0,424$ ,  $F=0,643$ ).

**Заклучение:** Предно-сегментната оптичната кохерентна томография може успешно да се използва за визуализиране на структурите на проксималната слъзна система и точното измерване на вътрешния диаметър на каналикулите и височината на слъзния мениск при здрави индивиди. Демонстрира се повторимост на метода, която не зависи от опита на изследователя. Може да се приложи успешно в бъдеща диагностика на различни слъзни патологии за обективна оценка и образна технология.

**Ключови думи:** слъзна пункта, каналикули, предно-сегментна оптична кохерентна томография, слъзен мениск

**Address for correspondence:**

Elizabeta Yankova  
Department of Ophthalmology and Visual  
Sciences, Faculty of Medicine  
Medical University of Varna  
55 Marin Drinov St  
9002 Varna  
Bulgaria  
e-mail: elizabetayankova1305@abv.bg

**ABSTRACT**

**Introduction:** Lacrimal punctum is the entry point for tears to the nasolacrimal duct. In the literature there are few studies on the punctum, due to the lack of consensus regarding the imaging modalities for the proximal lacrimal system. There are currently no routinely used imaging modalities for the proximal lacrimal system.

**Aim:** The aim of this article is to assess the proximal lacrimal system using a novel non-contact method with the use of anterior segment optical coherence tomography.

**Materials and Methods:** This study included 25 right eyes of 25 healthy volunteers. Optical coherence tomography images of the right lower lacrimal puncta were obtained by two operators using SD OCT 3D OCT-2000 FA Plus (Topcon Corporation, Japan) and software version 8.11. The measurements were repeated after 7 days. The inner diameters of the canaliculus and tear meniscus height were measured. IBM SPSS v23 was used for statistical analysis.

**Results:** The mean age of subjects was  $24 \pm 2.4$  years. The study included 10 males and 15 females. The mean punctal diameters at Visit 1 and Visit 2 were  $179.08 \pm 76.97 \mu$  and  $179.64 \pm 76.37 \mu$  for investigator 1 (experienced), and  $204.72 \pm 106.98 \mu$  and  $192.32 \pm 91.52 \mu$  for the second investigator (inexperienced), respectively. In 20 patients the tear meniscus height in the punctum was measured. The Wilcoxon signed-rank test showed no statistically significant difference between the values of the two investigators ( $p=0.106$ ). Linear regression analysis demonstrated excellent correlation between the investigators ( $p=.000$ ,  $r=0.834$ ). Levene's test of homogeneity showed similar measurement variance between observers ( $p=0.424$ ,  $F=0.643$ ).

**Conclusion:** Anterior segment optical coherence tomography can be successfully used to visualize the structures of the proximal lacrimal system and provide accurate measurement of the inner diameter of the canaliculus and tear meniscus height in healthy subjects. The method demonstrates excellent repeatability, which does not depend on investigator experience. It could be implemented successfully in future diagnostics of different lacrimal pathologies for objective assessment by imaging technology.

**Keywords:** *lacrimal punctum, optical coherence tomography, tear dynamics, tear meniscus*

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Слъзната пункта е входна врата за слъзите към назолакрималния канал (1,2). Картър и сътр. (3) изследват вариациите в размера на слъзните пункти при възрастни. Въпреки това като цяло има сравнително малко проучвания върху пунктите поради липсата на консенсус по отношение на модалностите за изобразяване на проксималната слъзна система (4). Понастоящем няма рутинно използвани методи за изобразяване на проксималната слъзна система. Въпреки широкото използване на оптичната кохерентна томография (ОСТ) за оценка на заболявания на ретината и роговицата ОСТ изобразяването все още не се извършва рутинно за очните аднекси. Това е изненадващо предвид характеристиките на ОСТ изследването, което е безболезнено и неинвазивно, както и позволява бързо получаване на изображения. По-важното е, че има висока аксиална разделителна способност (обикновено 3–10  $\mu\text{m}$ ) и е наречена „in vivo клинична биопсия“ (5).

