

Внутриглазное давление у взрослого населения г. Архангельска и его связи с социально-демографическими характеристиками, образом жизни и общим состоянием здоровья

М.А. Синайская, Р.Н. Зеленцов, Н.А. Бебякова, Н.И. Печинкина, А.А. Трофимова, А.В. Кудрявцев
Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Глаукома считается одной из основных причин инвалидизации населения. Ключевым фактором риска развития глаукомы является внутриглазное давление (ВГД), что обуславливает важность его оценки и контроля. Широкое применение в скрининговой диагностике глаукомы приобретает пневмотонометрический метод измерения ВГД.

Цель. Определить популяционные нормы и возрастные изменения ВГД у взрослого населения Европейского Севера России, изучить связи ВГД с социально-демографическими признаками, факторами образа жизни и характеристиками здоровья.

Методы. Обследована случайная выборка жителей г. Архангельска в возрасте 45–74 лет ($n=1223$), включая осмотр офтальмологом и пневмотонометрию. Данные о социально-демографических характеристиках и образе жизни получены методом устного интервью, о характеристиках здоровья — посредством медицинского обследования. Референсные значения ВГД получены на основании значений 5–95-го перцентилей. Связи ВГД с рассматриваемыми переменными оценены с помощью многомерных линейных регрессий и представлены в виде коэффициентов B с 95% доверительными интервалами (ДИ).

Результаты. Среднее значение ВГД составило 14,2 мм рт. ст., у мужчин — 13,9 мм рт. ст., у женщин — 14,4 мм рт. ст. Определены популяционные уровни низкой нормы, средней нормы и высокой нормы истинного ВГД, которые составили от 9 до 12 мм рт. ст., от 12 до 16 мм рт. ст. и от 16 до 20 мм рт. ст. соответственно. Значения ВГД имели нисходящие тренды с увеличением возраста женщин ($p=0,007$) и мужчин ($p=0,011$). Установлены отрицательные связи между ВГД и принадлежностью к мужскому полу ($B -0,56$; 95% ДИ $-0,94$; $-0,18$), принадлежностью к коренному населению Архангельской области ($B -0,50$; 95% ДИ $-0,83$; $-0,16$) и наличием высшего образования ($B -0,40$; 95% ДИ $-0,73$; $-0,06$). Из анализируемых характеристик здоровья связи с ВГД имели артериальная гипертензия ($B 0,56$; 95% ДИ $0,17$; $0,94$), сахарный диабет ($B 0,46$; 95% ДИ $0,03$; $0,89$), дислипидемия ($B 0,36$; 95% ДИ $0,01$; $0,71$), абдоминальное ожирение ($B 0,39$; 95% ДИ $0,31$; $0,98$), нарушение функции щитовидной железы ($B 0,42$; 95% ДИ $0,07$; $0,77$), недостаточность витамина D ($B 0,76$; 95% ДИ $0,30$; $1,22$) и снижение уровня общего белка ($B -0,76$; 95% ДИ $-1,43$; $-0,09$).

Заключение. В исследовании определены нормальные диапазоны ВГД для жителей Европейского Севера России 45–74 лет. Отмечено снижение уровня ВГД с возрастом, пониженные его значения у мужчин, у коренных жителей Архангельской области, а также при низком уровне общего белка в крови. Повышенные уровни ВГД ассоциировались с наличием артериальной гипертензии, сахарного диабета, дислипидемии, ожирения, с дисфункцией щитовидной железы, недостаточностью витамина D.

Ключевые слова: внутриглазное давление, пневмотонометрия, артериальная гипертензия, сахарный диабет, дислипидемия, ожирение, дисфункция щитовидной железы, недостаточность витамина D.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Синайская М.А., Зеленцов Р.Н., Бебякова Н.А., Печинкина Н.И., Трофимова А.А., Кудрявцев А.В. Внутриглазное давление у взрослого населения г. Архангельска и его связи с социально-демографическими характеристиками, образом жизни и общим состоянием здоровья // Экология человека. 2025. Т. 32, № 4. С. XX–XX. DOI: [10.17816/humeco677157](https://doi.org/10.17816/humeco677157) EDN: OUJLNS

Рукопись получена: 14.03.2025

Рукопись одобрена: 05.06.2025

Опубликована Online: 04.07.2025

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International

© Эко-Вектор, 2025

Intraocular pressure in the adult population of Arkhangelsk and its associations with socio-demographic characteristics, lifestyle, and general health

Maria A. Sinayskaya, Roman N. Zelentsov, Natalia A. Bebyakova, Natalya I. Pechinkina,
Anastasia A. Trofimova, Alexander V. Kudryavtsev
Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

RATIONALE: Glaucoma is one of the leading causes of disability among the population. Intraocular pressure (IOP) is a key risk factor for glaucoma development, and that outlines the need for its assessment and control. The pneumotonometric method of measuring IOP is becoming widely used in screening diagnostics of glaucoma.

AIMS: To determine population norms and age-related changes in IOP in the adult population of the European North of Russia and to investigate IOP associations with socio-demographic, lifestyle and general health characteristics.

METHODS: A random sample of Arkhangelsk residents aged 45-74 years (n=1223) was examined, including ophthalmologic examination and pneumotonometry. Socio-demographic and lifestyle data were obtained using oral interview, health characteristics – through medical examination. Reference values of IOP were determined by the values of 5-95 percentiles. Associations of IOP with the variables under consideration were estimated using multivariate linear regressions and presented as B coefficients with 95% confidence intervals (CI).

RESULTS: The mean IOP value was 14.2 mmHg: 13.9 mmHg for men and 14.4 mmHg for women. The population levels of “low norm”, “medium norm” and “high norm” of true IOP were determined, which ranged from 9 to 12 mmHg, from 12 to 16 mmHg and from 16 to 20 mmHg, respectively. The IOP values had downward trends with increasing age in women ($p=0.007$) and men ($p=0.011$). Inverse associations with IOP were also found for male gender (B -0.56; 95% CI -0.94; -0.18), belonging to the native population of the Arkhangelsk region (B -0.50; 95% CI -0.83; -0.16), and higher education (B -0.40; 95% CI -0.73; -0.06). From the analyzed health characteristics, associations with IOP were present for arterial hypertension (B 0.56; 95% CI 0.17; 0.94), diabetes mellitus (B 0.46; 95% CI 0.03; 0.89), dyslipidemia (B 0.36; 95% CI 0.01; 0.71), abdominal obesity (B 0.39; 95% CI 0.31; 0.98), thyroid dysfunction (B 0.42; 95% CI 0.07; 0.77), vitamin D deficiency (B 0.76; 95% CI 0.30; 1.22) and decreased total protein level (B -0.76; 95% CI -1.43; -0.09).

CONCLUSION: The study determined normal ranges of IOP for residents of the European North of Russia aged 45-74 years. Decreases in IOP levels were shown with age, in men, in native residents of the Arkhangelsk region, and with low total blood protein level. Elevated IOP levels were associated with arterial hypertension, diabetes mellitus, dyslipidemia, obesity, thyroid dysfunction, and vitamin D deficiency.

Keywords: Intraocular pressure, pneumotonometry, arterial hypertension, diabetes mellitus, dyslipidemia, obesity, thyroid dysfunction, vitamin D deficiency

TO CITE THIS ARTICLE:

Sinayskaya MA, Zelentsov RN, Bebyakova NA, Pechinkina NI, Trofimova AA, Kudryavtsev AV
Intraocular pressure in the adult population of Arkhangelsk and its associations with socio-demographic characteristics, lifestyle, and general health. *Ekologiya cheloveka* (Human Ecology). 2025;32(4): XX-XX.
DOI: [10.17816/humeco677157](https://doi.org/10.17816/humeco677157) EDN: OUJLNS

Received: 14.03.2025

Accepted: 05.06.2025

Published Online: 04.07.2025

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License

© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Глаукома является основной причиной необратимой слепоты в мире. В 2013 году число людей в возрасте 40–80 лет с глаукомой во всём мире составило 64,3 миллиона человек, в 2020 году количество заболевших увеличилось до 76,0 миллионов, и прогнозируется дальнейшее увеличение до 111,8 миллиона в 2040 году [1].

Важнейшим и единственным модифицируемым фактором риска развития глаукомы является внутриглазное давление (ВГД) [2, 3]. Состояние офтальмотонуса оказывает непосредственное влияние на долгосрочный прогноз сохранения функции зрения, что делает его оценку и своевременную коррекцию актуальными задачами практической офтальмологии. При этом способность видеть входит в число составляющих сенсорного домена индивидуальной жизнеспособности человека, играет важную роль в обеспечении здорового старения¹, что, в свою очередь, является одной из приоритетных задач отечественного здравоохранения.

Скрининг населения на выявление признаков глаукомы основан в первую очередь на офтальмотонометрических измерениях. Повышенные значения ВГД являются показанием для дальнейшей диагностики. В последнее время широкое распространение в скрининговых обследованиях получила методика пневмотонометрии, характеризующаяся простотой и бесконтактностью применения, доступностью оборудования.

Индивидуальная норма ВГД крайне вариабельна и зависит не только от индивидуальных особенностей, но и от принадлежности к определённой расе и даже этнической группе. На текущий момент хорошо известно о большем среднем ВГД у африканцев и азиатов, чем у европеоидов [4]; ВГД у населения Японии меньше, чем у населения Китая или Индии [5–7]. Несмотря на проведение ряда популяционных исследований [8, 9], значения референсных показателей ВГД населения, проживающего на отдельных территориях, по-прежнему не определены. Характер возрастных изменений ВГД также может зависеть от расовой принадлежности: исследования в европейской и американской популяциях показали увеличение ВГД с возрастом [10, 11], а в азиатской популяции демонстрировали его снижение по мере старения [5, 12, 13].

