

Суточный мониторинг внутриглазного давления: возможности и перспективы

БРЕЖНЕВ А.Ю., к.м.н., доцент кафедры офтальмологии;¹

БАРАНОВ В.И., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии;¹

КУРОЕДОВ А.В., д.м.н., профессор, начальник отделения;^{2,3}

ПЕТРОВ С.Ю., к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела глаукомы;⁴

АНТОНОВ А.А., к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела глаукомы.⁴

¹ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, 305041, Российская Федерация, Курск, ул. К. Маркса, д. 3;

²ФКГУ «ЦВКГ им. П.В. Мандрыка» МО РФ, 107014 г. Москва, Б. Оленья ул., владение 8 А;

³Кафедра офтальмологии лечебного факультета им. акад. А.П. Нестерова ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» МЗ РФ, 117997, Российская Федерация, Москва, ул. Островитянова, 1;

⁴ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней», 119021, Российская Федерация, Москва, Россолимо, 11А, Б.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Брежнев А.Ю., Баранов В.И., Куроедов А.В., Петров С.Ю., Антонов А.А.

Суточный мониторинг внутриглазного давления: возможности и перспективы.

Национальный журнал глаукома. 2018; 17(3):77-85.

Резюме

В данном обзоре обобщается концепция и важность круглосуточного 24-часового мониторинга внутриглазного давления (ВГД) и его взаимосвязь с тактикой лечения глаукомы.

ВГД у здоровых лиц и глаукомных пациентов оценивают, как правило, по результатам одно-двукратных тонометрий, выполненных в дневное рабочее время, в то время как офтальмотонус может существенно изменяться в течение суток. Во многих случаях пиковые значения ВГД регистрируются во «внеофисное» время.

В нескольких исследованиях была отмечена связь между колебаниями ВГД и прогрессированием периметрических изменений при первичной открытоугольной глаукоме, но эти результаты носят дискуссионный характер.

В статье обсуждаются современные и перспективные технологии для суточного мониторинга ВГД, представлены данные о 24-часовой эффективности медикаментозных, лазерных и хирургических стратегий лечения глаукомы. Контролируемые клинические исследования значительно улучшили наше понимание 24-часовой эффективности различных вариантов терапии глаукомы и показали некоторые различия в существующих схемах. Для более корректной оценки эффективности лечения глаукомы и влияния различных характеристик ВГД на прогрессирование глаукоматозного процесса и функциональный прогноз необходимы более долгосрочные проспективные исследования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: внутриглазное давление, 24-часовой мониторинг, суточные колебания внутриглазного давления, глаукома.

Для контактов:

Брежнев Андрей Юрьевич, e-mail: drbrezhnev@hotmail.com

ENGLISH

24-hour intraocular pressure monitoring: opportunities and challenges

BREZHNEV A.Y., Ph.D., Associate Professor, Ophthalmology Department;¹

BARANOV V.I., Med.Sc.D., Professor, Head of the Ophthalmology Department;¹

KUROYEDOV A.V., Med.Sc.D., Professor, Head of the Ophthalmology Department;^{2,3}

PETROV S.YU., Ph.D., Leading research associate;⁴

ANTONOV A.A., Ph.D., Leading research associate.⁴

¹Kursk State Medical University, 3 Karl Marx st., Kursk, Russian Federation, 305041;

²Mandryka Military Clinical Hospital, 8A Bolshaya Olenya st., Moscow, Russian Federation, 107014;

³Pirogov State National Medical University, Ophthalmology Department, 1 Ostrovityanova st., Moscow, Russian Federation, 117997;

⁴Glaucoma Department of the Scientific Research Institute of Eye Diseases, 11a Rossolimo st., Moscow, Russian Federation, 119021.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

For citations: Brezhnev A.Y., Baranov V.I., Petrov S.Yu., Antonov A.A. 24-hour intraocular pressure monitoring: opportunities and challenges. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2018; 17(3):77-85.

Abstract

This review summarizes the concept and value of diurnal and 24-h intraocular pressure (IOP) monitoring and its role in the management of glaucoma. The IOP in healthy persons and glaucoma patients is generally evaluated in single/double IOP measurement during clinic hours, although IOP varies over the course of 24 hours. However, in many cases, the IOP peaks outside clinic hours. Several studies documented the association between IOP peaks and visual field decline in primary open angle glaucoma patients, but the role of IOP fluctuations is still debated.

Current and future technologies for measuring IOP over a 24-h period are discussed and available evidence on the

24-h efficacy of medical, laser and surgical strategies for glaucoma treatment is evaluated. Several controlled trials have significantly enhanced our understanding of the 24-h efficacy of various glaucoma therapy options and have shown that glaucoma therapies differ in their ability to lower IOP throughout the 24-h cycle.

More long-term evidence is needed to better evaluate the 24-h efficacy of glaucoma therapy and the influence of IOP parameters on glaucoma progression and visual prognosis.

KEYWORDS: intraocular pressure, 24-hour monitoring, diurnal intraocular pressure fluctuation, glaucoma.

Повышенное внутриглазное давление (ВГД) рассматривается в настоящее время как основной фактор риска развития и прогрессирования глаукомы и единственный из факторов, на который возможно эффективно воздействовать. Многочисленные крупномасштабные многоцентровые исследования последних десятилетий подтверждают тезис о снижении ВГД как основе терапии глаукомы [1-5]. Поэтому корректное измерение офтальмотонуса имеет большое значение для оценки глаукомного процесса и эффективности проводимой терапии.

Проблемы «классической» тонометрии

В настоящее время к общепринятым показателям офтальмотонуса, которые учитываются при диагностике и динамическом наблюдении за паци-

ентами с глаукомой, относят следующие: среднесуточное значение (включая асимметричность в парных глазах), минимальные и максимальные (пиковые) показатели в течение суток, объем суточных флюктуаций и ортостатических колебаний [6-9]. Однако в большинстве случаев основанием для определенных выводов и принятия соответствующих решений служит стандартная тонометрия, проводимая, как правило, однократно в дневное время суток. Проблемы «традиционной» тонометрии хорошо известны. Стандартное измерение ВГД (1 раз на визите) не позволяет проследить его суточные колебания и независимо от многообразных внешних факторов, что может приводить к неадекватной оценке тонометрии. В известном исследовании T. Buckingham et al. показано, как привычные действия могут привести к значительным, хотя и кратковременным изменениям ВГД. Так, употребление

1 л воды приводит к возрастанию офтальмотонуса в среднем на 4 мм рт.ст. и возвращается к исходным значениям спустя почти 2,5 часа. Две чашки кофе способны повысить ВГД уже через 20-30 мин на 4 мм рт.ст. с постепенным снижением до исходных показателей через 1,5 часа. Прием алкоголя (в исследовании — 100 мл вермута) сопровождается длительным (до 1 часа) снижением ВГД, в среднем на 3,7 мм рт.ст. Двухминутная интенсивная физическая активность вызывает немедленное резкое снижение ВГД на 4 мм рт.ст. с последующим восстановлением до исходного уровня в течение 1 часа [10].