Пунктата е единствената видима част от слъзната дренажна система. Класически се дефинира като отвор, разположен на върха на слъзната папила, присъстващ в медиалната част на горния и долния клепач. Долната пункта е поставена леко странично спрямо горната. Всяка пункта се свързва с 2 mm вертикален каналикул, който се завърта медиално на 8 mm, за да се отвори накрая в слъзния сак или отделно, или след присъединяване към другия каналикул, образувайки общ каналикул. И двете пункти обикновено са насочени към булба; следователно клепачът трябва да бъде обърнат, за да се позволи тяхното изследване (6). Разбирането на анатомията

**INTRODUCTION**

The entry point for tears to the nasolacrimal duct is the lacrimal punctum (1,2). Carter et al. (3) studied the size variation of the lacrimal punctum in adults. In the literature there are few studies on the punctum and their visualization (4). There are currently no routinely used imaging modalities for the proximal lacrimal system. Optical coherence tomography (OCT) is used basically for retinal and corneal disease imaging and is not yet routinely performed for ocular adnexal conditions. Optical coherence tomography imaging is painless and non-invasive and allows for rapid image acquisition. It has a high axial resolution (typically 3–10  $\mu\text{m}$ ) and is called in vivo clinical biopsy (5). The punctum—the only visible part of the lacrimal drainage system, defined as the opening situated on top of the lacrimal papilla, found at the medial aspect of the upper and lower lid margins. The lower punctum is placed slightly lateral to the upper. Each punctum connects to a 2 mm vertical canaliculus that turns medially for 8 mm to finally open in the lacrimal sac either separately or after joining the other canaliculus, forming a common canaliculus. Both punctae are normally directed towards the globe; the lid should be everted to allow their examination (6).

In order to better understand the disorders causing epiphora, mainly stenosis or total occlusion, it is important to know the punctum anatomy (7). Punctum anatomy is important for designing and fitting plugs, and inserting other nasolacrimal stents (8). Knowing the punctum anatomy well plays a role in understanding the physiology of tear drainage (9).

Wawrzynski et al. have recently described the possibility of using anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) to provide

на пунктата е важно за по-добра оценка на нарушенията, причиняващи епифора, главно стеноза или пълна оклузия (7). Анатомията може да бъде важна за проектиране и поставяне на слъзни тапи, както и за поставяне на назолакримални стентове (8). Може също така да играе роля в разбирането на физиологията на слъзния дренаж (9).

Малко изследвания са се занимавали с изучаване на анатомията на пунктите и техните изображения. Wawrzynski и др. наскоро описаха възможността за използване на оптична кохерентна томография на предния сегмент (AS-OCT) за осигуряване на изображения с висока разделителна способност на пунктите и проксималния каналкул с обещаващи резултати (4). Това е неинвазивна безконтактна техника за изобразяване, която използва инфрачервена светлина за изследване на очните структури *in vivo*. Той е полезен инструмент, който осигурява томографско напречно сечение с висока разделителна способност на предния сегмент от първото му производство от Izatt et al. през 1994 г. (10).

### ЦЕЛ

В настоящата работа представяме нов подход за безконтактно проследяване на евакуацията на слъзата през слъзните пункти с помощта на предно-сегментна оптична кохерентна томография при асимптоматични български доброволци.

### МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За това проучване 25 здрави доброволци без стеноза на слъзния път, без патология в позицията на клепачите и без епифора (11) (резултат на Munk 0) бяха изследвани проспективно.

Заснемането на пациентите се осъществи от двама оператори. Използвахме SD OCT 3D OCT-2000 FA Plus (Topcon Corporation, Япония) и софтуерна версия 8.11. Техническите характеристики на камерата са: скорост на снимане 50000 А сканове/с; проникване на сканиране от 2,3 mm; разделителна способност 5–6 μm; 16,5 MP камера с възможност за FA/FAF (автофлуоресценция).

Предварително бе предприета биомикроскопия, за да се изключат всякакви патологични състояния на розовицата. Конюнктивата и слъзният филм бяха изследвани, за да се изключи вторична причина за слъзене. Пациентите бяха изследвани за слабост на клепачите, промяна в позицията на клепачите и проходимост и позиция на слъзните пункти. Слъзният дренаж се оцени, както следва. Първо беше проведен тест за изчезване на флуоресцеиновото багрило чрез вливане на 2% флуоресцеин в конюнктивалния сак. Резултатите на пациента са отчетени след 2 минути (нормална слъзна система ще изпомпва този разтвор в носа за 1 минута). Тест на Jones 1 беше извършен след 5 минути, веднага последван от тест на Jones 2. Долният слъзен канал се проми рутинно с физиологичен разтвор и се сондира. Беше отчетена носната проходимост и всеки рефлукс през горния каналкул или каналкуларна обструкция. Пациенти с някакво възпаление на пунктите и/или каналкулите бяха изключени. Никой от изследваните не беше използвал капки за очи 1 час преди тестването, за да се избегнат ефектите от капките.

high-resolution images of the punctum and proximal canaliculus with promising results (4). Anterior segment optical coherence tomography is a noninvasive, noncontact imaging technique that uses infrared light to visualize ocular structures *in vivo*. It is a useful device that provides high-resolution tomographic cross-sectional imaging of the anterior segment since its first production by Izatt et al. in 1994 (10).

