

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ПЕРЕДНЕГО ОТРЕЗКА ГЛАЗА ПРИ ВТОРИЧНЫХ КЕРАТОЭКТАЗИЯХ

Исмаилова Д. Ф.¹, Камилов Х. М.², Касимова М. С.³, Хамраева Г. Х.⁴

1. Самостоятельный соискатель кафедры офтальмологии, Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников, i-diana@mail.ru, +998(90)1767976, <https://orcid.org/0000-0002-7374-0574>
2. Доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников, x.kamilov45@mail.ru, +998(90)1767976, <https://orcid.org/0000-0002-7250-8159>
3. Доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников, kms-67@mail.ru, +998(90)187 27 06, <https://orcid.org/0000-0002-2883-3923>
4. Доктор медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников, gavhar08021982@mail.ru, +998(90)319 97 23, <https://orcid.org/0000-0002-9375-5482>

Аннотация. Актуальность. Вторичные кератоэктазии — это группа заболеваний роговицы, характеризующихся ее истончением и выпячиванием. Они могут возникать после различных травм, воспалительных заболеваний, хирургических вмешательств и других факторов. Ранняя диагностика и оценка степени тяжести вторичных кератоэктазий имеют решающее значение для выбора оптимальной тактики лечения и прогнозирования зрительных функций. Мультимодальное исследование переднего отрезка глаза позволяет получить комплексную информацию о состоянии роговицы. Комбинируя данные различных методов исследования, можно повысить точность диагностики и оценки вторичных кератоэктазий. **Цель исследования.** Оценить эффективность мультимодального подхода к исследованию переднего отрезка глаза при вторичных кератоэктазиях, развившихся после рефракционных операций. **Материалы и методы.** В исследование были включены 73 пациента (110 глаз) с кератоэктазиями, которые развились после рефракционных операций, с 2012 года по 2022 год. Всем пациентам проводили комплексное офтальмологическое обследование, включающее: визометрию, офтальмоскопию, биомикроскопию. Мы провели скрининг передней и задней поверхностей роговицы с использованием кератотопографа «Pentacam», оптическую когерентную томографию (ОКТ) на аппарате Tomeu и эндотелиальную микроскопию на автоматизированном бесконтактном микроскопе Tomeu EM 400. **Результаты и заключения.** Результаты кератотопографии показали аномалии в форме роговицы, такие как асимметрия, нерегулярность. При ОКТ обнаружено утоньшение и выпуклость роговицы, что характерно для вторичной кератоэктазии. С помощью эндотелиальной микроскопии определены аномалии в структуре эндотелия. На основании сравнения информативности и чувствительности методик был разработан алгоритм диагностических мероприятий, включающий кератотопографию (чувствительность 94%), ОКТ (чувствительность 92,9%) и эндотелиальную микроскопию (чувствительность 92%).

Ключевые слова: роговица, кератоконус, кератоэктазия, вторичная кератоэктазия.

Для цитирования:

Исмаилова Д. Ф., Камилов Х. М., Касимова М. С., Хамраева Г. Х. Мультимодальный подход к исследованию переднего отрезка глаза при вторичных кератоэктазиях. Передовая Офтальмология. 2024; 8(2):69-73.

ИККИЛАМЧИ КЕРАТОЭКТАЗИЯДА КЎЗНИНГ ОЛД СЕГМЕНТИНИ ЎРГАНИШДА МУЛЬТИМОДАЛ ЁНДАШУВ

Исмаилова Д.Ф.¹, Камилов Х.М.², Касимова М.С.³, Хамраева Г.Х.⁴.

1. Офтальмология кафедраси мустақил изланувчиси, Тиббиёт ходимларининг касбий малакасини ривожлантириш маркази, i-diana@mail.ru, +998(90) 1767976, <https://orcid.org/0000-0002-7374-0574>
2. Тиббиёт фанлари доктори, Офтальмология кафедраси мудири, профессор, Тиббиёт ходимларининг касбий малакасини ривожлантириш маркази x.kamilov45@mail.ru, +998(90)1767976, <https://orcid.org/0000-0002-7250-8159>
3. Тиббиёт фанлари доктори, Офтальмология кафедраси профессори, Тиббиёт ходимларининг касбий малакасини ривожлантириш маркази, kms-67@mail.ru, +998(90)187 27 06, <https://orcid.org/0000-0002-2883-3923>
4. Тиббиёт фанлари доктори, Офтальмология кафедраси доценти, Тиббиёт ходимларининг касбий малакасини ривожлантириш маркази, gavhar08021982@mail.ru, +998(90)319 97 23, <https://orcid.org/0000-0002-9375-5482>

