

GALILEI двухканальная шаймфлюг-камера

Обнаружение кератоконуса

Показатели KPI и KProb могут помочь в диагностике кератоконуса

Основные определения

- **KPI (keratoconus prediction index)** – индекс прогноза кератоконуса, основанный на данных о кривизне передней поверхности роговицы (измеряется в диапазоне от 1 до 100).
- **KProb (probability of keratokonus)** – индекс вероятности кератоконуса, основанный на наборе данных прибора GALILEI, используя индекс KPI (диапазон KProb находится в пределах 0-100%).
- Индекс KPI утверждается, используя специфические данные программного обеспечения GALILEI версии 5.2 с добавлением данных индекса KProb
- Точность индекса KProb – 94,4%
- Максимальная специфичность / чувствительность методов для определения глаз без патологии – 95,5%, глаз с кератоконусом – 92,7%.
- Значения индекса KProb в диапазоне 0-100% не означают такое же значение кератоконуса в диапазоне 0-100%.
- Для определения глаз без кератоконуса используются отрицательные значения индекса KProb в диапазоне 0-100% с предустановленным значением 95,5%
- У пациентов с малыми значениями индексов KPI и KProb может быть кератоконус (на основании 5,6% случаев, которые не попадают в диапазон точности)
- Рассмотрите рис.2 график с показателями специфических индексов KPI и KProb для глаз с и без кератоконуса
- Рис. 2 должен быть использован для интерпретации значений индексов KPI и KProb для глаз с и без кератоконуса с точностью – 94,4%
- **При использовании различных наборов данных функция вероятности KProb может изменяться**
- **Индексы кератоконуса созданы как приложение к клиническому исследованию и ни в коем случае не должны быть использованы в качестве единственного метода установления диагноза кератоконуса**

Знаете ли вы свои возможности в диагностике при использовании индекса KPI?

KPI (keratoconus prediction index) – индекс, указывающий на корреляцию между топографией поверхности роговицы и появлением кератоконуса.

Для аксиальной карты кривизны роговицы индекс KPI подсчитывается, основываясь на подсчете различных параметров кривизны передней поверхности [1]. Индексы KPI и KProb подсчитываются и отображаются в отчете о кератоконусе Galilei (см. Рис. 1).

Индекс KProb был представлен в версии программного обеспечения 5.2 анализатора Galilei, в то же время индекс KPI был утвержден в техническом бюллетене № 4.2 Galilei в январе 2010 года. Выявление кератоконуса по характеристике индекса KPI было подтверждено при проведении биомикроскопии.

KProb – это индекс вероятности. При использовании версии программного обеспечения Galilei №5.2.1 мы можем ожидать точность определения кератоконуса 94,4%.

Процент точных исследований достаточно высок, и наше исследование может конкурировать по точности с другими алгоритмами, основанными на применении технологии Пласидо. В то же время индекс KPI не является 100% точным, и должны быть использованы другие методы обследования.

Уравнение подсчета индекса KPI генерирует значение «0» у пациента без кератоконуса. Значение «100» коррелирует с топограммой роговицы с признаками кератоконуса высокой степени.

Для определения вероятности кератоконуса (KProb), используя индекс KPI, были проанализированы (и в дальнейшем подтверждены биомикроскопией) данные, полученные с шаймпфлюг-камеры Galilei. Полученные значения были отображены в графике для визуализации разделения между группой кератоконуса и группой нормы. Как показано на рис. 2, средний диапазон индекса KProb выделяет “границу” между здоровыми глазами и глазами с подозрением на кератоконус. Так как график между значениями KPI нормы и кератоконуса нелинейный, то достаточно легко провести различия между этими двумя группами. Среднее значение индекса KPI – 30. Большие значения являются признаком кератоконуса, а меньшие – говорят о низкой степени предсказуемости (как бы то не было, точность метода 94,4%, для негативных значений - 95,5%).