### AIM

The aim of the current work is to present a novel approach to non-contact tracking of the tear evacuation through the lacrimal punctum with the use of AS-OCT in asymptomatic Bulgarian subjects.

### MATERIALS AND METHODS

For this study, 25 healthy volunteers with no stenosis of the lacrimal pathway, without pathology in the eyelid position and no epiphora (11) (Munk score 0) were prospectively recruited.

Optical coherence tomography images of both lower lacrimal puncta were obtained by two operators. We used SD OCT 3D OCT-2000 FA Plus (Topcon Corporation, Japan) and software version 8.11. The technical specifications of the camera were: Shooting Speed 50000 A scans/s; scanning penetration of 2.3 mm; resolution 5–6 μm; 16.5 MP camera with FA/FAF capability (autofluorescence).

We performed slit-lamp examinations to exclude any corneal pathologic conditions. We examined the conjunctiva, globe and tear film to exclude secondary tearing. Patients were examined for canthal ligament laxity, punctal position and patency and eyelid position. Lacrimal drainage was assessed routinely as follows: the Jones I test was performed by instilling fluorescein into the conjunctival fornices and passing a cotton tip into the inferior meatus near the valve of Hasner to recover the dye. This is done at 2 and 5 minutes after instilling fluorescein. The Jones II test is performed after an unsuccessful Jones I test. The residual fluorescein is flushed from the conjunctival sac and the lacrimal drainage system is irrigated with clear saline. A cotton tip is used to test if fluorescein can be retrieved from the inferior meatus in the region of the nasolacrimal duct ostium. The patient's results were recorded after 2 min (a normal lacrimal system will pump this solution into the nose in 1 min). Patients with any inflammation of punctum and/or canaliculus were excluded. None of the subjects used eye drops 1 hour prior to testing to avoid drop effects. Patients who were treated with antiglaucoma drops or with previous lacrimal surgeries were not included into the study.

Every patient was positioned with their chin on the OCT chinrest and their forehead against the upper support. With open eyes, the lower eyelid margin was everted using a cotton bud placed below the punctum to evert the punctum into a plane perpendicular to the light source. We performed measurements with and without the medial ligament press, which allows stimulation of the tear movement through the tear punctum, respectively a change in the position of the tear meniscus.

### RESULTS

After taking the images of the lacrimal punctum, we visualized three tissue layers, reported in histological studies to be the epithelium, substantia propria, and the muscle of Riolan (12), which is considered to be a part of the orbicularis muscle. The epithelium extends from the eyelid surface downwards into the punctum. Substantia propria is thicker and hyperreflective as compared to the epithelium,

Пациенти с анамнеза за хронични локални антиглаукомни капки или предишни очни или слъзни операции бяха изключени. Всеки участник беше правилно позициониран на OCT апаратът. С отворени очи ръбът на долния клепач се извива с помощта на памучен тампон, внимателно поставена под пунктата, за да се визуализира пунктата в равнина, перпендикулярна на източника на светлина. Проведохме измервания със и без пресия в областта на слъзния сак, което позволява стимулиране на движението на слъзите през слъзната пункта, респективно промяна в позицията на слъзния мениск.

## РЕЗУЛАТИ

Визуализацията на слъзната пункта разкрива три тъканны слоя, докладвани в хистологични изследвания като епител, substantia propria и „мускулът на Риолан” (12), считан за част от орбукуларния мускул. Епителът се простира от повърхността на клепача надолу в пунктата, вторият слой е по-дебел и хиперрефлективен в сравнение с епитела. Най-дълбокият видим слой има неравномерна повърхност, хипорефлективен е в сравнение с втория слой и е сравнително плосък за разлика от епитела (13).

