

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-180-186>



Методологические аспекты статистического анализа в офтальмологии

А.С. Сорокин¹ ✉, С.Ю. Петров², Н.В. Звездина³, М.А. Голованова⁴

¹ ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Стремянный пер., д. 36, Москва, 117997, Россия

² ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

³ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Покровский б-р, д. 11, Москва, 109028, Россия

⁴ ГБУЗ НО «Городская больница № 35», ул. Республиканская, д. 47, Нижний Новгород, 603089, Россия

С помощью статистики можно оценивать распространенность заболеваний, различия между группами пациентов, взаимосвязи результатов исследований, сравнивать эффективность применения различных типов лечения, тестировать гипотезы и моделировать зависимости между переменными. В медицинских университетах отдается предпочтение профильным дисциплинам. В то же время квалифицированный специалист в области медицины должен иметь ясное представление о статистическом анализе данных. **Цель работы** — систематизация и демонстрация методов статистического анализа, полезных врачу-офтальмологу. **Результаты.** Рассмотрены основные методологические аспекты применения статистических методов в офтальмологии. Представлены обзор методов статистического анализа данных и алгоритм их выбора, показатели описательной статистики и методы углубленного статистического анализа, используемые в офтальмологических исследованиях. Приведены примеры научных работ с применением перечисленных методов. **Заключение.** Основы статистического анализа расширяют возможности врача-офтальмолога; дальнейшее детальное изучение рассматриваемых инструментов возможно с помощью приведенных ссылок на источники открытого доступа, где подробно описываются статистические методы и результаты их применения.

Ключевые слова: офтальмология; статистика; анализ данных; параметрические методы; непараметрические методы; моделирование

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Для цитирования: Сорокин А.С., Петров С.Ю., Звездина Н.В., Голованова М.А. Методологические аспекты статистического анализа в офтальмологии. Российский офтальмологический журнал. 2023; 16 (3): 180–6. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-180-186>

Methodological aspects of statistical analysis in ophthalmology

Alexander S. Sorokin¹ ✉, Sergey Yu. Petrov², Natalya V. Zvezdina³, Marina A. Golovanova⁴

¹ Plekhanov Russian University of Economics, 36, Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russia

² Helmholtz National Medical Research Center for Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryzskaya St., Moscow, 105062, Russia

³ HSE University, 11, Pokrovsky Blvd, Moscow, 109028, Russia

⁴ City Hospital No. 35, Sovetsky district, 47, Respublikanskaya St., Nizhny Novgorod, 603089, Russia
alsorokin@statmethods.ru

Statistics can be used to evaluate the prevalence of diseases, differences between patient groups, links between test results, compare the effectiveness of different types of treatment, test the hypothesis and model the interdependencies between variables. In medical universities,

preference is given to special medical disciplines. Yet, a skilled medical specialist should have an adequate understanding of statistical data analysis. **Purpose:** to systematize and demonstrate statistical analysis techniques that could be useful for an ophthalmologist. **Results.** The major methodological aspects of statistical analysis in ophthalmology are considered. An overview of statistical techniques and an algorithm of choosing such techniques is given. Descriptive statistics and features of in-depth statistical analysis used in ophthalmological research are presented. Examples of scientific work using these methods are listed. **Conclusion.** The basics of statistical analysis expand the scope of instruments that ophthalmologists have at their disposal. The paper provides links to open sources in which statistical techniques and results achieved therewith are presented. These links increase the ophthalmologist's awareness of the instruments considered.