Аннотация. Долзарблиги. Иккиламчи кератоэктазия — шох парданинг ингичкалаши ва олдинга чиқиши билан ажралиб турадиган касалликлар гуруҳи. Улар турли жароҳатлар, яллиғланиш касалликлари, жарроҳлик аралашувлар ва бошқа омиллардан кейин пайдо бўлиши мумкин. Иккиламчи кератоэктазияларнинг эрта ташхиси ва оғирлигини баҳолаш оптимал даволаш тактикасини танлаш ва кўриш функцияларини башорат қилиш учун жуда муҳимдир. Кўз-нинг олд сегментини мультимодал текшириш шох парданинг ҳолати ҳақида тўлиқ маълумот олиш имконини беради. Турли тадқиқот усулларидан олинган маълумотларни бирлаштириб, иккиламчи кератоэктазияларни ташхислаш ва

баҳолашнинг аниқлигини ошириш мумкин. **Тадқиқот мақсади.** Рефракцион операциядан кейин ривожланган иккиламчи кератоэктазияларда кўзнинг олд қисмини ўрганишга мультимодал ёндашувнинг самарадорлигини баҳолаш. **Материаллар ва усуллар.** Тадқиқотга рефракцион операциядан кейин ривожланган кератоэктазияли 73 бемор (110 кўз) киритилган. Барча беморлар кенг қамровли офтальмологик текширувдан ўтдилар, жумладан: визометрия, офтальмоскопия, биомикроскопия. Биз пентакам кератотопограф ёрдамида шох парданинг олд ва орқа юзаларини скрининг қилдик. Бундан ташқари, оптик когерент томография (ОКТ) ва автоматлаштирилган контактсиз эндотелиал микроскопияни ўтказдик. **Натижалар ва хулоса.** Кератотопография натижалари шох парда шаклида ассиметрия, тартибсизлик каби аномалликларни кўрсатди. ОКТда шох парданинг юпқалашиши ва бўртиб чиқиши аниқланди, бу иккиламчи кератоэктазия учун хосдир. Эндотелий тузилишидаги аномалиялар эндотелиал микроскоп ёрдамида аниқланди. Усулларнинг сезгирлигини таққослаш асосида диагностика алгоритми ишлаб чиқилди, бунда кератотопография (сезгирлик 94%), ОКТ (сезгирлик 92,9%) ва эндотелиал микроскопия (сезгирлик 92%) ташкил этди.

Калит сўзлар: шох парда, кератоконус, кератоэктазия, иккиламчи кератоэктазия.

Иқтибос учун:

Исмаилова Д. Ф., Камиллов Х. М., Касимова М. С., Хамраева Г. Х. Иккиламчи кератоэктазияда кўзнинг олд сегментини ўрганишда мультимодал ёндашув. Илғор Офтальмология. 2024; 8(2):69-73.

A MULTIMODAL APPROACH TO THE STUDY OF THE ANTERIOR SEGMENT OF THE EYE IN SECONDARY KERATOECTASIA

Ismailova D.F.¹, Kamilov Kh.M.², Kasimova M. S.³, Khamraeva G.Kh.⁴.

1. Independent applicant, Department of Ophthalmology Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers-diana@mail.ru+998(90) 1767976, <https://orcid.org/0000-0002-7374-0574>
2. Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers, x.kamilov45@mail.ru,+998(90)1767976, <https://orcid.org/0000-0002-7250-8159>
3. Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Ophthalmology, Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers, kms-67@mail.ru, +998(90)187 27 06, <https://orcid.org/0000-0002-2883-3923>
4. Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers, gavhar08021982@mail.ru, +998(90)319 97 23, <https://orcid.org/0000-0002-9375-5482>