Това проучване включва 25 очи на 25 доброволци: 10 мъже и 15 жени.

although it becomes thinner more laterally near the punctal annulus. The deepest visible layer has an irregular interface with the second layer and is hyporeflective as compared to it. In contrast, the interface between the epithelium and second layer is relatively flat (13).

This study included 25 eyes of 25 volunteers: 10 males and 15 females. The mean age of the subjects was  $24 \pm 2.4$  years. The mean punctal diameters at Visit 1 and Visit 2 were  $179.08 \pm 76.97 \mu$  and  $179.64 \pm 76.37 \mu$  for investigator 1 (experienced), and  $204.72 \pm 106.98 \mu$  and  $192.32 \pm 91.52 \mu$  for the second investigator (inexperienced), respectively. In 20 patients the tear meniscus height in the punctum was measured. Values were similar in males and females. The Wilcoxon signed-rank test showed no statistically significant difference between values of the two investigators ( $p=0.106$ ). Linear regression analysis demonstrated excellent correlation between investigators ( $p=.000$ ,  $r=0.834$ ). There was no change in the measured punctal diameters or tear meniscus height between visits demonstrated by paired samples t-test for each observer ( $p=0.875$ ,  $p=0.076$ ). Levene's test of homogeneity showed similar measurement variance between observers ( $p=0.424$ ,  $F=0.643$ ).

Our study demonstrates that when the punctum is everted, the level of the tear meniscus is seen, (Fig. 1A) and with press, release, and again press, the level passes into the lacrimal path and the dynamics of the meniscus in the vertical part of the canaliculus are visualized (Fig. 1B).

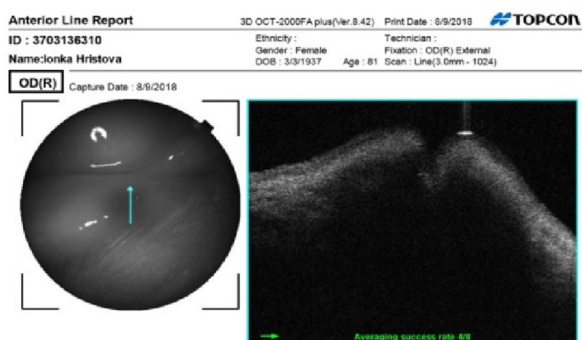


Fig. 1A. When the punctum is everted, the level of the tear meniscus is seen.

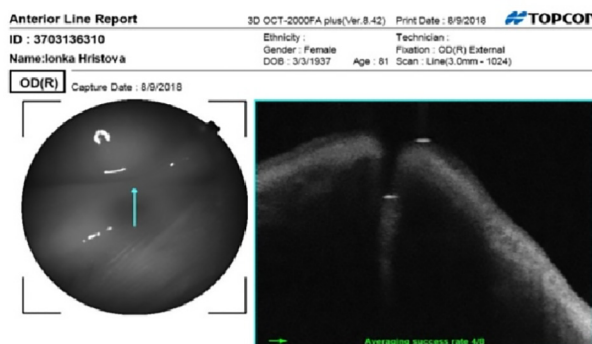


Fig. 1B. The dynamics of the meniscus in the vertical part of the canaliculus after press and release.

Средната възраст на субектите е  $24 \pm 2,4$  години. Проучването включва 10 мъже и 15 жени. Средните диаметри на пунктите при посещение 1 и посещение 2 бяха съответно  $179,08 \pm 76,97 \mu$  и  $179,64 \pm 76,37 \mu$  за изследовател 1 (опитен) и  $204,72 \pm 106,98 \mu$  и  $192,32 \pm 91,52 \mu$  за втория изследовател (неопитен). При 20 пациенти е измерена височината на слъзния мениск в пунктата. Стойностите са сходни между мъжете и жените. Уилкоксън ранг тест не показва статистически значима разлика между стойностите на двамата изследователи ( $p=0.106$ ). Линейният регресионен анализ демонстрира отлична корелация между изследователите ( $p=.000$ ,  $r=0.834$ ). Нямаше промяна в измерените диаметри на пунктите или височина на слъзния мениск между посещенията, демонстрирани чрез t-тест ( $p=0,875$ ,  $p=0,076$ ). Тестът за хомогенност на Levene показва подобна вариация на измерванията между наблюдателите ( $p=0,424$ ,  $F=0,643$ ).

