

ТОПОГРАФСКИ ИНДЕКСИ ПРИ ПАЦИЕНТИ С РОГОВИЧНА ЕКТАЗИЯ И ЗДРАВИ КОНТРОЛИ

Ангел Атанасов, Марин Атанасов, Мариета Конарева-Костянева

Медицински университет – Пловдив

ТОПОMETRIC INDICES IN PATIENTS WITH CORNEAL ECTASIA AND HEALTHY CONTROLS

Angel Atanasov, Marin Atanasov, Marieta Konareva-Kostyaneva

Medical University of Plovdiv

Адрес за кореспонденция:

Ангел Атанасов
Медицински университет – Пловдив
бул. „Васил Априлов“ 15А
4002 Пловдив
e-mail: angel.atanassov@gmail.com

Address for correspondence:

Angel Atanasov
Medical University of Plovdiv
15A Vasil Aprilov Blvd
4002 Plovdiv
e-mail: angel.atanassov@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Въведение: Кератоконусът и маргиналната пелуцидна дегенерация са билатерални, невъзпалителни заболявания на роговицата, които се характеризират със стромално изтъняване и прогресираща протрузия. Те водят до значително влошаване на качествата на оптичната система на окото вследствие на появата на неправилен астигматизъм. Тези две състояния често са трудни за диференциране.

Цел: Целта на настоящия труд е да се изследва диагностичната стойност на топографските индекси и тяхната роля в диагностиката на роговичните ектазии.

Пациенти и методи: С роговичен топограф OCULUS Keratograph 5M са изследвани 80 очи на 43-ма пациенти с роговична ектазия и 86 очи на 43-ма здрави индивиди. Под внимание са взети топографските карти и следните генерирани от апарата индекси: Rv (вертикална роговична кривина), Rh (хоризонтална роговична кривина), Rm (средна роговична кривина), Kmax (максималната пречупвателна сила на роговицата, изразена в диоптри), ISV (Index of Surface Variance – индекс на повърхностна вариация), IVA (Index of Vertical Asymmetry – индекс на вертикална асиметрия), KI (Keratoconus Index – кератоконусен индекс), CKI (Center Keratoconus Index – централен кератоконусен индекс), RMin (минимален роговичен радиус), IHA (Index of Height Asymmetry – индекс на височинна асиметрия), IHD (Index of Height Decentration – индекс на височинна децентрация), ABR (Aberration – аберации). Статистическата обработка на данните се извърши с SPSS версия 15. Използвани са тест на Ман-Уитни (Mann-Whitney U test) и ROC (Receiver Operating Characteristic Analysis) анализ.

Резултати: Статистически значима разлика се установи между двете групи за всички изследвани индекси при интервал на доверителност от 95% и стойности на $p < 0.001$. ROC анализът установи значителна диагностична стойност на топометричните показатели, като площта под кривата им варираше от 0.992 за ABR и IHA до 0.927 за CKI индекса.

Заклучение: Топометричните параметри показват отлична способност да диференцират екстатични от здрави роговици.

Ключови думи: кератоконус, маргинална пелуцидна дегенерация, ектазия, топография

ABSTRACT

Introduction: Keratoconus and marginal pelucid degeneration are bilateral, non-inflammatory diseases of the cornea, characterized by stromal thinning and progressive protrusion. They lead to a significant deterioration of the visual acuity due to irregular astigmatism. Sometimes these two conditions are hard to distinguish from one another.

Aim: The aim of this article is to determine the diagnostic value of the topometric indices and their role in diagnosing corneal ectasia.

Patients and Methods: Using corneal topography OCULUS Keratograph 5M, we examined 80 eyes of 43 patients with corneal ectasia and 86 eyes of 43 patients with no signs of corneal disease. We evaluated the

topographic maps and the following indices generated by the device: Rv (vertical radius), Rh (horizontal radius), Kmax, ISV (index of surface variance), IVA (index of vertical asymmetry), KI (keratoconus index), CKI (center keratoconus index), RMin (minimal radius), IHA (index of height asymmetry), IHD (index of height decentration), ABR (aberration). The statistical analysis was performed by SPSS version 15 and the following test: Mann–Whitney U test and receiver operating characteristic (ROC) analysis.

Results: Statistically significant difference was found for all the examined parameters $p < 0.001$ using 95% confidence interval. The ROC analysis determined area under the curve in the range from 0.992 for ABR and IHA to 0.927 for CKI.