Annotation. Relevance. Secondary keratoectasia is a group of diseases of the cornea characterized by its thinning and protrusion. They can occur after various injuries, inflammatory diseases, surgical interventions and other factors. Early diagnosis and assessment of the severity of secondary keratoectasias are crucial for choosing the optimal treatment tactics and predicting visual functions. A multimodal examination of the anterior segment of the eye allows you to obtain comprehensive information about the condition of the cornea. By combining data from various research methods, it is possible to improve the accuracy of diagnosis and assessment of secondary keratoectasias. **The purpose of the study.** To evaluate the effectiveness of a multimodal approach to the study of the anterior segment of the eye in secondary keratoectasias that developed after refractive surgery. **Materials and methods.** The study included 73 patients (110 eyes) with keratoectasias that developed after refractive surgery, from 2012 to 2022. All patients underwent a comprehensive ophthalmological examination, including: visometry, ophthalmoscopy, biomicroscopy. We performed screening of the anterior and posterior surfaces of the cornea using a Pentacam keratopograph. In addition, we performed optical coherence tomography (OCT) on a Tomey device and endothelial microscopy on an automated Tomey EM 400 contactless microscope. **Results and conclusions.** The results of keratopography showed abnormalities in the shape of the cornea, such as asymmetry, irregularity. In OCT, thinning and bulging of the cornea were found, which is typical for secondary keratoectasia. Anomalies in the structure of the endothelium were determined using endothelial microscopy. Based on a comparison of the information content and sensitivity of the techniques, an algorithm of diagnostic measures was developed, including keratopography (sensitivity 94%), OCT (sensitivity 92.9%) and endothelial microscopy (sensitivity 92%).

Key words: cornea, keratoconus, keratoectasia, secondary keratoectasia.

For citation:

Ismailova D. F., Kamilov Kh.M., Kasimova M. S., Khamraeva G.Kh. A multimodal approach to the study of the anterior segment of the eye in secondary keratoectasia. Advanced Ophthalmology. 2024; 8(2):69-73.

Актуальность. Вторичные кератоэктазии — это группа заболеваний роговицы, характеризующихся ее истончением и выпячиванием. Они могут возникать после различных травм, воспалительных заболеваний, хирургических вмешательств и других факторов. Ранняя диагностика и оценка степени тяжести вторичных кератоэктазий имеют решающее значение для выбора оптимальной тактики лечения и прогнозирования зрительных функций. Мультимодальное исследование переднего отрезка глаза позволяет получить комплексную информацию о состоянии роговицы. Комбинируя данные различных методов исследования, можно повысить точность

тазий имеют решающее значение для выбора оптимальной тактики лечения и прогнозирования зрительных функций. Мультимодальное исследование переднего отрезка глаза позволяет получить комплексную информацию о состоянии роговицы. Комбинируя данные различных методов исследования, можно повысить точность

диагностики и оценки вторичных кератозктазий. В данном контексте актуально применять современные методы исследования передней части глаза, включая кератотопографию, переднюю оптическую когерентную томографию и эндотелиальную микроскопию [2, 4, 5].

Эти методы позволяют получить точную и объективную информацию о структуре и поверхности роговицы, а также ее толщине. С помощью этих методов можно обнаружить изменения, определить их характер и степень, а также отслеживать динамику и прогнозировать результаты лечения. Такой подход особенно важен для выбора наиболее эффективной стратегии лечения и контроля за пациентами на разных стадиях лечебного процесса [1, 3, 6].

Цель исследования. Оценить эффективность мультимодального подхода к исследованию переднего отрезка глаза при вторичных кератозктазиях, развившихся после рефракционных операций.

Материалы и методы исследования. В исследование были включены 73 пациента (110 глаз) с кератозктазиями, которые развились после рефракционных операций, с 2012 года по 2022 год. Возраст больных варьировал от 22 до 64 лет, из них женщины составили 36 человек, мужчины – 37. У 45 пациентов было выявлено развитие кератозктазии на оба глаза и у 28 пациентов только на одном глазу. Кератотопография роговицы: проведен расширенный скрининг передней и задней поверхностей роговицы с помощью кератотопографа «Pentacam». Передняя оптическая когерентная томография (ОКТ) проведена на аппарате TOMEY (Япония). Эндотелиальная микроскопия проведена на автоматизированном бесконтактном микроскопе TOMEY EM 400. Обработка данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием программных пакетов IBM SPSS Statistics 23,0.