По результатам эпидемиологических исследований, помимо возраста, пола и расы, факторами, связанными с уровнем ВГД, определены повышение артериального давления, уровень гликемии, ожирение, курение, употребление алкоголя, кофе, физическая активность, а также центральная толщина роговицы, цвет радужной оболочки, ядерная катаракта и наличие миопической рефракции [14–16]. На Европейском Севере России ранее не проводились популяционные исследования ВГД, не изучались взаимосвязи ВГД с социально-демографическими факторами и образом жизни, с характеристиками общего состояния здоровья.

ЦЕЛЬ

Определить популяционные нормы и описать возрастные изменения ВГД у взрослого населения Европейского Севера России, изучить связи ВГД с социально-демографическими признаками, факторами образа жизни и характеристиками здоровья.

МЕТОДЫ

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ

С мая 2023 г. по июнь 2024 г. на базе консультативно-диагностической поликлиники Северного государственного медицинского университета (г. Архангельск) проведено популяционное поперечное исследование биомаркеров индивидуальной жизнеспособности у жителей Европейского Севера России. В исследовании приняли участие 1223 жителя г. Архангельска в возрасте 45–74 лет, проживающие в Архангельской области (АО) не менее 10 лет.

КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ

Для целей данного исследования в анализ включены лица, соответствующие ряду критериев включения и исключения.

Критерии включения:

- здоровые участники скрининга (без глаукомы) обоего пола в возрасте 45–74 лет;
- клиническая рефракция $\pm 3,0$ диоптрий и астигматизм $\pm 1,5$ диоптрий;
- острота зрения с коррекцией $\geq 0,5$;

¹ Decade of healthy ageing: baseline report. Summary. WHO, 2021. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/338677>

- европеоидная раса.

Критерии исключения:

- аметропия и/или астигматизм со значением выше указанного в критериях включения;
- наличие офтальмопатологии (глаукома, патология роговицы, сетчатки, сосудистой оболочки, зрелая катаракта);
- кераторефракционная хирургия в анамнезе;
- наличие в анамнезе офтальмохирургического вмешательства (в том числе интравитреального введения ингибиторов ангиогенеза), травмы органа зрения, перенесённого увеита;
- наличие декомпенсированной соматической патологии;
- пациенты с общими (системными) заболеваниями, требующими гормональной терапии.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ

Офтальмологическое обследование. Всем участникам исследования в утренние часы (с 09:00 до 12:00) проводили офтальмологическое обследование, которое включало оценку некорригированной остроты зрения (НКОЗ) в диапазоне от 0 до 1,0 условных единиц (у.е.) с помощью таблиц Сивцева–Головина (Головин С.С., Сивцев Д.А., 1928), были определены параметры максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ). Методом автоматической рефрактометрии была определена величина клинической рефракции. На основании данных осмотра врача-офтальмолога (осмотр офтальмолога первичный, приложение к форме 025/у, утверждённый приказом Минздрава РФ от 15.12.2014 № 834н) выставляли диагноз в соответствии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра (МКБ-10). Участникам также проводили пневмотонометрию автоматическим пневмотонометром ТХ-10 (Canon, Япония). Результат истинного ВГД (P_0) фиксировали в картах обследования.

Анкетирование. Данные о социально-демографических характеристиках (пол, возраст, принадлежность к коренному населению АО, семейное положение, наличие высшего образования, занятость, финансовые ограничения) и о факторах образа жизни (курение, опасный уровень потребления алкоголя) собраны методом стандартизированного устного интервью. Коренными жителями считали участников, у которых не менее двух предшествующих поколений со стороны отца и матери родились в Архангельской области [17]. Занятость определялась как наличие работы с полной или частичной занятостью, семейное положение — как состояние в зарегистрированном или гражданском браке, финансовые ограничения — как наличие финансовых трудностей при покупке продуктов или одежды. Такой фактор, как курение, учитывали, только если обследуемый являлся курильщиком в момент проведения скрининга, за опасный уровень потребления алкоголя принят уровень от 8 и более баллов по тесту AUDIT, предназначенном для выявления расстройств, связанных с употреблением алкоголя [18].

Инструментальные измерения. Данные о характеристиках здоровья, рассматриваемых на предмет связи с ВГД, собирали посредством медицинского обследования, включавшем сбор анамнеза (наличие заболеваний, принимаемые лекарственные препараты), ряд инструментальных измерений и взятие крови.

Измерение длины тела (см) проводилось с помощью стадиометра Seca® 217 (Seca Limited), массы тела (кг) — с использованием весов — анализатора состава тела TANITA BC-418MA (TANITA EUROPE GmbH), окружности талии и окружности бедер (см) — с помощью измерительной ленты Seca®201 (Seca Limited). Систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД, мм рт. ст.) и частоту сердечных сокращений (ЧСС, ударов/мин) измеряли с помощью автоматического тонометра OMRON M2 Basic (OMRON Healthcare) на плечевой артерии три раза после пяти минут покоя, с 2-минутным интервалом между измерениями. В анализ включали средние значения 2-го и 3-го измерений.

Лабораторные исследования. Образцы крови забирали натошак из локтевой вены в вакуумные системы с этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА) в качестве антикоагулянта. В день взятия образцов крови в гемолизате цельной крови определяли гликозилированный гемоглобин (HbA_{1c}) на автоматическом биохимическом анализаторе Random Access A-15 (BioSystems, Испания) с помощью реагентов BioSystems (Испания). Для получения сыворотки вакуумные пробирки с кровью не позднее 2 ч с момента забора центрифугировали при 3000 об/мин в центрифуге с охлаждением. Полученные образцы сыворотки замораживали при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до проведения анализов. Концентрацию общего холестерина (ОХ), триглицеридов (ТГ), липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), сывороточного железа и общего белка определяли на автоматическом биохимическом анализаторе Random Access A-15 (BioSystems, Испания) с помощью реагентов фирмы BioSystems (Испания). Концентрацию липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) рассчитывали по формуле Фридевальда:

ЛПНП=ОХ–(ЛПВП–ТГ)/2,2. Концентрацию трийодтиронина (Т3), свободной фракции тироксина (Т4) и тиреотропного гормона (ТТГ) определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА) на автоматическом иммуноферментном анализаторе Stratec Biomedical Gemini (Stratec, Германия) с использованием реагентов «Вектор-Бест» (Россия). Содержание ферритина определяли методом ИФА на полуавтоматическом анализаторе Multiskan FC (Thermo Scientific, США) с помощью реагентов «Вектор-Бест» (Россия). Для количественной оценки содержания витамина D использовали определение концентрации общего 25-ОН витамина D в сыворотке крови с помощью реагентов 25ОН Vitamin D Total ELISA (DRG, США), которые предназначены для количественного определения 25-гидроксивитамина D2 и D3 (25ОН-D2 и 25ОН-D3) в образцах человеческой сыворотки методом ИФА на автоматическом анализаторе Stratec Biomedical Gemini (Stratec, Германия).

Критерии определения нарушений в состоянии здоровья. Критерием определения абдоминального ожирения считали отношение окружности талии к росту $>0,5$, артериальной гипертензии (АГ) — САД ≥ 130 мм рт. ст. и/или ДАД ≥ 85 мм рт. ст. и/или наличие сообщения о приёме гипотензивных препаратов, сахарного диабета 2-го типа — $HbA_{1c} \geq 6,5\%$, и/или сообщение о приёме противодиабетических препаратов, и/или сообщение о наличии диагноза с указанием типа диабета. Дислипидемию определяли при значениях ОХ $\geq 5,2$ ммоль/л, ТГ $>1,7$ ммоль/л и/или содержании ЛПНП $>3,0$ ммоль/л и/или ЛПВП $<1,0$ ммоль/л для мужчин или $<1,2$ ммоль/л для женщин [19] и/или если имело место сообщение о приёме гиполипидемических препаратов. Нарушением функции щитовидной железы считали концентрацию ТТГ в крови вне диапазона 0,3–4,0 мМЕ/мл, и/или если содержание Т3 находилось вне диапазона 4,0–8,6 пмоль/л, и/или если концентрация Т4 — вне диапазона 10,3–24,5 пмоль/л; за низкую концентрацию железа в крови принимали содержание сывороточного железа $<9,0$ мкмоль/л и/или ферритина <20 нг/мл для мужчин или <10 нг/мл для женщин; низким считали содержание общего белка <64 г/л; недостаточностью витамина D считали содержание <30 нг/мл. Наличие онкологических заболеваний определяли по данным анамнеза.

РАЗДЕЛЕНИЕ НА ПОДГРУППЫ

Участников исследования в ходе анализа данных разделили по половой принадлежности и на шесть групп по возрасту. В группу 1 вошли участники в возрасте 45–49 лет; в группу 2 — 50–54 лет; в группу 3 — 55–59 лет; в группу 4 — 60–64 лет; в группу 5 — 65–69 лет; в группу 6 — 70–74 лет.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Категориальные переменные представлены в виде абсолютных значений (Абс.) и процентных долей (%). Нормальность распределения непрерывных количественных переменных оценивали визуально, а также по тестам асимметрии (скошенности) и эксцесса (островершинности). Соответственно результатам, количественные переменные описывали как медиану (Me) с первым и третьим квартилями (Q1–Q3). Сравнение групп по категориальным признакам осуществляли с помощью критерия Хи квадрат (χ^2) Пирсона, по количественным признакам — с использованием теста Манна–Уитни.