Conclusion: The topometric indices have excellent capabilities in differentiating ectatic from normal corneas.

Keywords: *keratoconus, marginal pelucid degeneration, ectasia*

ВЪВЕДЕНИЕ

Кератоконусът и маргиналната пелуцидна дегенерация (1) са билатерални, невъзпалителни заболявания на роговицата, които се характеризират със стромално изтъняване и прогресираща протрузия. Те водят до значително влошаване на качествата на оптичната система на окото вследствие на появата на неправилен астигматизъм. Тези две състояния често са трудни за диференциране (2). През последните десетилетия се достигна до значителен напредък в диагностиката на роговичните ектазии, като се премина от диагноза, базирана предимно на биомикроскопската находка, към използването на високоспециализирани методи – корнеална топография (3–5), томография (6), предносегментно OCT (7–9) и изследване на роговичната биомеханика – ORA (10–12), CORVIS ST (13–15). Нарастването на броя роговични рефрактивни процедури и приемането на кератоконуса и маргиналната пелуцидна дегенерация като относително противопоказание (16) изисква ранна диагностика и адекватен терапевтичен подход на гореспоменатите заболявания.

ЦЕЛ

Целта на настоящия труд е да се утвърди диагностичната тежест на топографските индекси и тяхната роля в диагностиката на роговичните ектазии.

ПАЦИЕНТИ И МЕТОДИ

В настоящето изследване са включени 80 очи на 43-ма пациенти с доказана роговична ектазия (кератоконус или маргинална пелуцидна дегенерация). Контролната група се състои от 86 очи на 43-ма пациенти, при които няма данни за роговично заболяване. Участниците в двете групи са съвпадащи по пол и възраст. Включващите критерии за първата група са наличието на роговична ектазия, доказана с роговична топография. Като ектатични се класифицират всички пациенти, при които е налице:

INTRODUCTION

Keratoconus and marginal pelucid degeneration (1) are bilateral, non-inflammatory diseases of the cornea, characterized by stromal thinning and progressive protrusion. They lead to a significant deterioration of the visual acuity due to irregular astigmatism. Sometimes these two conditions are hard to distinguish from one another (2). In recent years, significant progress has been made in the diagnosis of corneal ectasias by using highly specialized methods—corneal topography (3–5), tomography (6), anterior segment optical coherence tomography (OCT) (7–9), and by examining the corneal biomechanics ocular response analyzer (ORA) (10–12), CORVIS ST (13–15). The increase in the number of corneal refractive procedures and the acceptance of keratoconus and marginal pelucid degeneration as relative contraindication (16) requires early diagnosis and adequate therapeutic approach.

AIM

The aim of the current study is to establish the diagnostic capabilities of topographic indices and their role in the diagnosis of corneal ectasias.

PATIENTS AND METHODS

The present study included 80 eyes of 43 patients diagnosed with corneal ectasia (keratoconus or marginal pelucid degeneration). The control group consisted of 86 eyes from 43 patients with no evidence of corneal disease. The participants in the two groups were sex- and age-matched. Inclusion criteria for the first group were the presence of corneal ectasia diagnosed by corneal topography. In all patients in the ectatic group we observed:

- asymmetry between the upper and lower half of the cornea greater than 1.5 diopters; and the presence of a corresponding topographic map;
- corneal astigmatism greater than 1.5 diopters;
- $K_{max} > 47.2$.

Patients who were using contact lens correction were instructed not to use it for at least 3 days. Exclusion criteria for the group with ectasia were:



- асиметрия между горната и долната половина на роговицата, по-голяма от 1,5 диоптъра, и наличието на съответстваща топографска карта,
- роговичен астигматизъм, по-голям от 1,5 диоптъра,
- Kmax >47,2 диоптъра.

Пациентите, използващи контактна корекция, са инструктирани да не я използват минимум 3 дни преди предстоящия преглед. Изключващи критерии за групата с ектазия са:

наличието на роговични мътнини или хидропс, водещи до значими артефакти в придобитите от апаратите образи; извършен крослинкинг.

Изключващите критерии за контролната група са:

- роговичен астигматизъм, по-голям от 3 диоптъра;
- миопия или хиперметропия, по-голяма от 5 диоптъра;
- анамнеза за кератит и/или хирургична интервенция.

Всеки един от участниците в проучването е подложен на офталмологичен преглед, включващ рутинни и специални офталмологични методи:

- анамнеза за очни и общи заболявания;
- определяне на зрителна острота и рефракция;
- тонометрия с безконтактен (air-puff) тонометър;
- биомикроскопия;
- фундобиомикроскопия.