Результаты и обсуждение. При обследовании рефракции у больных до рефракционных операций выявлена миопия легкой степени в 9% (10 глаз)

случаев, средней степени в 17,2% (19 глаз), высокой степени в 30,9% (34 глаз), миопический астигматизм средней степени в 18,1% (20 глаз), высокой степени в 24,5%.

В 70 случаях была проведена операция LASIK, в 3 – фоторефракционная кератэктомия. После операции показатели авторефрактометрии изменились до эметропии и миопии слабой степени.

У обследуемого контингента больных через определенное время развилась вторичная кератозктазия, при этом заболевание у 16 пациентов развилось в течение 1 года, у 46 в течение от 2 до 10 лет, у 11 пациентов от 11–17 лет.

При первичном обращении больные с кератозктазиями жаловались на ухудшение зрения в 95,4% случаев (105 глаз), покраснение глаз в 87,2% (96 глаз), аллергические реакции в 34,5% (38 глаз) и непереносимость очковой коррекции в 89% (98 глаз) случаев.

При визометрии острота зрения (ОЗ) в 84,5% случаев (93 глаз) до операции составила в среднем 0,04–0,09, в 13,6% (15 глаз) – 0,1–0,2, лишь в 1,8% (2 глаза) случаев – 0,3–0,6.

После кераторефракционных операций ОЗ в 40% (44 глаз) случаев улучшилась до 0,9–1,0, в 32,7% (36 глаз) до 0,7–0,8, в 15,4% (17 глаз) до 0,5–0,6 и в 10% (11 глаз) до 0,3–0,4. При этом ОЗ не изменилась в 1,8% (2 глаза) случаев (таблица 1).

Изменение остроты зрения через определенное время после рефракционных операций от 0,01 до 0,09 выявлено в 52,7% случаев, от 0,1 до 0,2 в 22,7%, от 0,3 до 0,4 в 11,8%, от 0,5 до 0,6 в 4,5%, от 0,7 до 0,8 в 8,18%. При этом ОЗ выше 0,9 не выявлена.

При авторефрактометрии у больных с кератозктазиями выявлена миопическая рефракция в 38,1% случаев, миопический астигматизм средней степени в 31,8%, а также высокой степени в 30% случаев.

После проведения рефракционных операций в роговице происходит уплощение радиуса кривизны, что влечет за собой увеличение механических напряжений в строме роговицы. Эти напря-

Таблица 1. Динамика остроты зрения у больных с рефракционными аномалиями до и после операции

Острота зрения	До операции (n=110)		После операции (n=110)		Через определенное время после операции, при развитии кератозктазии (n=110)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
0,01-0,09	93	84,5	-	-	58	52,7
0,1-0,2	15	13,6	2	1,8	25	22,7
0,3-0,4	1	0,9	11	10	13	11,8
0,5-0,6	1	0,9	17	15,4	5	4,5
0,7-0,8	-	-	36	32,7	9	8,18
0,9-1,0	-	-	44	40	-	-

Примечание: * – различия относительно данных контрольной группы значимы (*- p<0,05).

Таблица 2. Данные кератотопографии больных с кератоктазией

Показатели	1-группа (больные с кератоктазией)	2-группа (здоровые люди)
K1 (в диоптриях)	48,2±1,2*	43,3±1,66
K2 (в диоптриях)	47,3±3,3*	42,35±1,77
K Max (в диоптриях)	49,3±2,6*	43,4±1,65
Толщина в самой тонкой точки	469,4±13,2*	545,73±15,9
Расстояние от апекса до самой тонкой точки	0,92±0,65*	0,66±0,7
Минимальный радиус кривизны роговицы(мм)	6,3±0,22*	7,72±0,35
Индекс прогрессии, min	1,93±1,05*	0,55±1,01
Индекс прогрессии, средней	2,16±2,8*	0,88±1,5
Индекс прогрессии max	2,36±1,62*	0,93±1,4

Примечание: * – различия относительно данных контрольной группы значимы (*- p<0,05).

