

Статья подготовлена дилером ГРПЗ в Испании, компанией Лентикон.

Сравнение результатов измерения внутриглазного давления, полученных тонометрами Перкинс, бесконтактным тонометром и траспальпебральным тонометром, до и после Лазерного Кератомилёза.

Авторы: Изабель Качо, Хуан Санчес-Навес,1, Лаура Батрес,2, Хесус Пинтор,3, и Гонсало Карраседо,2,3.

1. Балеарский Институт Офтальмологии, 07011, Пальма-де-Майорка, Испания
2. Оптическое отделение II (Оптометрия и Зрение), Факультет Оптики и Оптометрии, Мадридский университет Комплутенсе, 28037, Мадрид, Испания
3. Отделение биохимии и молекулярной биологии IV, Факультет Оптики и Оптометрии, Мадридский университет Комплутенсе, 28037, Мадрид, Испания

Получено 19 марта 2015 года, Проверено 28 мая 2015 года, Принято 28 мая 2015 года

Академический редактор: Антонио Кейрос

Copyright © 2015 Изабель Качо и соавторы.

Данная статья имеет открытый доступ и может распространяться в соответствии с лицензией организации “Криэйтив Коммонс”, которая позволяет неограниченное использование, распространение и воспроизведение данной статьи в любых источниках СМИ при условии, что цитируется оригинальный текст статьи.

Абстракт

Цель. Сравнение результатов измерения внутриглазного давления (ВГД) до и после проведения лазерного кератомилёза (LASIK), полученных тонометрами diaton, Perkins и бесконтактными воздушно-струйным тонометром.

Методы. Было выбрано 57 пациентов для лечения миопии процедурой LASIK средним возрастом 34,88 лет. До и после хирургии методом LASIK выявляли сферический эквивалент рефракции (СЭР), кривизну роговицы (К), центральную толщину роговицы (ЦТР), толщину верхнего предела роговицы. Измерение ВГД проводилось до и после операции с помощью тонометров diaton, Perkins и бесконтактным воздушно-струйным тонометром.

Результаты. Различия результатов измерения ВГД тонометром Perkins и воздушно-струйным тонометром до и после хирургии методом LASIK статистически значительны ($p < 0,05$). Тем не менее, при измерение ВГД тонометром diaton не было выявлено статистически существенного различия ($p > 0,05$). Значение ЦТР после хирургии значительно снизилось ($p < 0,05$), не было выявлено статистически значимого изменения толщины верхнего предела роговицы ($p = 0,08$). Корреляция результатов между измерениями до и после проведения хирургии была выявлена для всех тонометров: $p = 0,001$ и $r = 0,434$ для

воздушно-струйного тонометра, $p = 0,008$ и $r = 0.355$ для тонометра Perkins, и $p < 0,001$ и $r = 0.637$ для тонометра diaton.

Выводы: Транспальпебральная тонометрия может использоваться для измерения ВГД после проведения хирургии методом LASIK у пациентов, страдающих миопией, так как изменения при данном виде лечения не влияют на результат транспальпебральной техники измерения.

1. Введение

Измерение внутриглазного давления (ВГД) – необходимая процедура для скрининга и диагностики глаукомы, и в то же время, это процедура является критерием включения/исключения пациентов для проведения всех типов офтальмологических процедур. LASIK (лазерный Кератомилёз) – наиболее распространенный хирургический метод, который используется для коррекции зрения. При лечении миопии этот метод вызывает абляцию ткани роговицы, тем самым, выравнивая кривизну роговицы, изменяется центральная толщина роговицы (ЦТР) и роговидная ригидность. Эти самые изменения влияют на послеоперационный результат измерения ВГД тонометром Гольдмана (ГАТ) или бесконтактным воздушно-струйным тонометром [1]. По некоторым данным установлено, что центральная корневая абляция вызывает постоянное занижение тонометрических результатов в среднем на 1,6 мм.рт.ст. (в случаях миопии и гиперметропии). У пациентов, страдающих миопией, наблюдается дополнительное занижение результатов измерения ВГД, так как максимальная абляция ткани происходит в самом центре роговицы $0,029 \pm 0,003$ мм.рт.ст. на микрометр абляционной ткани, и следовательно, если мы предположим среднее удаление ткани в размере 15 микрон/диоптрий, то на каждый диоптрий занижение результатов будет равно 0,5 мм.рт.ст. [2].