У пациентов с глаукомой уровень офтальмотонуса в определенное время может определяться характером и интенсивностью физической активности, индивидуальной восприимчивостью к медикаментозной терапии, временем суток и даже положением тела [11, 12].

Рядом исследований подтверждается невозможность выявления всех пиков ВГД в дневное время при однократном измерении. Так, в работе Y. Barkana et al. почти две трети пациентов имели пиковые значения офтальмотонуса во «внеофисное» время, в т. ч. в ночные часы, причем выявление этих показателей у 36% пациентов привело к немедленной смене терапии [13]. Отмечается, что неоптимальный подход к оценке ВГД и соответствующие ошибки в тактике лечения могут присутствовать в трети случаев, где имеет место прогрессирующая потеря зрения вследствие глаукомной оптиконейропатии [14]. Исследования, проведенные в «лаборатории сна», показали, что ВГД у значительной части пациентов с глаукомой оказывается наиболее высоким в период ночного сна в положении лежа на спине [15, 16].

Все вышесказанное определяет необходимость изучения суточного профиля офтальмотонометрической кривой у пациентов с офтальмогипертензией и глаукомой.

Исторические аспекты и современные представления о роли исследования суточных колебаний офтальмотонуса

История изучения суточных колебаний ВГД насчитывает более 100 лет. Предположение о существовании этих колебаний возникло еще у A. von Graefe в середине XIX века. Приоритет в научном обосновании этого вопроса принадлежит отечественной офтальмологической школе в лице Алексея Ивановича Масленникова (1874-1950 гг.). Одна из первых доступных публикаций по данной проблеме, принадлежащих его перу, носила название «О суточных колебаниях внутриглазного давления при глаукоме» и была опубликована в «Вестнике офтальмологии» в 1905 г. В 1923 г. им была успешно защищена диссертация на соискание степени доктора

медицины «О колебаниях внутриглазного давления в нормальном и патологическом состоянии глаза». Предложенная А.И. Масленниковым методика двукратной суточной тонометрии на протяжении 1-13 суток имела большое значение и нашла многочисленных последователей из числа отечественных и зарубежных ученых. Это сопровождалось оживленной дискуссией по вопросам оптимального времени измерения, продолжительности исследования, нормальной и патологической величине суточных флюктуация [17-21].

Накопленный в течение столетия материал свидетельствует о значительной вариабельности ВГД в течение суток. Подобные изменения характерны как для здоровых лиц, так и при патологических состояниях. Предложены различные классификации типичных суточных кривых, характерных как для здоровых лиц, так и для больных глаукомой (табл. 1) [22, 23]. Скорость оттока внутриглазной жидкости из глаза также характеризуется неоднородностью значений в течение суток, с уменьшением ночных параметров до 50% [24].

Особое внимание уделяется характеру флюктуаций ВГД при глаукоме. В серии исследований, J.H. Liu et al. ВГД измеряли каждые 2 часа в положении сидя и лежа на спине в дневное время и в положении лежа на спине в период сна в течение суток у пациентов с впервые диагностированной глаукомой и здоровых лиц. Установлено, что в физиологических положениях максимальный уровень офтальмотонуса для большинства обследованных в обеих группах приходился на ночное время. Однако в положении лежа у глаукомных пациентов выявлено ночное снижение ВГД в отличие от здоровых лиц, где имеет место повышение ВГД ночью. Для данной категории пациентов нередко характерны колебания офтальмотонуса свыше 4-5 мм рт.ст. [15, 25].

Особняком стоит псевдоэксфолиативная глаукома (ПЭГ), где значительная амплитуда суточной кривой описывается как характерный клинический признак данной разновидности заболевания. Отличительными чертами ПЭГ являются более высокий средний уровень ВГД, абсолютные величины максимального ВГД и степень выраженности суточных колебаний офтальмотонуса ($p < 0,001$), а также ассиметричный характер процесса [26-31]. Отмечено, что пиковые значения ВГД при ПЭГ в два раза чаще, чем при простой глаукоме, приходятся на «нерабочие» часы офтальмологических кабинетов (45 и 22,5% пациентов соответственно) [26]. Возможно, именно эти особенности объясняют значительную частоту слепоты от ПЭГ, почти в 2 раза превышающую аналогичный показатель у лиц, страдающих первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ). Суточный контроль ВГД при данном типе глаукомы на фоне проводимого лечения рассматривается как важная составляющая динамического мониторинга [32].

Таблица 1. Типы суточных колебаний ВГД
Table 1. Diurnal IOP fluctuation types

Тип суточной тонометрической кривой <i>Type of diurnal tonometric curve</i>	Характеристика изменений ВГД в течение суток <i>Diurnal IOP fluctuation characteristics</i>
Нормальный (прямой, падающий, утренний) <i>Normal (direct, declining, morning)</i>	уровень ВГД утром выше, а вечером — ниже <i>IOP level in the morning is higher than in the evening</i>
Обратный (возрастающий, вечерний) <i>Reverse (rising, evening)</i>	уровень ВГД утром ниже, а вечером — выше <i>IOP in the evening is higher than in the morning</i>
Дневной <i>Daytime</i>	максимальное повышение ВГД в период 12–16 ч. <i>the maximum IOP level is registered between 12h and 16h</i>
«Двугорбая» тонометрическая кривая <i>Two-humped tonometric curve</i>	максимальные значения ВГД дважды в течение суток в 12 и 18 ч.; минимальные значения ВГД между 15 и 16 ч. <i>2 IOP peaks at 12 and 18h; minimal IOP level between 15 and 16h</i>
Плоский <i>Plane</i>	уровень ВГД в течение всех суток примерно одинаков <i>the IOP level is approximately the same during the whole day</i>
Неустойчивый <i>Unstable</i>	пиковые значения ВГД возможны в любое время в течение суток без определенной закономерности <i>peaks could occur in the afternoon or evening, or at various intervals with no reproducible pattern</i>

Особое внимание в течение последних десятилетий уделяется роли суточных колебаний в прогрессировании глаукомного процесса. Целый ряд исследований, в т. ч. таких крупномасштабных мультицентровых, как Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS), подчеркивают роль подобных колебаний как независимого фактора риска прогрессирования различных типов глаукомы — нормотензивной, псевдоэксфолиативной, глаукомы высокого давления [7-8, 33-39]. Впрочем, существуют и противоположные мнения, свидетельствующие об отсутствии корреляции между характером суточной кривой и темпами прогрессирования периметрических изменений [40, 41]. Исследования по прогрессированию глаукомы, опубликованные к настоящему времени, оценивают влияние суточных колебаний ВГД по результатам однократной тонометрии при периодических визитах к офтальмологу, либо с ограниченным количеством измерений в течение ограниченного (как правило «офисного») времени. Воздействие 24-часовых флюктуаций офтальмотонуса на прогрессирование глаукомы все еще не изучено с использованием проспективных исследований.

Современные возможности изучения суточных колебаний офтальмотонуса

До недавнего времени единственным клинически доступным методом для получения 24-часового профиля ВГД было исследование в рамках госпитализации в офтальмологический стационар с изменением офтальмотонуса через заданные временные интервалы. Многократная суточная тонометрия в разнообразных вариациях оказалась более информативна, нежели стандартные двукратные

измерения, однако данная методика затратна, трудоемка и по этим причинам неприемлема для широкого использования.