Keywords: ophthalmology, statistics, data analysis, parametric methods, nonparametric methods, modeling

Conflict of interests: there is no conflict of interest.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Sorokin A.S., Petrov S.Yu., Zvezdina N.V., Golovanova M.A. Methodological aspects of statistical analysis in ophthalmology. Russian ophthalmological journal. 2023; 16 (3): 180–6. (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-180-186>

Статистический анализ играет значимую роль в офтальмологии. Однако в вузах медицинская статистика преподается на базовом уровне: основные понятия статистики, описательная статистика. Врач-офтальмолог после окончания ординатуры владеет только самыми простыми инструментами обработки данных. Статистический анализ является неотъемлемой частью практики российских исследователей-офтальмологов. Для повышения его качества требуется систематизация знаний по применению методов обработки медицинской информации [1]. При проведении качественных медицинских исследований возникает необходимость совместной работы врачей и специалистов по анализу данных для применения нужных статистических методов, которые находятся вне компетенций врача-офтальмолога. Данная статья ориентирована на врачей, не знакомых со статистическими методами, чтобы помочь им разобраться в сути наиболее часто используемых статистических методов и понимать работу аналитиков данных для более эффективного сотрудничества с ними. Целью данной работы является также помощь врачам в понимании медицинских исследований, где используются сложные методы статистического анализа. Для ознакомления даны ссылки на отечественную и зарубежную научную литературу с примерами офтальмологических исследований, где применяются данные методы.

Есть различные подходы к повышению грамотности врачей в области статистики. Помимо учебников по медицинской статистике и руководств в интернет-ресурсах, в специализированных журналах можно увидеть циклы статей на тему статистических методов, где каждая статья посвящена разбору того или иного вопроса анализа медицинских данных. Например, в статье [2] рассматриваются различия между стандартным отклонением и стандартной ошибкой.

ЦЕЛЬЮ нашей статьи является общее ознакомление с методами статистического анализа, а не подробное и углубленное изучение каждого метода.

Анализ публикаций в офтальмологических журналах [3] показал, что в 20,8 % изученных работ не применялись статистические методы или применялась только описательная статистика. Самыми распространенными статистическими методами оказались t-тест (31,5 %), таблицы сопряженности (34,1 %) и непараметрические тесты (21,8 %). Меньше распространены дисперсионный анализ (12,7 %) и логистическая регрессия с несколькими переменными (11,4 %). Тем не менее в большом количестве научных работ в области офтальмологии применяется множество статистических методов, в которых врачу сложно самостоятельно разобраться.

Следует отметить, что для проведения статистического исследования сначала необходимо правильно сформировать выборку. Необходимо также определить наличие аномаль-

ных значений (выбросов) в выборке (например, графически) с целью достижения ее репрезентативности. Мы предполагаем, что выборка уже корректно сформирована, и не рассматриваем этот вопрос.

Статистический анализ данных можно схематически изобразить в виде трех этапов.

1. Анализ описательной статистики. Проводится первичное исследование собранных данных: анализируются общие статистические показатели, проводится визуализация переменных и их возможных взаимосвязей, выдвигаются гипотезы для дальнейшего исследования относительно влияния одних показателей на другие.

2. Проверка статистических гипотез. Поиск доказательства различий между имеющимися выборками и взаимосвязей, обозначенных на первом этапе.

3. Анализ и моделирование взаимосвязей. Проводится корреляционно-регрессионный анализ, строятся предсказательные модели.

Рассмотрим эти этапы более подробно. На первом этапе сначала необходимо определить типы переменных (признаков), которые могут быть:

а) категориальными: номинальными (пол, вид заболевания) и порядковыми (степень боли: слабая, сильная, очень сильная);

б) количественными: дискретными (возраст, полных лет) и непрерывными (уровень внутриглазного давления).

Изучение данных начинается с графического анализа, который позволяет определить вид распределения данных и выбрать статистические показатели для их описания. Обычно при работе с категориальными данными для визуализации используют столбиковые (bar chart) и структурные диаграммы (structure chart). Для изучения количественных данных применяют гистограммы (histogram) и ящичные диаграммы (box plot). По гистограмме и ящичковой диаграмме можно определить характер распределения количественной переменной: нормальное (или близкое к нормальному) или отличное от нормального распределение с явным смещением.

Например, нормальное распределение переменной внутриглазного давления (ВГД) представлено на рисунках 1, 2.

