

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr627524>

Применение транскраниальной магнитотерапии в лечении глаукомы

М.Ю. Герасименко, Л.К. Мошетова, И.Б. Алексеев, И.В. Воробьева,
Т.Н. Зайцева, И.С. Евстигнеева

Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Понятие «глаукома» объединяет большую группу заболеваний глаза с характерным патогенезом и клиническими проявлениями, но разной этиологией. Современные классификации группируют различные формы глаукомы по происхождению, возрасту пациента, механизму повышения внутриглазного давления и его уровню, степени поражения диска зрительного нерва и течению болезни. Заболевание является значимой медико-социальной проблемой, поскольку охватывает большие группы населения во всём мире и является ведущей причиной неустраняемой слепоты. С каждым годом увеличивается количество больных глаукомой трудоспособного возраста, при этом наличие у пациентов сопутствующих заболеваний дополняет и осложняет клиническую картину и течение основного патологического процесса. На сегодняшний день определена и доказана высокая терапевтическая эффективность электромагнитных полей в лечении глаукомы, разработаны конкретные методики выполнения процедур, расширяется перечень показаний к их назначению.

Цель обзора — представить возможности применения транскраниальной магнитотерапии при лечении глаукомы.

На основе имеющихся научных данных и собственных клинических наблюдений обобщены сведения, касающиеся применения транскраниальной магнитотерапии при глаукоме. Изложены показания и противопоказания к транскраниальной магнитотерапии. Подробно освещены принципы назначения различных методик транскраниальной магнитотерапии. Дана характеристика аппаратуры, применяемой для проведения процедур транскраниальной магнитотерапии.

В целом физические лечебные факторы играют важную роль в общем комплексе терапевтических и профилактических мероприятий при лечении глазных болезней. Как методы внешнего воздействия они оказывают непосредственное влияние на этиологические и патогенетические механизмы, а также на симптомы заболевания.

Ключевые слова: транскраниальная магнитотерапия; физиотерапия; глаукома.

Как цитировать:

Герасименко М.Ю., Мошетова Л.К., Алексеев И.Б., Воробьева И.В., Зайцева Т.Н., Евстигнеева И.С. Применение транскраниальной магнитотерапии в лечении глаукомы // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2023. Т. 22, № 6. С. 411–428. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr627524>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr627524>

Application of transcranial magnetotherapy in the treatment of glaucoma

Marina Yu. Gerasimenko, Larisa K. Moshetova, Igor B. Alekseev, Irina V. Vorobyova,
Tatiana N. Zaytseva, Inna S. Evstigneeva

Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

ABSTRACT

The term "glaucoma" unites a large group of eye diseases with a characteristic pathogenesis and clinical picture, but different aetiology. Modern classifications group the different forms of glaucoma according to origin, age of the patient, mechanism of intraocular pressure increase and its level, degree of optic disc damage and course of the disease. The disease is a significant medical and social problem, as it affects large population groups worldwide and is the leading cause of irreversible blindness. Every year the number of glaucoma patients of working age increases, and the presence of concomitant diseases in patients complements and complicates the clinical picture and course of the main pathological process. To date, high therapeutic effectiveness of electromagnetic fields in glaucoma treatment has been determined and proved, specific methods of procedures have been developed, and the list of indications for their prescription is expanding.

The purpose of the review is to present the possibilities of using transcranial magnetic therapy in the treatment of glaucoma. The authors, based on available scientific data and their own clinical observations, summarize information regarding the use of transcranial magnetic therapy for glaucoma. Indications and contraindications for transcranial magnetic therapy are outlined. The principles of prescribing various methods of transcranial magnetic therapy are covered in detail. The characteristics of the equipment used for transcranial magnetic therapy procedures are given.

In general, physical therapeutic factors play an important role in the overall complex of therapeutic and preventive measures in the treatment of eye diseases. As methods of external influence they have a direct impact on etiological and pathogenetic mechanisms, as well as on the symptoms of the disease.

Keywords: transcranial magnetic therapy; physiotherapy; glaucoma.

To cite this article:

Gerasimenko MYu, Moshetova LK, Alekseev IB, Vorobyova IV, Zaytseva TN, Evstigneeva IS. Application of transcranial magnetotherapy in the treatment of glaucoma. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2023;22(6):411–428. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr627524>

Received: 27.02.2024

Accepted: 13.07.2024

Published online: 26.07.2024

АКТУАЛЬНОСТЬ

Глаукома является значимой медико-социальной проблемой, поскольку охватывает большие группы населения и является ведущей причиной неустраняемой слепоты в мире. Согласно современным представлениям, термин «глаукома» объединяет большую группу заболеваний глаза с различной этиологией, но целым рядом общих особенностей в патогенезе, клинической картине и методах лечения.

Для глаукомы характерны повышение внутриглазного давления (механизм ауторегуляции) за пределы толерантного для зрительного нерва уровня и развитие глаукомной оптической нейропатии с последующей атрофией (экскавацией) головки зрительного нерва и возникновением типичных дефектов поля зрения. Лечение данного заболевания является одним из приоритетных направлений современной офтальмологии [1, 2]. Однако, несмотря на значительные успехи в разработке патогенетически обоснованных медикаментозных и хирургических методов лечения глаукомы, не всегда удаётся добиться стабилизации зрительных функций и предотвратить инвалидизацию пациентов. В связи с этим продолжается поиск новых методов лечения, в том числе с использованием природных и преформированных физических факторов, представляющих собою альтернативные или дополняющие методы в клинической медицине.

Одним из наиболее известных, часто используемых и востребованных направлений физиотерапии, несомненно, является магнитотерапия. На сегодняшний день применение с лечебной целью электромагнитных полей различных характеристик хорошо известно специалистам многих направлений медицины. Определена и доказана высокая терапевтическая эффективность этих методов, разработаны конкретные методики выполнения процедур, расширяется перечень показаний к их назначению. Многолетний опыт российских врачей показал высокую эффективность использования транскраниальной магнитотерапии при лечении глаукомы.

Цель обзора — осветить возможности применения транскраниальной магнитотерапии при лечении глаукомы.

ГЛАУКОМА

Общая характеристика заболевания

Термин «первичная открытоугольная глаукома» объединяет большую группу заболеваний глаза различной этиологии, для которых характерны следующие признаки: открытый угол передней камеры глаза, повышение внутриглазного давления за пределы толерантного для зрительного нерва уровня, развитие глаукомной оптической нейропатии с последующей атрофией (экскавацией) головки зрительного нерва, возникновение типичных дефектов поля зрения.

Эпидемиология заболевания показывает, что в России насчитывается более 1 млн больных глаукомой. Заболеваемость составляет 1 случай на 1000 населения в год. Общая заболеваемость увеличивается с возрастом: глаукома встречается у 0,1% больных в возрасте 40–49 лет, у 2,8% — в возрасте 60–69 лет, у 14,3% — в возрасте старше 80 лет. У 72% больных, госпитализированных с диагнозом первичной глаукомы, установлена её открытоугольная форма.

Профилактика глаукомы заключается в ранней диагностике и лечении внутриглазной гипертензии лёгкой и средней степени тяжести, что позволяет предупредить дальнейшее развитие заболевания. Скрининг глаукомы включает определение остроты зрения, измерение внутриглазного давления, проведение биомикроскопии, гониоскопии, офтальмоскопии, периметрии [3, 4].

Классификация форм глаукомы

Современные классификации группируют различные формы глаукомы по происхождению (первичная, вторичная и сочетанная с дефектами развития глаза или других структур организма), возрасту пациента (врождённая, инфантильная, ювенильная, глаукома взрослых), механизму повышения внутриглазного давления (открытоугольная, закрытоугольная, с дисгенезом угла передней камеры, с претрабекулярным блоком, с периферическим блоком), уровню внутриглазного давления (гипертензивная и нормотензивная), степени поражения диска зрительного нерва (начальная, развитая, далеко зашедшая и терминальная), а также течению болезни (стабилизированная и нестабилизированная) [5].

Первичная открытоугольная глаукома представляет собой прогрессирующую оптическую нейропатию, характеризующуюся потерей ганглиозных клеток с развитием специфических изменений диска зрительного нерва и слоя нервных волокон сетчатки, что, в конечном счёте, при отсутствии своевременного лечения, неуклонно ведёт к слепоте [6, 7]. Первичная открытоугольная глаукома — одно из наиболее тяжёлых глазных заболеваний, занимающее ведущее место среди причин слепоты и слабо зрения [8]. В России, по официальным данным, каждый пятый инвалид по зрению ослеп от глаукомы [8].

Чем раньше выявляется первичная открытоугольная глаукома, тем больше возможности у офтальмолога помочь пациенту сохранить зрительные функции и стабилизировать течение глаукомного процесса [9]. Бессимптомное течение первичной открытоугольной глаукомы на начальных стадиях обуславливает сложность раннего выявления глаукомы. По данным литературы, от момента возникновения первичной открытоугольной глаукомы до появления первых клинических признаков проходит в среднем 5–7 лет, в связи с чем даже в городах с развитой медицинской помощью заболевание часто выявляется в запущенных стадиях, что значительно снижает эффективность лечения [10, 11]. Это во многом определяет

показатели по слабовидению и инвалидности от глаукомы (инвалидизация за последние годы увеличилась с 14,0 до 29,0%), несмотря на возможности диагностики и значительный прогресс в методах лечения в последнее время [12].

С каждым годом увеличивается количество больных глаукомой трудоспособного возраста, у большинства этих пациентов имеется ряд сопутствующих заболеваний [13, 14]. При этом наличие у пациентов хронической ишемии головного мозга может приводить к возникновению аномальных реакций и стойких изменений психики, что дополняет и осложняет клиническую картину основного глазного заболевания.