Референсные (нормативные) значения ВГД для анализируемой возрастной группы и подгрупп получены на основании анализа результатов обследования отдельных глаз участников и представлены в диапазоне 5–95-го перцентилей (P5–P95). При описании референсных значений ВГД и трендов изменения ВГД с возрастом также представлены средние значения (M) и стандартные отклонения (SD). Различия процентильных значений ВГД у мужских и женских глаз без разделения по возрасту, а также в соответствующих возрастных группах оценивали с помощью квантильных регрессий. Тренды изменения значений ВГД у мужчин и женщин с возрастом оценивались с помощью тестов Джонкхира–Терпстры.

Многомерный линейный регрессионный анализ использовали для последовательной оценки связей ВГД с социально-демографическими характеристиками и с факторами образа жизни (этап 1), а также с характеристиками здоровья (этап 2) участников. На каждом этапе полученные данные сначала корректировали в соответствии с половой и возрастной принадлежностью (Модель 1), а в дальнейшем дополняли коррекцией в соответствии с остальными введёнными переменными, рассматриваемыми на соответствующем этапе (Модель 2), и переменными, имевшими взаимосвязи с ВГД на предшествующем этапе. Результаты регрессионного анализа представлены в виде регрессионных коэффициентов В с 95% доверительными интервалами (ДИ), для бинарных независимых переменных, отражающие скорректированные различия средних значений ВГД в соответствующих группах. Дополнительно показаны стандартизированные β -коэффициенты, позволяющие сравнивать силу связей анализируемых признаков с ВГД. Выполнение условий

применимости линейных моделей оценивалось посредством визуальной оценки распределения остатков.

Статистически значимым считались различия групп и связи переменных при уровне $p < 0,05$. Статистический анализ проводился с помощью программы Stata 18.0 (StataCorp, USA, Texas, College Station).

ЭТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СГМУ (г. Архангельск) Минздрава России (Протокол № 03/04-23 от 26.04.2023). Все участники исследования предоставили добровольное информированное согласие.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследовано 1223 жителя г. Архангельска в возрасте 45–74 лет; из данных обследования 2446 глаз в анализ включены результаты обследования 1620 глаз (66,2%). Из анализа были исключены 413 участников исследования, имеющие критерии исключения по параметрам хотя бы одного из двух глаз. Соответственно, исключены результаты обследования 826 глаз: 596 из них имели рефракционную ошибку за пределами допустимой; 118 имели офтальмопатологию (глаукома, патология роговицы, сетчатки, сосудистой оболочки, зрелая катаракта); 54 — кераторефракционную хирургию в анамнезе; 32 — остроту зрения менее 0,5 усл. ед. с максимальной коррекцией; 20 — системные заболевания, требующие терапии глюкокортикостероидами; в 6 случаях отсутствовали данные осмотра и показатели ВГД.

По итогам применения критериев исключения, женских глаз в исследование включено 1024 (512 женщин), мужских — 596 (298 мужчин). По возрасту анализируемые женские глаза (Me 58, Q1–Q3: 51–65) и мужские глаза (Me 58, Q1–Q3: 51–65) не имели значимых различий ($p=0,295$). При разделении на пятилетние возрастные группы в группу 1 (45–49 лет) включены 312 глаз, в группу 2 (50–54 года) — 306, в группу 3 (55–59 лет) — 280, в группу 4 (60–64 года) — 304, в группу 5 (65–69 лет) — 224, в группу 6 (70–74 года) — 194.

Мужчины, в сравнении с женщинами, имели большую долю состоящих в браке (82,2% против 51,8%), курящих (27,5% против 11,3%), чаще имели опасное потребление алкоголя (31,9% против 2,3%), нездоровую диету (7,6% против 4,1%) (табл. 1). Женщины чаще мужчин отмечали наличие финансовых трудностей (7,8% против 4,0%).

Распределение значений ВГД у мужских и женских глаз в исследуемой популяции было схожим с гауссовым распределением (рис. 1), но характеризовалось небольшой скошенностью влево (для женщин коэффициент асимметрии составил 0,15, $p=0,039$; для мужчин 0,22, $p=0,027$), а также выраженной островершинностью (у женщин коэффициент эксцесса 2,45, $p < 0,001$; у мужчин — 2,54, $p < 0,001$).

При рассмотрении анализируемой возрастной группы 45–74 лет в целом, среднее значение ВГД составило 14,2 мм рт. ст., у мужчин — 13,9 мм рт. ст., у женщин — 14,4 мм рт. ст. (табл. 2). Медиана ВГД в целом для анализируемой группы, а также для мужчин и женщин по отдельности составила 14,0 мм рт. ст., общий диапазон 5–95-го перцентилей для мужчин и женщин — от 9 до 20 мм рт. ст. При этом значения P75, P90 и P95 у женских глаз (17,0; 19,0 и 20,0 мм рт. ст.), были выше, чем у мужских (16,0; 18,0 и 19,0 мм рт. ст. соответственно). При разбиении на пятилетние возрастные группы значения ВГД у женских глаз в сравнении с мужскими имели более высокие значения P10–P50 в возрасте 44–49 лет, а также более высокие значения P5–P25 и P75 в возрасте 70–74 лет. В возрасте 60–64 лет мужские глаза характеризовались более высокими значениями P5, женские — более высокими значениями P25.

Значения ВГД имели значимые нисходящие тренды по мере увеличения возраста участников в соответствующих группах среди женщин и среди мужчин (рис. 2).

При рассмотрении связей ВГД с социально-демографическими характеристиками и факторами образа жизни, с учетом коррекции на возраст и пол (Модель 1) и при взаимной коррекции всех анализируемых признаков (Модель 2), уровень ВГД уменьшался с возрастом, был значимо ниже у мужчин в сравнении с женщинами, у коренных жителей АО в сравнении с некоренными, а также у участников с высшим образованием в сравнении с лицами без такового (табл. 3). Другие социально-демографические характеристики и факторы образа жизни не имели значимых связей с ВГД. В Модели 2 наиболее сильные отрицательные связи с ВГД имели мужской пол ($\beta=-0,085$), возраст ($\beta=-0,084$) и принадлежность к коренному населению АО ($\beta=-0,074$).

При рассмотрении связей ВГД с характеристиками общего состояния здоровья (табл. 4), с учётом коррекции на пол и возраст (Модель 1), наблюдались значимо более высокие уровни ВГД у лиц с артериальной гипертензией, сахарным диабетом, дислипидемией, абдоминальным ожирением,

нарушением функции щитовидной железы и недостаточностью витамина D в сравнении с теми, кто не имел этих отклонений в здоровье. При этом ВГД было значимо ниже у участников с низким содержанием общего белка, а онкологические заболевания и низкая концентрация железа в крови не имели связей с ВГД. При коррекции на все социально-демографические характеристики и факторы образа жизни, имевшие значимые связи с ВГД по данным табл. 3, и включений в регрессионный анализ всех рассматриваемых характеристик здоровья (Модель 2), описанные выше связи характеристик здоровья с ВГД незначительно ослабли, но не утратили статистической значимости. Наиболее сильные связи с ВГД в Модели 2 имели недостаточность витамина D ($\beta=0,079$) и артериальная гипертензия ($\beta=0,077$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно Федеральным клиническим рекомендациям по первичной открытоугольной глаукоме², истинное ВГД до 21 мм рт. ст. принято в качестве верхней границы нормы. При этом в национальном руководстве приведены три диапазона норм значений тонометрического ВГД: низкая норма — 15–18 мм рт. ст., средняя норма — 19–22 мм рт. ст., высокая норма — 23–25 мм рт. ст. [3]. По результатам нашего исследования, диапазон нормальных значений ВГД для жителей г. Архангельска в возрасте 45–74 лет, определённый диапазоном от 5-го до 95-го перцентиля ВГД, составил 9–20 мм рт. ст., низкая норма (от 5-го до 25-го перцентиля) составила 9–12 мм рт. ст., средняя норма (от 25-го до 75-го перцентиля) составила 12–16 мм рт. ст., а высокая норма, (от 75-го до 95-го перцентиля) составила 16–20 мм рт. ст. Следовательно, эмпирически определённая нами верхняя граница нормы для жителей Европейского Севера России 45–74 лет соответствует действующим клиническим рекомендациям, в то время как диапазоны низкой, средней и высокой нормы снижены относительно предложенных в клинических рекомендациях.

В соответствии с вышесказанным, проведённые ранее популяционные исследования на территориях Поволжья с использованием тонометра Маклакова демонстрируют значения ВГД выше, чем по результатам нашего исследования [20–24]. Полученные нами средние значения ВГД на 2 мм рт. ст. ниже значений в исследовании, проведённом Егоровым Е.А. с соавторами на территории центральной России, Белоруссии, Украины, Молдовы, Таджикистана и Казахстана [25, 26]. Это может быть связано с отличиями выборок этих исследований по возрасту. Кроме того, из нашего исследования были исключены пациенты с начальной стадией заболевания, что отразилось на полученных результатах. Также в других исследованиях авторы использовали оценку тонометрического ВГД, которое показывает несколько более завышенное давление жидкости на оболочки глаза по сравнению с истинным ВГД, оцененным в нашем исследовании с применением пневмотонометрии [27].

Среднее ВГД в нашем исследовании ниже значений, чем в исследованиях, проведённых у жителей Южно-Китайской популяции, в Барбадосе, США и Великобритании [9, 28–30], но выше в сравнении с результатами популяционных исследований, проводившихся в Башкортостане, Иране, Южной Корее, Центральной Австралии, Тайване [11, 12, 31–34]. Это подтверждает существование связи ВГД с расовой и этнической принадлежностью. Более того, нами установлено, что у коренных жителей Архангельской области, у которых не менее двух предшествующих поколений со стороны отца и матери родились в данном регионе, ВГД было ниже в сравнении с некоренными жителями. Данный факт указывает на генетическую детерминированность пониженного офтальмотонуса, который, вероятно, является фактором адаптации к проживанию в дискомфортных климатогеографических условиях Севера. По мнению ряда авторов, на уровень офтальмотонуса влияют не только климатические условия, такие как среднегодовая температура, инсоляция, влажность воздуха, скорость ветра, содержание микроэлементов в почве и воде, но и анатомические особенности строения глаза у представителей некоторых рас, этнических популяций [35–37].