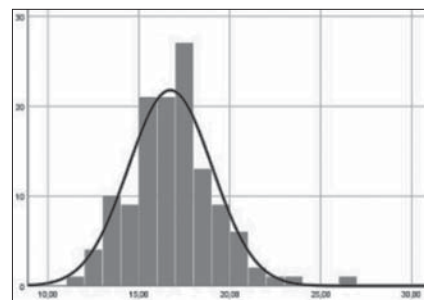


Рис. 1. Гистограмма нормального распределения ВГД

Fig. 1. Histogram of normal IOP distribution

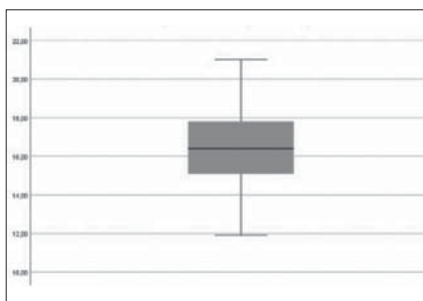


Рис. 2. Ящичная диаграмма нормального распределения ВГД

Fig. 2. Box plot of normal IOP distribution

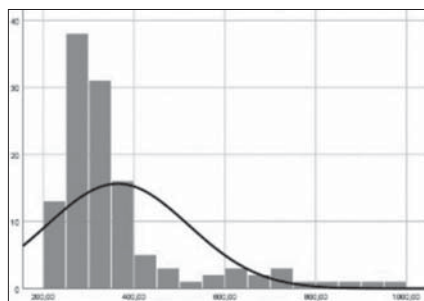


Рис. 3. Гистограмма смещенного распределения толщины сетчатки

Fig. 3. Histogram of the offset distribution of retinal thickness

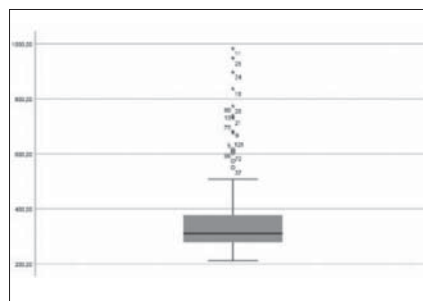


Рис. 4. Ящичная диаграмма смещенного распределения толщины сетчатки

Fig. 4. Box plot of the offset distribution of retinal thickness

Значительное смещение распределения толщины сетчатки показано на рисунках 3, 4. На ящичной диаграмме толщины сетчатки присутствуют выбросы (рис. 4).

Для проверки нормальности распределения можно использовать специальные тесты (Колмогорова — Смирнова, Шапиро — Уилка), а также рассчитывать коэффициенты асимметрии (skewness) и эксцесса (kurtosis), показывающие степень отклонения распределения от нормального. Однако, на наш взгляд, проще определить близость к нормальному распределению данных с помощью графического анализа, поскольку такой анализ дает быстрый ответ на вопрос, какую описательную статистику в дальнейшем использовать и какие выбрать тесты для проверки статистических гипотез на втором этапе статистического исследования.

Основные показатели результирующей описательной статистики подразделяются на параметрические и непараметрические. При близости к нормальному распределению (см. рис. 1, 2) и объеме выборки от 30 наблюдений следует описывать данные параметрическими показателями. Основные из них — среднее значение (M), стандартное отклонение (SD), минимальное ($\min$) и максимальное ($\max$) значения в выборке.

При значительных отклонениях от нормального распределения (см. рис. 3, 4) прибегают к непараметрическим показателям: медиана (Me), 1-й и 3-й квартили (Q_1 и Q_3) или межквартильный размах (IQR). Примеры использования описательной статистики хорошо проиллюстрированы в работе [4].

После вывода и исследования описательной статистики, обнаружения визуальных различий между группами по исследуемым врачом показателям необходимо оценить уровень достоверности этих различий. Для этого необходимо проверить статистическую гипотезу. Существует большое множество методов (критериев) проверки статистических гипотез. Для выбора нужного метода исследователю необходимо ответить на следующие вопросы.