Обратите внимание, что на графике сравнения KPI и KProb, значения нормы находятся в пределах 10%. Однако, у глаз, находящихся в данной области, несмотря на нормальную карту кривизны передней поверхности роговицы при исследовании на

щелевой лампе выявляется до трех признаков кератоконуса. Вследствие этого вероятность кератоконуса 0% не существует у данных индексов в данной конкретной популяции.

Индекс KProb помогает пользователю интерпретировать индекс KPI путем вычисления вероятности определения кератоконуса, основываясь на данных кривизны передней поверхности роговицы и описанной базы данных.

Примечание: Если используются различные базы данных, то изменяется функция подсчета вероятности KProb.

Подсчет индекса KPI осуществляется удобным, объективным, быстрым и автоматическим способом. В то же время, индекс KPI не является на 100% селективным и зависит как от качества введенных при расчете данных, так и от качества самого измерения. При 95,5% специфичности положительные случаи могут быть быстро определены, однако врач должен в обязательном порядке проанализировать «нормальные» глаза при толщине роговицы менее 500мкм, крутой задней поверхности роговицы или децентрированной относительно центра зрачка наиболее тонкой точке роговицы.

В будущем выявление кератоконуса на приборе GALILEI может быть существенно уточнено включением в расчет таких параметров, как кривизна задней поверхности роговицы и её пахиметрии, так как они также изменяются при данном заболевании. Подобный улучшенный метод позволит улучшить автоматическую раннюю диагностику и определение кератоконуса.

Каким образом индекс KProb был утвержден для работы с анализатором оптических сред глаза GALILEI?

Индекс KProb прибора GALILEI был определен на основе аксиальных карт кривизны роговицы при исследовании групп пациентов с кератоконусом и группы здоровых глаз. Диагноз кератоконуса был верифицирован на основе биомикроскопии. Было подсчитано значение индекса KPI для каждого глаза в каждой группе, наибольшее значение KPI равнялось 100. Таблица значений, отображающих специфичность и чувствительность индекса KPI была создана для определения индекса KProb на основании логистической регрессии. Таблица 1 показывает возможность при помощи индекса KPI четко разделить две группы пациентов, несмотря на их частичное перекрытие, то есть присутствовали пациенты с признаками кератоконуса при биомикроскопии со значениям KPI, близкими к норме (ложно-негативные показатели). По этой причине максимальная специфичность и чувствительность индекса KPI не равняется 100%. Максимальная чувствительность и максимальная специфичность равняются 92,7 и 95,5% соответственно. В то же время существует вероятность пропустить пациента с кератоконусом, если используется только один метод - индекс KPI или топография передней поверхности роговицы.

Каковы значения нормы индексов KPI и KProb?

Обратимся к графику, отображающему индексы KPI и KProb (рис. 2). Важно учесть, что график основывается на единой базе данных. В то же время график может быть смещен, на нем могут быть исключены наибольшие и наименьшие значения KPI (используется для отделения нормы от кератоконуса), основанные на биомикроскопических признаках кератоконуса.

Важно помнить, что карты топографии роговицы без других исследований недостаточны для установления диагноза кератоконуса. Биомикроскопия важна для выявления специфических изменений морфологических ткани роговицы, соответствующих кератоконусу.

Для более точного определения групп пациентов и улучшения прогноза индекса KPI был применен метод логистической регрессии, основанный на индексе KPI для определения индекса KProb. При использовании данной функции создается сигмовидный график срания KPI и KProb. На графике нормальные глаза выделяются зеленым цветом, глаза с кератоконусом – красным. При значении KPI 30 происходит резкое изменение значения KProb, и небольшом диапазоне индекса KPI вероятность кератоконуса увеличивается очень быстро. Область нормы находится при KPI менее 30, однако при этом все равно могут быть пропущены случаи кератоконуса. Таким образом, индекс KPI является хорошим индикатором нормы, при том что он не является на 100% достоверным.

Клинический случай.

Вопрос: Следует ли из рис. 1, что значение индекса KPI 10% или 20% указывает на кератоконус, и каковы пределы индекса KProb?