Результаты проведённого исследования демонстрируют отрицательную связь ВГД с возрастом. По данным литературных источников, существуют различные возрастные тенденции значений ВГД. В одних крупных популяционных исследованиях среди американского и африканского населения установлена положительная корреляция ВГД с возрастом [9, 29, 38]. Тогда как результаты исследований, проведённых в странах Азии, указывают на обратную связь [14, 28–30]. Возможно,

² Клинические рекомендации «Глаукома первичная открытоугольная» (утв. Министерством здравоохранения РФ, 2024 г.). Возрастная категория: Взрослые. Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-glaukoma-pervichnaja-otkrytougolnaja-odobrenny-minzdravom-rossii/> Дата обращения: 26.02.2025.

снижение ВГД с возрастом связано с более низким индексом массы тела (ИМТ) и АД среди лиц пожилого и старческого возраста [31]. Ожирение и неконтролируемая артериальная гипертензия являются факторами риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний [39]. В связи с этим в группе участников пожилого и старческого возраста лиц с повышенным ИМТ и АД меньше, соответственно и среднее ВГД у них ниже [12, 13, 29].

По данным нашего исследования, ВГД у мужчин ниже, чем у женщин, и это различие сохранялось при коррекции на возраст и другие факторы. С учётом возраста участников, данный результат можно объяснить увеличением объёма продукции внутриглазной жидкости у женщин в период менопаузы, связанный с гормональным статусом [29, 32, 40, 41]. Согласно результатам предшествующих исследований, данные о связи ВГД с половой принадлежностью противоречивы. В одних популяционных исследованиях ВГД было выше у мужчин [28, 42], в других — у женщин [31, 43, 44]. Это может объясняться неоднородным возрастным и этническим составом анализируемых выборок, который, как было показано выше, связан с ВГД и может модифицировать связь ВГД с половой принадлежностью.

При коррекции на пол и возраст установлены положительные связи ВГД с АГ, сахарным диабетом 2-го типа, абдоминальным ожирением и дислипидемией. Выявленная связь АГ с относительно более высоким ВГД соответствует результатам, полученным в ряде других исследований [45–48]. Она объясняется увеличением продукции внутриглазной жидкости при повышении АД путём ускорения ультрафильтрации [12]. Положительная связь между ожирением и ВГД была отмечена и в других исследованиях [9, 13, 29]. Абдоминальное ожирение, сахарный диабет 2-го типа, АГ и дислипидемия являются патологическими состояниями, связанными в одну патогенетическую цепь, в основе которой лежит инсулинорезистентность, которая уменьшает утилизацию глюкозы в тканях и тем самым усиливает секрецию инсулина, в результате чего возникает гиперинсулинемия и активация симпатико-адреналовой системы и ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС) [49–51]. При этом известно, что существует локальная система компонентов РААС, в том числе и в различных структурах глаза, которая участвует в регуляции продукции внутриглазной жидкости [52, 53]. РААС усиливает ретинальный кровоток, повышает давление в капиллярах сетчатки, что приводит к повышению ВГД [54].

Проведённое нами исследование демонстрирует связь дисфункции щитовидной железы с повышением ВГД, что не имеет однозначных подтверждений в доступных литературных источниках, часть которых свидетельствует о наличии связей ВГД с заболеваниями эндокринной системы [55–58], другие отрицают её наличие [59, 60]. Возможно, эта связь характерна только для исследуемой популяции, где распространённость заболеваний щитовидной железы более высока, чем в других регионах России [61]. Механизм повышения ВГД у лиц со сниженной функцией щитовидной железы до конца не ясен и требует дополнительного изучения. Возможно, избыточное количество ТТГ при гипотиреозе стимулирует продукцию гликозаминогликанов. Они являются компонентами трабекулярной сети, экстраклеточного матрикса диска зрительного нерва и ретикулярной мембраны. Избыток мукополисахаридов (гликозаминогликанов) в трабекулярной системе глаза приводит к росту сопротивления оттока водянистой влаги и повышению ВГД [62]. В случае когда причиной дисфункции щитовидной железы послужило заболевание аутоиммунной природы, избыточная продукция аутоантител к гликозаминогликанам трабекулярной сети глаза, нарушающая функцию последней, приводит к повышению ВГД [63].

Нами определена значимая связь повышенного ВГД с недостаточностью витамина D, характерная для жителей северных регионов. Данные результаты сопоставимы с результатами других исследований [64–66]. Известно, что витамин D активно участвует не только в фосфорно-кальциевом обмене, но и оказывает множество других pleiotropic эффектов, в том числе влияет на дифференцировку и апоптоз тканей органа зрения [67–69]. Существуют единичные исследования, которые подтверждают наличие рецепторов витамина D в тканях глаза [70, 71]. По некоторым данным рецепторы витамина D имеются в клетках эндотелия роговицы и беспигментного эпителия цилиарного тела, которые наиболее активно участвуют в продукции водянистой влаги [72]. Учитывая эту информацию, можно предположить, что в условиях недостатка витамина D нарушается работа структур глаза, непосредственно участвующих в продукции внутриглазной жидкости, что приводит к нарушению гидродинамики глаза и повышению ВГД [72–74].

Достоинством нашего исследования является обследование случайной популяционной выборки жителей г. Архангельска в возрасте от 45 до 74 лет. С учётом географического расположения г. Архангельска на Европейском Севере России и его принадлежности к Арктической зоне РФ, полученные в исследовании референсные значения ВГД могут быть применимы для жителей данных регионов. Несомненным достоинством исследования также является высокая статистическая мощность, обусловленная объёмом выборки.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Недостатком исследования является поперечный дизайн, ограничивающий возможности определения причинно-следственного характера полученных связей. К недостаткам исследования можно также отнести отсутствие данных о центральной толщине роговицы, что в свою очередь могло повлиять на величину ВГД. Данные о социально-демографических характеристиках, образе жизни и части характеристик здоровья участников были собраны со слов респондентов и могли быть подвержены ошибкам воспоминания и сообщения. Общее количество обследованных участников ($n=1223$) составило 61,3% от общего количества приглашённых ($n=1996$), что могло быть причиной систематической ошибки отбора, если распределение изучаемых показателей среди согласившихся участвовать отличалось от такового среди отказавшихся. Выборка была ограничена городскими жителями одного региона в возрасте 45–74 лет, что может ограничивать распространение результатов на общее население Европейского Севера России, включающее значительный сельский компонент.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании определён нормальный диапазон внутриглазного давления для жителей Европейского Севера России 45–74 лет, составивший от 9 до 20 мм рт. ст. Низкая норма определена как диапазон от 9 до 12 мм рт. ст., средняя норма — от 12 до 16 мм рт. ст., высокая норма — от 16 до 20 мм рт. ст. Выявлены тренды снижения внутриглазного давления с возрастом у мужчин и женщин. Пониженное внутриглазное давление ассоциировано с мужским полом, принадлежностью к коренным жителям Архангельской области и низким содержанием общего белка в крови, повышенное — с артериальной гипертензией, сахарным диабетом, дислипидемией, ожирением, дисфункцией щитовидной железы, недостаточностью витамина D.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов: М.А. Синайская — определение концепции, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи; Р.Н. Зеленцов — определение концепции, проведение исследования, написание черновика рукописи; Н.А. Бебякова — определение концепции, пересмотр и редактирование рукописи; Н.И. Печинкина — проведение исследования, пересмотр и редактирование рукописи; А.А. Трофимова — пересмотр и редактирование рукописи; А.В. Кудрявцев — определение концепции, анализ данных, привлечение финансирования, обеспечение исследования, администрирование проекта, пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России (г. Архангельск, протокол № 03/04-23 от 26.04.2023). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источник финансирования. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-15-20017, <https://rscf.ru/project/23-15-20017/>.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Анонимизированные данные, представленные в настоящей статье, доступны по аргументированному запросу к авторскому коллективу.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Tham YC, Li X, Wong TY, et al. Global Prevalence of Glaucoma and Projections of Glaucoma Burden Through 2040: A