1. Сравнение происходит по одной или двум группам?
2. Сравнимые показатели измеряются в количественной или категориальной шкале?
3. Объем выборок в сравниваемых группах меньше 30 наблюдений или больше? Можно ли для описания данных использовать параметрические методы описательной статистики?
4. Сравняются зависимые или независимые выборки?

После ответа на эти вопросы можно выбрать метод статистического анализа (табл. 1).

При работе с одной выборкой, взятой из нормального распределения, применяют одновыборочный t -критерий (one-sample t -test), который проверяет гипотезу о равенстве среднего определенному значению, задаваемому исследователем. Для сравнения двух групп по средним значениям непрерывных показателей с распределением, близким к нормальному, описываемых параметрической статистикой, и при достаточном объеме выборки (от 30 наблюдений) подойдет t -критерий Стьюдента, который может иметь две модификации: для независимых (Independent t -test) и зави-

Таблица 1. Виды тестов на групповые различия

Table 1. Types of tests for group differences

Тип выборки Sample type	Параметрические методы Parametric methods		Непараметрические методы Nonparametric methods		
	Непрерывное нормальное распределение Continuous normal distribution		Непрерывное смещенное распределение Continuous biased distribution		Дискретное распределение Discrete distribution
Одна выборка One sample	Одновыборочный t -критерий One-sample t -test		Одновыборочный критерий знаков Вилкоксона (one-sample Wilcoxon test)		—
Несколько выборок Multiple samples	2 группы 2 groups	3 группы и более 3 or more groups	2 группы 2 groups	3 группы и более 3 or more groups	2 группы 2 groups
Зависимые выборки Dependent samples	t -критерий Стьюдента для зависимых выборок Paired t -test	Дисперсионный анализ с повторными измерениями Repeated measures ANOVA	Критерий знаков Вилкоксона Wilcoxon test	Критерий Фридмана Friedman test	Тест МакНемара McNemar's test
Независимые выборки Independent selections	t -критерий Стьюдента для независимых выборок Independent t -test	Дисперсионный анализ ANOVA	Критерий Манна — Уитни Mann — Whitney U-test	Критерий Краскела — Уоллиса Kruskal — Wallis test	Тест χ^2 Chi-squared test Тест Фишера Fisher's exact test

симых (paired t-test) выборок. В исследовании [5] на примере 247 пациентов исследовалась зависимость длительности наблюдения пациентов от различных факторов: пола, возраста и диагноза. С помощью t-критерия Стьюдента выявлено достоверное различие между длительностями наблюдений у мужчин и женщин. Кроме того, применяются такие методы, как корреляционный анализ, критерии Манна — Уитни, Вилкоксона и Краскела — Уоллиса, речь о которых пойдет ниже.

В случае использования для описания данных непараметрических показателей более корректным для сравнения двух групп будет непараметрический аналог: критерий Манна — Уитни (Mann — Whitney U-test). Тест Манна — Уитни оценивает различия между двумя независимыми выборками. Используется медиана разностей между элементами выборок. Так, в статье [6] этот тест показал значимое снижение времени пребывания пациентов в офтальмологической клинике после внедрения новой методологии обслуживания. Если непрерывные данные не имеют нормального распределения, а также являются зависимыми (парными), для сравнения различий между двумя выборками используется тест ранговых сумм Вилкоксона (Wilcoxon rank sum test). Данный метод является непараметрическим аналогом t-критерия Стьюдента для зависимых выборок и применяется для оценки различий между двумя связанными выборками (например, оценка различий в уровнях ВГД для группы пациентов до и после лечения). С помощью этого теста в работе [7] определена точность инструмента оценки компетентности офтальмохирурга для моделирования хирургии глаукомы.