Суточные кривые периода бодрствования могут быть исследованы с использованием хронобиологических схем измерения ВГД. Предложенный Ю.С. Астаховым с соавт. способ исследования циркадианной (околосуточной) ритмики ВГД оказался значительно эффективнее стандартной трехдневной тонометрии по А.И. Масленникову и позволил обнаружить повышение ВГД (при нормальных результатах упомянутой суточной тонометрии) в 41% глаз больных с нестабилизированной глаукомой и в 38% глаз больных с глаукомой псевдонормального ВГД [42].

Предложены устройства для самостоятельной тонометрии, которые способны в перспективе снизить стоимость и увеличить удобство 24-часового мониторинга ВГД, так как исследование выполняется самим пациентами вне клиники. Существующие в настоящее время подобные тонометры имеют ряд ограничений. Так, для устройств Proview («Bausch & Lomb Incorporated», NJ) и Ocuton-S («EPSa Elektronik & Praezisionsbau», Germany) отмечена более низкая точность в сравнении с традиционной тонометрией по Гольдману и присутствует риск осложнений со стороны переднего отрезка глаза [43, 44]. Наибольшую популярность имеет в настоящее время тонометр Icare («Icare Finland», Helsinki, Finland), вошедший в широкую клиническую практику. Впрочем, проблема ночных пробуждений для полноценного суточного мониторинга остается актуальной и для данного устройства, наряду с потенциальными погрешностями пациента в технике измерения, способными снизить достоверность результатов [45].

В ответ на необходимость измерения амбулаторного 24-часового ВГД независимым от пациента способом за последнее десятилетие было предложено и разработано несколько устройств. Первым подобным устройством, доступным для обычного клинического использования, была сенсорная контактная линза (СКЛ) Triggerfish («Sensimed AG», Швейцария), которая в настоящее время доступна во многих странах мира. Принцип её работы основан на регистрации изменений кривизны роговицы на фоне колебаний ВГД [46]. Регистрация измерений производится в течение 30 с с 5-минутными интервалами. Следует подчеркнуть, что устройство предназначено для мониторинга профиля ВГД, а не уровня офтальмотонуса, так как единицами измерения получаемого результата являются милливольты, а не привычные мм рт.ст.

Использование устройств для круглосуточного мониторинга офтальмотонуса предоставило исследователям дополнительные возможности в изучении характера течения суточных колебаний при различных типах глаукомы — ПОУГ, ПЭГ, нормотензивной (НТГ), первичной закрытоугольной. К настоящему времени описан ряд специфических особенностей суточных кривых в зависимости от вида, стадии глаукомы, в частности уже упоминавшейся ночной акрофазы кривой офтальмотонуса [47-52]. Опубликованы особенности 24-часовой кривой при некоторых системных заболеваниях организма, в частности при патологии щитовидной железы [53]. Установлена большая вариабельность показателей, регистрируемых СКЛ в группе пациентов с ПЭС в сравнении со здоровыми лицами. Любопытно, что если у всех обследуемых в контрольной группе пиковые значения регистрировались в ночные часы, при ПЭС это имело место лишь у 63,6% пациентов [47]. Ночные пики суточной кривой наблюдались и у пациентов с закрытоугольной глаукомой с последующим постепенным снижением в утренние и дневные часы [51].

Использование устройств для круглосуточного мониторинга офтальмотонуса позволило по-новому взглянуть на некоторые аспекты оценки эффективности проводимого лечения.

С учетом понимания, что уровень ВГД не является статическим показателем, целью медикаментозной терапии глаукомы является стабильное снижение офтальмотонуса в течение 24 часов. В перспективе это может быть достигнуто путем оптимального дозирования и выбора медикаментозной терапии на основе индивидуального изучения 24-часового профиля ВГД и параметров оттока внутриглазной жидкости. Исследования, касающиеся оценки проводимой медикаментозной терапии, в настоящее время немногочисленны и противоречивы. Так, в одной из работ показано отсутствие существенных изменений показателей СКЛ, несмотря на снижение ВГД на фоне терапии аналогами

простагландинов, а также отсутствие корреляции между уровнем ВГД и профилем кривой [54]. В другом исследовании продемонстрировано отсутствие прямой зависимости между степенью снижения ВГД и показателями СКЛ, при этом отмечено снижение амплитуды колебаний кривой СКЛ на фоне лечения [55]. В то же время К. Mansouri et al. выявили у пациентов с ПОУГ при использовании аналогов простагландинов уменьшение ночных подъемов ВГД. Все остальные классы местных гипотензивных лекарственных препаратов не оказали влияние на суточные кривые офтальмотонуса [56].

В недавно опубликованном исследовании была предпринята попытка изучить характер и темпы прогрессирования глаукомного процесса в зависимости от 24-часового профиля офтальмотонуса, полученного с помощью Triggerfish. В этом проспективном открытом исследовании 34 пациента с ПОУГ были разделены на две группы: быстро и медленно прогрессирующей глаукомы. Авторами подчеркивается наличие взаимосвязи между параметрами, полученными с использованием СКЛ, и скоростью прогрессирования периметрических изменений у лиц, получающих антиглаукомную терапию. Отмечается безопасность и хорошая переносимость технологии, а также возможность её использования для выявления групп риска по развитию и прогрессированию глаукомы [57].

Использование СКЛ позволило получить дополнительные данные об эффективности селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ). У пациентов с НТГ регистрировалось уменьшение амплитуды кривой после успешно проведенной СЛТ (снижение ВГД более 20% от исходного) и увеличение амплитуды при неэффективности лазерной процедуры [58]. В альтернативном исследовании несмотря на снижение ВГД показано отсутствие значимой динамики показателей СКЛ в дневное время, сопровождавшееся, однако, статистически значимым уменьшением амплитуды ночных колебаний [59].

Опубликован ряд работ по изучению параметров офтальмотонуса после проведенных хирургических вмешательств. Показано статистически значимое снижение амплитуды сигнала СКЛ спустя 3 и 12 мес. после операции каналоластики ($p=0,027$ и $p=0,031$ соответственно) [60]. Описано изменение характера суточной кривой и уменьшение амплитуды флюктуаций после комбинированного вмешательства — факоэмульсификации в сочетании с имплантацией антиглаукомного шунта ExPRESS [61]. Наконец, использование технологии мониторинга с помощью СКЛ Triggerfish у лиц, перенесших классическую трабекулэктомию, позволило предложить новые расчетные показатели, в частности, среднюю скорость изменения офтальмотонуса в течение суток, скорость подъема и спуска офтальмотонометрической кривой, продолжительность плато в точке минимального

снижения офтальмотонуса, количество патологических пиков колебаний. Средняя скорость изменения уровня ВГД после оперативного лечения понижается на 43,9%. Хирургическое лечение приводит к увеличению продолжительности плато получаемой кривой (на 49,5%) в точке минимального снижения уровня офтальмотонуса. Отмечено статистически значимое уменьшение количества патологических пиков [62].