Ответ: После проведения анализа специфичности и чувствительности на базе программного обеспечения версии 5.2 GALILEI новые значения индекса KProb были подсчитаны по шкале 100%, с точностью определения кератоконуса в 94,4%. Вследствие этого, индекс KPI в 10% или 20% может говорить о возможности кератоконуса при соответствующем значении KProb (см. Рис. 1).

Индекс KPI подсчитывается из множества индексов (см. Рис. 1) на основе специальной математической функции (см. Уравнение 1).

Keratoconus Indices					
I-S	0.17 [D]	(i)	DSI	0.32 [D]	(i)
SAI	0.14 [D]	(i)	OSI	0.15 [D]	(i)
SRI	-0.14 [D]	(i)	CSI	0.22 [D]	(i)
IAI	0.33 [D]	(i)	ACP	50.70 [D]	(i)
AA	100%	(i)	SDP	0.20 [D]	(i)
KPI	9%	(i)	KProb	10%	(i)

Рисунок 1. Таблица индексов кератоконуса, включая KPI, KProb и другие индексы для подсчета KPI (см. Уравнение 1). Таблица находится в панели индексов в отчете по кератоконусу.

Уравнение 1.

Индекс прогноза кератоконуса (KPI) – это компиляция индексов DSI, OSI, CSI, SAI, SimK1, SimK2, IAI и AA (представлены в параграфе 3.4.2 руководства пользователя). Уравнение отображается на приборе GALILEI в виде процентной вероятности по шкале от 0 до 100%. Математическая формула [2] для расчета индекса KPI с использованием всех индексов, представлена ниже:

$$\begin{aligned} KPI = & 4.62 * [0.30 + 0.01 (-41.23 - \\ & 0.15 * DSI + 1.18 * OSI + 1.49 * CSI + \\ & 4.13 * SAI - 0.56 * SimKs + 1.08 * SimKf - \\ & 3.74 * IAI + 0.10 * AA)] - 60.25 \end{aligned}$$

[Уравнение 1]

Преимущества использования дисков Пласидо

Одним из преимуществ применения индекса KPI является исключительно точное измерение кривизны передней поверхности роговицы на основе дисков Пласидо.

Топографы, использующие диски Пласидо для измерения кривизны передней поверхности роговицы обладают большей чувствительностью метода при расчете индекса KPI, чем топографы, устроенные исключительно на действии шаймпфлюг-камеры. Для получения большего объема информации по анализу кривизны передней поверхности роговицы обратитесь к расчетам Klyse/Maeda.

Рассмотрим Рис. 2. График сравнения индексов KPI и KProb является специфическим (уникальным) для отображеного набора введенных данных. График может быть смещен, на нем могут быть исключены наибольшие и наименьшие значения KPI между нормой и патологией, основанные на идентификации кератоконуса. Важно помнить, что карты топографии роговицы без других исследований недостаточны для установления диагноза кератоконуса. Биомикроскопия важна для выявления специфических изменений морфологических тканей роговицы, соответствующих кератоконусу и дифференцирующих его от других заболеваний.

Значения индексов KPI и KProb должны быть отображены на графике для определения риска развития кератоконуса.

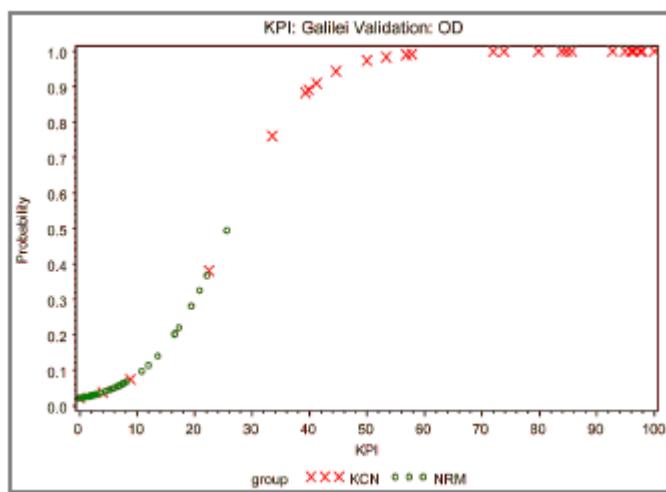


Рисунок 2. График сравнения вероятности ($KProb \backslash 100$) и KPI между глазами с кератоконусом (KCN, X красного цвета) и нормальными глазами (NRM, зеленые O) из базы данных GALILEI, указанной ранее. Большинство соучаев KCN имеют KPI более 30. В то же время 3 красных отметки X, указывающие на кератоконус, находятся при KPI менее 10.