Классификация стадий глаукомы

Разделение непрерывного глаукомного процесса на четыре стадии носит условный характер, при этом внимание уделяется состоянию полей зрения и диска зрительного нерва [15]:

- стадия I (начальная) — границы поля зрения нормальные, но имеются небольшие изменения в парацентральных отделах поля зрения. Экскавация диска зрительного нерва расширена, но не доходит до края диска;
- стадия II (развитая) — выраженные изменения поля зрения в парацентральном отделе в сочетании с его сужением более чем на 10° в верхне- или нижненосовом сегменте, экскавация диска зрительного нерва расширена, но не доходит до края диска, носит краевой характер;
- стадия III (далеко зашедшая) — граница поля зрения концентрически сужена и в одном или более сегментах находится менее чем в 15° от точки фиксации, краевая субтотальная экскавация диска зрительного нерва расширена, но не доходит до края диска;
- стадия IV (терминальная) — полная потеря зрения или сохранение цветоощущения с неправильной проекцией. Иногда сохраняется небольшой островок поля зрения в височном секторе.

В настоящее время доказано, что даже при начальных клинических проявлениях первичной открытоугольной глаукомы отмечаются значительные повреждения заинтересованных структур — трабекулярной сети угла передней камеры, ганглиозных клеток сетчатки, волокон зрительного нерва, сосудистого тракта глаза [7, 16]. У больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы нарушена жизнеспособность 20,0–50,0% нервных волокон, при этом часть из них способна к функциональной состоятельности при устранении условий, нарушающих их жизнедеятельность, путём назначения адекватного лечения. Из вышеизложенного очевидно, что необходимо предпринимать активные действия для целенаправленного выявления и лечения первичной открытоугольной глаукомы на ранней стадии.

Анатомия и физиология глаза

Для понимания сути заболевания необходимо знание анатомии и физиологии органа зрения [17–19].

Глазное яблоко находится внутри костной полости, которая называется орбитой, или глазницей. Глазное яблоко окружено наружными мышцами и защищено от воздействия повреждающих факторов жировой клетчаткой глазницы и веками.

Глаз является органом чувств и состоит из различных тканей. Выделяют следующие оболочки глазного яблока (снаружи внутрь): склера, сосудистая оболочка, сетчатка. Наружная поверхность глаза выстлана конъюнктивой и эписклерой. На передней поверхности глаза, в центральной части, склера замещена прозрачной тканью — роговицей, участвующей в светопроведении.

Говоря о внутреннем строении глазного яблока, необходимо выделить передний (до хрусталика) и задний (позади хрусталика) сегменты. В составе переднего сегмента выделяют следующие структуры: хрусталик (природная линза), цилиарное тело (структура, вырабатывающая водянистую влагу) и радужка, определяющая цвет глаз и имеющая отверстие в центральной части — зрачок, способный к расширению и сужению в ответ на световые стимулы. В переднем отделе глазного яблока расположен угол передней камеры, образованный трабекулярной сетью и роговицей. В состав заднего сегмента входят стекловидное тело и сетчатка. Стекловидное тело имеет желеобразную консистенцию, занимает весь объём заднего сегмента и выполняет функции питания и защиты соседних тканей. Сетчатка, являющаяся нейросенсорным органом, состоит из двух хорошо дифференцируемых частей — периферической сетчатки и заднего полюса, где располагаются макула и диск зрительного нерва.

Водянистая влага вырабатывается эпителиальными клетками цилиарных отростков за счёт механизма активного транспорта. Механизм ультрафильтрации крови (диализа) играет в данном процессе незначительную роль. В норме скорость выработки водянистой влаги составляет 150 мкл/ч.

Водянистая влага на 99% состоит из воды и на 1% из органических веществ, таких как низкомолекулярные белки (альбумин и глобулины), глюкоза, мочевины, креатинин (в меньших концентрациях, чем в плазме крови), а также аскорбиновая кислота, лактат и гиалуроновая кислота (в больших концентрациях, чем в плазме крови). Водородный показатель (pH) водянистой влаги ниже pH крови за счёт более высокого содержания хлоридов и меньшего содержания бикарбонатов.

Регулирование активности процесса выработки водянистой влаги обеспечивается за счёт онкотического давления белков плазмы крови в капиллярах (увеличение онкотического давления отмечается при увеличении внутриглазного давления (механизм ауторегуляции), а также стимуляции бета-адренорецепторов.

Водянистая влага поддерживает внутриглазное давление (благодаря присутствию веществ с высокой осмолярностью, что обеспечивает давление около 15 мм рт.ст.) и выполняет ряд функций — оптическую (прозрачность водянистой влаги обеспечивает прохождение света к сетчатке), метаболическую (питание бессосудистых структур в переднем сегменте глаза роговицы и хрусталика) и, наконец, защитную (создание условий для реализации клеточных и гуморальных механизмов иммунного ответа при воспалительных и инфекционных заболеваниях).

Существуют два пути оттока водянистой влаги из передней камеры глаза — основной, через трабекулярную сеть (фильтрация 80–90% объёма водянистой влаги), и дополнительный, через увеосклеральные структуры (фильтрация менее 20% объёма водянистой влаги).

Величина внутриглазного давления зависит от интенсивности выработки и оттока водянистой влаги, а также сопротивления стенок склеры.

Таким образом, в формировании величины внутриглазного давления принимают участие три фактора: объём жидкости, вырабатываемой цилиарными отростками; изменение эписклерального венозного давления; сопротивление оттоку водянистой влаги через трабекулярную сеть и шлеммов канал. Большинство форм глаукомы обусловлено патологическим изменением структур, образующих шлеммов канал.

ВНУТРИГЛАЗНОЕ ДАВЛЕНИЕ КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ ГЛАУКОМЫ

Градации уровня внутриглазного давления при постановке диагноза

Повышенное внутриглазное давление является основным фактором риска развития глаукомы, поэтому его показатели должны контролироваться у всех пациентов.

При постановке диагноза используют следующие градации уровня внутриглазного давления:

- А — внутриглазное давление в пределах нормальных значений (<21 мм рт.ст.);
- В — умеренно повышенное внутриглазное давление (22–32 мм рт.ст.);
- С — высокое внутриглазное давление (>32 мм рт.ст.).

Уровень внутриглазного давления зависит от продукции, циркуляции, оттока внутриглазной жидкости и давления в эписклеральных венах. Для интегральной оценки офтальмотонуса различают следующие показатели: статистическую норму внутриглазного давления (статистическая норма истинного внутриглазного давления составляет 10–20 мм рт.ст.) и целевое внутриглазное давление (или целевое давление), которое определяют эмпирически с учётом всех факторов риска, имеющихся у конкретного

больного. Целевое давление, так же как и толерантное, не должно оказывать повреждающего действия на структуры глазного яблока.

Методы измерения внутриглазного давления

В современной клинической практике для измерения внутриглазного давления используются различные методы, в том числе методика апланационной тонометрии, заключающаяся в том, что для уплощения поверхности роговицы применяется сила, пропорциональная внутриглазному давлению. Данные, получаемые при помощи бесконтактных методик измерения внутриглазного давления, на сегодняшний день считаются скрининговыми и недостаточно точными.

Измерение внутриглазного давления методом апланационной тонометрии требует применения местных анестетиков, которые могут оказывать влияние на уровень офтальмотонуса у чувствительных больных. В этих случаях следует повторить измерение офтальмотонуса через 15–30 минут. Для тонометрии по Маклакову применяют красители для нанесения на площадки тонометра (колларгол, метиленовый синий); для тонометрии по Гольдману в конъюнктивальную полость закапывают раствор флюоресцеина натрия. Метод тонометрии по Гольдману основан на взаимосвязи между внутриглазным давлением и усилием, необходимым для деформации роговицы на определённую величину. Деформация может быть получена путём апланации при использовании тонометров Маклакова и Гольдмана.

Наиболее часто используемые методики измерения офтальмотонуса:

- апланационная тонометрия по Маклакову;
- апланационная тонометрия по Гольдману;
- динамическая контурная тонометрия (тонометр Паскаля);
- бесконтактная тонометрия.

В 2016 году С.Э. Аветисов и соавт. [20] провели сравнительный анализ разных методов тонометрии и сопоставили их с диагностическими возможностями транспальпебральной тонометрии индикатором глазного давления ИГД-03 (Россия), работающим по принципу «отскока». Целью работы было сравнение показателей тонометрии с помощью индикатора ИГД-03, тонометра Маклакова и метода двунаправленной апланации роговицы у пациентов с глаукомой или подозрением на данное заболевание. Исследование проведено в группе из 70 пациентов (140 глаз) в возрасте от 41 года до 89 лет; 92 глаза обследованы на фоне применения гипотензивной инстилляционной терапии. Всем пациентам проводили последовательные измерения внутриглазного давления с помощью двунаправленной пневмоапланации роговицы (прибор Ocular Response Analyzer, США), транспальпебральной тонометрии (индикатор ИГД-03) и апланационной контактной тонометрии по Маклакову (груз массой 10 г). Средние значения показателей тонометрии, учитывая различия

калибровки, были сопоставимы: роговично-компенсированное внутриглазное давление — $18,5 \pm 5,7$ мм рт.ст., внутриглазное давление, аналогичное тонометрии по Гольдману, — $17,5 \pm 5,5$ мм рт.ст., тонометрическое давление по Маклакову — $22,2 \pm 4,3$ мм рт.ст., показатель транспальпебрального индикатора — $20,9 \pm 4,2$ мм рт.ст. Нельзя исключить влияние положения тела пациента на результаты измерения. Показатели тонометрии имели сильную прямую корреляционную связь ($r > 0,7$) между собой. При оценке диагностической ценности приборов превышение показателя над статистической нормой выявлено в 12,8% случаев с помощью ИГД-03, в 14,3% — тонометром Маклакова (различие недостоверно, $p > 0,05$), в 28,6% — при измерении роговично-компенсированного внутриглазного давления (достоверное различие с другими методами, $p < 0,05$). Диагностическая ценность транспальпебральной тонометрии сопоставима с традиционными апланационными методами.