Одним из основных препятствий, с которыми сталкиваются исследователи, использующие СКЛ Triggerfish, является то, что данные регистрируются в милливольт-эквивалентах, конверсия которых в традиционные миллиметры ртутного столба сложна из-за нелинейности соотношения между объемом и давлением и его зависимости от вязкоупругих свойств тканей глаза. Это объясняет, почему вопросы экстраполяции результатов измерения с использованием подобных устройств на оценку уровня офтальмотонуса, измеряемого традиционными методами, остаются дискуссионными. Одни исследователи свидетельствуют в пользу высокой корреляции между показателями круглосуточной тонометрии с использованием сенсорной контактной линзы Triggerfish и данными тонометрии по Гольдману [23], другие ставят под сомнение такую взаимосвязь [54, 63]. Еще одним препятствием на пути широкого клинического использования устройства может стать его высокая стоимость.

Перспективным может стать разработка имплантируемых устройств для постоянного контроля ВГД. В настоящее время ряд таких устройств проходит клинические испытания. Принцип работы имплантируемых внутрь глаза беспроводных устройств основан на регистрации ВГД системой, состоящей из нескольких датчиков давления и температуры, сигнал от которых передается на радиочастоте на расположенное вне глаза приемное устройство. Устройство может получать до десяти измерений ВГД в секунду, а существующие настройки позволяют осуществлять мониторинг с переменными задаваемыми интервалами. Примером такого устройства может служить Implants EyeMate. В исследовании ARGOS-O1 шести пациентам с ПОУГ и НТГ и компенсированным ВГД в процессе хирургии катаракты была произведена имплантация Implants EyeMate с фиксацией в цилиарной борозде. На сроке наблюдения более 1 года был отмечен стабильный уровень ВГД при отсутствии серьезных осложнений, таких как зрачковый блок, закрытие угла, внутриглазное воспаление, макулярный отек или снижение зрения. Количество эндотелиальных клеток и центральная толщина роговицы

оставались стабильными у всех пациентов. Кривые телеметрического ВГД у всех пациентов были сопоставимы с циркадной тонометрической кривой, построенной на основе многочисленных измерений ВГД с помощью тонометрии по Гольдману. Впрочем, недостаточный объем наблюдений пока не позволяет сформулировать рекомендации для интерпретации получаемых данных и требует дальнейшего изучения [64].

Между тем несколько других компаний также работают над созданием биосовместимых и эффективных беспроводных интраокулярных датчиков ВГД. Разработано сенсорное устройство, названное iSense. В настоящее время тестируются два его варианта с возможностью имплантации в переднюю камеру (как автономная процедура) и с фиксацией в капсульном мешке при хирургии катаракты. В исследованиях на животных моделях был достигнут положительный результат [65]. Ведутся разработки устройств с возможностью фиксации непосредственно к интраокулярной линзе, а также для ввода в стекловидное тело [66].

Заключение

Накопленные к настоящему времени знания в области 24-часового мониторинга ВГД позволили выявить проблемы в эффективности некоторых классов гипотензивных препаратов и скорректировать кратность их назначения; оценить возможности индивидуального подхода к назначению гипотензивных препаратов (хронотерапия); оценить клинические особенности отдельных форм глаукомы (ПЭГ, НТГ).

Для более корректной оценки эффективности лечения глаукомы и влияния различных характеристик ВГД на прогрессирование глаукоматозного процесса и функциональный прогноз необходимы более долгосрочные проспективные исследования. С появлением новых технологий индивидуальный подход к лечению, основанный на круглосуточном мониторинге офтальмотонуса, обещает стать стандартом ведения глаукомных пациентов.

Серьезные проблемы, связанные с регистрацией новой информации, её валидизацией, интерпретацией получаемых данных, сопоставимостью с «классическими» методиками, наконец, со стоимостью предлагаемых устройств, не позволяют говорить о широком клиническом использовании этих технологий в краткосрочной перспективе. Тем не менее данное направление рассматривается как одно из наиболее перспективных в современной глаукоматологии.

Литература

1. Kass M.A., Heuer D.K., Higginbotham E.J. et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002; 120(6):701-713. doi: 10.1001/archophth.120.6.701.
2. Garway-Heath D.F., Lascaratos G., Bunce C. et al. The United Kingdom Glaucoma Treatment Study: a multicenter, randomized, placebo-controlled clinical trial: design and methodology. *Ophthalmology.* 2013; 120(1):68-76. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.07.028.
3. Heijl A., Leske M.C., Bengtsson B. et al. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol.* 2002; 120(10):1268-1279. doi: 10.1001/archophth.120.10.1268.
4. Musch D.C., Gillespie B.W., Niziol L.M. et al. Intraocular pressure control and long-term visual field loss in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study. *Ophthalmology.* 2011; 118(9):1766-1773. doi: 10.1016/j.ophtha.2011.01.047.
5. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. The AGIS Investigators. *Am J Ophthalmol.* 2000; 130(4):429-440. doi: 10.1016/S0002-9394(00)00538-9.
6. Алексеев В.Н., Егоров Е.А., Мартынова Е.Б. О распределении уровней внутриглазного давления в нормальной популяции. *РМЖ. Клин офтальмол.* 2001; 2:38-40.
7. Bergea B., Bodin L., Svedbergh B. Impact of intraocular pressure regulation on visual fields in open angle glaucoma. *Ophthalmology.* 1999; 106(5):997-1004. doi: 10.1016/S0161-6420(99)00523-0.
8. Asrani S., Zeimer R., Wilensky J. et al. Large diurnal fluctuations in intraocular pressure are an independent risk factor in patients with glaucoma. *J Glaucoma.* 2000; 9(2):134-142. doi: 10.1097/00061198-200004000-00002.
9. Realini T., Barber L., Burton D. Frequency of asymmetric intraocular pressure fluctuations among patients with and without glaucoma. *Ophthalmology.* 2002; 109(7):1367-1371. doi: 10.1016/s0161-6420(02)01073-4.
10. Buckingham T., Young R. The rise and fall of intra-ocular pressure: the influence of physiological factors. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1986; 6(1):95-9. doi: 10.1016/0275-5408(86)90125-0.
11. Sit A.J. Continuous monitoring of intraocular pressure: rationale and progress toward a clinical device. *J Glaucoma.* 2009; 18(4):272-279. doi: 10.1097/IJG.0b013e3181862490.
12. Orzalesi N., Rossetti L., Invernizzi T. et al. Effect of timolol, latanoprost, and dorzolamide on circadian IOP in glaucoma or ocular hypertension. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2000; 41(9):2566-2573. doi: 10.1016/s0002-9394(00)00751-0.
13. Barkana Y., Anis S., Liebmann J. et al. Clinical utility of intraocular pressure monitoring outside of normal office hours in patients with glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2006; 124(6):793-797. doi: 10.1001/archophth.124.6.793.
14. Hattenhauer M.G., Johnson D.H., Ing H.H. et al. The probability of blindness from open-angle glaucoma. *Ophthalmology.* 1998; 105(11):2099-2104. doi: 10.1016/S0161-6420(98)91133-2.
15. Liu J.H., Zhang X., Kripke D.F. et al. Twenty-four-hour intraocular pressure pattern associated with early glaucomatous changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003; 44(4):1586-1590. doi: org/10.1167/iov.02-0666.
16. Liu J.H., Medeiros F.A., Slight J.R., Weinreb R.N. Diurnal and nocturnal effects of brimonidine monotherapy on intraocular pressure. *Ophthalmology.* 2010; 117(11):2075-209. doi: 10.1016/j.ophtha.2010.03.026.
17. Sugar S.H. The glaucomas, 2nd Edition. New York: Hoeber; 1957:261.
18. Pointer J.S. The diurnal variation of intraocular pressure in non-glaucomatous subjects: relevance in a clinical context. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1997; 17(6):456-465. doi: 10.1046/j.1475-1313.1997.97000367.x.
19. Thiel R. Die physiologischen und experimentell erzeugten Schwankungen des intraokularen Druckes im gesunden und glaukomatösen Auge. *Arch Augenheilk.* 1925; 96:331-354.
20. Leydhecker W., Meinke A. Should the ocular tension of glaucoma patients be taken in the morning before or after arising? *Am. J Ophthalmol.* 1956; 43:176.
21. Абышева Л.Д., Авдеев Р.В., Александров А.С. и др. Многоцентровое исследование по изучению показателей офтальмотонуса у пациентов с продвинутыми стадиями первичной открытоугольной глаукомы на фоне проводимого лечения. *Офтальмологические ведомости.* 2015; 1:52-69.