Внутриглазное давление – значительный фактор при постановке такого диагноза как глаукома. Следовательно, у пациентов, прошедших лечение процедурой LASIK, результаты измерения внутриглазного давления могут быть занижены, что приведет к позднему выявлению глаукомы [3].

Глаукома отличается от других глазных нейропатий медленным течением от нескольких месяцев до нескольких лет. Низкая распространенность этого заболевания наблюдается у людей младше 40 лет и экспоненциально растет с возрастом[4]. О связи миопии и глаукомы писали многие авторы из разных стран [5–7], утверждающие, что миопия высокой степени является предрасполагающим фактором развития глаукомы[8].

В некоторых последних исследованиях о применении хирургии методом LASIK для коррекции близорукости наблюдается повышение ВГД во время отделения лоскута, а после отсасывания части тканей ВГД снижается до нормы[9]. Кроме этого, отмечаются также пост-операционные изменения в биомеханике роговицы, которые могут привести даже к таким осложнениям как возвращение самой миопии. Подробное исследование биомеханических свойств для предотвращения наступления возможных осложнений послужило началом многих клинических испытаний [10, 11].

Аппланационный тонометр Perkins – портативный аналог аппланационного тонометра Гольдмана (ГАТ). ГАТ – “золотой стандарт”, общепринятый метод измерения ВГД; тем не менее, в 2002 году было установлено, что врачу необходимо быть крайне осторожным при интерпретации результатов измерений. Ученым Бан и др. [12] выявили ограничение применения этого метода тонометрии: ГАТ занижает результаты измерения ВГД в глазах с значительно утонченной роговицей, и наоборот, завышает ВГД на глазах с утолщенной роговицей. Точность тонометра зависит от толщины роговицы, ее кривизны и ригидности, а также от гидратации роговицы [13, 14]. Хотя верно суждение, что измерительный метод стремится к завышению ВГД в глазах с повышенной ЦТР, тоже самое суждение относится и к глазам, роговица которых плоская или конусная [15].

Несколько исследований показали, что биомеханические отклонения роговицы, вызванные отделением лоскута при хирургии LASIK влияют на пост-операционные результаты измерения ВГД аппланационным тонометром Гольдмана и воздушно-струйным тонометром [16, 17].

Тонометр diaton измеряет ВГД через веко с помощью применения давления на периферийную зону роговицы, измерение проводится вне зоны абляции, на склоро-корнеальном лимбе. Хирургия LASIK не оказывает влияния на толщину роговицы в периферийной зоне [18].

Бесконтактная воздушно-струйная тонометрия – аппланационный метод, при котором не требуется применение анестезии, так как для измерения используется воздушный импульс, который сплющивает роговицу. Сплющивание воздействует на центральную роговичную зону, интенсивность воздушного импульса увеличивается до тех пор пока, не достигнуто необходимое уплощение роговицы. Следовательно, чем выше интенсивность, тем выше результат измерения ВГД [19].

Целью данного исследования стало сравнение результатов ВГД до и после хирургии методом LASIK, полученных с помощью трех разных тонометров. Два из исследуемых тонометров проводят измерение в центральной зоне роговицы, а другой тонометр проводит измерение в периферийной зоне роговицы.

2. Методы

2.1 Пациенты

57 пациентов в возрасте от 22 до 53 лет (средний возраст $34,88 \pm 8,86$) были выбраны для лечения миопии хирургическим методом LASIK. Измерение ВГД проводилось на одном глазе пациента, выбранном для исследования в случайном порядке. Более детально демографические характеристики участников исследования приведены в Таблице 1.

До хирургии проводилось полное офтальмологическое обследование пациентов, включающее также ВГД. Те же самые исследования проводились спустя месяц после операции.