В последние годы был разработан транспальпебральный тонометр нового типа (тонометр внутриглазного давления ТВГД-02), основанный на измерении жёсткости оболочек глаза, отражающей уровень внутриглазного давления, путём определения частоты вынужденных механических колебаний глазного яблока как упругой системы, нагруженной некоторой массой (весом штока), под действием вибратора тонометра. Тонометр ТВГД-02 предназначен для измерения внутриглазного давления через веко у взрослых и детей без использования анестетиков.

Диагностическая ценность и неинвазивность транспальпебральной тонометрии сопоставима с традиционными апланационными методами. На сегодняшний день транспальпебральная тонометрия является оптимальным методом при проведении массовой диспансеризации и в сложных клинических случаях, когда невозможно применение классических роговичных методов тонометрии, а также в домашних условиях для самоконтроля внутриглазного давления пациентами с первичной открытоугольной глаукомой.

При подозрении на глаукому у пациента важно оценить состояние диска зрительного нерва [21]. На рис. 1 представлен вид диска зрительного нерва в норме. Для описания диска зрительного нерва обычно используют международное правило ISNT, которое позволяет определить относительный размер ретинального пояса в различных областях вокруг диска зрительного нерва. Самая широкая зона диска зрительного нерва — нижняя (Inferior), затем по убывающей следуют верхняя (Superior), назальная (Nasal) и темпоральная (Temporal) зоны. Отклонение от этого правила («косой» выход при нарушении рефракции от $-6,0$ до $+6,0$ диоптрий) подразумевает дальнейшее обследование и не всегда свидетельствует о наличии глаукомы.

В норме глубина экскавации зависит от площади экскавации и косвенно от размеров диска. При глаукоме

глубина экскавации зависит от уровня внутриглазного давления и типа глаукомы. Самые глубокие экскавации наблюдаются в глазах с высоким уровнем внутриглазного давления. Неглубокие широкие экскавации встречаются в глазах с первичной открытоугольной глаукомой в сочетании с миопией высокой степени и при возрастной (сенильной) форме первичной открытоугольной глаукомы. На дне глубокой экскавации можно видеть сероватые точки — отверстия в решётчатой пластинке склеры. В норме глубокая экскавация встречается редко, и решётчатую пластинку можно видеть только в центральной её части (рис. 2). На глаукоматозный характер экскавации указывает обнажение решётчатой пластинки в верхней и нижней зоне экскавации. При обследовании пациента с повышенным уровнем внутриглазного давления следует придерживаться принципа: «чем больше экскавация, тем больше вероятность, что она глаукоматозная». Имеется также ряд неспецифических признаков глаукоматозного повреждения, которые наглядно представлены на рис. 3.

Периметрические критерии (индексы)

Для оказания помощи в диагностике и мониторинге больных глаукомой были разработаны различные периметрические критерии (индексы). Главными периметрическими показателями являются среднее отклонение (mean deviation, MD), которое отражает генерализованную потерю светочувствительности, и стандартное отклонение, или частное отклонение (private standard deviation, PSD). Последний паттерн в большей степени связан с локальными функциональными потерями (выпадение полей зрения). Индекс поля зрения (visual field index, VFI) менее подвержен влиянию со стороны непрозрачности оптических сред (например, при катаракте) и отражает функциональную потерю светочувствительности, скорректированную с учётом возрастных изменений. Для сравнения функционального дефицита в нижней и верхней полусферах поля зрения также применяется глаукомный полуполярный тест.

Эти показатели следует интерпретировать вместе в оценке глаукомного повреждения, поскольку они могут варьировать в зависимости от типа дефекта поля зрения и стадии заболевания. Дело в том, что индекс поля зрения сильно коррелирует со средним отклонением MD. Первоначальное ухудшение состояния поля зрения у пациентов с ранней стадией заболевания не может оцениваться только по значению индекса поля зрения VFI, поскольку эта корреляция слабее у пациентов с начальной глаукомой, которые могут иметь высокие значения индекса поля зрения VFI. Глаукомное поле зрения определяется в соответствии со следующими критериями: если глаукомный полуполярный тест находится за пределами нормальных значений, или если паттерн стандартного отклонения (PSD) имеет вероятность $< 0,05$ по крайней мере в двух последовательных базовых периметрических тестах.

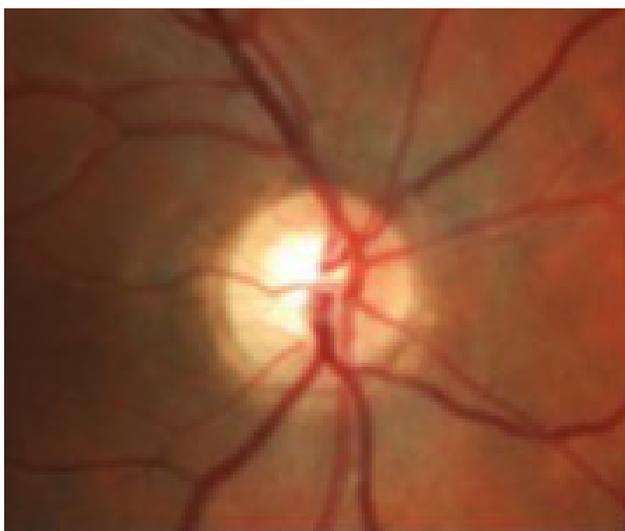
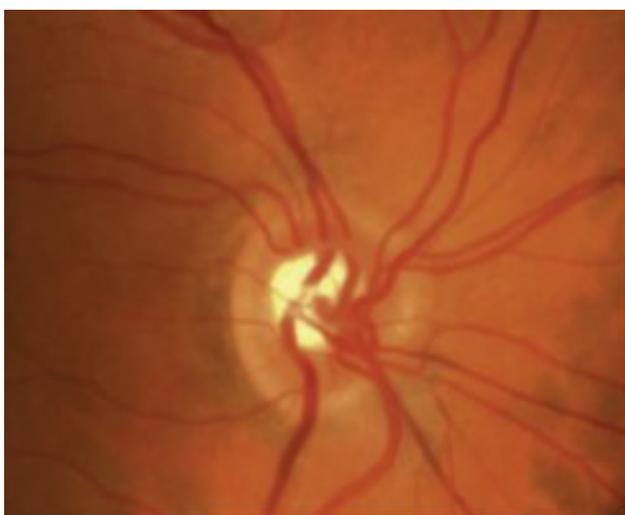
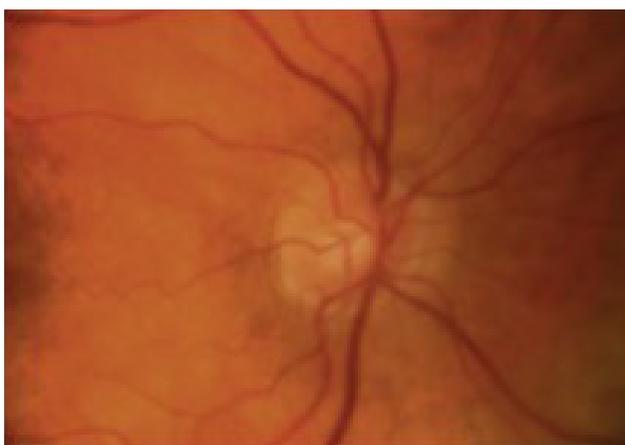


Рис. 1. Вид нормального диска зрительного нерва.
Fig. 1. View of a normal optic nerve head.



a



b

Рис. 2. Нормальные диски: маленький диск с малой экскавацией (*a*) и больший диск с пропорционально большей экскавацией (*b*).

Fig. 2. Normal discs: on the left is a small disc with low excavation (*a*) and on the right is a larger disc with proportionally more excavation (*b*).

ЛЕЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ С ГЛАУКОМОЙ

Учитывая лидирующую позицию глаукомы среди причин необратимого снижения зрения и инвалидности, а также недостаточную эффективность лекарственного и хирургического лечения первичной открытоугольной глаукомы, единственным выходом из сложившейся ситуации является поиск и внедрение в практическое здравоохранение новых эффективных решений. Но важно понимать, что все лечебные мероприятия должны быть целесообразными, чтобы в условиях ограниченных ресурсов здравоохранения не только оправдывать средства, необходимые для их проведения, но и являться отличной экономической инвестицией, снижающей необходимость в более дорогостоящем лечении. С учётом реалий настоящего времени (сокращение числа узких специалистов в большинстве регионов России) остро стоит вопрос о более широком внедрении в практику возможности проведения лечения и самоконтроля внутриглазного давления в домашних условиях, осуществляемых самим больным глаукомой или его родственниками.

Применение физических факторов в лечении глаукомы

Глубокий анализ отечественных и зарубежных литературных данных демонстрирует большую значимость физических факторов в лечебных программах больных с заболеванием органа зрения [22–33]. В основе эффективного лечения и реабилитации пациентов с первичной открытоугольной глаукомой лежит воздействие на ключевые звенья патогенеза заболевания. При первичной открытоугольной глаукоме физиотерапевтическое воздействие направлено прежде всего на лечение и профилактику развития глаукомной оптической нейропатии, которая сопровождается дистрофическими изменениями диска зрительного нерва, перипапиллярной сетчатки в α - и β -зонах и слое нервных волокон [23, 25]. Таким образом, методы физического воздействия должны быть направлены на улучшение кровообращения в заднем отрезке глаза, уменьшение механизма реперфузии и, следовательно, подавление образования свободных радикалов, оксида азота и глутамата. Подобным требованиям соответствует ряд физиотерапевтических методов, к которым относятся магнитотерапия, электротерапия (электростимуляция, электрофорез), ультразвуковая терапия, лазеротерапия [23, 25, 33]. Важно также отметить, что физиотерапевтическое лечение при первичной открытоугольной глаукоме должно быть направлено не только на восстановление проводимости зрительных нервных волокон, улучшение микроциркуляции и стабилизацию перфузионного давления, но и на коррекцию гемодинамических нарушений путём нормализации баланса симпатического и парасимпатического звена вегетативной нервной системы, стимуляцию регуляторных мозговых структур и нормализацию психоневрологического статуса пациента. Избыточная активность симпатического звена