Топография – за целите на настоящото проучване беше използван роговичен топограф **OCULUS Keratograph 5M**.

Топографското изследване протичаше по следния начин:

- пациентите биваха поставени на апарата и инструктирани да насочат поглед към червената фиксираща точка;
- използвана бе автоматичната функция на апарата за заснемане;
- всяко око бе заснето по три пъти;
- при лошо качество на слъзния филм в конюнктивния сак биваха напавани изкуствени слъзи и изследването биваше повтаряно.

Под внимание са взети топографските карти и следните генерирани от апарата индекси: Kmax, ISV (Index of Surface Variance – индекс на повърхностна вариация), IVA (Index of Vertical Asymmetry – индекс на вертикална асиметрия), KI (Keratoconus Index – кератоконусен индекс), CKI (Center Keratoconus Index – централен кератоконусен индекс), RMin (минимален роговичен радиус), IHA (Index of Height Asymmetry – индекс на височинна асиметрия), IHD (Index of Height Decentration – индекс на височинна децентрация), ABR (Aberration – аберации).

Статистическата обработка на данните се извърши с SPSS версия 15. Използвани са тест на Ман-Уитни (Mann-Whitney U test) и ROC (Receiver Operating Characteristic Analysis) анализ.

РЕЗУЛТАТИ

Изследвани са по 43-ма пациенти в двете групи, 23-ма мъже и 20 жени. В контролната група са анализирани показателите от всички 86 очи, а в основната група са включени 80 очи (6 очи са изключени – 4 не покриват критериите за ектазия, 2 не притежават необходимо качество на топографския образ).

- presence of corneal opacities or hydrops, leading to significant artifacts in the images acquired by the devices;
- crosslinking.

Excluding criteria for the control group were:

- astigmatism greater than 3 diopters;
- myopia or hyperopia greater than 5 diopters;
- history of keratitis;
- surgery.

Each of the participants in the study underwent an ophthalmological examination including routine and special ophthalmological methods:

- patient history;
- determination of visual acuity and refraction;
- air-puff tonometry;
- slit lamp examination;
- fundus biomicroscopy.

Topography—for the purposes of this study we used **OCULUS Keratograph 5M**.

Corneal topography was performed as follows:

- Patients were placed on the device and instructed to look at the red fixation point.
- The automatic function of the camera was used.
- Each eye was examined three times.
- In case of poor quality of the tear film, artificial tears were instilled in the conjunctival sac and the examination was repeated.

The topographic maps and the following indices were taken into consideration: Rv (vertical corneal curvature), Rh (horizontal corneal curvature), Rm (mean corneal curvature), Kmax, ISV (index of surface variance), IVA (index of vertical asymmetry), KI (keratoconus index), CKI (center keratoconus index), RMin (minimum corneal radius), IHA (index of height asymmetry), IHD (index of height decentration), ABR (aberration).

Statistical analysis was performed with SPSS version 15 using the Mann-Whitney U test and receiver operating characteristic (ROC) analysis.

RESULTS

Each group consisted of 43 patients, 23 men and 20 women. In the control group all 86 eyes were analyzed, while in the ectatic group only 80 eyes were included (6 eyes were excluded—4 did not meet the criteria for ectasia, 2 did not have the necessary quality of the topographic image). The mean age in the control group was 34.4 years and in the ectasia group—34.6 years. The age distribution is presented in **Table 1**.

The evaluation of the tangential topographic maps in the group with ectatic corneas is presented in **Fig. 1**. The most common topographic map (28 eyes) was the one with asymmetry and the steepest part of the cornea in its lower half. In second place was the topographic map with the presence of an oval section with varying degrees of decentralization (19 eyes). An asymmetrical bow-tie map type was in third place with 13 eyes. The eyes in which there was a topographic map of the kissing doves (crab claw) type and those in which there was an irregular topographic map are 8. The smallest was the number of topographic maps with a centrally located ectasia.



Table 1. Group demographics.