Таблица 1: Демографические характеристики участников исследования

Параметры	LASIK	
	Количество глаз (пациентов)	57 (57)
Возраст (лет среднее значение) (стандартное отклонение)	34,88 (8,86)	
Возрастной диапазон (лет)	[22,53]	
Пол (мужской,женский)	[27,30]	
Длина оптической оси глаза (мм,D), (стандартное отклонение)	24,76 (0,88)	
Предоперационная сфера (D) (стандартное отклонение)	- 2,99 (1,24)	
Предоперационная цилиндрическая оболочка (D)	- 0,56 (0,40) 91,98 (59,58)	
	До хирургии	После хирургии
Плоскость (D), (стандартное отклонение)	43,44 (1,47)	40,92 (1,32)*
Подъем (D) (стандартное отклонение)	43,62 (1,42)	41,12 (1,54)*

* До хирургии в сравнении с результатами после хирургии, $p < 0,05$.

Метод статистической проверки t-Критерий Стьюдента. Для получения более подробной информации см. Раздел 2.

Исследование было проведено в соответствии с основными правилами надлежащей клинической практики, с общепринятыми правилами согласия на участие в исследовании, и в соответствии с положениями Хельсинской Декларации(WMA, 2013) [20]. Исследование было одобрено Балеарским Институтом Офтальмологии. Участниками исследования были пациенты старше 18 лет, давшие свое согласие на участие и имевшие возможность покинуть исследование в любое время.

2.2. Клинические меры

До и после хирургии методом LASIK проводились следующие обследования – сферический эквивалент рефракции (СЭР), измерение центральной толщины роговицы (ЦТР), измерение толщины роговицы в верхнем отделе. Внутриглазное давление измерялось до и после проведения операции тремя тонометрами: тонометром diaton, тонометром Perkins и воздушно-струйным тонометром.

2.3. Хирургические процедуры

Операция проводилась всем пациентам одним и тем же хирургом (Хуан Санчес-Навес) с использованием эксимерного лазера Technolas 217, версия V 312.383 (производство Bausch & Lomb, г. Ирвайн, шт. Калифорния, США).

Параметры лазера: длина волны 193 нм, энергетическая экспозиция (Флюенс) 160 мДж/см², частота повторения пульсации 50 Гц, средняя глубина абляции и импульсы 0,25 мкм на роговице, диаметр зоны абляции от 6,5 до 7 мм с переходной зоной 0,5 мм.

ХР автоматизированный микрокератом (производство Bausch & Lomb, г. Ирвайн, шт. Калифорния, США) для среза верхней части роговицы (120 или 140 лм). Пациентам были назначены антибиотики местного применения и глазные капли (Тобрадекс, Alcon, Техас, США) каждые 6 часов в течение 5 дней. Для всех пациентов предоперационная истинная рефракция была выбрана в качестве коррекционной цели.

2.4. Измерение ВГД

Проводилось по три измерения на каждом пациенте, среднее значение показаний записывалась как конечное значение ВГД. Во время процедуры измерения испытуемых просили держать глаз открытым, фиксировалось расстояние между пациентом и исследователем. Сначала, проводилось три последовательных измерения ВГД бесконтактным воздушно-струйным тонометром (Торсон СТ60, Корпорация Торсон, Токио, Япония). Примерный временной интервал между измерениями составил 3 секунды. Измерение ВГД тонометром Perkins проводилось после закапывания 1 капли двойного анестетика Colircusi, который содержит в себе 0,1 % Тетракаина и 0,4 % Оксипупрокаина (Colircusi, Alcon, CUSI SA, Барселона). Спустя 10 минут, было проведено измерение тонометром diaton (Государственный, Рязанский приборный завод, Рязань, Россия). Измерение проводилось в положении сидя, при этом взгляд пациента был зафиксирован под углом 45°, тонометр устанавливали на веко, граничащее с верхней частью лимба. Измерение проводилось после того, как сигнализирующий механизм указывал на вертикальное положение прибора. Временной интервал между измерениями тонометрами diaton и Perkins составлял 5 минут. Измерялись и рассчитывались значения центральной толщины роговицы и толщины верхнего предела роговицы в зоне 4,5 мм выше от центральной точки роговицы, получены топографические результаты (Орбскан II, Bausch & Lomb, Рочестер, Нью-Йорк, США).