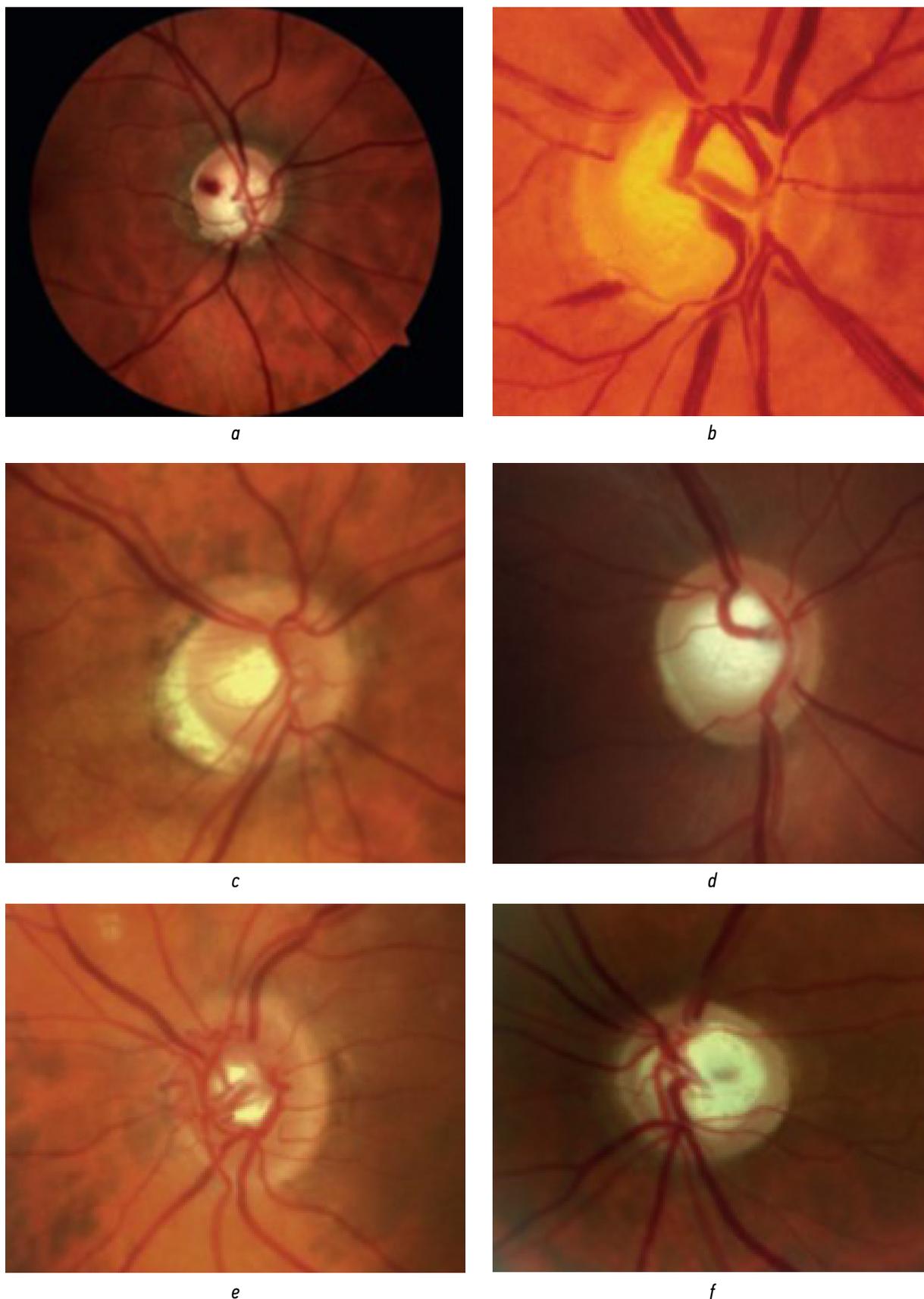


Рис. 3. Неспецифические признаки глаукоматозного повреждения: дисковые кровоизлияния (*a, b*); обнажение нижней окружности кровеносных сосудов (*c*); перегиб кровеносных сосудов (*d, e*); потеря нейроретинального пояса в назальном квадранте (*f*).
Fig. 3. Nonspecific signs of glaucomatous damage: disc hemorrhages (*a, b*); exposure of the lower circumference of blood vessels (*c*); kinking of blood vessels (*d, e*); loss of the neuroretinal rim in the nasal quadrant (*f*).

вегетативной нервной системы — одна из возможных причин, ведущих как к первичной сосудистой дисрегуляции, так и снижению перфузионного давления в сосудах сетчатки, зрительного нерва и хориоидеи.

Необходимо отметить, что при использовании физических терапевтических факторов воздействия при первичной открытоугольной глаукоме существует риск стимуляции повышенной выработки водянистой влаги и, как следствие, повышение внутриглазного давления, поэтому в процессе и после лечения чрезвычайно важен контроль этого показателя с помощью своевременно проводимой офтальмотонометрии, так как усиление продукции водянистой влаги усугубляет основной патогенетический фактор развития первичной открытоугольной глаукомы — офтальмогипертензию.

Установлено, что магнитное поле при адекватных дозировках оказывает патогенетически обусловленное лечебное воздействие на зрительную систему глаукомного глаза, а именно на его гемодинамику: нормализует эластичность и тонус сосудов, повышает скорость кровотока в них, увеличивает диаметр и количество функционирующих капилляров [25]. Под действием магнитного поля не только улучшается тканевая кровотока, но и увеличивается скорость проведения возбуждения по нервным волокнам, а также активизируется внутриклеточный обмен, что способствует выведению части ганглиозных клеток сетчатки, которые являются главной мишенью при развитии глаукомного процесса, из состояния парабиоза. Являясь физическим фактором проникающего свойства, магнитное поле способно взаимодействовать с многообразием молекулярных, субклеточных, клеточных, тканевых и органных мишеней в организме пациента. Эти взаимодействия носят слабоэнергетический, нетепловой характер, не приводят к патологическим изменениям данных структур, являются, по своей сути, триггерными и способствуют формированию множественных биохимических и биофизических ответных реакций [34]. Отдельные исследования свидетельствуют о высокой эффективности магнитотерапии при транскраниальном воздействии [35, 36]. Учитывая такое положительное влияние магнитного поля на микроциркуляцию и гемодинамику глаза, целесообразно его широкое применение в лечении и профилактике прогрессирования глаукомной оптической нейропатии [25].

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТОТЕРАПИЯ ПРИ ГЛАУКОМЕ

Назначение транскраниальной магнитотерапии в раннем послеоперационном периоде после фистулизирующей или лазерной гипотензивной операции с компенсацией внутриглазного давления

Для оценки эффективности транскраниальной магнитотерапии в послеоперационном периоде после

фистулизирующей или лазерной гипотензивной операции с компенсацией внутриглазного давления Н.О. Мартынова [35] провела плацебоконтролируемое исследование, в которое вошло 52 пациента с открытоугольной формой глаукомы в начальной и развитой стадиях, которым проводилось хирургическое лечение, в частности фистулизирующая или лазерная гипотензивная операция с компенсацией внутриглазного давления. На фоне стандартной медикаментозной терапии с первых суток послеоперационного периода пациентам основной группы ($n=40$) проводилась транскраниально низкочастотная низкоинтенсивная импульсная магнитотерапия с помощью аппарата «АЛМАГ-03». Пациенты контрольной группы ($n=12$) получали плацебо транскраниальной магнитотерапии и стандартное медикаментозное лечение. Было установлено, что применение транскраниальной магнитотерапии в комплексной реабилитации пациентов с первичной открытоугольной глаукомой в раннем послеоперационном периоде способствует повышению зрительных функций, улучшению психоэмоционального состояния, лучшей социальной адаптации, а также профилактике ранней инвалидизации в результате замедления прогрессирования глаукомной оптической нейропатии [35].

Методика транскраниальной магнитотерапии

Излучатель размещается на голове с расположением кабелей ввода в височных и затылочной областях и захватом крайними индукторами лобной области неподвижным магнитным полем. Применяют непрерывный режим с магнитной индукцией 10 мТл, частотой 7 Гц в пачках, модулированных частой 1–5 Гц. Время воздействия — 20 минут (программа № 1 аппарата «АЛМАГ-03»). Процедуры проводят с первых суток после операции, ежедневно, на курс 8–10 процедур. Рекомендуется проводить до 4 курсов в год, с интервалом между курсами не менее 2 месяцев.

Процедуры транскраниальной магнитотерапии рекомендуется проводить на фоне контроля внутриглазного давления, которое целесообразно измерять до начала курса лечения, после 5–6-й процедуры, в конце курса лечения, а также при любых проявлениях офтальмогипертензии.

Назначение транскраниальной магнитотерапии при первичной открытоугольной глаукоме I, II и III стадий

Т.Г. Каменских и соавт. [36] провели клиническое исследование, включившее 397 больных (634 глаза) в возрасте от 58 до 76 лет с установленным диагнозом первичной открытоугольной глаукомы I, II и III стадии, которые получали транскраниальную магнитотерапию (группа 1, 182 глаза), одномоментную транскраниальную магнитотерапию и электростимуляцию (группа 2, 258 глаз) или магнитотерапию в проекции шейных симпатических ганглиев (группа 3, 194 глаза). Всем пациентам до и после лечения

проводили стандартные офтальмологические обследования, регистрацию зрительных вызванных потенциалов и исследование внутриглазного кровотока. Проведённый авторами анализ результатов магнитотерапевтического лечения больных первичной открытоугольной глаукомой показал, что применение различных видов магнитного воздействия в комбинации с курсом нейротекторного лечения позволяет активировать гемодинамику в сосудистом бассейне глаукомного глаза. Был сделан вывод об эффективности транскраниальной магнитотерапии в комплексном лечении больных первичной открытоугольной глаукомой.