## DISCUSSION

Anterior segment OCT is a certificated noncontact imaging modality that uses infrared light of 840 nm wavelength to provide informative structural images of the anterior segment. Wawrzynski et al. have recently tested its feasibility in the assessment of the lower punctum and the related vertical canaliculus (4). Kashkouli et al. suggested a grading system for punctal stenosis (2) based on slit lamp examination and its importance was further confirmed considering the interobserver variation (14).

In vivo imaging modalities of the punctum and canalicular system are limited. Ultrasound biomicroscopy has been used to evaluate these structures; however, it provides limited data with lower resolution images. It requires contact of the probe with the tissues being imaged and it is uncomfortable for the patient (15). Anterior segment OCT can provide higher resolution images while keeping the patient more comfortable (9).



Ние демонстрираме, че когато пунктата е евертирана, се вижда нивото на слъзния мениск (фиг. 1 А) и с натискане, отпускане и отново натискане нивото преминава в слъзния канал и се визуализира динамиката на меникуса във вертикалната част на каналикула (фиг. 1 В).

### ДИСКУСИЯ

Предно-сегментната оптична кохерентна томография (AS-OCT) е утвърден метод за безконтактно изобразяване, който използва инфрачервена светлина с дължина на вълната 840 nm, за да осигури информативни структурни изображения на предния сегмент. Wawrzynski и др. наскоро доказаха приложението му при оценката на долните пункти и вертикалния каналикул (4). Пунктите винаги са били субективно оценявани. Кашкули и др. предложили система за класифициране на пункталната стеноза (2) чрез биомикроскопия и нейното приложение в практиката беше допълнително утвърдено, като се имат предвид различията между изследователите (14).

„In vivo“ изобразяването на пунктите и каналикулите е ограничено. Ултразвуковата биомикроскопия е използвана за оценка на тези структури. Въпреки това предоставя ограничени данни с изображения с по-ниска разделителна способност. Освен това се изисква контакт на сонда с тъканите, което прави изследването неудобно за пациента (15). AS-OCT, от друга страна, може да осигури изображения с по-висока разделителна способност, неинвазивност и същевременно пациентът се чувства по-комфортно (9).

Понастоящем няма друг практически начин за точно изобразяване на пункталната и проксимална каналикуларна система *in vivo*. OCT е удобен и лесно достъпен апарат в повечето очни клиники с разделителна способност, идеално подходяща за изобразяване на пунктите и проксималната каналикуларна система (1). В това проучване ние изследвахме нормалната анатомия на проксималната слъзна система, наблюдавана с AS-OCT, и измерихме *in vivo* вътрешния диаметър на каналикула на здрави индивиди. Няма статистически значими разлики между диаметъра на каналикулите при мъже и жени, което се взема предвид при избора на подходящ подход за лечение. Различните морфологични форми могат да бъдат от полза при поставяне на слъзни тапи.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прилагането на AS-OCT за анализ на пунктите със и без пресия позволява да се измери движението на слъзата през слъзните пункти. Този метод дава възможност за визуализиране на вътрешния диаметър на каналикула. Това е една възможност за наблюдение на налична атрезия, дакриолитна стеноза на орифициума и лумена във вертикалната част на каналикула, която досега не е била обективизирана и заснемана. Използването на AS-OCT при оценката на пунктите и проксималната слъзна система *in vivo* отваря нови размисли за разбиране на анатомията и физиологията на слъзната система. Може да се използва и за проследяване на промени в пунктите, свързани с хронични локални лекарства, както и промени след слъзни или очни операции и нарушения на очната повърхност. С напредването на технологиите приложението

At this point there is no other practical way to accurately image punctal and proximal canalicular morphology *in vivo*. Optical coherence tomography is a suitable and easily available tool in most eye clinics with resolution ideally suited for imaging of the punctum and proximal canaliculus (1).

In this study we investigated the normal proximal lacrimal system anatomy observed with AS-OCT and measured *in vivo* the inner diameter of the canaliculus of healthy individuals. There were no statistically significant differences between males and females, which should be taken into account when choosing appropriate treatment approach. The different morphological shapes could be of value in punctal plug fitting.

### CONCLUSION

The application of AS-OCT for analysis of the punctum, with and without press, allows the tear movement to be measured through the lacrimal punctum. This method provides the possibility to visualize the inner diameter of the canaliculus. This is one opportunity to observe available atresia, dakryolithic stenosis of the orificium and lumen in the vertical part of the canaliculus, which up to now has not been presented by imaging technology.