2.5. Статистический анализ

Данные были проанализированы с помощью статистического пакета SPSS версия 17.0 для ПО Windows (SPSS, Inc., Чикаго, шт. Иллинойс). Значения представлены в виде усредненных значений (\pm SD) полученных результатов. Нормальность распределения оценивалась с помощью критерия Шапиро-Уилкса. Для каждого

тонометра статистическая значимость различий результатов ВГД, полученных до и после оперативного вмешательства, а также различий результатов ЦТР и толщины верхнего предела роговицы рассчитывались с помощью парного критерия Стьюдента. Результаты измерения ВГД, полученные разными приборами, также сравнивались с использованием критерия Стьюдента. Корреляция между измерениями до и после проведения операции оценивалась по Пирсону.

Сферический эквивалент рефракции (СЭР) был рассчитан как сумма сферы и половина рефракционного астигматизма в диоптриях (D), который был получен после стандартного субъективного преломления. Линейный регрессионный анализ был применен для количественной оценки корреляции результатов измерений ВГД и других параметров: изменения в кератометрии, изменение диоптрий СЭР, и возрастные изменения принимались как статистически значимые.

3. Результаты

Различия результатов значений ВГД до и после хирургии методом LASIK, полученные тонометром Perkins и воздушно-струйным тонометром, были статистически значимыми ($p < 0,05$). Тем не менее, различия результатов измерения ВГД тонометром diaton не были существенными ($p > 0,05$). Что касается толщины роговицы, центральная толщина роговицы значительно уменьшилась ($p < 0,05$), но изменение толщины верхнего предела роговицы не было клинически значимым ($p = 0,08$). В **Таблице 2** приведены результаты усредненных значений ВГД всех тонометров и значения толщины роговицы до и после хирургии.

Значения корреляции результатов ВГД до и после хирургии найдены для всех тонометров, воздушно-струйный тонометр $p = 0,001$ и $r = 0,434$, тонометр Perkins $p = 0,008$ и $r = 0,355$, тонометр diaton $p < 0,001$ и $r = 0,637$. Значения корреляции центральной толщины роговицы и толщины верхнего предела роговицы до и после хирургии - $p < 0,001$ и $r = 0,626$ и $p = 0,001$ и $r = 0,542$ соответственно.

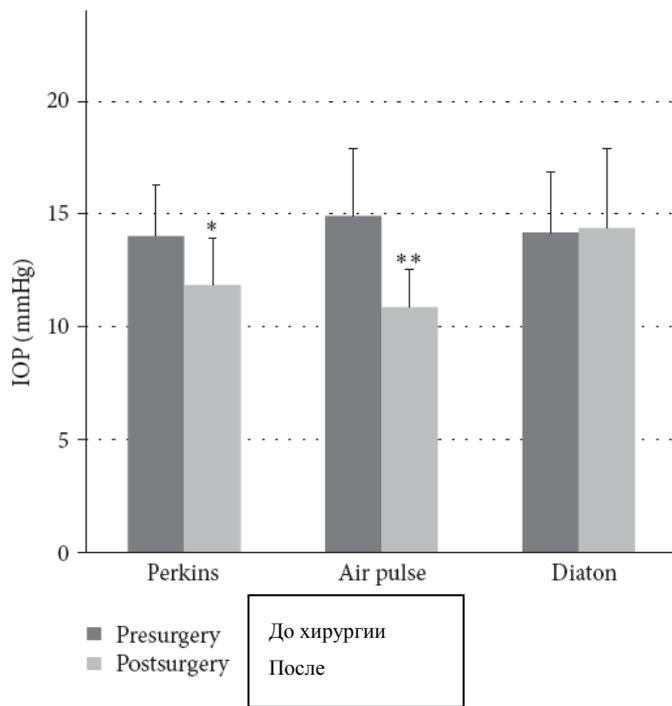


Рисунок 1: Сравнение результатов ВГД до и после хирургии тонометром Perkins, бесконтактным тонометром и транспальпебральным тонометром. (* $p < 0,05$ – diaton vs. Perkins, ** $p < 0,05$ diaton vs. воздушно-струйный тонометр; t -критерий Стьюдента)

Таблица 2: Показатели ВГД тонометров Perkins, diaton и воздушно-струйного тонометра, значения центральной пахиметрии и пахиметрия роговицы в верхнем отделе до и после LASIK