Е.А. Егоров и соавт. [24] провели рандомизированное клиническое исследование 134 больных (165 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой I, II или III стадии. Авторы установили, что применение транскраниальной магнитотерапии в комплексном лечении приводит к уменьшению периметрических дефектов, повышению биоэлектрической активности зрительной коры головного мозга и улучшению кровотока (уменьшению периферического сопротивления в задних коротких цилиарных артериях). Субъективно, помимо улучшения зрения, пациенты отмечали улучшение общего состояния, уменьшение головных болей, шума в ушах и головокружения, улучшение памяти на текущие события, улучшение сна. У ряда больных кроме повышения зрительных функций зафиксированы стабилизация артериального давления, уменьшение головных болей, головокружений, связанных с хронической ишемией мозга.

Методика транскраниальной магнитотерапии при I и II стадиях первичной открытоугольной глаукомы

Излучатель размещается на голове с расположением кабелей ввода в височных и затылочной областях и захватом крайними индукторами лобной области неподвижным магнитным полем. Применяют непрерывный режим с магнитной индукцией 10 мТл, частотой 7 Гц, одиночными импульсами. Время воздействия — 20 минут (программа № 2 аппарата «АЛМАГ-03»). Процедуры проводят ежедневно, на курс 10 процедур. Рекомендуется проводить до 4 курсов в год с интервалом между курсами не менее 1,5–2 месяцев.

Процедуры транскраниальной магнитотерапии рекомендуются проводить при контроле внутриглазного давления, которое целесообразно измерять до начала курса лечения, после 5–6-й процедуры, в конце курса лечения, а также при любых проявлениях офтальмогипертензии.

Методика транскраниальной магнитотерапии при III стадии первичной открытоугольной глаукомы

Излучатель размещается на голове с расположением кабелей ввода в височных и затылочной областях и захватом крайними индукторами лобной области неподвижным магнитным полем. Применяют непрерывный режим с магнитной индукцией 10 мТл, частотой 7 Гц в пачках,

модулированных частотой 1–5 Гц. Время воздействия — 20 минут (программа № 1 аппарата «АЛМАГ-03»). Процедуры проводят ежедневно, на курс 10–12 процедур. Рекомендуется проводить до 5 курсов в год с интервалом между курсами не менее 1,5–2 месяцев.

Процедуры транскраниальной магнитотерапии рекомендуются проводить при контроле внутриглазного давления, которое целесообразно измерять до начала курса лечения, после 5–6-й процедуры, в конце курса лечения, а также при любых проявлениях офтальмогипертензии.

Аппаратное обеспечение транскраниальной магнитотерапии

Для проведения транскраниальной магнитотерапии рекомендуется использовать аппарат «АЛМАГ-03» (товарный знак «ДИАМАГ»), предназначенный для физиотерапии заболеваний головного мозга низкочастотным низкоинтенсивным импульсным магнитным полем.

Аппарат состоит из блока управления и излучателя «оголовье». Излучатель «оголовье» состоит из двух гибких излучающих линеек. Каждая из излучающих линеек содержит по 6 индукторов. По краям каждой линейки располагаются специальные фиксаторы для эластичных лент крепления.

Аппарат формирует две формы импульсного магнитного поля — бегущее и неподвижное. Форма магнитного поля — параметр, характеризующий пространственно-временные свойства вектора магнитного поля. «Бегущим» называется поле, при котором происходит последовательное возбуждение всех индукторов гибких излучающих линеек от первого индуктора к шестому по циклическому закону (рис. 4).

Имитация перемещения источника магнитного поля в пространстве достигается использованием серии катушек-индукторов, на каждую из которых электрические импульсы подаются последовательно. Определённое размещение индукторов обеспечивает распространение поля в виде бегущей волны. В зависимости от программы бегущее поле формируется одиночными импульсами или «пачками» импульсов; неподвижное поле характеризуется одновременным возбуждением всех индукторов.

Для удобного осуществления процедур установка комплектуется специальными эластичными лентами, которые фиксируют линейки излучателя на голове пациента. Гибкие излучающие линейки излучателя необходимо расположить относительно друг друга. Пример размещения излучателя на голове пациента при проведении транскраниальной магнитотерапии для лечения глаукомы и/или заболеваний головного мозга показан на рис. 5.

Основные показания к назначению процедур транскраниальной магнитотерапии: последствия перенесённого нарушения мозгового кровообращения; транзиторная ишемическая атака; хроническая ишемия головного мозга; мигрень (гемикrania), мигренозная невралгия;

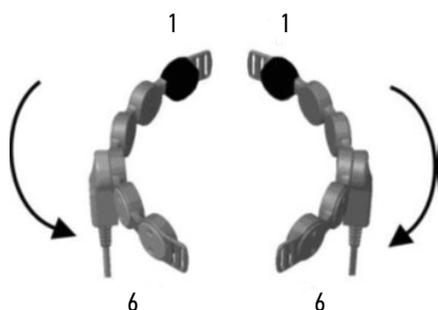


Рис. 4. Возбуждение индукторов (от 1-го индуктора к 6-му) гибких излучающих линеек.

Fig. 4. Excitation of inductors (from the 1st inductor to the 6th) of flexible radiating lines.

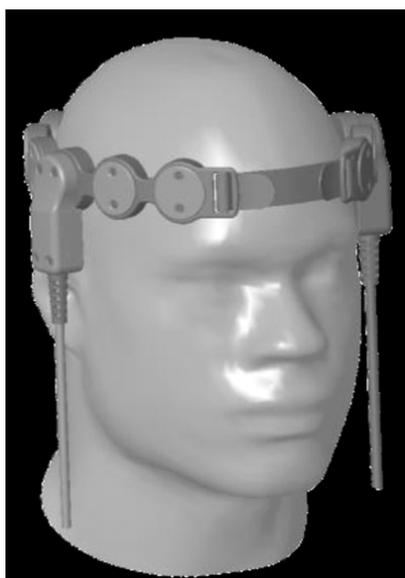


Рис. 5. Размещение излучателя на голове пациента при транскраниальной магнитотерапии головного мозга.

Fig. 5. Placement of the emitter on the patient's head for transcranial magnetotherapy of the brain.

остеохондроз шейного отдела позвоночника с явлениями цефалгии, краниалгии; хронический иридоциклит.

Дополнительные области применения: болезнь Паркинсона (профилактика прогрессирования заболевания); расстройства сна.

Противопоказания: склонность к кровотечениям; тромбоцитопения, кровотечения и коагулопатии; системные заболевания крови; психическое и алкогольное возбуждение; острые гнойные процессы на голове; активный туберкулёзный процесс; инфекционные заболевания в острой стадии и лихорадка любой этиологии.

Технические характеристики аппарата «АЛМАГ-03»

Аппарат работоспособен при электропитании от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220 В (-10%, +10%) или 230 В (-10%, +6%). Электрическая мощность, потребляемая аппаратом, составляет 10 Вт.

Параметры и характеристики импульсных магнитных полей:

- 1) виды поля:
 - бегущее, при котором происходит последовательное возбуждение всех индукторов гибких излучающих линеек от 1-го индуктора к 6-му по циклическому закону (программы № 1, № 2, № 3);
 - неподвижное, при котором происходит одновременное возбуждение всех индукторов гибкой излучающей линейки (программа № 4);
- 2) частота возбуждения индукторов одиночными импульсами:
 - 7 имп./сек (программа № 2);
 - относительное отклонение значения частоты в пределах $\pm 5\%$;
- 3) частота возбуждения индукторов «пачками» импульсов автоматически изменяется в пределах:
 - от 1 до 5 имп./сек (программы № 1, № 4);
 - от 5 до 15 имп./сек (программа № 3);
 - относительное отклонение крайних значений частоты не более $\pm 10\%$;
- 4) время, в течение которого частота следования «пачек» импульсов возбуждения изменяется от максимального значения до минимального и обратно, — 126 ± 10 сек для программы № 3 и 612 ± 30 сек для программ № 1 и № 4;
- 5) частота следования импульсов возбуждения внутри каждой пачки:
 - 30 имп./сек (программа № 3);
 - 7 имп./сек (программы № 1, № 4);
 - относительное отклонение значения частоты в пределах $\pm 5\%$;
- 6) значения амплитуды магнитной индукции на поверхности индукторов:
 - 10 мТл (программы № 1, № 2, № 3);
 - 8 мТл (программа № 4);
 - абсолютное отклонение амплитудного значения индукции (В) в пределах $\pm [0,2 \text{ В} \pm 0,6 \text{ мТл}]$.

Аппарат обеспечивает хранение в энергонезависимой памяти 4 предустановленных программ воздействия, параметры и характеристики которых указаны в табл. 1. Аппарат обеспечивает хранение в энергонезависимой памяти и воспроизведение (при включении в сеть) номера последней использованной программы. Температура поверхности индукторов гибких излучающих линеек — не более 41°C . Время установления рабочего режима аппарата — не более 60 сек. На гибких излучающих линейках предусмотрена маркировка полярности магнитного поля («N» — север). Аппарат обеспечивает формирование сигнализации и автоматическое прекращение режима воздействия в случае возникновения неисправности. Аппарат обеспечивает индикацию номера программы, времени экспозиции и наличия магнитотерапевтического воздействия. Время непрерывной работы аппарата — не менее 8 часов при следующем циклическом режиме: 20 минут — магнитное воздействие, 5 минут — перерыв. Средний срок

Таблица 1. Предустановленные программы воздействия**Table 1.** Preset impact programs

Программа	Параметры	Характеристики воздействия
№ 1	Вид импульсного магнитного поля	Бегающее
	Режим воздействия	Непрерывный
	Способ воздействия	Пачками импульсов
	Частота возбуждения пачками импульсов, имп./сек	1–5
	Частота следования импульсов внутри пачки, имп./сек	7
	Индукция, мТл	10
	Направление перемещения магнитного поля	От затылка
Время воздействия, мин	20	
№ 2	Вид импульсного магнитного поля	Бегающее
	Режим воздействия	Непрерывный
	Способ воздействия	Одиночными импульсами
	Частота, имп./сек	7
	Индукция, мТл	10
	Направление перемещения магнитного поля	От затылка
	Время воздействия, мин	20
№ 3	Вид импульсного магнитного поля	Бегающее
	Режим воздействия	Непрерывный
	Способ воздействия	Пачками импульсов
	Частота возбуждения пачками импульсов, имп./сек	5–15
	Частота следования импульсов внутри пачки, имп./сек	30
	Индукция, мТл	10
	Направление перемещения магнитного поля	От затылка
Время воздействия, мин	20	
№ 4	Вид импульсного магнитного поля	Неподвижное
	Режим воздействия	Непрерывный
	Способ воздействия	Пачками импульсов
	Частота возбуждения пачками импульсов, имп./сек	1–5
	Частота следования импульсов внутри пачки, имп./сек	7
	Индукция, мТл	8
	Направление перемещения магнитного поля	–
Время воздействия, мин	20	

службы аппарата — 10 лет. Наружные поверхности составных частей аппарата устойчивы к дезинфекции химическим методом любым раствором, разрешённым к применению в медицинской практике для изделий из пластмасс и металлов.