	Avg. Age	Std. Dev	Median	Min	Max
Control group	34.4	11.427	32	19	66
Ectasia group	34.56	11.591	32	19	66

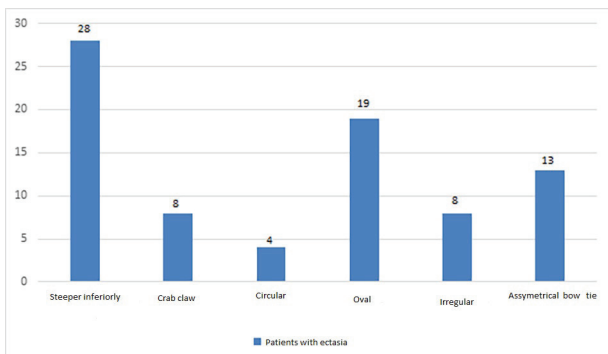


Fig. 1. Distribution by topographic maps.

Средната възраст в контролната група е 34,4 години, а в групата с ектазия – 34,6 г. Възрастовото разпределение е представено в **таблица 1**.

Оценката на тангенциалните топографски карти в групата с ектастични роговици е представено във **фигура 1**. Най-често срещаната топографска карта (28 очи) е тази с асиметрия и най-стръмна част на роговицата в долната ѝ половина. На второ място е топографската карта с наличието на овален участък с различна степен на децентрация (19 очи). Карта тип „асиметрична папионка“ е на трето място с 13 очи. Очите, при които е налице топографска карта тип „ципки на рак“ и тези, при които е налице ирегуларна топографска карта, са по 8. Най-малък е броят на топографската карта с централно разположен кръгъл участък с данни за ектазия.

В контролната група най-често срещаната топографска карта е тип „симетрична папионка“ при 82 очи и 4 случая, при които няма набелязана характерна топографска карта.

Пациентите са стадириани с помощта на въведената в софтуера на апарата класификация. Тя е базирана на класификацията на Amsler-Krumeich, в която под внимание се взимат следните величини: рефракцията, стойностите на Kmax, роговичната дебелина, наличието на скарификация и роговичната дебелина. Разпределението по стадии е следното: 1-ви стадий 8 очи, 1-ви и 2-ри стадий 5 очи, 2-ри стадий 17 очи, във 2-ри към 3-ти стадий 13 очи, 3-ти стадий 31 очи, 3-ти към 4-ти стадий 6 очи (**фигура 2**).

Резултатите от **непараметричен тест на Ман-Уитни (Mann-Whitney U test, таблица 2)** отхвърлят нулевата хипотеза за липса на разлика между контролната и наблюдаваната група при всички изследвани параметри. Стойностите на p са по-малки от 0,001 във всички случаи при интервал на доверителност от 95%.

Средните стойности, стандартното отклонение и резултатите от непараметричния тест на Mann-Whitney са отразени в **таблица 2**.

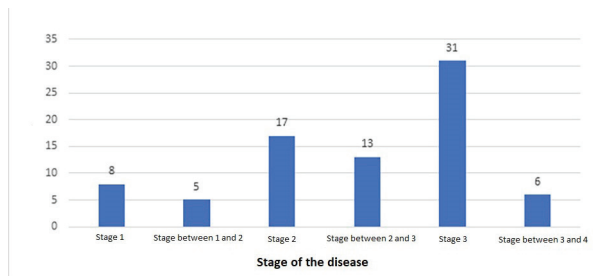


Fig. 2. Distribution by stages.

In the control group, the most common topographic map was that of the symmetrical bow-tie type with 82 eyes and 4 cases in which no particular topographic map has been identified.

Patients were staged using the classification built into the device's software. It is based on the Amsler-Krumeich classification, which takes into account the following values: refraction, Kmax values, corneal thickness, the presence of scarification and corneal thickness. The distribution by stages was as follows: 1st stage—8 eyes, 1st and 2nd stage—5 eyes, 2nd stage—17 eyes, 2nd to 3rd stage—13 eyes, 3rd stage—31 eyes, 3rd to 4th stage—6 eyes (**Fig. 2**).

The **Mann-Whitney test** results rejected the null hypothesis for all of the examined indices. The p values were less than 0.001 in all cases with a 95% confidence interval.

The mean values, standard deviation, and results of the non-parametric Mann-Whitney test are shown in **Table 2**.

We observed excellent diagnostic capabilities of the examined indices in the ROC analysis (**Table 3**). Almost all studied parameters had an area under the curve greater than 0.900, with the exception of the horizontal corneal radius (Rh), whose area under the curve is 0.897.