параметр	до хирургии	после хирургии	до-после	значение р
ВГД, Perkins (mm Hg среднее отклонение)	14,02 ± 2,25	11,85 ± 2,08	2,16 ± 2,47	$p < 0,001^*$
ВГД, воздушно-струйный тонометр, (mm Hg среднее отклонение)	14,92 ± 2,98	10,86 ± 1,71	4,05 ± 2,72	$p < 0,001^*$
ВГД, тонометр diaton, (mm Hg среднее отклонение)	14,18 ± 2,70	14,38 ± 3,50	-0,20 ± 2,73	0,590
центральная пахиметрия (мкм, среднее отклонение)	572,59 ± 45,41	475,91 ± 55,95	96,67 ± 44,83	$p < 0,001$
Пахиметрия верхнего отдела роговицы (мкм, среднее отклонение)	658,62 ± 31,69	645,18 ± 29,41	13,44 ± 29,30	0,080

*До хирургии в сравнении с результатами после хирургии, $p < 0,05$.

Метод статистической проверки t -Критерий Стьюдента

Соотношение значений ВГД тонометра Perkins и воздушно-струйного тонометра до проведения операции $p = 0,002$ и $r = 0,407$ и после - $p = 0,002$ и $r = 0,408$. Результаты соотношения результатов тонометра diaton и тонометра Perkins до хирургии $p = 0,338$ и $r = 0,132$ и после хирургии $p = 0,358$ и $r = 0,124$.

Что касается толщины роговицы, значения центральной толщины роговицы коррелировали со значениями ВГД, полученными тонометром Perkins и воздушно-струйным тонометром – до операции $p = 0,035$ и $r = 0,286$ и $p = 0,004$ и $r = 0,373$, после хирургии $p = 0,017$ и $r = 0,312$ соответственно. Тем не менее, значения толщины роговицы в верхнем отделе до и после хирургии слабо коррелировали с значениями ВГД тонометра diaton – $p = 0,369$ и $r = 0,124$ и $p = 0,453$ и $r = 0,167$ соответственно.

И в заключении, было определено соответствие изменения значения сферического эквивалента рефракции (СЭР) с разницей значений ВГД до и после хирургии: воздушно-струйный тонометр – $p = 0,009$ и $r = - 0,343$, корреляция с ЦТР $p < 0,001$ и $r = - 0,660$. Тем не менее, слабая корреляция выявлена у тонометра Perkins $p = 0,256$ и $r = - 0,156$ и у тонометра diaton $p = 0,466$ и $r = - 0,102$.

4. Обсуждение

Целью данного исследования стала оценка ВГД до и после проведения хирургии LASIK при лечении миопии с выявлением влияния толщины роговицы на результат измерения. Точность измерения внутриглазного давления является критическим фактором при диагностике глаукомы и ее контроле. Заниженные показатели ВГД после хирургии LASIK могут привести к позднему выявлению глаукомы или к позднему выявлению больных, страдающих глаукомой [21].

Для количественного определения ВГД были использованы различные методы измерения [22]. Аппланационная тонометрия по Гольдману является общепринятым золотым стандартом измерения ВГД, но дело в том, что при данном методе измерения ВГД необходимо учитывать значение центральной толщины роговицы: при измерении на утолщенной роговице значение ВГД может быть завышено, при измерении на утонченной роговице – результат занижен [15]. С другой стороны, есть подтверждения, что бесконтактная воздушно-струйная тонометрия дает более высокие показания, чем тонометр Гольдмана, особенно при измерении ВГД у возрастных пациентов. Этот метод тонометрии также зависит от центральной толщины роговицы [23]. Что касается транспальпебральной тонометрии, между авторами существуют разногласия о точности прибора [24, 25]. Сендер и соавторы [26] выявили достаточную корреляцию между тонометром Гольдмана и транспальпебральной тонометрией, написав в заключении, что тонометр diaton является хорошим прибором для скрининга. Тем не менее, другие авторы, не пределили подобной корреляции, вероятно, из-за смены исследователей [27].