Технология контроля внутриглазного давления при проведении транскраниальной магнитотерапии у пациентов с глаукомой

В течение проводимого лечения и для оценки его эффективности необходимо контролировать уровень

внутриглазного давления. Устройства для транспальпебрального измерения внутриглазного давления появились ещё в 1997 году. С тех пор эти тонометры активно используются в офтальмологической практике, в том числе у детей [37–40]. На сегодняшний день предпочтительным измерительным прибором для транспальпебральной тонометрии является склеральный тонометр ТВГД-02 (АО «ЕПЗ», Россия, регистрационное удостоверение на медицинское изделие от 17 ноября 2016 года № РЗН 2015/2997), который предназначен для измерения истинного и тонометрического внутриглазного давления через веко у взрослых и детей без использования анестетиков, в диапазоне от 5 до 60 мм рт.ст. Точность измерения тонометра регламентируется при измерении истинного давления в пределах от 7 до 50 мм рт.ст., при измерении тонометрического — от 15 до 53 мм рт.ст.

Главной особенностью транспальпебральной тонометрии по сравнению с обычной корнеальной технологией измерения внутриглазного давления является демпфирующее влияние века. Нейтрализация этого влияния производится его предварительным сжатием — точно так же, как и при пальпаторной качественной оценке внутриглазного давления: верхнее веко продавливается (сжимается) пальцами, и врач тактильно определяет примерный уровень внутриглазного давления и наличие его асимметрии в двух глазах. При измерении внутриглазного давления с помощью ТВГД-02 верхнее веко в проекции верхней зоны склеры в меридиане 12 часов (в области *corona ciliaris*) сжимается ещё до начала измерения и находится в сжатом состоянии до завершения процесса измерения. В процессе измерения активное взаимодействие штока прибора с глазным яблоком происходит непрерывно (в среднем в течение 1–2 сек). Периодически повторяемый процесс измерения состоит из двух фаз — фазы активного смещения штока (сжатия века) и измерительной фазы свободных колебаний штока, во время которой определяется частота ответных колебаний глазного яблока, пропорциональная внутриглазному давлению. Полученные с помощью тонометра ТВГД-02 результаты не требуют пересчёта в значения тонометрического внутриглазного давления. В ТВГД-02 также имеется режим пересчёта результата проведённых измерений в истинное значение внутриглазного давления (по Гольдману). Таким образом, транспальпебральный склеральный тонометр ТВГД-02 позволяет достаточно точно и быстро измерять внутриглазное давление без непосредственного контакта с глазным яблоком, что даёт целый ряд преимуществ по сравнению с корнеальными методами, в том числе возможность определять внутриглазное давление в тех клинических ситуациях, когда необходимо избежать или совсем исключить контакт с роговицей (риск инфицирования, послеоперационные и посттравматические состояния, иррегулярная роговица и др.).

Метрологические и технические характеристики прибора ТВГД-02 наглядно представлены в табл. 2.

Достаточно простая методика измерения внутриглазного давления способствует эффективному обучению работе с прибором. По статистике, навык правильного использования прибора приобретается уже через 10–20 минут при измерениях на упругом тесте или на подушечках собственных пальцев. Измерение внутриглазного давления с помощью ТВГД-2 можно производить в любой доступной точке склеры или роговицы глаза через веко. Однако существуют рекомендуемые зоны для измерения, удобные как для врача, так и для пациента (рис. 6, 7). Главные условия, необходимые для получения достоверных результатов измерения: установка штока прибора перпендикулярно к поверхности глаза; вертикальное положение корпуса прибора; плавность и точность движений при измерении (равномерная скорость движений — около 2 см/сек). Плавность и точность движений легко обеспечивается при опоре руки, удерживающей тонометр, на голову (лоб) пациента.

Ввиду неинвазивности и портативности транспальпебральный тонометр ТВГД-02 может широко применяться не только офтальмологами, но и врачами общей практики,



Рис. 6. Расположение ТВГД-2 в области края верхнего века.
Fig. 6. Location of TVGD-2 in the area of the edge of the upper eyelid.



Рис. 7. Расположение ТВГД-2 в области складки верхнего века.
Fig. 7. Location of TVGD-2 in the crease of the upper eyelid.

Таблица 2. Метрологические и технические характеристики ТВГД-02**Table 2.** Metrological and technical characteristics of ТВГД-02

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон показаний ВГД (по Маклакову), мм рт.ст.	5–60
Диапазон измерений ВГД (по Гольдману), мм рт.ст.	7– 50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения ВГД (по Гольдману) в диапазоне: от 7 до 23 мм рт.ст.	±2
свыше 23 мм рт.ст.	±5
Режимы измерения:	ВГД по Гольдману ВГД по Маклакову
Время одного измерения ВГД, сек, не более	2
Напряжение электропитания, В	2–3,3
Ток потребления тонометра в выключенном положении, мкА, не более	30
Ток потребления тонометра при включённом положении в режиме ожидания замера, мА, не более	25
Ток потребления тонометра в режиме измерения, мА, не более	150
Электропитание: число элементов и напряжение, В	2×1,5
Дисплей	Жидкокристаллический
Вывод данных	Экран дисплея
Габаритные размеры тонометра (Д×В×Ш), мм	(170±3)×(26±1)×(20±1)
Габаритные размеры футляра (со встроенным в него устройством контроля) (Д×В×Ш), мм	(185±5)×(70±3)×(33±2)
Масса тонометра с элементами питания, г, не более	88
Масса футляра (со встроенным в него устройством контроля), г, не более	120

Примечание. ВГД — внутриглазное давление.

Note. ВГД — intraocular pressure.

неврологами, физиотерапевтами, а также пациентами с глаукомой и их родственниками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом физические лечебные факторы играют важную роль в общем комплексе терапевтических и профилактических мероприятий при лечении глазных болезней. Как методы внешнего воздействия они оказывают непосредственное влияние на этиологические и патогенетические механизмы, а также на симптомы заболевания.

Транскраниальная магнитотерапия зарекомендовала себя методом с широким спектром лечебного воздействия, в связи с чем находит всё большее применение при заболеваниях различного профиля. Транскраниальная магнитотерапия оказывает положительное влияние на различные звенья патогенеза глаукомы, позволяя нормализовать эластичность и тонус сосудов и повысить скорость кровотока в них, увеличить диаметр и количество функционирующих капилляров. Под действием электромагнитных полей улучшается также тканевой кровоток, увеличивается скорость проведения возбуждения

по нервным волокнам и активизируется внутриклеточный обмен, что способствует активизации ганглиозных клеток сетчатки, находящихся в состоянии парабиоза.

Для оценки эффективности проводимого лечения необходимо контролировать уровень внутриглазного давления. Использование склерального тонометра ТВГД-02 позволяет достаточно точно и быстро измерять внутриглазное давление без непосредственного контакта с глазным яблоком, что даёт целый ряд преимуществ по сравнению с корнеальными методами. Особенно это важно в тех случаях, когда необходимо избегать прямого контакта прибора с роговицей.

Отдельно стоит отметить, что транскраниальная магнитотерапия и транспальпебральная тонометрия являются высокоэффективными неинвазивными и простыми в применении методами лечения и диагностики и достаточно хорошо переносятся пациентами. Кроме того, данные методы не трудозатратны, их использование в клинической практике не требует покупки дополнительных расходных материалов.

Таким образом, высокая лечебная эффективность транскраниальной магнитотерапии, наличие сертифицированной

аппаратуры отечественного производства для её проведения, минимальное количество противопоказаний к назначению процедур, а также относительная простота их выполнения позволяют рекомендовать данную методику лечения в условиях стационаров, поликлиник, реабилитационных центров, а также для домашнего использования.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при подготовке статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: М.Ю. Герасименко,