- Systematic Review and Meta-Analysis. *Ophthalmology*. 2014; 121(11):2081-2090. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
2. Terminology and Guidelines for Glaucoma: European Glaucoma society. 4th Edition. Savona, Italy; 2014.
 3. National guidance on glaucoma: for practitioners/ under the editorship of professor EA Egorov, professor YuS Astakhov, professor VP Erichev. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. 456 p. (in Russ.)
 4. David R, Zangwill L, Stone D, Yassur Y. Epidemiology of Intraocular Pressure in a Population Screened for Glaucoma. *Br. J. Ophthalmol.* 1987; 71(10):766-771. DOI: 10.1136/bjo.71.10.766
 5. Fukuoka S, Aihara M, Iwase A, Araie M. Intraocular Pressure in an Ophthalmologically Normal Japanese Population. *Acta Ophthalmol.* 2008; 86(4):434-439. DOI: 10.1111/j.1600-0420.2007.01068.x
 6. Vijaya L, George R, Arvind H, et al. Central Corneal Thickness in Adult South Indians: The Chennai Glaucoma Study. *Ophthalmology*. 2010; 117(4):700-704. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.09.025
 7. Xu L, Li J, Zheng Y, et al. Intraocular Pressure in Northern China in an Urban and Rural Population: the Beijing Eye Study. *Am. J. Ophthalmol.* 2005; 140(5):913-915. DOI: 10.1016/j.ajo.2005.04.050
 8. Onishchenko AL, Kolbasko AV, Shirina MA. Vnutriglaznoe Davlenie u Tubalarov — Korennogo Naseleniya Respubliki Altaj. *Glaukoma*. 2011; 4:49-51.
 9. Baboolal SO, Smit DP South African Eye Study (SAES): Ethnic Differences in Central Corneal Thickness and Intraocular Pressure. *Eye (London, U. K.)*. 2018;32(4):749-756. DOI: 10.1038/eye.2017.291
 10. Klein BE, Klein R, Linton KL. Intraocular Pressure in an American Community. The Beaver Dam Eye Study. *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* 1992;33(7):2224-2228. PMID: 1607232
 11. Wu SY, Leske MC. Associations With Intraocular Pressure in the Barbados Eye Study. *Arch. Ophthalmol.* 1997;115(12):1572-1576. DOI: 10.1001/archophth.1997.01100160742012
 12. Lee MK, Cho SI, Kim H., et al. Epidemiologic Characteristics of Intraocular Pressure in the Korean and Mongolian Populations: the Healthy Twin and the GENDISCAN Study. *Ophthalmology*. 2012;119(3):450-457. DOI: 10.1016/j.ophtha.2011.09.016
 13. Lin HY, Hsu WM, Chou P, et al. Intraocular Pressure Measured With a Noncontact Tonometer in an Elderly Chinese Population: The Shihpai Eye Study. *Arch. Ophthalmol.* 2005;123(3):381-386. DOI: 10.1001/archophth.123.3.381
 14. Mori K, Ando F, Nomura H, et al. Relationship Between Intraocular Pressure and Obesity in Japan. *Int. J. Epidemiol.* 2000;29(4):661-666. DOI: [10.1093/ije/29.4.661](https://doi.org/10.1093/ije/29.4.661) EDN: IQCDEV
 15. Lee JS, Lee SH, Oum BS, et al. Relationship Between Intraocular Pressure and Systemic Health Parameters in a Korean Population. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2002;30(4):237-241. DOI: 10.1046/j.1442-9071.2002.00527.x EDN: BADWYT
 16. Carel RS, Korczyn AD, Rock M, Goya I. Association Between Ocular Pressure and Certain Health Parameters. *Am. J. Ophthalmol.* 1984;91(4):311-314. DOI: [10.1016/S0161-6420\(84\)34282-8](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(84)34282-8)
 17. Levitsky SN, Bebyakova NA, Pechinkina NI, et al. Polymorphism of Genes Involved in the Regulation of Blood Pressure in Elderly Residents of the Arkhangelsk Region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(3):233–246 DOI: 10.17816/humeco633999 EDN: QYDTVN
 18. Neufeld M, Rehm J, Bunova A, et al.; The 2019/2020 RUS-AUDIT Collaborators & the RUS-AUDIT Project Advisory Board. Validation of a Screening Test for Alcohol Use, the Russian Federation. *Bull. W. H. O.* 2021; 99:496-505. DOI: 10.2471/BLT.20.273227 EDN: KWLLPF
 19. SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration. SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe. *Eur. Heart J.* 2021;42(25):2439-2454. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab309 EDN: DGYBZW
 20. Maklakov AN. Eshche po Povodu Oftal'motonometrii. *Hirurgicheskaya letopis'*. 1893;4:1-11. (In Russ.)
 21. Mel'nik LS. O Normah Elastotonometricheskikh Krivyyh. *Oftal'mologicheskij zhurnal*. 1961;16(4):221. (In Russ.)
 22. Nesterov AP, Cherkunov BF. Elastotonometricheskie Issledovaniya Normal'nyh Glaz. Sb. nauch. tr. Kafedra glaznyh boleznej Kujbyshevskogo medinstituta. Kujbyshev; 1963: 97-99. (In Russ.)
 23. Belorussov VK. O Normah Elastotonometricheskikh Krivyyh u Lic Raznyh Vozrastnyh Kategorij. *Oftal'mologicheskij zhurnal*. 1964;19(5):326-331. (In Russ.)
 24. Panina NB. O Normah Vnutriglaznogo Davleniya. *Glaukoma i Drugie Zabolevaniya Glaz*. Leningrad, 1971: 7-12. (In Russ.)
 25. Alekseev VN, Egorov EA, Martynova EB. O Raspredelenii Urovnej Vnutriglaznogo Davleniya v Normal'noj Populyacii. *RMZh. Klinicheskaya oftal'mologiya*. 2001; 2(2):38-40. Available from: https://www.rmj.ru/articles/oftalmologiya/O_raspredelenii_urovnej_vnutriglaznogo_davleniya_v_normalnoy_populyacii/?ysclid=mcg2se6j3r26372234
 26. Egorov EA, Petrov SYu, Gorodnichij VV, Kuroedov AV, i dr. Tonometricheskoe vnutriglaznoe davlenie u vzroslogo naseleniya: populyacionnoe issledovanie. *Nacional'nyj zhurnal glaukoma*. 2020;19(2):39-50.
 27. Egorov EA, Erichev VP, Kuroedov AV, et al. Tonometric Intraocular Pressure Reference Values In Healthy Population. *Nacional'nyj zhurnal glaukoma*. 2018;17(2):91-98. DOI: 10.25700/NJG.2018.02.09 EDN: UTLYOF
 28. Chan MP, Grossi CM, Khawaja AP, et al., UK Biobank Eye and Vision Consortium. Associations with Intraocular Pressure in a Large Cohort: Results from the UK Biobank. *Ophthalmology*. 2016;123(4):771-782.

- DOI: 10.1016/j.opht.2015.11.031
29. Leske MC, Connell AM, Wu SY, et al. Distribution of Intraocular Pressure. The Barbados Eye Study. *Arch. Ophthalmol.* 1997;115(8):1051-1057. DOI: 10.1001/archoph.1997. 01100160221012
 30. Han X, Niu Y, Guo X, et al. Age-Related Changes of Intraocular Pressure in Elderly People in Southern China: Lingtong Eye Cohort Study. *PLoS One.* 2016;11(3):e0151766. DOI: [10.1371/journal.pone.0151766](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151766)
 31. Bikbov MM, Kazakbaeva GM, Zainullin RM, et al. Intraocular Pressure and its Associations in a Russian Population: The Ural Eye and Medical Study. *Am. J. Ophthalmol.* 2019; 204:130-139. DOI: 10.1016/j.ajo.2019.02.030 EDN: LRJTUC
 32. Kim MJ, Park KH, Kim CY, et al. The Distribution of Intraocular Pressure and Associated systemic Factors in a Korean Population: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Acta Ophthalmol.* 2014; 92(7):e507-513. DOI: 10.1111/aos.12327
 33. Pakravan M, Javadi MA, Yazdani S, et al. Distribution of Intraocular Pressure, Central Corneal Thickness and Vertical Cup-to-Disc Ratio in a Healthy Iranian Population: The Yazd Eye Study. *Acta Ophthalmol.* 2017; 95(2):e144-e151. DOI: 10.1111/aos.13231
 34. Landers J, Henderson T, Craig J. Distribution and Associations of Intraocular Pressure in Indigenous Australians within central Australia: The Central Australian Ocular Health Study. *Clin. Exp. Ophthalmol.* 2011; 39(7):607-613. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2011.02507.x
 35. Lantukh BB. Primary Glaucoma in the Indigenous Population of the Far North. *Vestn. Ophtholmol.* 1985;1:60-62. (In Russ.) PMID: 3885552.
 36. Charaf W.M., , Siplivy V.I. Epidemiological aspects of glaucoma clinical progression, depending on social, economic, ethnic and geographic factors. *Nacional'nyj zhurnal Glaukoma.* 2014;13(1):68-76. EDN: SJVMTP
 37. Kiseleva OA, Robustova OV, Bessmertny AM, et al. Prevalence of primary glaucoma in representatives of different races and ethnic groups in Russia and in CIS. *Oftal'mologiya.* 2013;10(4):11-15. DOI: 10.18008/1816-5095-2013-4-11-15
 38. Memarzadeh F, Ying-Lai M, Azen SP, Varma R, The Los Angeles Latino Eye Study Group. Associations with Intraocular Pressure in Latinos: The Los Angeles Latino Eye Study. *Am. J. Ophthalmol.* 2008;146(1):69-76. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.03.015
 39. Chumakova G.A., Kuznetsova T.Yu., Druzhilov M.A. Diversity of hypertension in obesity. *Russian Journal of Cardiology.* 2023;28(4):5360. DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5360 EDN: KJDGWY
 40. Khawaja AP, Springelkamp H, Creuzot-Garcher C, et al., The European Eye Epidemiology C. Associations with Intraocular Pressure Across Europe: The European Eye Epidemiology (E³) Consortium. *Eur. J. Epidemiol.* 2016;31(11):1101-1111. DOI: 10.1007/s10654-016-0191-1 EDN: YWCLYL DOI: 1
 41. Cui Y, Yang X, Zhang G, et al. Intraocular Pressure in General and Diabetic Populations From Southern China: The Dongguan Eye Study. *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* 2019;60(2):761-769. DOI: 10.1167/iops.18-25247
 42. Hoehn R, Mirshahi A, Hoffmann EM, et al. Distribution of Intraocular Pressure and Its Association with Ocular Features and Cardiovascular Risk Factors: The Gutenberg Health Study. *Ophthalmology.* 2013;120(5):961-968. DOI: 10.1016/j.opht.2012.10.031 DOI: 1
 43. Qureshi IA. Intraocular pressure: a comparative analysis in two sexes. *Clin. Physiol.* 1997;17(3):247-255. DOI: 10.1111/j.1365-2281.1997.tb00004.x
 44. Hashemi H, Khabazkhoob M, Emamian MH, et al. Distribution of Intraocular Pressure and Its Determinants in an Iranian Adult Population. *Int. J. Ophthalmol.* 2016;9(8):1207-1214. DOI: 10.18240/ijo.2016.08.19 DOI: 1
 45. Foster PJ, Machin D, Wong TY, et al. Determinants of Intraocular Pressure and Its Association with Glaucomatous Optic Neuropathy in Chinese Singaporeans: the Tanjong Pagar Study. *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* 2003;44(9):3885-91. DOI: 10.1167/iops.03-0012
 46. Rochtchina E, Mitchell P, Wang JJ. Relationship Between Age and Intraocular Pressure: the Blue Mountains Eye Study. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2002;30(3):173-175. DOI: 10.1046/j.1442-9071.2002.00519.x EDN: BADWVR
 47. Klein BE, Klein R. Intraocular Pressure and Cardiovascular Risk Variables. *Arch. Ophthalmol.* 1981;99(5):837-839. DOI: 10.1001/archoph.1981.03930010837009
 48. Leske MC, Podgor MJ. Intraocular Pressure, Cardiovascular Risk Variables, and Visual Field Defects. *Am. J. Epidemiol.* 1983;118(2):280-287. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a113634 EDN: IKJJYT
 49. Chumakova GA, Kuznetsova TYu, Druzhilov MA., Veselovskaya NG. Obesity induced hypertension: The main pathophysiological mechanisms. *Arterial'naya gipertenziya (Arterial Hypertension).* 2021;27(3):260-268. DOI: [10.18705/1607-419X.2021-27-3-260-268](https://doi.org/10.18705/1607-419X.2021-27-3-260-268) EDN: OEYVXU
 50. Demidova TYu, Grickevich EYu. Obesity and Arterial Hypertension: Mechanisms and Possibilities of Therapy. *FOCUS. Endokrinologiya.* 2020;1(1):52-59. DOI: [10.47407/ef2020.1.1.0007](https://doi.org/10.47407/ef2020.1.1.0007) EDN: LJFDXC
 51. Boyarinova MA., Rotar' OP, Konradi AO. Adipokines and Cardiometabolic Syndrome. *Arterial'naya gipertenziya (Arterial Hypertension).* 2014;20(5):422-432. DOI: [10.18705/1607-419X2014-20-5-422-432](https://doi.org/10.18705/1607-419X2014-20-5-422-432) EDN: TAIGXD
 52. Wagner J, Danser AHJ, Derckx FH. et al. Demonstration of Renin mRNA, Angiotensinogen mRNA, and Angiotensin Converting Enzyme mRNA Expression in the Human Eye: Evidence for an Intraocular Renin-angiotensin System. *Br. J. Ophthalmol.* – 1996;80(2):159-163. DOI: 10.1136/bjo.80.2.159
 53. Murata M, Nakagawa M, Takahashi S. Expression and Localisation of Angiotensin II Type 1 Receptor mRNA in Rat Ocular Tissues. *Ophthalmologica.* 1997;211(6):384-386. DOI: 10.1159/000310835