Полученные нами результаты тонометра Perkins и воздушно-струйного тонометра, которые проводят измерение ВГД в центре роговицы и в зоне абляции, были значительно ниже после проведения рефракционной хирургии в сравнении с результатами до хирургического вмешательства. Тем не менее, тонометр diaton, проводящий измерение ВГД в зоне верхнего предела роговицы, показал одни и те же значения до и после операции. Причиной снижения ВГД может быть утончение роговицы из-за проведения хирургии, а также биомеханические изменения роговицы после отделения лоскута. К подобным выводам, пришли Шемеш и соавторы [29], которые выявили, что у пациентов после проведения рефракционной хирургии LASIK и LASEK были получены заниженные результаты ВГД при измерении тонометром Гольдмана, а при измерении методом динамической контурной тонометрии, не зависящей от центральной толщины роговицы, результаты ВГД остались неизменными. В своем исследовании Шоуша и соавт. [30] пришли к выводу, что после проведения процедур LASIK и epiLASIK результаты измерения ВГД, полученные тонометром Гольдмана и бесконтактным тонометром, были занижены.

Факт, что корреляция не была выявлена между тонометром Perkins и значением сферического эквивалента рефракции, может показаться удивительным. Данный вид корреляции зависит от толщины роговицы, значения кривизны роговицы (значение k), от биомеханических свойств роговицы, от диаметра абляции. Несмотря на это, указано, что изменение значения ВГД после операции может быть связано лишь с изменением толщины роговицы или значения K [1, 31]. Этим можно объяснить недостаточность корреляции между тонометром Perkins и значением СЭР после операции.

Основным ограничением применения транспальпебральной тонометрии является неточность при измерении высоких ВГД, полученные результаты ниже результатов значений золотого стандарта – тонометра Гольдмана [32]. Необходимо провести дополнительное исследование, чтобы подтвердить эффективность новых методов тонометрии, независимых от толщины роговицы, а также подтвердить эффективность использования тонометра diaton для глаукомных пациентов. Дополнительной сложностью проведения нашего исследования - расчет толщины роговицы в зоне лимба, именно в точке измерения ВГД тонометром diaton. В нашем исследовании измерение толщины верхнего предела роговицы проводилось в 4,5 мм от центральной точки роговицы для того, чтобы подтвердить отсутствие изменения периферической толщины, но это не совсем та точка, в которой проводит измерение тонометр diaton. Отсутствие корреляции между значением толщины верхнего предела роговицы и diaton-тонометрией означает, что биомеханика века и толщина играет важную роль, тем не менее, на данную тему необходимо проведение дополнительных исследований.

В заключении, транспальпебральная тонометрия является хорошим способом контроля ВГД после проведения хирургии методом LASIK, так как она не зависит от абляции или утончения центральной зоны роговицы, происходящих из-за проведения рефракционной хирургии при лечении миопии.

Ответственность

Авторы несут ответственность за содержание и написание статьи.

Конфликт интересов

Не сообщается о конфликте интересов. Статья написана без финансовой поддержки.

Благодарность

Авторы выражают свою благодарность компании Lenticon SA (Мадрид, Испания) за предоставление тонометра diaton. Работа осуществлялась при поддержке Министерства науки и инновации (SAF2013-44416-R) и организации RETICS (RD12/0034/0003).