Л.К. Мошетова — концепция и дизайн исследования, одобрение окончательного варианта рукописи; И.С. Евстигнеева, И.Б. Алексеев — анализ литературных источников сбор и статистическая обработка материала; М.Ю. Герасименко, Л.К. Мошетова, И.В. Воробьева, Т.Н. Зайцева — анализ и интерпретация данных, написание, научная редакция статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This work was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. M.Yu. Gerasimenko, L.K. Moshetova — concept and design of research; I.B. Alekseev, I.V. Vorobyova, T.N. Zaitseva — writing text, literature review, editing; I.S. Evstigneeva — material processing, editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tanito M., Kaidzu S., Takai Y., Ohira A. Association between systemic oxidative stress and visual field damage in open-angle glaucoma // *Sci Rep*. 2016. Vol. 6. P. 25792. doi: 10.1038/srep25792
2. Wójcik-Gryciuk A., Małgorzata S., Waleszczyk J.W. Glaucoma: State of the art and perspectives on treatment // *Restor Neurol Neurosci*. 2016. Vol. 34, N 1. P. 107–123. doi: 10.3233/RNN-150599
3. Курышева Н.И., Паршунина О.А., Ардженовнишвили Т.Д., и др. Новые диагностические маркеры глаукомы // *Новости глаукомы*. 2015. № 1. С. 131–133. EDN: TWDIQL
4. Курышева Н.И. Периметрия в диагностике глаукомной оптической нейропатии. Москва: Гринлайт, 2015. 85 с.
5. Национальное руководство по глаукоме / под ред. проф. Е.А. Егорова, проф. Ю.С. Астахова, проф. В.П. Еричева. 3-е изд. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 452 с.
6. Еричев В.П., Петров С.Ю., Козлова И.В., и др. Современные методы функциональной диагностики и мониторинга глаукомы. Часть 1. Периметрия как метод функциональных исследований // *Национальный журнал Глаукома*. 2015. Т. 14, № 2. С. 75–81.
7. Allocco A.R., Ponce J.A., Riera M.J., Magurno M.G. Critical pathway for primary open angle glaucoma diagnosis // *Int J Ophthalmol*. 2017. Vol. 10, N 6. P. 968–972. doi: 10.18240/ijo.2017.06.21
8. Астахов Ю.С., Бутин Е.В., Морозова Н.В., и др. Опыт применения ретиналамина в лечении глаукомной нейрооптикопатии и возрастной макулярной дегенерации // *Офтальмологические ведомости*. 2013. Т. 6, № 2. С. 45–49. EDN: RACMSZ
9. Мошетова Л.К., Жаров В.В., Максимов И.Б., Найговзина Н.К. Пути повышения эффективности деятельности государственной офтальмологической больницы субъекта Российской Федерации // *Проблемы офтальмологии*. 2004. № 1. С. 10–13. EDN: ZIRTZR
10. Нестеров А.П. Глаукома. 2-е изд., перераб. Москва: Мед. информ. агентство, 2008. 357 с.
11. Leske M.C., Heijl A., Hussein M., et al. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: The early manifest glaucoma trial // *Arch Ophthalmol*. 2003. Vol. 121, N 1. P. 48–56. doi: 10.1001/archophth.121.1.48
12. Кунин В.Д., Редид А.А. Динамика глаукомного процесса у больных, соблюдавших и не соблюдавших режим диспансерного наблюдения и лечения // *Вестник офтальмологии*. 2013. Т. 129, № 2. С. 61–66. EDN: PYNXHN
13. Сычев Д.А., Мошетова Л.К. Клинико-фармакологические аспекты сочетанной патологии: сердечно-сосудистые заболевания и глаукома // *Национальный журнал Глаукома*. 2014. Т. 13, № 2. С. 99–104. EDN: SMYHMB
14. Song B.J., Aiello L.P., Pasquale L.R. Presence and risk factors for glaucoma in patients with diabetes // *Curr Diab Rep*. 2016. Vol. 16, N 12. P. 124. doi: 10.1007/s11892-016-0815-6
15. Офтальмология. Национальное руководство / под ред. С.Э. Аветисова, Е.А. Егорова, Л.К. Мошетовой, и др. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 752 с.
16. Guo M.W., Wu Y.Y., Liang Z.B. Hyaluronic acid increases MMP-2 and MMP-9 expressions in cultured trabecular meshwork cells from patients with primary open-angle glaucoma // *Mol Vis*. 2012. Vol. 18. P. 1175–1181.
17. Saccà S.C., Gandolfi S., Bagnis A., et al. From DNA damage to functional changes of the trabecular meshwork in aging and glaucoma // *Ageing Res Rev*. 2016. Vol. 29. P. 26–41. doi: 10.1016/j.arr.2016.05.012
18. He M., Wang W., Han X., Huang W. Matrix metalloproteinase-1 rs1799750 polymorphism and glaucoma: A meta-analysis // *Ophthalmic Genet*. 2017. Vol. 318, N 3. P. 211–216. doi: 10.1080/13816810.2016.1193877
19. Greco A., Rizzo M.I., de Virgilio A., et al. Emerging concepts in glaucoma and review of the literature // *Am J Med*. 2016. Vol. 129, N 9. P. 1000.e7–1000.e13. doi: 10.1016/j.amjmed.2016.03.038
20. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Антонов А.А. Диагностические возможности транспальпебральной тонометрии индикато-

- ром ИГД-03 // Национальный журнал Глаукома. 2016. Т. 15, № 3. С. 17–23. EDN: WMIPRF
21. Ярцев А.В., Страхов В.В., Алексеев В.В., Хляф В.Б. Исследование наружных слоев сетчатки у пациентов с первичной глаукомой // Новости глаукомы. 2014. № 1. С. 3–5.
 22. Юрова О.В., Назарова Г.А., Кончугова Т.В., и др. Аппаратная физиотерапия в медицинской реабилитации пациентов с офтальмопатологией // Доктор.Ру. 2014. № 13. С. 50–55. EDN: TKIP0D
 23. Лоскутов И.А., Карпова Н.А. Физиотерапия в лечении первичной открытоугольной глаукомы // Земский врач. 2012. № 3. С. 15–16. EDN: OYRYPY
 24. Егоров Е.А., Каменских И.Д., Райгородский Ю.М., и др. Результаты применения низкоинтенсивного магнитолазерного воздействия транскраниально в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2013. № 5. С. 15–18. EDN: RVQRIF
 25. Борзунов О.И. Патогенетическое обоснование применения физических факторов при дистрофической патологии органа зрения (обзор) // Курортная медицина. 2017. № 3. С. 197–203. EDN: ZMQKYU
 26. Макогон С.И., Макогон А.С. Возможности физиотерапевтических методов лечения пациентов пожилого и старческого возраста с первичной открытоугольной глаукомой (обзор литературы) // Клиническая геронтология. 2018. Т. 24, № 9–10. С. 37–39. EDN: XWBNLN
 27. Кантаржи Е.П. Физиотерапия и комбинированное лечение пожилых пациентов с глаукомой, офтальмогипертензией и подозрением на глаукому // Клиническая геронтология. 2008. Т. 14, № 7. С. 39–41. EDN: JTYOAX
 28. Лядов М.В. Применение общей воздушной криотерапии в комплексном лечении пациентов с первичной открытоугольной глаукомой // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2014. № 1. С. 51–52. EDN: RVQRZD
 29. Туманова А.Л. Санаторно-курортная профилактика и реабилитация заболеваний глаз // Курортная медицина. 2017. № 4. С. 114–117. EDN: XQYGNF
 30. Ota Y., Ozeki N., Yuki K., et al. The efficacy of transcorneal electrical stimulation for the treatment of primary open-angle glaucoma: A pilot study // Keio J Med. 2018. Vol. 67, N 3. P. 45–53. doi: 10.2302/kjm.2017-0015-0A
 31. Röck T., Naycheva L., Willmann G., et al. Transcorneal electrical stimulation in primary open angle glaucoma // Ophthalmologie. 2017. Vol. 114, N 10. P. 922–929. doi: 10.1007/s00347-016-0415-5
 32. Дракон А.К., Корчажкина Н.Б. Современные методы магнитотерапии у больных первичной открытоугольной глаукомой // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 4. С. 230–231. EDN: OMHIOT
 33. Патент РФ на изобретение RU 2269986 C1. Герасименко М.Ю., Рябцева А.А., Филатова Е.В., и др. Способ лечения больных глаукомой. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2269986C1_20060220?ysclid=lym0yjyqsv198886463. Дата обращения: 15.01.2024.
 34. Физиотерапия и курортология: руководство. В 3-х томах / под ред. В.М. Боголюбова. Москва: Бином, 2012. EDN: QMBMEJ
 35. Мартынова Н.О. Перспективы применения транскраниальной магнитотерапии в лечении больных с открытоугольной формой глаукомы // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2013. № 5. С. 49–50. EDN: RVQRNF
 36. Каменских Т.Г., Веселова Е.В., Каменских И.Д. Сравнительный анализ результатов применения различных методик физиотерапевтического воздействия в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой // Альманах клинической медицины. 2015. № 36. С. 40–46. EDN: TMUWBZ
 37. Макашова Н.В., Иванищев К.В. Клинические результаты транспальпебральной тонометрии // Глаукома. Журнал НИИ ГБ РАМН. 2013. № 2. С. 42–46. EDN: RSNONJ
 38. Тугеева Э.Э., Воронцова Т.Н. Возможности применения транспальпебрального тонометра ТВГД-01 в детской офтальмологической практике // ПМЖ. Клиническая офтальмология. 2013. Т. 13, № 2. С. 61–63. EDN: QZYWZR
 39. Валеева Р.Р. Основные виды электронных тонометров (обзор литературы) // Вестник Башкирского государственного медицинского университета. 2017. № 3. С. 34–38. EDN: PHKYAB
 40. Егоров Е.А., Романова Т.Б., Кац Д.В., и др. Транспальпебральная тонометрия — перспективный метод контроля внутриглазного давления // ПМЖ. Клиническая офтальмология. 2016. Т. 16, № 2. С. 75–78. EDN: ZNOFTD

REFERENCES

1. Tanito M, Kaidzu S, Takai Y, Ohira A. Association between systemic oxidative stress and visual field damage in open-angle glaucoma. *Sci Rep*. 2016;6:25792. doi: 10.1038/srep25792
2. Wójcik-Gryciuk A, Małgorzata S, Waleszczykb JW. Glaucoma: State of the art and perspectives on treatment. *Restor Neurol Neurosci*. 2016;34(1):107–123. doi: 10.3233/RNN-150599
3. Kursheva NI, Parshunina OA, Arjenevnishvili TD, et al. New diagnostic markers of glaucoma. *Novosti glaukomy*. 2015;(1):131–133. (In Russ). EDN: TWDIQL
4. Kurysheva NI. *Perimetry in diagnostics of glaucoma optic neuropathy*. Moscow: Grinlait; 2015. 85 p. (In Russ).
5. *National glaucoma manual*. Ed. by E.A. Egorov, Y.S. Astakhov, V.P. Yerichev. 3rd ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. 452 p. (In Russ).
6. Erichev VP, Petrov SYu, Kozlova IV, et al. Modern methods of functional diagnostics and monitoring of glaucoma. Part 1. *Perimetry as a functional diagnostics method*. *National J Glaucoma*. 2015;14(2):75–81. (In Russ).
7. Allocco AR, Ponce JA, Riera MJ, Magurno MG. Critical pathway for primary open angle glaucoma diagnosis. *Int J Ophthalmol*. 2017;10(6):968–972. doi: 10.18240/ijo.2017.06.21
8. Astakhov YuS, Butin YeV, Morozova NV, et al. An experience of retinalamin use in glaucomatous optic neuropathy and age-related macular degeneration. *Ophthalmology J*. 2013;6(2):45–49. EDN: RACMSZ
9. Moshetova LK, Zharov VV, Maksimov IB, Naigovzina NK. Ways to improve the efficiency of the state ophthalmological hospital of the subject of the Russian Federation. *Problemy oftal'mologii*. 2004;(1):10–13. EDN: ZIRTZR
10. Nesterov AP. *Glaucoma*. 2nd ed., revision. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2008. 357 p. (In Russ).