The use of AS-OCT in assessing the punctum and proximal lacrimal system *in vivo* opens new horizons for understanding the anatomy and the physiology of the lacrimal system. It can be also used to track punctal changes related to chronic topical medications, after lacrimal or ocular surgeries and ocular surface disorders. As technology advances AS-OCT application gains rising significance in the diagnostic and treatment approach to proximal lacrimal system anatomy and disease.

### REFERENCES

1. Ali MJ, Mishra DK, Baig F, Lakshman M, Naik MN. Punctal stenosis: histopathology, immunology, and electron microscopic features—a step toward unraveling the mysterious etiopathogenesis. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2015;31(2):98-102. doi: 10.1097/IOP.000000000000204.
2. Sung Y, Park JS, Lew H. Measurement of lacrimal punctum using spectralis domain anterior optical coherence tomography. *Acta Ophthalmol*. 2017;95(7):e619–24. doi: 10.1111/aos.13322.
3. Carter KD, Nelson CC, Martonyi CL. Size variation of the lacrimal punctum in adults. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 1988;4(4):231–3. doi: 10.1097/00002341-198804040-00006.
4. Wawrzynski JR, Smith J, Sharma A, Saleh GM. Optical coherence tomography imaging of the proximal lacrimal system. *Orbit*. 2014;33(6):428–32. doi: 10.3109/01676830.2014.949793.
5. Drexler W, Fujimoto JG. State-of-the-art retinal optical coherence tomography. *Prog Retin Eye Res*. 2008;27(1):45-88. doi: 10.1016/j.preteyeres.2007.07.005.
6. Snell RS, Lemp MA. *Clinical anatomy of the eye*. London: Blackwell Science; 1988.
7. Kashkouli MB, Beigi B, Murthy R, Astbury N. Acquired external punctal stenosis: etiology and associated findings. *Am J Ophthalmol*. 2003;136(6):1079–84. doi: 10.1016/s0002-9394(03)00664-0.
8. Kashkouli MB, Beigi B, Astbury N. Acquired external punctal stenosis: surgical management and long-term follow-up. *Orbit*. 2005;24(2):73–8. doi: 10.1080/01676830490916055.
9. Allam RSHM, Ahmed RA. Evaluation of the lower punctum parameters and morphology using spectral domain anterior segment

на AS-OCT придобива нарастващо значение в подхода за диагностика и лечение на анатомията и заболяванията на проксималната слъзна система.

---

- optical coherence tomography. *J Ophthalmol.* 2015; 2015:591845. doi: 10.1155/2015/591845.
10. Sharma R, Sharma A, Arora T, Sharma S, Sobti A, Jha B, et al. Application of anterior segment optical coherence tomography in glaucoma. *Surv Ophthalmol.* 2014;59(3):311–27. doi: 10.1016/j.survophthal.2013.06.005.
  11. Munk PL, Lin DT, Morris DC. Epiphora: treatment by means of dacryocystoplasty with balloon dilation of the nasolacrimal drainage apparatus. *Radiology.* 1990;177(3):687–90. doi: 10.1148/radiology.177.3.2243969.
  12. Kakizaki H, Takahashi Y, Iwaki M, Nakano T, Asamoto K, Ikeda H, et al. Punctal and canalicular anatomy: implications for canalicular occlusion in severe dry eye. *Am J Ophthalmol.* 2012;153(2):229–237. e1. doi: 10.1016/j.ajo.2011.07.010.
  13. Timlin HM, Keane PA, Day AC, Salam T, Abdullah M, Rose GE, et al. Characterizing the lacrimal punctal region using anterior segment optical coherence tomography. *Acta Ophthalmol.* 2016;94(2):154–9. doi: 10.1111/aos.12906.
  14. Kashkouli MB, Nilforushan N, Nojomi M, Rezaee R. External lacrimal punctum grading: reliability and interobserver variation. *Eur J Ophthalmol.* 2008;18(4):507–11. doi: 10.1177/112067210801800401.
  15. Hurwitz JJ, Pavlin CJ, Hassan A. Proximal canalicular imaging utilizing ultrasound biomicroscopy A: Normal canaliculi. *Orbit.* 1998;17(1):27–30. doi: 10.1076/orbi.17.1.27.7951.