References

1. Kass M.A., Heuer D.K., Higginbotham E.J. et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002; 120(6):701-713. doi: 10.1001/archophth.120.6.701.
2. Garway-Heath D.F., Lascaratos G., Bunce C. et al. The United Kingdom Glaucoma Treatment Study: a multicenter, randomized, placebo-controlled clinical trial: design and methodology. *Ophthalmology.* 2013; 120(1):68-76. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.07.028.
3. Heijl A., Leske M.C., Bengtsson B. et al. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol.* 2002; 120(10):1268-1279. doi: 10.1001/archophth.120.10.1268.
4. Musch D.C., Gillespie B.W., Niziol L.M. et al. Intraocular pressure control and long-term visual field loss in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study. *Ophthalmology.* 2011; 118(9):1766-1773. doi: 10.1016/j.ophtha.2011.01.047.
5. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. The AGIS Investigators. *Am J Ophthalmol.* 2000; 130(4):429-440. doi: 10.1016/S0002-9394(00)00538-9.
6. Alexeev V.N., Egorov E.A., Martynova E.B. Intraocular pressure levels distribution in normal population. *RMJ. Clin Ophthalmol.* (Russia). 2001; 2:38-40. (In Russ.).
7. Bergea B., Bodin L., Svedbergh B. Impact of intraocular pressure regulation on visual fields in open angle glaucoma. *Ophthalmology.* 1999; 106(5):997-1004. doi: 10.1016/S0161-6420(99)00523-0.
8. Asrani S., Zeimer R., Wilensky J. et al. Large diurnal fluctuations in intraocular pressure are an independent risk factor in patients with glaucoma. *J Glaucoma.* 2000; 9(2):134-142. doi: 10.1097/00061198-200004000-00002.
9. Realini T., Barber L., Burton D. Frequency of asymmetric intraocular pressure fluctuations among patients with and without glaucoma. *Ophthalmology.* 2002; 109(7):1367-1371. doi: 10.1016/s0161-6420(02)01073-4.
10. Buckingham T., Young R. The rise and fall of intra-ocular pressure: the influence of physiological factors. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1986; 6(1):95-9. doi: 10.1016/0275-5408(86)90125-0.
11. Sit A.J. Continuous monitoring of intraocular pressure: rationale and progress toward a clinical device. *J Glaucoma.* 2009; 18(4):272-279. doi: 10.1097/IJG.0b013e3181862490.
12. Orzalesi N., Rossetti L., Invernizzi T. et al. Effect of timolol, latanoprost, and dorzolamide on circadian IOP in glaucoma or ocular hypertension. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2000; 41(9):2566-2573. doi: 10.1016/s0002-9394(00)00751-0.
13. Barkana Y., Anis S., Liebmann J. et al. Clinical utility of intraocular pressure monitoring outside of normal office hours in patients with glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2006; 124(6):793-797. doi: 10.1001/archophth.124.6.793.
14. Hattenhauer M.G., Johnson D.H., Ing H.H. et al. The probability of blindness from open-angle glaucoma. *Ophthalmology.* 1998; 105(11):2099-2104. doi: 10.1016/S0161-6420(98)91133-2.
15. Liu J.H., Zhang X., Kripke D.F. et al. Twenty-four-hour intraocular pressure pattern associated with early glaucomatous changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003; 44(4):1586-1590. doi: org/10.1167/iov.02-0666.
16. Liu J.H., Medeiros F.A., Slight J.R., Weinreb R.N. Diurnal and nocturnal effects of brimonidine monotherapy on intraocular pressure. *Ophthalmology.* 2010; 117(11):2075-209. doi: 10.1016/j.ophtha.2010.03.026.
17. Sugar S.H. The glaucomas, 2nd Edition. New York: Hoeber; 1957:261.
18. Pointer J.S. The diurnal variation of intraocular pressure in non-glaucomatous subjects: relevance in a clinical context. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1997; 17(6):456-465. doi: 10.1046/j.1475-1313.1997.97000367.x.
19. Thiel R. Die physiologischen und experimentell erzeugten Schwankungen des intraokularen Druckes im gesunden und glaukomatösen Auge. *Arch Augenheilk.* 1925; 96:331-354.
20. Leydhecker W., Meinke A. Should the ocular tension of glaucoma patients be taken in the morning before or after arising? *Am. J Ophthalmol.* 1956; 43:176.
21. Abyшева Л.Д., Авдеев Р.В., Александров А.С. et al. Multicenter study of intraocular pressure level in patients with moderate and advanced primary open-angle glaucoma on treatment. *Oftalmologicheskije vedomosti* 2015; 1:52-69. (In Russ.).