Для проверки гипотезы о независимости двух категориальных переменных (например, бинарных) используются таблицы сопряженности (contingency tables), представляющие собой совместное распределение категориальных переменных по наблюдениям. Для таблиц сопряженности с двумя строками и двумя столбцами анализ взаимосвязей лучше производить при помощи точного теста Фишера (Fisher's exact test), поскольку на практике он дает лучшие результаты (тест Фишера можно обобщить для таблиц любых размерностей). Для таблиц сопряженности других размерностей (при ожидаемых расчетных частотах в ячейках более 5) применяют

тест хи-квадрат Пирсона (Pearson χ^2). Например, в работе [8] с помощью данных тестов выявлены факторы, влияющие на риск эндофтальмита после операции по удалению катаракты.

В случае зависимых категориальных данных используется тест МакНемара (McNemar's test), являющийся модификацией теста хи-квадрат для парных и соотнесенных данных. С его помощью можно сравнивать доли пациентов, которым помогло лечение. Для проведения теста МакНемара необходимо построить таблицу сопряженности, где в каждой ячейке занесены количества пар (до и после лечения). Например, в работе [9] с помощью этого теста проведено сравнение остроты зрения пациентов до и после операции катаракты, обнаружено статистически значимое его повышение.

Если исследуется уровень различий количественного показателя по трем и более группам, для доказательства различий в целом и попарно между группами можно применить однофакторный параметрический дисперсионный анализ (analysis of variance — ANOVA) или его непараметрический аналог: критерий Краскела — Уоллиса (Kruskal — Wallis test). В случае нескольких замеров применяют дисперсионный анализ с повторными измерениями (repeated measures ANOVA). Многофакторный дисперсионный анализ позволяет также обнаружить влияние взаимодействия факторов на изучаемый параметр (MANOVA). Дисперсионный анализ можно применить для оценки значимости факторов. Например, в работе [10] с помощью данного метода удалось определить значимые анатомо-топографические параметры диска зрительного нерва для ранней диагностики глаукомы.

На третьем этапе статистического анализа проводится более глубокий анализ взаимосвязей и построение предсказательных моделей. Основными инструментами для этого являются корреляционный анализ или оценка согласованности, а также регрессионный анализ (табл. 2).

Для оценки степени взаимосвязи между двумя показателями применяется корреляционный анализ. В случае количественных данных при оценке силы и направления линейной связи рассчитывается коэффициент корреляции Пирсона (Pearson correlation coefficient). При работе с порядковыми дан-

Таблица 2. Основные методы моделирования взаимосвязи
Table 2. The main methods of modeling the relationship

Метод Method	Шкала измерения Measurement scale		Приложения Applications
	Зависимая переменная Dependent variable	Независимая переменная Independent variable	
Коэффициент корреляции Пирсона Pearson correlation coefficient	Количественная Quantitative	Количественная Quantitative	Наличие линейной связи Linear Connection
Коэффициент корреляции Спирмана Spearman correlation coefficient	Количественная Quantitative Порядковая Ordinal	Количественная Quantitative Порядковая Ordinal	Наличие нелинейной связи Nonlinear connection
Логранговый тест Logrank test	Бинарная + количественная (время) Binary + quantitative (time)	Категориальная Categorical	Наличие цензурированных данных Censored data
Линейная регрессия или множественная линейная регрессия Linear regression or Multiple linear regression	Количественная Quantitative	Любая Any	Наличие линейной связи Linear connection
Логистическая регрессия Logistic regression	Бинарная Binary	Любая Any	Наличие бинарной классификации Binary classification
Регрессия Кокса Cox proportional hazards model	Бинарная + количественная (время) Binary + quantitative (time)	Любая Any	Наличие цензурированных данных Censored data

ными или отличии распределения от нормального используют коэффициент ранговой корреляции Спирмана (Spearman's rank correlation coefficient). Определить наличие линейной связи помогает диаграмма рассеяния (Scattering diagram). На рисунке 5 изображена диаграмма рассеяния между переменными объема и толщины сетчатки. Наблюдается наличие сильной линейной связи. Напротив, на рисунке 6 показана зависимость ВГД от толщины сетчатки. В данном примере корреляция отсутствует.