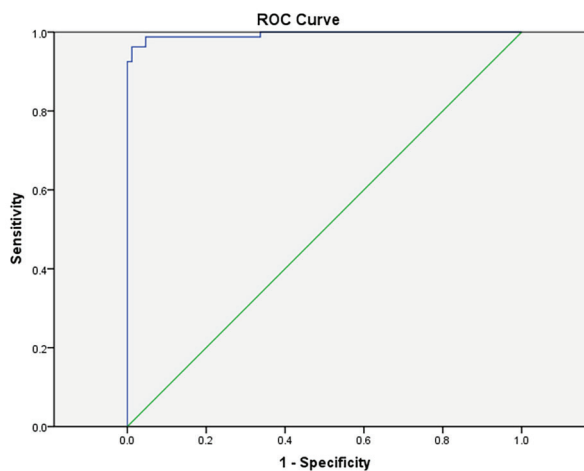


Fig. 3. Area under the curve for Kmax.



Table 2. Mean values, standard deviation, and results.

Index	Control Group		Ectasia Group n = 80			p
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	Mann-Whitney U	
Rh	7.88	0.3	7.16	0.53	711.000	<0.001
Rv	7.72	0.3	6.95	0.62	537	<0.001
Rm	7.79	0.3	7.04	0.46	490.5	<0.001
Kmax	44.41	1.72	56.69	5.88	40	<0.001
ISV	19.16	6.83	83.75	31.64	116	<0.001
IVA	0.13	0.06	0.86	0.39	50.5	<0.001
KI	1.02	0.02	1.22	0.11	96	<0.001
CKI	1.01	0	1.06	0.04	505	<0.001
Rmin	7.57	0.56	6.02	0.61	103	<0.001
IHA	6.75	4.31	74.07	40.54	103	<0.001
IHD	0.01	0.01	0.07	0.04	52	<0.001
ABR	0.16	0.45	2.4	0.73	56.5	<0.001

Table 3. Area under the curve, sensitivity, specificity and cut-off values.

Index	Area	Cut-off	Sensitivity	Specificity
Rh	.897	7.555	.800	.837
Rv	.922	7.395	.850	.849
CKI	.927	1.0150	.863	1.0
Rm	.929	7.165	.888	.802
ISV	.983	37.5	.963	.965
IHD	.985	0.015	.975	.988
Rmin	.985	7.1650	.975	.975
KI	.986	1.0650	.963	.988
IHA	.992	15.8100	.975	.965
ABR	.992	1.13150	.975	.953
Kmax	.994	48.050	.963	.988

Изготвените ROC-криви (**таблица 3**) установиха добро представяне от топометричните индекси. Почти всички изследвани параметри имаха площ под кривата, по-голяма от 0.900, като изключение прави само хоризонталният роговичен радиус (Rh), чиято площ под кривата е 0.897.

Топометричният индекс с най-голяма площ под кривата е Kmax (**фигура 3**) със стойност от 0.994 при чувствителност от 0.963 и специфичност от 0.988 за „cut-off“ стойност 48.05. IVA индексът бе на второ място по площ под кривата с 0.993 при сензитивност от 0.975 и специфичност от 0.988.

Второто място си поделят IHA и ABR, които имат площ под кривата от 0.992 (**фигура 4**). И двата индекса са с чувствителност от 0.975, но IHA има чувствителност от

The topometric index with the highest area under the curve was Kmax with a value of 0.994 with a sensitivity of 0.963 and a specificity of 0.988 for a cut-off value of 48.05 (**Fig. 3**).

The IVA index was second in area under the curve with 0.993 with a sensitivity of 0.975 and a specificity of 0.988.

The second place was shared by IHA and ABR, which had an area under the curve of 0.992. Both indices had a sensitivity of 0.975, but IHA had a sensitivity of 0.965 and ABR—0.953. The cut-off values were 15.81 for IHA and 1.1315 for ABR, respectively (**Fig. 4**).

The keratoconus index, Rmin, and IHD had almost the same area under the curve—0.986 for KI, 0.985 for IHD and Rmin. The combination sensitivity/specificity/cut-off value was as follows: KI—0.963/0.988/1.065, Rmin—0.975/0.975/7.1650, and IHD—



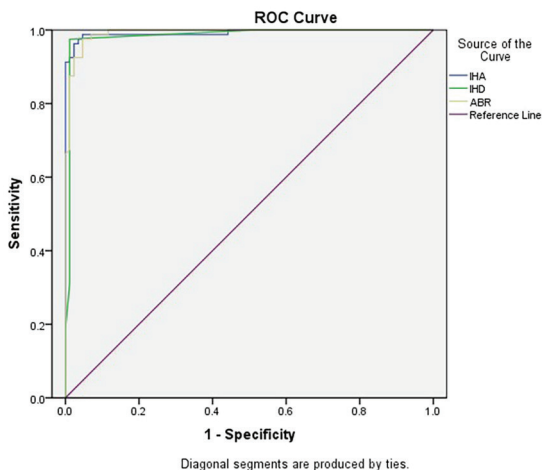


Fig. 4. Area under the curve for IHA, IHD, and ABR.