22. Устинова Е.И. Методы ранней диагностики глаукомы. М.: Медицина; 1966: 68.
23. Mansouri K., Weinreb R.N., Medeiros F.A. Is 24-hour intraocular pressure monitoring necessary in glaucoma? *Semin. Ophthalmol.* 2013; 28(3):157-164. doi: 10.3109/08820538.2013.771201.
24. Sit A.J., Nau C.B., McLaren J.W. et al. Circadian variation of aqueous dynamics in young healthy adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008; 49(4):1473-1479. doi: 10.1167/iovs.07-1139.
25. Liu J.H., Kripke D.F., Twa M.D. et al. Twenty-four-hour pattern of intraocular pressure in the aging population. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999; 40(12):2912-2917.
26. Konstas A., Maiziris D.A., Stewart W.C. Diurnal intraocular pressure in untreated exfoliation and primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 1997; 115(2):182-185. doi: 10.1001/archophth.1997.01100150184006.
27. Konstas A.G., Tsatsos I., Kardasopoulos A. et al. Preoperative features of patients with exfoliation glaucoma and primary open-angle glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand.* 1998; 76(2):208-212. doi: 10.1034/j.1600-0420.1998.760217.x.
28. Брежнев А.Ю., Курышева Н.И., Трубилин В.Н., Баранов В.И. Проблемы ранней клинической диагностики псевдоэкзофиативного синдрома. *Офтальмология.* 2012; 9(1):49-52.
29. Баранов В.И., Брежнев А.Ю. Псевдоэкзофиативный синдром в Центральной России: клинико-эпидемиологическое исследование. *Российский офтальмологический журнал.* 2012; 5(1):22-24.
30. Hollo G., Konstas A. Exfoliation Syndrome and Exfoliative Glaucoma. *EGS,* 2008:161.
31. Брежнев А.Ю., Баранов В.И., Петров С.Ю. Псевдоэкзофиативный синдром как фактор риска развития синдрома «сухого глаза». *РМЖ. Клиническая офтальмология.* 2016; 16(1):30-34.
32. Konstas A.G., Hollo G., Astakhov Y.S. et al. Factors associated with long-term progression or stability in exfoliation glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2004; 122(1):29-33. doi: 10.1001/archophth.122.1.29.
33. Caprioli J., Coleman A.L. Intraocular pressure fluctuation a risk factor for visual field progression at low intraocular pressures in the advanced glaucoma intervention study. *Ophthalmology.* 2008; 115(7):1123-1129.e3. doi: 10.1016/j.ophtha.2007.10.031.
34. Quaranta L., Katsanos A., Russo A., Riva I. 24-hour intraocular pressure and ocular perfusion pressure in glaucoma. *Surv Ophthalmol.* 2013; 58(1):26-41. doi: 10.1016/j.survophthal.2012.05.003.
35. O'Brien C., Schwartz B., Takamoto T., Wu D.C. Intraocular pressure and the rate of visual field loss in chronic open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 1991; 111(4):491-500. doi: 10.1016/s0002-9394(14)72386-4.
36. Stewart W.C., Kolker A.E., Sharpe E.D. et al. Factors associated with long-term progression or stability in primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 2000; 130(3):274-279. doi: 10.1016/s0002-9394(00)00487-6.
37. Nouri-Mahdavi K., Hoffman D., Coleman A.L. et al. Predictive factors for glaucomatous visual field progression in the Advanced Glaucoma Intervention Study. *Ophthalmology* 2004; 111(9):1627-1635. doi: 10.1016/j.ophtha.2004.02.017.
38. Daugeliene L., Yamamoto T., Kitazawa Y. Risk factors for visual field damage progression in normal-tension glaucoma eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1999; 237(2):105-108. doi: 10.1007/s004170050203.
39. Gonzalez I., Pablo I.E., Pueyo M. et al. Assessment of diurnal tension curve in early glaucoma damage. *Int Ophthalmol.* 1997; 20:113-115. doi: 10.1007/bf00212956.
40. Bengtsson B., Heijl A. Diurnal IOP fluctuation: not an independent risk factor for glaucomatous visual field loss in high-risk ocular hypertension. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2005; 243(6):513-518. doi: 10.1007/s00417-004-1103-8.
41. Smith J. Diurnal intraocular pressure. Correlation to automated perimetry. *Ophthalmology.* 1985; 92(7):858-861. doi: 10.1016/s0161-6420(85)33926-x.
42. Астахов Ю.С., Байгушева С.С., Катинас Г.С. и др. О традиционных и современных способах исследования колебаний офтальмотонуса. *Офтальмологические ведомости.* 2008; 1(2):7-12.
43. Morledge-Hampton S.J., Kwon R.O., Krishna R. et al. Comparison of Proview phosphene tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Can J Ophthalmol.* 2006; 41(6):722-726. doi: 10.3129/06-065.
44. Liang S.Y., Lee G.A., Shields D. Self-tonometry in glaucoma management — past, present and future. *Surv Ophthalmol.* 2009; 54(4):450-462. doi: 10.1016/j.survophthal.2009.04.006.
45. Witte V., Glass A., Beck R. et al. Evaluation of the self-tonometer Icare ONE in comparison to Goldmann applanation tonometry. *Ophthalmologie.* 2012; 109(10):1008-1013. doi: 10.1007/s00347-012-2526-y.
22. Ustinova E.I. Metody rannei diagnostiki glaukomy [Methods of early glaucoma diagnosis]. Moscow: Medicine; 1966: 68. (In Russ.).
23. Mansouri K., Weinreb R.N., Medeiros F.A. Is 24-hour intraocular pressure monitoring necessary in glaucoma? *Semin. Ophthalmol.* 2013; 28(3):157-164. doi: 10.3109/08820538.2013.771201.
24. Sit A.J., Nau C.B., McLaren J.W. et al. Circadian variation of aqueous dynamics in young healthy adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008; 49(4):1473-1479. doi: 10.1167/iovs.07-1139.
25. Liu J.H., Kripke D.F., Twa M.D. et al. Twenty-four-hour pattern of intraocular pressure in the aging population. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999; 40(12):2912-2917.
26. Konstas A., Maiziris D.A., Stewart W.C. Diurnal intraocular pressure in untreated exfoliation and primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 1997; 115(2):182-185. doi: 10.1001/archophth.1997.01100150184006.
27. Konstas A.G., Tsatsos I., Kardasopoulos A. et al. Preoperative features of patients with exfoliation glaucoma and primary open-angle glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand.* 1998; 76(2):208-212. doi: 10.1034/j.1600-0420.1998.760217.x.
28. Brezhnev A.Yu., Kuryшева N.I., Trubilin V.N., Baranov V.I. Problems of early clinical diagnostics of pseudoexfoliation syndrome. *Ophthalmology.* 2012; 9(1):49-52. (In Russ.).
29. Baranov V.I., Brezhnev A.Yu. Pseudoexfoliation syndrome in Central Russia: clinicaledemiological study. *Russian J. Ophthalmol.* 2012; 5(1):22-24. (In Russ.).
30. Hollo G., Konstas A. Exfoliation Syndrome and Exfoliative Glaucoma. *EGS,* 2008:161.
31. Brezhnev A.Yu., Baranov V.I., Petrov S.Yu. Pseudoexfoliation syndrome as a risk factor for dry eye. *RMJ. Clinical ophthalmology.* 2016; 16(1):30-34. (In Russ.).
32. Konstas A.G., Hollo G., Astakhov Y.S. et al. Factors associated with long-term progression or stability in exfoliation glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2004; 122(1):29-33. doi: 10.1001/archophth.122.1.29.
33. Caprioli J., Coleman A.L. Intraocular pressure fluctuation a risk factor for visual field progression at low intraocular pressures in the advanced glaucoma intervention study. *Ophthalmology.* 2008; 115(7):1123-1129.e3. doi: 10.1016/j.ophtha.2007.10.031.
34. Quaranta L., Katsanos A., Russo A., Riva I. 24-hour intraocular pressure and ocular perfusion pressure in glaucoma. *Surv Ophthalmol.* 2013; 58(1):26-41. doi: 10.1016/j.survophthal.2012.05.003.
35. O'Brien C., Schwartz B., Takamoto T., Wu D.C. Intraocular pressure and the rate of visual field loss in chronic open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 1991; 111(4):491-500. doi: 10.1016/s0002-9394(14)72386-4.
36. Stewart W.C., Kolker A.E., Sharpe E.D. et al. Factors associated with long-term progression or stability in primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 2000; 130(3):274-279. doi: 10.1016/s0002-9394(00)00487-6.
37. Nouri-Mahdavi K., Hoffman D., Coleman A.L. et al. Predictive factors for glaucomatous visual field progression in the Advanced Glaucoma Intervention Study. *Ophthalmology* 2004; 111(9):1627-1635. doi: 10.1016/j.ophtha.2004.02.017.
38. Daugeliene L., Yamamoto T., Kitazawa Y. Risk factors for visual field damage progression in normal-tension glaucoma eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1999; 237(2):105-108. doi: 10.1007/s004170050203.
39. Gonzalez I., Pablo I.E., Pueyo M. et al. Assessment of diurnal tension curve in early glaucoma damage. *Int Ophthalmol.* 1997; 20:113-115. doi: 10.1007/bf00212956.
40. Bengtsson B., Heijl A. Diurnal IOP fluctuation: not an independent risk factor for glaucomatous visual field loss in high-risk ocular hypertension. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2005; 243(6):513-518. doi: 10.1007/s00417-004-1103-8.
41. Smith J. Diurnal intraocular pressure. Correlation to automated perimetry. *Ophthalmology.* 1985; 92(7):858-861. doi: 10.1016/s0161-6420(85)33926-x.
42. Astakhov Yu.S., Ustinova E.I., Katinas G.S. et al. On traditional and modern methods of ophthalmotonus fluctuations investigation. *Oftalmologičeskie vedomosti.* 2008; 1(2):7-12. (In Russ.).
43. Morledge-Hampton S.J., Kwon R.O., Krishna R. et al. Comparison of Proview phosphene tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Can J Ophthalmol.* 2006; 41(6):722-726. doi: 10.3129/06-065.
44. Liang S.Y., Lee G.A., Shields D. Self-tonometry in glaucoma management — past, present and future. *Surv Ophthalmol.* 2009; 54(4):450-462. doi: 10.1016/j.survophthal.2009.04.006.
45. Witte V., Glass A., Beck R. et al. Evaluation of the self-tonometer Icare ONE in comparison to Goldmann applanation tonometry. *Ophthalmologie.* 2012; 109(10):1008-1013. doi: 10.1007/s00347-012-2526-y.