54. Shestakova MV. The role of the tissue renin-angiotensin-aldosterone system in the development of metabolic syndrome, diabetes mellitus and its vascular complications. *Saharnyj diabet (Diabetes mellitus)*. 2010;13(3):14-19. (In Russ.) DOI: [10.14341/2072-0351-5481](https://doi.org/10.14341/2072-0351-5481) EDN: NDKACL
55. Likhvantseva VG, Korosteleva EV, Kovelonova IV, et al. Eye blood flow deficiency is the key factor determining the form of the secondary glaucoma in endocrine ophthalmopath. *Russian Ophthalmological Journal*. 2016;9(3):43-49. DOI: [10.21516/2072-0076-2016-9-3-43-49](https://doi.org/10.21516/2072-0076-2016-9-3-43-49)
56. Likhvantseva VG, Korosteleva EV, Tabeyeva KI, Vygodin VA. The Associative Link Between Thyroid Gland Diseases And Primary Open-Angle Glaucoma. *Glaukoma*. 2013;2:19-22. EDN: RSNOLV
57. Cross JM, Girkin CA, Owsley C, McGwin G. The Association Between Thyroid Problems and Glaucoma. *PLoS One*. 2015;10(7): e0133688 DOI: 1
58. Lee AJ, Rochtchina E., Wang JJ, et al. Open-angle glaucoma and systemic thyroid disease in an older population: The Blue Mountains Eye Study. *Eye (Lond)*. – 2004;18:600-608. DOI: [10.1038/sj.eye.670073](https://doi.org/10.1038/sj.eye.670073)
59. Kakigi C, Kasuga T, Wang Y, et al. Hypothyroidism and Glaucoma in The United States. *PLoS One*. 2015;10(7): e0133688. DOI: [10.1371/journal.pone.0133688](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133688)
60. Karadimas P, Bouzas EA, Topouzis F, et al. Hypothyroidism and glaucoma. A study of 100 hypothyroid patients. *Am. J. Ophthalmol*. 2001;131:126-128. DOI: [10.1016/s0002-9394\(00\)00724-8](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(00)00724-8)
61. Motsko SP, Jones JK. Is There an Association between Hypothyroidism and Open-Angle Glaucoma in an Elderly Population? An Epidemiologic Study. *Ophthalmology*. 2008;115(9):1581-1584. DOI: [10.1016/j.ophtha.2008.01.016](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.01.016)
62. Duncan KG, Jumper MD, Ribeiro RC, et al. Human Trabecular Meshwork Cells as a Thyroid Hormone Target Tissue: Presence of Functional Thyroid Hormone Receptors. *Graefe's Arch/ Clin. Exp. Ophthalmol*. 1999;237:231-240. DOI: [10.1007/s004170050224](https://doi.org/10.1007/s004170050224)
63. Smith KD, Arthurs BP, Saheb N. An Association between Hypothyroidism and Primary Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmology*. 1993;100(10):1580-1584. DOI: [10.1016/S0161-6429\(93\)31441-7](https://doi.org/10.1016/S0161-6429(93)31441-7)
64. Beletskaya IS, Karonova TL, Astakhov S.Y. 25-Hydroxyvitamin D and matrix metalloproteinases-2, -9 level in patients with primary open angle glaucoma and pseudoexfoliative glaucoma/syndrome. *Ophthalmology Reports*. 2017;T(1):10-16. DOI: [10.17816/OV10110-16](https://doi.org/10.17816/OV10110-16) EDN: YNAGQF
65. Yoo TK, Oh E, Hong S. Is Vitamin D Status Associated with Open-angle Glaucoma? A Cross-Sectional Study from South Korea. *Public Health Nutr*. 2014;17(4):833-843. DOI: [10.1017/S1368980013003492](https://doi.org/10.1017/S1368980013003492)
66. Goncalves A, Milea D, Gohier P, et al. Serum Vitamin D Status Is Associated with the Presence But Not the Severity Of Primary Open Angle Glaucoma. *Maturitas*. 2015;81(4):470-474. DOI: [10.1016/j.maturitas.2015.05.008](https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.05.008)
67. Pigarova EA, Rozhinskaya L.Ya., Belaya J.E., et al. Russian Association of Endocrinologists Recommendations for Diagnosis, Treatment and Prevention of Vitamin D Deficiency in Adults. *Problems of Endocrinology*. 2016;62(4):60-84. DOI: [10.14341/prob201662460-84](https://doi.org/10.14341/prob201662460-84) EDN: WMZICE
68. Garcion E, Sindji L, Nataf S, et al. Treatment of Experimental AutoImmune Encephalomyelitis In Rat by 1,25-Dihydroxyvitamin D₃ Leads to Early Effects Within the Central Nervous System. *Acta Neuropathol*. 2003;105:438-448. DOI: [10.1007/s00401-002-0663-0](https://doi.org/10.1007/s00401-002-0663-0) EDN: ESHQJN
69. Kutuzova GD, Gabelt BT, Kiland JA, et al. 1 α ,25-Dihydroxyvitamin D₃ and Its Analog, 2-methylene-19-nor-(20S)-1 α ,25-dihydroxyvitamin D₃ (2MD), Suppress Intraocular Pressure in Non-human Primates. *Arch. Biochem. Biophys*. 2012;518(1):53-60. DOI: [10.1016/j.jabb.2011.10.022](https://doi.org/10.1016/j.jabb.2011.10.022)
70. Yin Z, Pintea V, Lin Y, et al. Vitamin D enhances corneal epithelial barrier function. *Invest. Ophthalmol. Visual Sci*. 2011;52(10):7359-7364. DOI: [10.1167/iovs.11-7605](https://doi.org/10.1167/iovs.11-7605)
71. Lin Y, Ubels JL, Schotanus MP, et al. Enhancement of Vitamin D Metabolites in the Eye Following Vitamin D₃ Supplementation and UV-B Irradiation. *Curr. Eye Res*. 2012;37(10):871-878. DOI: [10.3109/02713683.2012.688235](https://doi.org/10.3109/02713683.2012.688235)
72. Alsalem JA, Patel D, Susarla R, et al. Characterization of Vitamin D Production by Human Ocular Barrier Cells. *Invest. Ophthalmol. Visual Sci*. 2014;55(4):2140-2147. DOI: [10.1167/iovs.13-13019](https://doi.org/10.1167/iovs.13-13019)
73. Zhivotovsky B, Orrenius S. Calcium and cell death mechanisms: a perspective from the cell death community. *Cell Calcium*. 2011;50(3):211-221. DOI: [10.1016/j.cecc.2011.03.003](https://doi.org/10.1016/j.cecc.2011.03.003) EDN: PDZTPH
74. Beletskaya IS, Astakhov SY, Karonova TL, et al. Pseudoexfoliative glaucoma and molecular genetic characteristics of vitamin D metabolism. *Ophthalmology Reports*. 2018;11(2):19-28. DOI: [10.17816/OV11219-28](https://doi.org/10.17816/OV11219-28) EDN: XQCJWP