0.965, а ABR 0.953. „Cut-off“ стойностите са съответно 15.81 за IHA и 1.1315 за ABR.

Кератоконус индексът (KI), минималният роговичен радиус (Rmin) и индексът на височинна децентрация имат почти еднаква площ под кривата – 0.986 за KI, 0.985 за IHD и Rmin. Комбинацията чувствителност/специфичност/„cut-off“ стойност са съответно: KI 0.963/0.988/1.065, Rmin 0.975/0.975/7.1650 и за IHD 0.975/0.988/0.015. Индексът на повърхностна вариация (ISV) има площ под кривата от 0.983, при чувствителност от 0.963 и специфичност от 0.965 при стойност от 37.5 (фигура 5).

ОБСЪЖДАНЕ

Топографските карти често са първото изследване, което насочва към диагнозата роговична ектазия. В настоящия труд се наблюдава широк спектър от находки на тангенциалните топографски карти, но в някои случаи находката е неубедителна. При тези пациенти топометричните показатели са тези, които потвърждават диагнозата.

Способността на топометричните индекси да диференцират ектатични от здрави роговици е добре проучена. Резултатите в настоящия труд са близки до докладваните.

Всички изследвани параметри показват отлична площ под кривата, като тя е по-голяма (0.900) за всички, с изключение на хоризонталния роговичен меридиан (Rh).

Kmax е може би най-често споменаваният параметър при пациентите с роговична ектазия или съмнение за такава, а често се използва и като параметър, проследяващ стадия на заболяването или терапевтичния отговор (след крослинкинг). В настоящата публикация той е величината с най-висока площ под кривата от 0.994, а също така притежава и отлична чувствителност (0.963) и специфичност (0.988). Заслужава си да отбележим, че пациентите, които сме изследвали, са в сравнително напреднал стадий на заболяването. Основният недостатък Kmax е при пациенти със субклиничен кератоконус или асиметричен, където е възможно стойността му да не достига до препоръчаната в литературата cut-off стойност. От топометричните индекси ISV е вероятно индексът, на който се възлагат най-големи надежди. Kanellopoulos

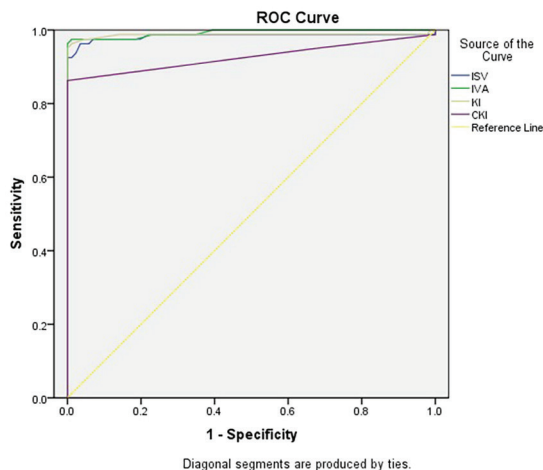


Fig. 5. Area under the curve for ISV, IVA, KI, and CKI.

0.975/0.988/0.015. The index of surface variance had an area under the curve of 0.983, with a sensitivity of 0.963, and a specificity of 0.965 at a value of 37.5 (Fig. 5).

DISCUSSION

Topographic maps are usually the first step in the diagnostics of corneal ectasia. In the current study we observed a wide range of changes that pointed to the already mentioned conditions. However, sometimes they are inconclusive. In such cases we can rely on the topometric indices in order to verify the diagnosis.

The ability of topometric indices to differentiate ectatic from healthy corneas has been well studied. The results in the present paper are similar to those reported.

All studied parameters showed an excellent area under the curve, as it was greater than 0.900 for all except Rh.

Kmax is perhaps the most frequently mentioned parameter in patients with or suspected corneal ectasia, and is often used as a parameter to monitor the stage of the disease or the therapeutic response (after crosslinking). In the present publication, it was the value with the highest area under the curve (0.994), and also had excellent sensitivity (0.963) and specificity (0.988). It is worth noting that the patients we studied were at a relatively advanced stage of the disease. The main drawback of Kmax is in patients with subclinical keratoconus or asymmetric one, where its value may not reach the recommended cut-off values in the literature.