46. Mansouri K., Shaarawy T. Continuous intraocular pressure monitoring with a wireless ocular telemetry sensor: initial clinical experience in patients with open angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2011; 95(5):627-629. doi: 10.1136/bjo.2010.192922.
47. Tojo N., Hayashi A., Otsuka M., Miyakoshi A. Fluctuations of the intraocular pressure in pseudoexfoliation syndrome and normal eyes measured by a contact lens sensor. *J Glaucoma.* 2016; 25(5):e463-e468. doi: 10.1097/JG.0000000000000292.
48. Mansouri K., Medeiros F.A., Tafreshi A., Weinreb R.N. Continuous 24-hour monitoring of intraocular pressure patterns with a contact lens sensor: safety, tolerability, and reproducibility in patients with glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2012; 130(12):1534-1539. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.1350.
49. Agnifili L., Mastropasqua R., Frezzotti P. et al. Circadian intraocular pressure patterns in healthy subjects, primary open angle and normal tension glaucoma patients with a contact lens sensor. *Acta Ophthalmol.* 2015; 93(1):e14-e21. doi: 10.1111/aos.12408.
50. Tojo N., Abe S., Ishida M. et al. The fluctuation of intraocular pressure measured by a contact lens sensor in normal-tension glaucoma patients and nonglaucoma subjects. *J Glaucoma.* 2017; 26(3):195-200. doi: 10.1097/JG.0000000000000517.
51. Tan S., Yu M., Baig N. et al. Circadian intraocular pressure fluctuation and disease progression in primary angle closure glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015; 56(8):4994-5005. doi: 10.1167/iovs.15-17245.
52. Cheng J., Kong X., Xiao M., Sun X. Twenty-four-hour pattern of intraocular pressure in untreated patients with primary open-angle glaucoma. *Acta Ophthalmol.* 2016; 94(6):e460-7. doi: 10.1111/aos.12963.
53. Parekh A.S., Mansouri K., Weinreb R.N. et al. Twenty-four-hour intraocular pressure patterns in patients with thyroid eye disease. *Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 43(2):108-114. doi: 10.1111/ceo.12400.
54. Holló G., Kóthy P., Vargha P. Evaluation of continuous 24-hour intraocular pressure monitoring for assessment of prostaglandin-induced pressure reduction in glaucoma. *J Glaucoma.* 2014; 23(1):e6-e12. doi: 10.1097/JG.0b013e31829e5635.
55. Pajic B., Pajic-Eggspuchler B., Haefliger I. Continuous IOP fluctuation recording in normal tension glaucoma patients. *Curr Eye Res.* 2011; 36(12):1129-1138. doi: 10.3109/02713683.2011.608240.
56. Mansouri K., Medeiros F.A., Weinreb R.N. Effect of glaucoma medications on 24-hour intraocular pressure-related patterns using a contact lens sensor. *Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 43(9):787-795. doi: 10.1111/ceo.12567.
57. De Moraes C.G., Jasien J.V., Simon-Zoula S. et al. Visual field change and 24-hour IOP-related profile with a Contact Lens Sensor in treated glaucoma patients. *Ophthalmology.* 2016; 123(4):744-753. doi: 10.1016/j.ophtha.2015.11.020.
58. Lee J.W., Fu L., Chan J.C., Lai J.S. Twenty-four-hour intraocular pressure related changes following adjuvant selective laser trabeculoplasty for normal tension glaucoma. *Medicine (Baltimore).* 2014; 93(27):e238. doi: 10.1097/MD.0000000000000238.
59. Tojo N., Oka M., Miyakoshi A. et al. Comparison of fluctuations of intraocular pressure before and after selective laser trabeculoplasty in normal-tension glaucoma patients. *J Glaucoma.* 2014; 23(8):e138-e143. doi: 10.1097/JG.0000000000000026.
60. Rekas M., Danielewska M.E., Byszewska A. et al. Assessing efficacy of canaloplasty using continuous 24-hour monitoring of ocular dimensional changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016; 57(6):2533-2542. doi: 10.1167/iovs.16-19185.
61. Osorio-Alayo V., Pérez-Torregrosa V.T., Clemente-Tomás R. et al. Efficacy of the SENSIMED Triggerfish® in the postoperative follow-up of PHACO-EXPRESS combined surgery. *Arch Soc Esp Ophthalmol.* 2017; 92(8):372-378. doi: 10.1016/j.oftal.2017.04.003.
62. Куроедов А.В., Брежнев А.Ю., Егоров Е.А. и др. Производные характеристики офтальмотонуса у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой до и после оперативного лечения при круглосуточном мониторинговании с применением современных технологий (пилотное исследование) РМЖ. *Клиническая Офтальмология.* 2016; 17(2):65-74. doi: 10.21689/2311-7729-2016-16-2-65-74.
63. Mottet B., Aptel F., Romanet J.P. et al. 24-hour intraocular pressure rhythm in young healthy subjects evaluated with continuous monitoring using a contact lens sensor. *JAMA Ophthalmol.* 2013; 131(12):1507-1516. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.5297.
64. Ittoop S.M., SooHoo J.R., Seibold L.K. et al. Systematic review of current devices for 24-h intraocular pressure monitoring. *Adv Ther.* 2016; 33(10): 1679-1690. doi: 10.1007/s12325-016-0388-4.
65. Koutsonas A., Walter P., Roessler G., Plange N. Implantation of a novel telemetric intraocular pressure sensor in patients with glaucoma (ARGOS study): 1-year results. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015; 56(2):1063-1069. doi: 10.1167/iovs.14-14925.
66. Varel C., Shih Y.-C., Otis B.P. et al. A wireless intraocular pressure monitoring device with a solder-filled microchannel antenna. *J Micromech Microeng.* 2014; 24(4):045012. doi: 10.1088/0960-1317/24/4/045012.