11. Leske MC, Heijl A, Hussein M, et al. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: The early manifest glaucoma trial. *Arch Ophthalmol.* 2003;121(1):48–56. doi: 10.1001/archophth.121.1.48
12. Kunin VD, Redid AA. Glaucoma dynamics in patients who followed monitoring and treatment instructions and in those who didn't. *Russ Ann Ophthalmology.* 2013;129(2):61–66. EDN: PYNXHH
13. Sychev DA, Moshetova LK. Clinical and pharmacological aspects of combined pathology: cardiovascular diseases and glaucoma. *National J Glaucoma.* 2014;13(2):99–104. EDN: SMYHMB
14. Song BJ, Aiello LP, Pasquale LR. Presence and risk factors for glaucoma in patients with diabetes. *Curr Diab Rep.* 2016;16(12):124. doi: 10.1007/s11892-016-0815-6
15. *Ophthalmology. National manual.* Ed. by S.E. Avetisov, E.A. Egorov, L.K. Moshetova, et al. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. 752 p. (In Russ).
16. Guo MW, Wu YY, Liang ZB. Hyaluronic acid increases MMP-2 and MMP-9 expressions in cultured trabecular meshwork cells from patients with primary open-angle glaucoma. *Mol Vis.* 2012;18:1175–1181.
17. Saccà SC, Gandolfi S, Bagnis A, et al. From DNA damage to functional changes of the trabecular meshwork in aging and glaucoma. *Ageing Res Rev.* 2016;29:26–41. doi: 10.1016/j.arr.2016.05.012
18. He M, Wang W, Han X, Huang W. Matrix metalloproteinase-1 rs1799750 polymorphism and glaucoma: A meta-analysis. *Ophthalmic Genet.* 2017;318(3):211–216. doi: 10.1080/13816810.2016.1193877
19. Greco A, Rizzo MI, de Virgilio A, et al. Emerging concepts in glaucoma and review of the literature. *Am J Med.* 2016;129(9):1000.e7–1000.e13. doi: 10.1016/j.amjmed.2016.03.038
20. Avetisov SE, Elichev VP, Antonov AA. Diagnostic capabilities of transpalpebral tonometry with IGD-03. *National J Glaucoma.* 2016;15(3):17–23. EDN: WMIPRF
21. Yartsev AV, Strakhov VV, Alekseev VV, Khlyaf VB. Study of the outer retinal layers in patients with primary glaucoma. *Novosti glaukomy.* 2014;(1):3–5. (In Russ).
22. Yurova OV, Nazarova GA, Konchugova TV, et al. Device-assisted physical therapy in medical rehabilitation of patients with ophthalmological disorders. *Doctor.Ru.* 2014;(13):50–55. EDN: TKIPOD
23. Loskutov IA, Karpova NA. Physiotherapy in treatment of primary open angle glaucoma. *Zemskii vrach.* 2012;(3):15–16. EDN: OYRPYP
24. Egorov EA, Kamenskih ID, Raigorodsky YuM, et al. The results of trans-cranial application of the low-intensity magneto-laser treatment in the patients presenting with primary open-angle glaucoma. *Russ J Physical Therapy, Balneotherapy Rehabilitation.* 2013;(5):15–18. EDN: RVQRIF
25. Borzunov OI. Pathogenetic substantiation of the physical factors usage in patients with the dystrophic ophthalmopathy (review). *Resort medicine.* 2017;(3):197–203. EDN: ZMQKYH
26. Makogon SI, Makogon AS. The possibilities of physiotherapeutic methods of treatment of patients of elderly and senile age with primary open angle glaucoma (review of literature). *Clinical gerontology.* 2018;24(9-10):37–39. EDN: XWBNLN
27. Kantarzhii EP. Physical therapy and combined treatment of elderly patients with glaucoma, ophthalmohypertension and suspected glaucoma. *Clinical gerontology.* 2008;14(7):39–41. EDN: JTYOAX
28. Lyadov MV. The application of general air cryotherapy for the combined treatment of the patients presenting with primary open-angle glaucoma. *Russ J Physical Therapy, Balneotherapy Rehabilitation.* 2014;(1):51–52. EDN: RVQRZD
29. Tumanova AL. Sanatorium resort prevention and rehabilitation of eye disorders. *Resort medicine.* 2017;(4):114–117. EDN: XQYGNF
30. Ota Y, Ozeki N, Yuki K, et al. The efficacy of transcorneal electrical stimulation for the treatment of primary open-angle glaucoma: A pilot study. *Keio J Med.* 2018;67(3):45–53. doi: 10.2302/kjm.2017-0015-OA
31. Röck T, Naycheva L, Willmann G, et al. Transcorneal electrical stimulation in primary open angle glaucoma. *Ophthalmologie.* 2017;114(10):922–929. doi: 10.1007/s00347-016-0415-5
32. Drakon AK, Korchazhkina NB. Modern methods magnetotherapy in patient with primary open-angle glaucoma. *J New Medical Technologies.* 2011;18(4):230–231. EDN: OMHIOT
33. Patent RUS № RU 2269986 C1. Gerasimenko MYu, Ryabtseva AA, Filatova EV, et al. *Method of treatment of patients with glaucoma.* (In Russ). Available from: https://yandex.ru/patents/doc/RU2269986C1_20060220?ysclid=lym0yjyqsv198886463. Accessed: 15.01.2024.
34. *Physiotherapy and spa treatment: A manual.* In 3 volumes. Ed. by V.M. Bogolyubov. Moscow: Binom; 2012. EDN: QMBMEJ
35. Martynova NO. Prospects for the treatment of open angle glaucoma by transcranial magnetic therapy. *Russ J Physical Therapy, Balneotherapy Rehabilitation.* 2013;(5):49–50. EDN: RVQRNF
36. Kamenskih TG, Veselova EV, Kamenskih ID. Comparison of different methods of physiotherapy treatment in the management of primary open-angle glaucoma. *Almanac Clinical Med.* 2015;(36):40–46. EDN: TMUWBZ
37. Makashova NV, Ivanishchev KV. Clinical results of transpalpebral tonometry. *National J Glaucoma.* 2013;(2):42–46. EDN: RSNONJ
38. Tugeeva EE, Voroncova TN. Possibilities of using the TVHD-01 transpalpebral tonometer in paediatric ophthalmological practice. *Russ J Clin Ophthalmol.* 2013;13(2):61–63. (In Russ). EDN: QZYWZR
39. Valeeva RR. Main types of electronic tonometers (literature review). *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta.* 2017;(3):34–38. EDN: PHKYAB
40. Egorov EA, Romanova TB, Kac DV, et al. Transpalpebral tonometry is a promising method for monitoring intraocular pressure. *Russ J Clin Ophthalmol.* 2016;16(2):75–78. (In Russ). EDN: ZNOFTD

ОБ АВТОРАХ

* **Герасименко Марина Юрьевна**, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2, стр. 1;
ORCID: 0000-0002-1741-7246;
eLibrary SPIN: 7625-6452;
e-mail: mgerasimenko@list.ru

Мошетова Лариса Константиновна, д-р мед. наук, профессор,
академик РАН;
ORCID: 0000-0002-5899-2714;
eLibrary SPIN: 5697-6825;
e-mail: moshetovalk@yandex.ru

Алексеев Игорь Борисович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-4506-4986;
eLibrary SPIN: 4696-5937;
e-mail: ialekseev63@mail.ru

Воробьева Ирина Витальевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-2707-8417;
eLibrary SPIN: 1693-3019;
e-mail: irina.docent2000@mail.ru

Зайцева Татьяна Николаевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-7123-1568;
eLibrary SPIN: 9416-4428;
e-mail: zaytn@mail.ru

Евстигнеева Инна Сергеевна, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-9128-0965;
eLibrary SPIN: 5163-7726;
e-mail: evstigneevais@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Marina Yu. Gerasimenko**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
address: 2 build. 1 Barrikadnaya street, 125993 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-1741-7246;
eLibrary SPIN: 7625-6452;
e-mail: mgerasimenko@list.ru

Larisa K. Moshetova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,
Academician of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0002-5899-2714;
eLibrary SPIN: 5697-6825;
e-mail: moshetovalk@yandex.ru

Igor B. Alexeev, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: 0000-0002-4506-4986;
eLibrary SPIN: 4696-5937;
e-mail: ialekseev63@mail.ru

Irina V. Vorobyeva, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: 0000-0003-2707-8417;
eLibrary SPIN: 1693-3019;
e-mail: irina.docent2000@mail.ru

Tatiana N. Zaytseva, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0001-7123-1568;
eLibrary SPIN: 9416-4428;
e-mail: zaytn@mail.ru

Inna S. Evstigneeva, MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-9128-0965;
eLibrary SPIN: 5163-7726;
e-mail: evstigneevais@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author