Другой анализ нормы и кератоконуса может привести к сдвигу значений KPI (которые разделяют две группы) или к снижению % количества выявленного кератоконуса, если исследование базируется на графике.

KPI – это индекс вероятности. Таблица 1 показывает, что максимальная специфичность (95,5%) и чувствительность отмечаются при значении KProb = 30% с точностью 94,4%.

ВНИМАНИЕ: Индексы вероятности возникновения кератоконуса созданы как дополнение к клиническому обследованию и не должны быть использованы в качестве единственного метода диагностики кератоконуса. Обе группы отображены на графике зелеными кружками (норма) и красными крестами X (кератоконус) с соответствующими значениями KPI и KProb в %. Диапазон различия индексов KPI и KProb между группами также отображен на графике. Следует особо подчеркнуть, что индекс KProb подсчитывается исключительно на основе данных GALILEI по кривизне передней поверхности роговицы. Вследствие этого некоторые результаты кератоконуса (красные значки X) могут находиться в диапазоне «нормы».

Prob. Level	Correct		Incorrect		Percentages				
	Event	Non- Event	Event	Non- Event	Correct	Sensitivity	Specificity	False Pos	False Neg
0.000	41	0	67	0	38.0	100.0	0.0	62.0	.
0.100	38	58	9	3	88.9	92.7	86.6	19.1	4.9
0.200	38	60	7	3	90.7	92.7	89.6	15.6	4.8
0.300	38	64	3	3	94.4	92.7	95.5	7.3	4.5
0.400	37	66	1	4	95.4	90.2	98.5	2.6	5.7
0.500	37	66	1	4	95.4	90.2	98.5	2.6	5.7
0.600	37	67	0	4	96.3	90.2	100.0	0.0	5.6
0.700	37	67	0	4	96.3	90.2	100.0	0.0	5.6
0.800	36	67	0	5	95.4	87.8	100.0	0.0	6.9
0.900	33	67	0	8	92.6	80.5	100.0	0.0	10.7
1.000	0	67	0	41	62.0	0.0	100.0	.	38.0

Таблица 1. Классификация индекса KPI. Чувствительность метода указывает на правильную классификацию группы KCN, а специфичность – группы нормы. Таблица демонстрирует уровень вероятности в 0,3, выбранный для максимизации чувствительности (92,7%) без снижения специфичности (95,5%). Обратите внимание, что это субъективное определение. При 100% чувствительности (будут выявлены абсолютно все случаи кератоконуса, у вас будет 0% специфичность, так что все здоровые глаза также будут включены в группу KCN).

Пользователи GALILEI должны ясно осознавать, что индекс KPI зависит от аксиальной карты кривизны передней поверхности роговицы, поэтому качество получаемых данных очень важно. Должно быть проведено четкое и правильное исследование обоих глаз пациента, так как метод включает в себя сравнение между правым и левом глазом. Удовлетворительным уровнем чувствительности индекса KPI является чувствительность 92,7% (находится на одном уровне с другими приборами с дисками Пласидо, использующими подобный индекс). В то же время на других картах видны иные признаки кераконуса, которые должны быть учтены и использованы в диагностике.

GALILEI предлагает задействовать другие детали карт, относящиеся к скринингу кератоконуса, включая карты пахиметрии, рельефа задней поверхности роговицы, положения наиболее тонкой области по отношению к центру зрачка и др.

Ссылки

- [1] Maeda N, Klyce SD, Smolek MK, Thompson HW. Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994; 35: 2749–57.
- [2] Mahmoud AM, Roberts C, Lembach R, Herderick EE, McMahon TT. Simulation of machine-specific topographic indices for use