Список литературы

1. М. Колхас, Е. Споерл, А. Бем, и К. Поллак, " Коррекционная формула для определения реального внутриглазного давления после процедуры LASIK при коррекции миопического астигматизма" Журнал рефракционной хирургии, т.22, номер 3, стр. 263-267, 2006.
2. Х. Санчес-Навес, Л. Фурфаро, О. Пиро, и С. Байе, "Влияние и постоянство LASIK-индуцированных структурных изменений в роговице на пневмотонометрические измерения: влияние отделения роговичного лоскута и абляции стромы," Журнал Глаукома, т.17, номер 8, стр. 611-618, 2008.
3. Л.М. Агудело, К.А. Молина, и Д.Л. Альварес, "Изменения внутриглазного давления после лазерного кератомилеза при миопии, дальнозоркости и астигматизме" Журнал Рефракционная хирургия, т. 18, номер 4, стр. 472-474, 2002.
4. Х. А. Куигли, "Глаукома", Ланцет, т. 377, номер 9774, стр. 1367-1377, 2011.
5. М. Цю, С.Ю. Ван, К. Сингх, и С.К. Лин, "Связь миопии и глаукомы в популяции США," Исследовательская офтальмология и зрительные науки, т. 54, номер 1, стр. 830-835, 2013
6. Т.Ю. Вонг, Б.Е.К. Клейн, Р. Клейн, М. Кнадстон, и К.Е. Ли, "Рефракционные аномалии, внутриглазное давление, глаукома у белого населения", Офтальмология, т. 110, номер 1, стр. 211-217, 2003.
7. С. А. Перейра, Т. Ю. Вонг, В-Т. Тай, П. Дж Фостер, С.-М. Со, и Т. Аунг, "Ошибки рефракции, размеры оси и первичная открытоугольная глаукома: Малайский Исследование Глаз", Сингапур, Архивы офтальмологии, т. 128, номер 7, стр. 900-905, 2010
8. С.-М. Со, Г. Газзард, Е. С. Шин-Йен, и В-Х. Чуа, "Миопия и связанные с ней патологические осложнения," Офтальмологическая и физиологическая оптика, т. 25, номер 5, стр. 381-391, 2005.

9. Л. Конуэй, М. Вивил, А. Бенавенте-Перес, С.Л. Хоскинг, "Глазная гемодинамика кровотока до и после применения лазерного лечения кератомилезного кольца, Журнал Катаракта и рефракционная хирургия, т. 36, номер 2, стр. 268-272, 2010.
10. Д. Ортис, Д. Пиньеро, М.Х. Шабайек, Ф. Арналич-Монтиел и Х. Л. Альо "Биомеханические свойства роговицы в нормальном состоянии, после лазерного кератомилеза и при кератоконусе," Журнал Катаракта и рефракционная хирургия, т. 33, номер 8, стр. 1371-1375, 2007.
11. Д. Люс, "Определение естественных биомеханических свойств роговицы с помощью зрительного частотного анализатора," Журнал Катаракта и рефракционная хирургия, т. 31, номер 1, стр. 156-162, 2005.
12. А. Бхан, А.С. Браунинг, С. Шах, Р. Гамильтон, Д. Дэйв, и Х. С. Дуа, "Влияние толщины роговицы на измерение внутриглазного давления пневмотонометром, аппланационным тонометром Гольдмана, и тонометром Тоно-Реп, Исследовательская офтальмология и зрительные науки, т. 43, номер 5, стр. 1389-1392, 2002.
13. Дж. Лиу и Н. Г. Робертс, "Влияние биомеханических свойств роговицы на измерение внутриглазного давления: количественный анализ," Журнал Катаракта и рефракционная хирургия, т. 31, номер 1, стр. 146-155, 2005.
14. А. Т. Броман, Н. Г. Конгдон, К. Бандин-Роше, Х.А., "Влияние структуры роговицы, ее чувствительности, и других глазных параметров на тонометрическое измерение внутриглазного давления", Журнал Глаукома, т. 16, номер. 7, стр. 581-588, 2007.
15. П.Церути, П.Морбио, М. Мараффа Ceruti, Г. Марчини "Сравнение аппланационной тонометрии Гольдмана и динамической контурной тонометрии при измерении ВГД в здоровых и глаукомных глазах", т. 23, номер 2, стр. 262-269, 2009.
16. Е. Шнейдер, Ф.Грейн, "Измерение-сопоставление внутриглазного давления при помощи динамической контурной тонометрии и аппланационной тонометрии Гольдмана," Журнал Глаукома, т. 15, номер 1, стр. 2-6, 2006.
17. М. Эль Данасоури, А. Эль Магхраби и С.Д. Курпендер, "Изменение внутриглазного давления в глазах с миопией контактными и бесконтактными тонометрами после лазерного кератомилеза," Журнал Рефракционная хирургия, т. 17, номер 2, стр. 97-104, 2001.
18. М.И. Токер, А. Вурал, Х. Эрдоган, А. Топалкара и М.К. Аричи, "Центральная толщина роговицы и транспальпебральная diaton-тонометрия," Архив Грефе для клинической и экспериментальной офтальмологии, т. 246, номер 6, стр. 881-889, 2008.