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / AUTHORS' INFO

Автор, ответственный за переписку	Corresponding author
*Зеленцов Роман Николаевич , канд. мед. наук, доцент; адрес: Российская Федерация, 163069, Архангельск, Троицкий пр-кт, 51; ORCID: 0000-0002-4875-0535 ; eLibrary SPIN: 9312-3211; email: zelentsovrn@gmail.com	*Roman N. Zelentsov , MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor; address: 51, Troitskiy Ave, Arkhangelsk, Russia, 163069; ORCID: 0000-0002-4875-0535 ; eLibrary SPIN: 9312-3211; email: zelentsovrn@gmail.com
Соавторы:	Co-authors:
Синайская Мария Александровна , канд. мед. наук, доцент; ORCID: 0009-0009-6587-7149 ; eLibrary SPIN: 1709-6124; email: msinayskaya@inbox.ru	Mariya A. Sinayskaya , MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor; ORCID: 0009-0009-6587-7149 ; eLibrary SPIN: 1709-6124; email: msinayskaya@inbox.ru
Бебякова Наталья Александровна , д-р биол. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-9346-1898 ; eLibrary SPIN: 6326-5523; email: nbebyakova@mail.ru	Natalia A. Bebyakova , Dr. Sci (Biology), Professor; ORCID: 0000-0002-9346-1898 ; eLibrary SPIN: 6326-5523; email: nbebyakova@mail.ru
Печинкина Наталья Игоревна , мл. науч. сотр.; ORCID: 0000-0001-9066-5687 ; eLibrary SPIN: 5164-4187; email: belova-8@mail.ru	Natalia I. Pechinkina , Junior research associate; ORCID: 0000-0001-9066-5687 ; eLibrary SPIN: 5164-4187; email: belova-8@mail.ru
Трофимова Анастасия Александровна , врач-гериатр, ассистент кафедры; ORCID: 0000-0002-2248-6991 ; eLibrary SPIN: 8388-3638; email: aa.trofimova@mail.ru	Anastasia A. Trofimova , MD, Assistant Lecturer; ORCID: 0000-0002-2248-6991 ; eLibrary SPIN: 8388-3638; email: aa.trofimova@mail.ru
Кудрявцев Александр Валерьевич , Ph.D.; ORCID: 0000-0001-8902-8947 ; eLibrary SPIN: 9296-2930 email: alex.v.kudryavtsev@yandex.ru	Alexander V. Kudryavtsev , Ph.D.; ORCID: 0000-0001-8902-8947 ; eLibrary SPIN: 9296-2930; email: alex.v.kudryavtsev@yandex.ru

ТАБЛИЦЫ

Таблица 1. Социально-демографические и поведенческие характеристики участников исследования в зависимости от пола

Table 1. Socio-demographic and behavioral characteristics of study participants depending on gender

Характеристики	Все участники n=810	Женщины n=512	Мужчины n=298	p*
		Абс., %		
Коренной житель АО ¹	273 (33,7)	165 (32,2)	108 (36,2)	0,244
Высшее образование	320 (39,5)	199 (38,9)	121 (40,6)	0,626
Полная или частичная занятость	509 (62,8)	315 (61,5)	194 (65,1)	0,310
Состояние в браке	510 (63,0)	265 (51,8)	245 (82,2)	<0,001
Финансовые ограничения ²	51 (6,3)	40 (7,8)	11 (4,0)	0,019
Курение	140 (17,3)	58 (11,3)	82 (27,5)	<0,001
Опасное употребление алкоголя ³	107 (13,2)	12 (2,3)	95 (31,9)	<0,001
Нездоровая диета ⁴	42 (5,4)	20 (4,1)	22 (7,6)	0,034
Гиподинамия ⁵	139 (17,2)	92 (18,0)	47 (15,6)	0,424

Примечания: ¹ Не менее двух предшествующих поколений со стороны отца и матери родились в Архангельской области; ² Наличие финансовых трудностей при покупке продуктов или одежды. ³ ≥8 баллов по тесту AUDIT; ⁴ Определено с помощью опросника «Оценка качества диеты» (Dietary Quality Score); ⁵ Определено с помощью краткой версии международного опросника для определения физической активности (IPAQ). * Тест χ^2 Пирсона.

Таблица 2. Нормативные диапазоны внутриглазного давления (мм рт. ст.) у мужских и женских глаз, возраст 45–74 лет, жители г. Архангельска

Table 2. Normal ranges of intraocular pressure (mmHg) in male and female eyes, age 45–74 years, residents of Arkhangelsk

Пол	Возраст, лет	N	M	SD	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
Оба пола	40-74	1620	14,2	3,2	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	19,0	20,0
Женщины	40-74	1024	14,4	3,2	9,0	10,0	12,0	14,0	17,0†	19,0†	20,0†
Мужчины	40-74	596	13,9	3,2	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0†	18,0†	19,0†
Женщины	44-49	186	14,8	3,1	9,0	11,0†	13,0†	15,0†	17,0	19,0	20,0
	50-54	200	14,4	3,4	9,0	10,0	12,0	14,0	17,0	19,0	20,0
	55-59	182	14,7	2,9	10,0	11,0	13,0	14,0	17,0	18,0	19,0
	60-64	180	14,3	3,3	9,0†	10,0	12,0†	14,0	16,0	19,0	20,0
	65-69	138	14,3	3,2	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	19,0	20,0
	70-74	138	13,9	3,0	10,0†	11,0†	12,0†	13,0	17,0†	18,0	19,0
Мужчины	44-49	126	14,0	3,2	10,0	10,0†	11,0†	14,0†	16,0	19,0	20,0
	50-54	106	14,3	3,3	9,0	10,0	12,0	14,0	17,0	19,0	19,0
	55-59	98	14,2	2,8	9,0	11,0	13,0	14,0	16,0	18,0	19,0
	60-64	124	14,1	3,1	10,0†	10,0	11,0†	14,0	16,0	18,0	20,0
	65-69	86	13,3	3,3	8,0	9,0	11,0	13,0	15,0	18,0	20,0
	70-74	56	12,9	3,0	8,0†	9,0†	10,5†	13,0	15,0†	16,0	19,0

Примечания: † Значимые отличия (p < 0,050) в процентильных значениях между мужчинами и женщинами соответствующего возраста.

Таблица 3. Связь внутриглазного давления с социально-демографическими характеристиками и факторами образа жизни у жителей г. Архангельска в возрасте 45-74 лет (1552 глаз)

Table 3. Association of intraocular pressure with socio-demographic characteristics and lifestyle factors in residents of Arkhangelsk aged 45-74 years (1552 eyes)

	Модель 1 ^а	Модель 2 ^б		
	В (95% ДИ)	В (95% ДИ)	Станд. коэф. β	p
Социально-демографические характеристики				
Возраст, лет	-0,03 (-0,05; -0,01)	-0,03 (-0,06; -0,01)	-0,084	0,009
Пол, мужской	-0,53 (-0,85; -0,22)	-0,56 (-0,94; -0,18)	-0,085	0,004
Коренной житель АО ¹	-0,47 (-0,80; -0,15)	-0,50 (-0,83; -0,16)	-0,074	0,003
Высшее образование	-0,39 (-0,71; -0,07)	-0,40 (-0,73; -0,06)	-0,061	0,020
Полная или частичная занятость	-0,00 (-0,39; 0,39)	0,07 (-0,34; 0,47)	0,010	0,750

Состояние в браке	0,11 (–0,23; 0,44)	0,04 (–0,31; 0,39)	0,006	0,817
Финансовые ограничения ²	0,54 (–0,09; 1,18)	0,39 (–0,28; 1,06)	0,030	0,252
Факторы образа жизни				
Курение	0,14 (–0,28; 0,56)	–0,02 (–0,47; 0,44)	–0,002	0,935
Опасное употребление алкоголя ³	0,11 (–0,40; 0,61)	0,08 (–0,44; 0,61)	0,009	0,752
Нездоровая диета ⁴	0,40 (–0,30; 1,10)	0,26 (–0,45; 0,97)	0,018	0,473
Гиподинамия ⁵	0,33 (–0,08; 0,75)	0,42 (–0,01; 0,86)	0,050	0,056

Примечания: ^aМодель 1 — коррекция на пол и возраст (для возраста — только на пол, для пола — только на возраст); ^bМодель 2 — коррекция на все переменные, представленные в таблице. ¹ Не менее двух предшествующих поколений со стороны отца и матери родились в Архангельской области;

² Наличие финансовых трудностей при покупке продуктов или одежды; ³ ≥ 8 баллов по тесту AUDIT; ⁴ Определено с помощью опросника «Оценка качества диеты» (Dietary Quality Score); ⁵ Определено с помощью краткой версии международного опросника для определения физической активности (IPAQ).