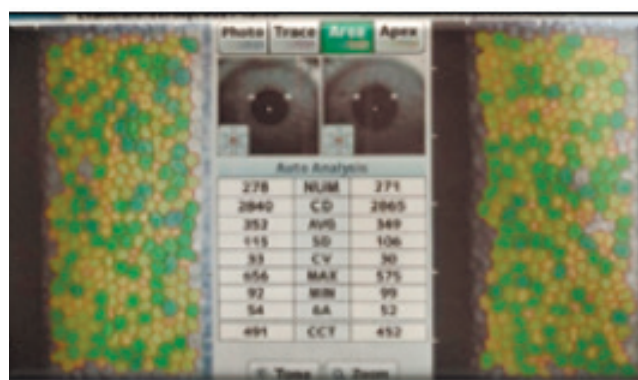
жения могут приводить к возникновению эктазий.

В таблице 2 приведены показатели кератотопографии в сравниваемых группах.

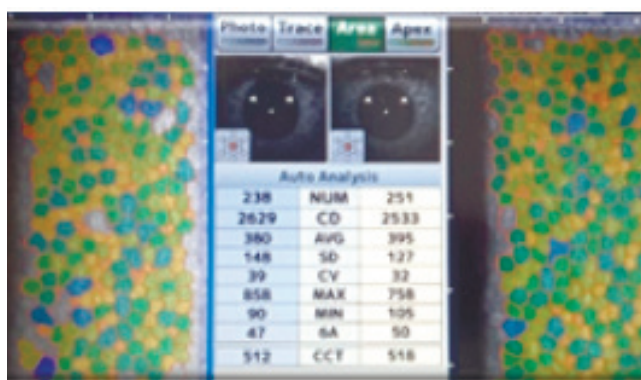
Сравнивая результаты между двумя группами, можно заметить, что в группе больных с кератоктазией наблюдаются повышенные значения показателей K1, K2 и K max по сравнению со здоровыми людьми. Это указывает на изменение формы роговицы и наличие кератоктазии. Также толщина в самой тонкой точке у больных оказалась ниже на 14%, по сравнению с данными 2 – группы. Дополнительно, данные показывают, что расстояние от

ектазией и подчеркивают важность использования кератотопографии для диагностики и мониторинга данного заболевания.

При оптической когерентной томографии выявлено истончение и эктазия роговицы. Данные кератотопографии подтвердили наличие кератоктазии. При этом центральная толщина роговицы (Min) в начальных стадиях заболевания составила 470,4±18,4 мкм, в развитой стадии заболевания 412±26,2 мкм. Разница между наименьшей толщиной роговицы с наибольшей толщиной (Min-Max) составила 105±6,7 мкм. Соотношение средней толщины роговицы в верхнем и нижнем



а)



б)

Рис. 1. а) Результаты эндотелиальной микроскопии в норме. б) Результаты при кератоконусе. Видны умеренный полимегатизм, плеоморфизм и темные зоны потери эндотелиальных клеток.

апекса до самой тонкой точки у больных с кератоктазией также оказалось больше на 39,3%, чем у здоровых людей. Сравнивая радиус кривизны роговицы, можно отметить, что у больных он меньше на 18,4% по сравнению со здоровыми людьми. Это свидетельствует о выпуклой форме роговицы у больных с кератоктазией.

Анализ индекса прогрессии показал, что он выше у больных 1-группы в 3,5 раза, чем у здоровых людей. Это указывает на прогрессирующий характер кератоктазии.

Полученные данные подтверждают наличие изменений в форме роговицы у пациентов с керато-

отделе соответственно (S-I) 68±4,8 мкм.

При исследовании с применением эндотелиальной микроскопии получены следующие результаты. Наиболее выраженные изменения наблюдались в области роговицы, вовлеченной в эктатический процесс. В 15 случаях в эпителиальном слое имелись различные варианты эпителиопатии, характеризующиеся увеличением числа гиперрефлексирующих клеток, их деформацией и ступеванностью границ, десквамацией эпителиоцитов. В 16 случаях в базальном эпителии определялась деформация формы клеток. Также определялись небольшие зоны, в которых

Таблица 3. Результаты эндотелиальной микроскопии в сравниваемых группах

Показатели	Показатели больных с кератоконусом (n=12 глаз)	Показатели здоровых лиц (n=10 глаз)
NUM	207±9,4*	281,4±14,78
CD	1189±91,9*	2863,7±54,29
AVG	397±16,2*	349,8±7,1
SD	172,8±13,3*	126,7±7,9
CV	43,1±1,6*	36,3±1,75
MAX	1266±77,1*	819,9±48,4
MIN	91,3±6,3	95,5±3,5
6A	38,1±1,9*	46,5±2,2
ССТ	479,3±12,82*	501,8±11,8

Примечание: * – различия относительно данных контрольной группы значимы (*- p<0,05).