Of the topometric indices, ISV is probably the index on which the greatest hopes are placed. Kanellopoulos (17) and co-authors defined the aforementioned index as an excellent parameter in the early diagnosis of keratoconus. In the present work, ISV was inferior to almost all other topometric index, but nevertheless the area under the curve was one of the highest reported in the literature—0.983. In comparison, Uçakhan (18) and Ramos (19) reported values of 0.800 and 0.977, respectively.

The largest discrepancy in our results was observed for the IHA and CKI indices, for which the obtained areas under the curve were significantly higher than the majority of the reported ones. The index of height asymmetry had an area under the curve of 0.992 in our study, but in similar studies its values are significantly lower. Lopes (20) reported an area of 0.911, and Uçakhan and team ranked it as



(17) и съавтори определят гореспоменатия индекс като отличен параметър в ранната диагностика на кератоконуса. В настоящия труд ISV отстъпва на почти всички други топометрични индекси, но въпреки това установената площ под кривата е една от най-високите докладвани в литературата – 0.983. За сравнение Усакхан (18) съобщава за площ под кривата от 0.924, а Ramos (19) докладва стойности от 0.977.

Най-голямо разминаване при резултатите ни се наблюдава за индексите IHA и CKI, за които получените площи под кривата са значително по-високи от мнозинството от докладваните. IHA има площ под кривата от 0.992, но при сходни проучвания стойностите му са значително по-ниски. Lopes (20) съобщава за площ от 0.911, а Усакхан (18) и колектив определят за най-зле представящия се топометричен индекс в тяхното проучване с площ под кривата от едва 0.852. Разминаването при CKI е сходно – в настоящия труд площта под кривата 0.927, а в аналогични публикации варира между 0.887 – Усакхан (18), 0.824 – Огисоглу (21), и 0.763 – Huseynli (22). Тези резултати са по-скоро незадоволителни в сравнение с представянето на другите топометрични индекси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имайки предвид, че в последно време все по-голямо внимание се отделя на изследването на задната роговична повърхност (особено при ранните/субклиничните стадии на заболяването), роговичната томография се утвърждава като основен метод в диагностиката на ектазиите. Въпреки това Плачидо базираните апарати все още имат своето място в диагностиката на кератоконуса и маргиналната пелуцидна дегенерация като предлагат значително количество информация за роговичната геометрия.

the worst performing topometric index in their study with an area below the curve of just 0.852. The discrepancy in CKI is similar—in the present work the area under the curve was 0.927, and in similar publications it varies from 0.887 (18), 0.824 (21) to 0.763 (22). These results are rather unsatisfactory compared to the performance of other topometric indices.

CONCLUSION

Given that more and more attention has recently been paid to the examination of the posterior corneal surface (especially in the early/subclinical stages of the disease), corneal tomography is gaining ground as a major method in the diagnosis of ectasias. However, Placido-based devices still have a place in the diagnosis of keratoconus and marginal pellucid degeneration and offer a significant amount of information about corneal geometry.