Таблица 4. Связь внутриглазного давления с характеристиками общего состояния здоровья у жителей г. Архангельска в возрасте 45-74 лет (1618 глаз)

Table 4. Association between intraocular pressure and general health characteristics in residents of Arkhangelsk aged 45-74 years (1618 of eyes)

	Модель 1 ^a	Модель 2 ^b		
	В (95% ДИ)	В (95% ДИ)	Станд. коэф. β	p
Артериальная гипертензия ¹	0,89 (0,52; 1,26)	0,56 (0,17; 0,94)	0,077	0,005
Сахарный диабет ²	0,65 (0,22; 1,07)	0,46 (0,03; 0,89)	0,054	0,035
Дислипидемия ³	0,44 (0,10; 0,78)	0,36 (0,01; 0,71)	0,051	0,041
Абдоминальное ожирение ⁴	0,64 (0,31; 0,98)	0,39 (0,04; 0,75)	0,059	0,027
Нарушения функции щитовидной железы ⁵	0,44 (0,08; 0,80)	0,42 (0,07; 0,77)	0,057	0,019
Онкологические заболевания ⁶	0,26 (–0,35; 0,87)	0,25 (–0,35; 0,85)	0,020	0,412
Низкий уровень железа в крови ⁷	–0,26 (–0,88; 0,35)	–0,19 (–0,80; 0,42)	–0,015	0,543
Низкий уровень общего белка в крови ⁸	–1,01 (–1,68; –0,33)	–0,76 (–1,43; –0,09)	–0,056	0,026
Недостаточность витамина D ⁹	0,84 (0,37; 1,30)	0,76 (0,30; 1,22)	0,079	0,001

Примечания: ^aМодель 1 — коррекция на пол и возраст; ^bМодель 2 — коррекция на все переменные, имевшие значимые связи с ВГД по данным табл. 3, и все переменные, представленные в данной таблице. ¹ САД ≥ 130 мм рт. ст., ДАД ≥ 85 мм рт. ст. и/или сообщение об приеме гипотензивных препаратов;

² HbA1c $\geq 6,5\%$ и/или сообщение о приеме противодиабетических препаратов и/или сообщение о наличии диагноза с указанием типа диабета;

³ ОХ $\geq 5,2$ ммоль/л, триглицериды $> 1,7$ ммоль/л и/или ЛПНП $> 3,0$ ммоль/л и/или ЛПВП $< 1,0$ ммоль/л для мужчин или $< 1,2$ ммоль/л для женщин и/или

сообщение о приеме гиполипидемических препаратов; ⁴ Отношение окружности талии к росту $> 0,5$; ⁵ ТТГ вне диапазона 0,3–4,0 мМЕ/мл и/или Т3 вне

диапазона 4,0–8,6 пмоль/л и/или Т4 вне диапазона 10,3–24,5 пмоль/л; ⁶ По данным анамнеза; ⁷ сывороточное железо $< 9,0$ мкмоль/л и/или

ферритин < 20 нг/мл для мужчин или < 10 нг/мл для женщин; ⁸ общий белок < 64 г/л; ⁹ витамин D < 30 нг/мл.

РИСУНКИ

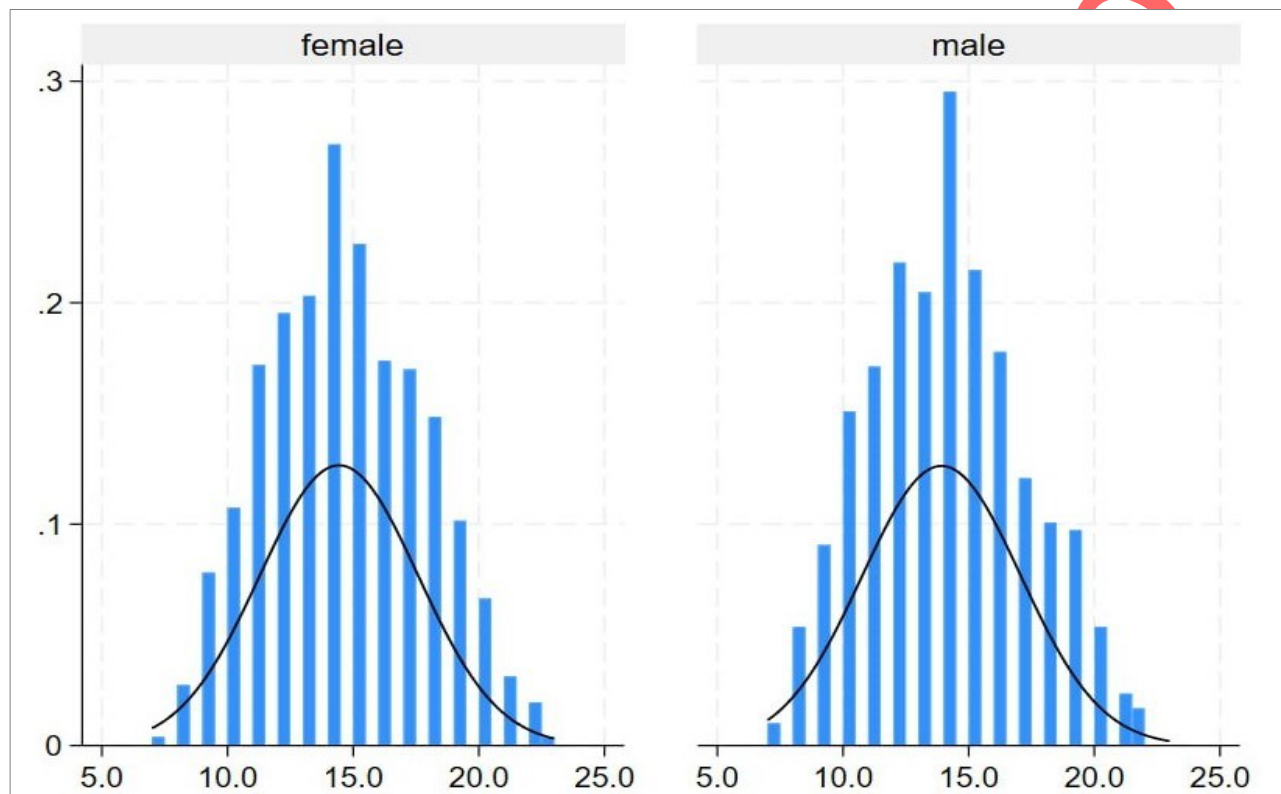


Рис. 1. Распределение значений внутриглазного давления (мм рт. ст.) у мужских и женских глаз, возраст 45–74 лет, жители г. Архангельска.

Fig. 1. Distribution of intraocular pressure values (mmHg) in male and female eyes, age 45–74 years, residents of Arkhangelsk.

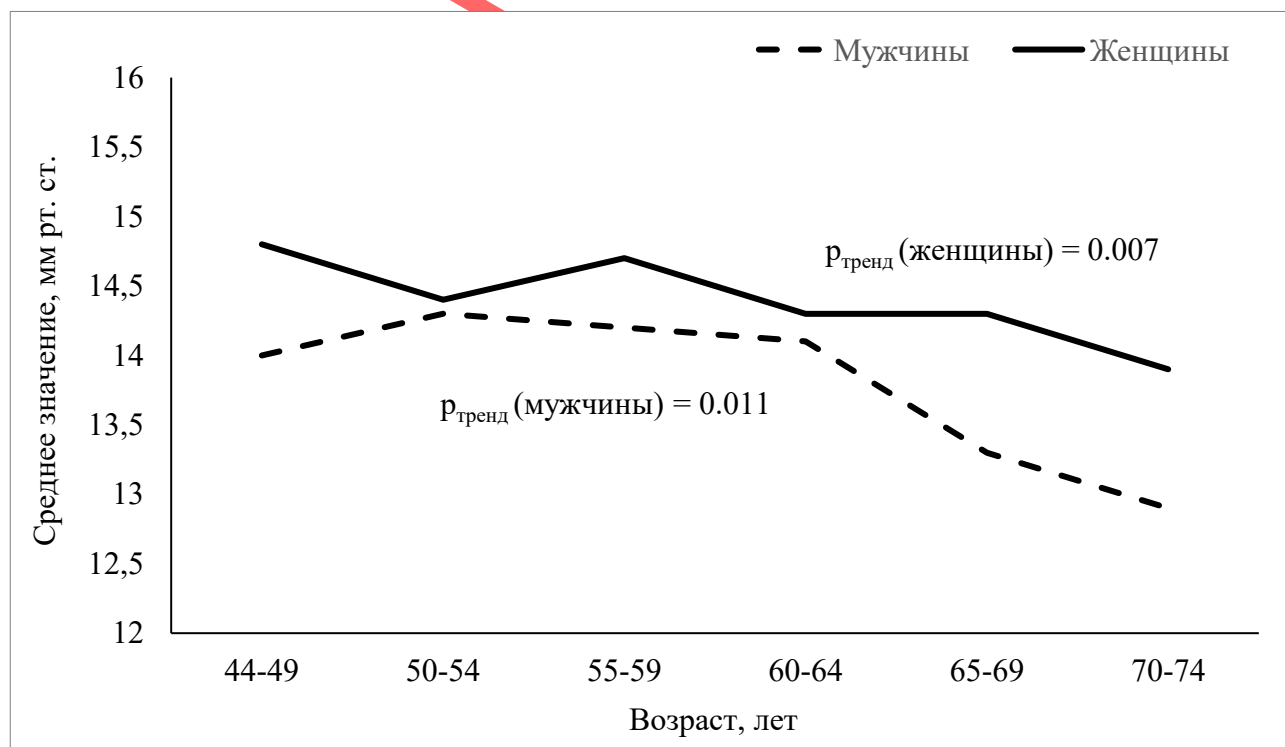


Рис. 2. Средние значения внутриглазного давления у мужчин и женщин относительно пятилетних возрастных групп в диапазоне 45–74 лет, жители г. Архангельска (1552 глаз).

Fig. 2. Mean values of intraocular pressure in men and women relative to five-year age groups in the range of 45–74 years, residents of Arkhangelsk (1552 eyes).

Accepted for publication