базальный эпителий отсутствовал.

В таблице 3 приведены показатели эндотелиальной микроскопии в сравниваемых группах.

При кератоконусе средняя потеря клеток эндотелия составила 65% от нормы, при этом средняя плотность эндотелиальных клеток (ПЭК) составила 1189±91,9 клеток/мм², при норме 2863,7±54,29 кл/мм². Это на 58,5% ниже от нормы.

Сравнительные исследования роговицы с помощью эндотелиальной микроскопии показали, что количество эндотелия (NUM) у больных с кератоконусом снизилось на 26,3% по сравнению с контрольной группой. Количество исследуемого эндотелия на 1 мм² (CD) уменьшилось на 11,8% по сравнению с контрольной группой. Коэффициент флюктуационной зоны исследуемого эндотелия (CV) на 15,7% выше у пациентов с кератоконусом чем в контрольной группе.

Центральная толщина роговицы у больных с кератоконусом составила 479,3±12,82 Нм², это на 4,5% меньше по сравнению с контрольной группой. Постепенное снижение плотности эндотелиальных клеток после операции может свидетельствовать о дистрофических изменениях на

роговице и развитии кератоконуса.

Выводы. Мультиимодальный подход к исследованию переднего отрезка глаза при вторичных кератоконусах включает анализ множества параметров, таких как авторефрактометрия, визометрия, кератотопография, оптическая когерентная томография и эндотелиальная микроскопия. Эти методы позволяют определить характеристики рефракции, остроты зрения, формы роговицы, толщины роговицы, состояния эпителия и эндотелия.

Анализ кератотопографии показал, что у больных с кератоконусом наблюдаются изменения в форме роговицы и повышенные значения радиуса кривизны. Индекс прогрессии кератоконуса у больных оказался выше, что указывает на прогрессирующий характер заболевания.

Эндотелиальная микроскопия показала изменения в эндотелии роговицы у больных с кератоконусом. Количество и плотность эндотелиальных клеток оказались ниже у больных, что свидетельствует о потере функциональности эндотелия.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Камиллов Х. М., Касимова М. С., Хамраева Г. Х., Исмаилова Д. Ф. Роль эндотелиальной микроскопии роговицы при диагностике кератоконуса. Передовая офтальмология. 2023;1(1):87–91. <https://doi.org/10.57231/ogs.2023.1.1.020>
2. Asroui, L., Mehanna, C.J., Salloum, A., Chalhoub, R.M., Roberts, C.J., Awwad, S. T. Of zone averages compared to single point measurements of maximal curvature in keratoconus. Am J Ophthalmol. 2021;221(1):226–34. <https://doi.org/10.1016/ogs.2020.08.011>
3. Belin, M.W., Duncan, J. K. Keratoconus: the ABCD grading system. Klin MonblAugenheilkd. 2016;233(6):701–7. <https://doi.org/10.1055/s-0042-100626>
4. Duncan, J.K., Belin, M.W., Borgstrom, M. Assessing progression of keratoconus: novel tomographic determinants. Eye Vis. 2016;3(1):6. <https://doi.org/10.1186/s40662-016-0038-6>
5. Belin, M.W., Alizadeh, R., Torres-Netto, E., Hafezi, F., Ambrósio, R., Pajic, B. P. Determining progression in ectatic corneal disease. Asia-Pacific J Ophthalmol. 2020;9(6):541–8. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000333>
6. Pinheiro-Costa, J., et al. Increased choroidal thickness in keratoconus patients: perspectives in the disease pathophysiology. J Ophthalmol. 2019;245. <https://doi.org/10.1155/2019/2453931>