19. С. Г. В. де Мораес, Т.С. Прата, Дж. Либман, и Р. Рич, "Условия тонометрии и их точность по отношению к толщине роговицы и неровностям," Журнал Оптометрия, т. 1, номер 2, стр. 43-49, 2008.
20. Всемирная Медицинская Ассоциация, "Декларация Всемирной медицинской ассоциации, Хельсинки: этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве объекта, Журнал Американская Медицинская Ассоциация, т. 310, стр. 2191-3194, 2013.
21. А.С. Х. Цай, С.К. Лун "Оценка внутриглазного давления после лазерного кератомилеза: обзор, Клиническая и экспериментальная офтальмология, т. 40, номер 3, стр. 295-304, 2012.
22. К. Йи, Г. Баэ, М. Конг, и Е.-с. Чунг, "Измерение внутриглазного давления тонометром Гольдмана, бесконтактным тонометром, тонометром Schiotz и динамическим контурным тонометром после процедуры DSEK, Роговица, т. 32, нет. 8, стр. 1089-1093, 2013.
23. С. Судеш, М. Дж. Мозли, и Дж. Р. Томпсон, "Точность тонометрии Гольдмана в клинической практике," Офтальмология, т. 71, номер 2, стр. 185-188, 1993
24. А.Р. Нестеров, Г.К. Пилецкий, Н. Г. Пилецкий "Транспальпебральной тонометр для измерения внутриглазного давления," Вестник офтальмологии, т. 119, номер 1, стр. 3-5, 2003.
25. А. Лёш, А. Шоуерле, В. Рапп, Г. Ауффарх, М. Беккер, "Транспальпебральное измерение внутриглазного давления при использовании тонометра ТГДц-01, стандартной аппланационной тонометрии Гольдмана," Архив Грефе для клинической и экспериментальной офтальмологии, т. 243, номер 4, стр. 313-316, 2005.
26. Д. Сэнднер, А. Бем, С. Костов, и Л. Пиллунат "Измерение внутриглазного давления транспальпебральным тонометром ТГДц-01 в сравнении с аппланационной тонометрии," Архив Грефе для клинической и экспериментальной офтальмологии, т. 243, номер 6, стр. 563-569, 2005
27. Дж. А. Кук, А. П. Ботейо, А. Элдери и др., "Систематический обзор соглашения между различными тонометрами с аппланационным тонометром Гольдмана", Офтальмология, т. 119, номер 8, стр. 1552-1557, 2012
28. М.Д. Доэрти, З.И. Карим и Д.П.О'Нил, "diaton-тонометрия: оценка обоснованности и предпочтения в отношении тонометрии Гольдмана Клиническая и экспериментальная офтальмология, т. 40, номер 4, стр. E171 E175-2012

29. Г. Шемеш, У. Сойберман, С. Курц, "Измерение внутриглазного давления методом аппланационной тонометрии Гольдмана и динамическим контурным тонометром в глазах после IntraLASIK или LASEK, Клиническая Офтальмология, т. 6, номер 1, стр. 1967-1969, 2012.
30. С.М.А. Шоуша, М.А. Эбо Штейт, М.Х. Хосни, В.А. Эвайс, А.М. Шалаби, "Сравнение различных методов измерения внутриглазного давления в нормальных глазах, после поверхностной или после пластинчатой рефракционной хирургии, Клиническая офтальмология, т. 7, номер 1, стр. 71-79, 2013.
31. М. Колхас, Е. Сперл, А. Бем, К. Поллак, Д. Сэнднер, и Л. Пиллунат, "Аппланационная тонометрия в « нормальных » глазах и у пациентов пациентов после LASIK, Клиническая офтальмология, ежемесячное издание, т. 222, номер 10, стр. 823-826, 2005.
32. Т. Шлоте и Г. Ланденбергер "Разница внутриглазного давления при измерении аппланационным тонометром Гольдмана в сравнении с транспальпебральным тонометром в ТГДц-01 ПРА у пациентов с глаукомой, Клиническая офтальмология, ежемесячное издание т. 222, номер 2, стр. 123-131, 2005.