REFERENCES

1. Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol.* 1984;28(4):293-322. doi:10.1016/0039-6257(84)90094-8.
2. Belin MW, Asota IM, Ambrosio R, Khachikian SS. What's in a name: Keratoconus, pellucid marginal degeneration, and related thinning disorders. *Am J Ophthalmol.* 2011;152(2):157-62. doi:10.1016/j.ajo.2011.03.028.
3. Holladay JT. Keratoconus detection using corneal topography. *J Refract Surg.* 2009;25(10 Suppl): S958-62. doi:10.3928/1081597x-20090915-11
4. Klyce SD. Computer-assisted corneal topography. High-resolution graphic presentation and analysis of keratoscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1984;25(12):1426-35.
5. Cavas-Martínez F, de la Cruz Sánchez E, Nieto Martínez J, Fernández Cañavate FJ, Fernández-Pacheco DG. Corneal topography in keratoconus: state of the art. *Eye Vis (Lond).* 2016;3(1):5. doi:10.1186/s40662-016-0036-8.
6. Belin MW, Villavicencio OF, Ambrósio RR. Tomographic parameters for the detection of keratoconus: Suggestions for screening and treatment parameters. *Eye and Contact Lens.* 2014;40(6):326-30. doi:10.1097/ICL.000000000000077.
7. Temstet C, Sandali O, Bouheraoua N, Hamiche T, Galan A, El Sanharawi M, et al. Corneal epithelial thickness mapping using Fourier-domain optical coherence tomography for detection of forme fruste keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(4):812-20. doi:10.1016/j.jcrs.2014.06.043.
8. Rocha KM, Perez-Straziota CE, Stulting RD, Randleman JB. SD-OCT analysis of regional epithelial thickness profiles in keratoconus, postoperative corneal ectasia, and normal eyes. *J Refract Surg.* 2013;29(3):173-9. doi:10.3928/1081597X-20130129-08.
9. Yang XL, Wang Y, Luo BG, Xu Y, Zhang XF. Corneal epithelial thickness analysis of forme fruste keratoconus with optical coherence tomography. *Int J Ophthalmol.* 2020;14(1):89-96. doi:10.18240/ijo.2021.01.13.
10. Fontes BM, Ambrósio R, Jardim D, Velarde GC, Nosé W. Corneal biomechanical metrics and anterior segment parameters in mild keratoconus. *Ophthalmology.* 2010;117(4): 673-9. doi:10.1016/j.optha.2009.09.023.
11. Shah S, Laiquzzaman M, Bhojwani R, Mantry S, Cunliffe I. Assessment of the biomechanical properties of the cornea with the ocular response analyzer in normal and keratoconic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48(7):3026-31. doi:10.1167/iov.04-0694.



12. Labiris G, Giarmoukakis A, Gatzoufas Z, Sideroudi H, Kozobolis V, Seitz B. Diagnostic capacity of the keratoconus match index and keratoconus match probability in subclinical keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(6):999-1005. doi:10.1016/j.jcrs.2013.08.064.
13. Vinciguerra R, Ambrósio R, Elsheikh A, Roberts CJ, Lopes B, Morengi E, et al. Detection of keratoconus with a new biomechanical index. *J Refract Surg.* 2016;32(12):803-10. doi:10.3928/1081597X-20160629-01.
14. Ali NQ, Patel DV, McGhee CNJ. Biomechanical responses of healthy and keratoconic corneas measured using a noncontact scheimpflug-based tonometer. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(6):3651-9. doi:10.1167/iovs.13-13715.
15. Elham R, Jafarzadehpur E, Hashemi H, Amanzadeh K, Shokrollahzadeh F, Yekta A et al. Keratoconus diagnosis using Corvis ST measured biomechanical parameters. *J Curr Ophthalmol.* 2017;29(3):175-81. doi:10.1016/j.joco.2017.05.002.
16. Ribeiro ALP, Schor P, Allemann N, Chamon W, Campos MS de Q. Reasons not to select patients for corneal refractive surgery. *Arq Bras Oftalmol.* 2002;65(4):463-6. doi:10.1590/s0004-27492002000400013.
17. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Revisiting keratoconus diagnosis and progression classification based on evaluation of corneal asymmetry indices, derived from scheimpflug imaging in keratoconic and suspect cases. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:1539-48. doi:10.2147/OPTH.S44741.
18. Uçakhan ÖÖ, Çetinkor V, Özkan M, Kanpolat A. Evaluation of Scheimpflug imaging parameters in subclinical keratoconus, keratoconus, and normal eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(6):1116-24. doi:10.1016/j.jcrs.2010.12.049.
19. Ramos I, Correia FF, Lopes B, Salomão MQ, Correa RO. Topometric and tomographic indices for the diagnosis of keratoconus. *Int J Keratoconus Ectatic Corneal Dis.* 2012;1(2):92-9. doi:10.5005/jp-journals-10025-1018.
20. Salomao MQ, Guerra FP, Ramos IC, Jordao LF, Canedo ALC, Valbon BF, et al. Accuracy of topometric indices for distinguishing between keratoconic and normal corneas. *Int J Keratoconus Ectatic Corneal Dis.* 2013;2(3):108-12. doi:10.5005/jp-journals-10025-1062.
21. Orucoglu F, Toker E. Comparative analysis of anterior segment parameters in normal and keratoconus eyes generated by scheimpflug tomography. *J Ophthalmol.* 2015;2015: 925414. doi:10.1155/2015/925414.
22. Huseynli S, Salgado-Borges J, Alio JL. Comparative evaluation of Scheimpflug tomography parameters between thin non-keratoconic, subclinical keratoconic, and mild keratoconic corneas. *Eur J Ophthalmol.* 2018;28(5):521-34. doi:10.1177/1120672118760146.