46. Mansouri K., Shaarawy T. Continuous intraocular pressure monitoring with a wireless ocular telemetry sensor: initial clinical experience in patients with open angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2011; 95(5):627-629. doi: 10.1136/bjo.2010.192922.
47. Tojo N., Hayashi A., Otsuka M., Miyakoshi A. Fluctuations of the intraocular pressure in pseudoexfoliation syndrome and normal eyes measured by a contact lens sensor. *J Glaucoma.* 2016; 25(5):e463-e468. doi: 10.1097/JG.0000000000000292.
48. Mansouri K., Medeiros F.A., Tafreshi A., Weinreb R.N. Continuous 24-hour monitoring of intraocular pressure patterns with a contact lens sensor: safety, tolerability, and reproducibility in patients with glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2012; 130(12):1534-1539. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.1350.
49. Agnifili L., Mastropasqua R., Frezzotti P. et al. Circadian intraocular pressure patterns in healthy subjects, primary open angle and normal tension glaucoma patients with a contact lens sensor. *Acta Ophthalmol.* 2015; 93(1):e14-e21. doi: 10.1111/aos.12408.
50. Tojo N., Abe S., Ishida M. et al. The fluctuation of intraocular pressure measured by a contact lens sensor in normal-tension glaucoma patients and nonglaucoma subjects. *J Glaucoma.* 2017; 26(3):195-200. doi: 10.1097/JG.0000000000000517.
51. Tan S., Yu M., Baig N. et al. Circadian intraocular pressure fluctuation and disease progression in primary angle closure glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015; 56(8):4994-5005. doi: 10.1167/iovs.15-17245.
52. Cheng J., Kong X., Xiao M., Sun X. Twenty-four-hour pattern of intraocular pressure in untreated patients with primary open-angle glaucoma. *Acta Ophthalmol.* 2016; 94(6):e460-7. doi: 10.1111/aos.12963.
53. Parekh A.S., Mansouri K., Weinreb R.N. et al. Twenty-four-hour intraocular pressure patterns in patients with thyroid eye disease. *Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 43(2):108-114. doi: 10.1111/ceo.12400.
54. Holló G., Kóthy P., Vargha P. Evaluation of continuous 24-hour intraocular pressure monitoring for assessment of prostaglandin-induced pressure reduction in glaucoma. *J Glaucoma.* 2014; 23(1):e6-e12. doi: 10.1097/JG.0b013e31829e5635.
55. Pajic B., Pajic-Eggspuchler B., Haefliger I. Continuous IOP fluctuation recording in normal tension glaucoma patients. *Curr Eye Res.* 2011; 36(12):1129-1138. doi: 10.3109/02713683.2011.608240.
56. Mansouri K., Medeiros F.A., Weinreb R.N. Effect of glaucoma medications on 24-hour intraocular pressure-related patterns using a contact lens sensor. *Clin Exp Ophthalmol.* 2015; 43(9):787-795. doi: 10.1111/ceo.12567.
57. De Moraes C.G., Jasien J.V., Simon-Zoula S. et al. Visual field change and 24-hour IOP-related profile with a Contact Lens Sensor in treated glaucoma patients. *Ophthalmology.* 2016; 123(4):744-753. doi: 10.1016/j.ophtha.2015.11.020.
58. Lee J.W., Fu L., Chan J.C., Lai J.S. Twenty-four-hour intraocular pressure related changes following adjuvant selective laser trabeculoplasty for normal tension glaucoma. *Medicine (Baltimore).* 2014; 93(27):e238. doi: 10.1097/MD.0000000000000238.
59. Tojo N., Oka M., Miyakoshi A. et al. Comparison of fluctuations of intraocular pressure before and after selective laser trabeculoplasty in normal-tension glaucoma patients. *J Glaucoma.* 2014; 23(8):e138-e143. doi: 10.1097/JG.0000000000000026.
60. Rekas M., Danielewska M.E., Byszewska A. et al. Assessing efficacy of canaloplasty using continuous 24-hour monitoring of ocular dimensional changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016; 57(6):2533-2542. doi: 10.1167/iovs.16-19185.
61. Osorio-Alayo V., Pérez-Torregrosa V.T., Clemente-Tomás R. et al. Efficacy of the SENSIMED Triggerfish® in the postoperative follow-up of PHACO-EXPRESS combined surgery. *Arch Soc Esp Ophthalmol.* 2017; 92(8):372-378. doi: 10.1016/j.oftal.2017.04.003.
62. Kuroyedov A.V., Brezhnev A.Yu., Egorov E.A. et al. New characteristics of IOP level in primary open-angle glaucoma patients before and after surgery on the background of round-the-clock monitoring with the use of modern technology (pilot study) // *RMJ. Clinical ophthalmology.* 2016; 17(2):65-74. (In Russ.). doi: 10.21689/2311-7729-2016-16-2-65-74.
63. Mottet B., Aptel F., Romanet J.P. et al. 24-hour intraocular pressure rhythm in young healthy subjects evaluated with continuous monitoring using a contact lens sensor. *JAMA Ophthalmol.* 2013; 131(12):1507-1516. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.5297.
64. Ittoop S.M., SooHoo J.R., Seibold L.K. et al. Systematic review of current devices for 24-h intraocular pressure monitoring. *Adv Ther.* 2016; 33(10): 1679-1690. doi: 10.1007/s12325-016-0388-4.
65. Koutsonas A., Walter P., Roessler G., Plange N. Implantation of a novel telemetric intraocular pressure sensor in patients with glaucoma (ARGOS study): 1-year results. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015; 56(2):1063-1069. doi: 10.1167/iovs.14-14925.
66. Varel C., Shih Y.-C., Otis B.P. et al. A wireless intraocular pressure monitoring device with a solder-filled microchannel antenna. *J Micromech Microeng.* 2014; 24(4):045012. doi: 10.1088/0960-1317/24/4/045012.