Часто в исследовательской практике нужно изучить согласованность нескольких методов. К примеру, существует множество способов оценки ВГД и поля зрения. Разные методы при тестировании одного и того же пациента не будут давать согласованные результаты. Для оценки согласованности между категориальными переменными применяют коэффициент каппы Коэна (Cohen's kappa). Более подробное описание коэффициента каппа Коэна приведено в работе [11]. Для работы с непрерывными данными М. Бланд и Д. Альтман предложили технику пределов согласованности (ПС) (limits of agreement), оценивающих, насколько методы согласуются в среднем и индивидуально у пациентов. В статье [12] данная техника подробно рассматривается, приводится пример оценки согласованности для разных способов измерения ВГД. Оценивается график Бланда — Альтмана (Bland — Altman plot), показывающий наличие или отсутствие связи между различиями и уровнем измерения. Сравниваются методы оценок, проводимых на одинаковых объемах данных.

Для описания зависимости между непрерывной величиной результата измерения и одним или несколькими объясняющими (независимыми) переменными применяют линейную регрессию. Например, в статье [13] демонстрируется оценка зависимости остроты зрения (logMAR) от возраста (в годах), при этом контролируются факторы длительности заболевания (в годах) и тип применяемой терапии (классической или новой). Строится регрессия индивидуальных значений остроты зрения на индикатор группы объектов ($X = 1$ для нового типа терапии, $X = 0$ для традиционного). Целевая переменная Y может быть оценкой риска, принимающей значение между 0 и 1, либо измеряться в относительных шкалах (например, количество заболевших на 1000 чел.). Для учета других факторов необходимо использовать уравнение множественной линейной регрессии.

Метод построения линейной регрессии реже используется в медицинских исследованиях, чем логистической регрессии. Логистическая регрессия подходит для моделирования бинарных исходов (например, поможет лечение или нет) и может учитывать влияющие на конечный исход факторы в любой шкале. При ее построении, если известно, например, значение X (лечение, получаемое пациентом), оценивается вероятность возврата болезни.

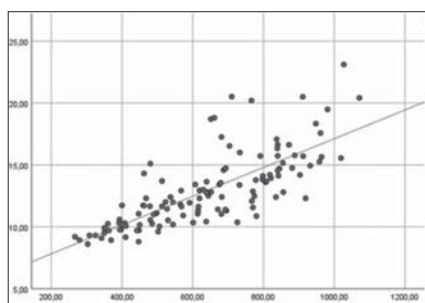


Рис. 5. Диаграмма рассеяния переменных объема и толщины сетчатки

Fig. 5. Scattering diagram of retinal volume and thickness variables

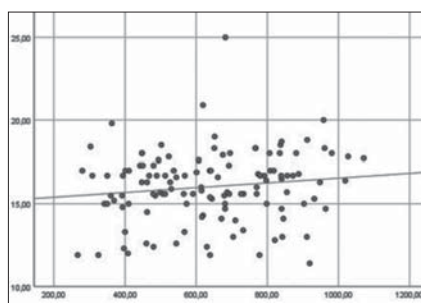


Рис. 6. Диаграмма рассеяния переменных ВГД и толщины сетчатки

Fig. 6. Scattering diagram of variables of intraocular pressure and retinal thickness

В статье [14] описываются две модели логистической регрессии, где в первом случае оценивается влияние одного фактора — типа лечения, а во втором случае добавляется фактор возраста. По значениям данных факторов прогнозируется вероятность возврата болезни.

Еще одним важным инструментом и продолжением применения модели логистической регрессии является ROC-анализ. ROC-анализ — это инструмент анализа качества модели логистической регрессии и отдельный инструмент анализа предсказательной способности переменных. Он показывает зависимость верно классифицированных моделью положительных исходов от неверно классифицированных положительных исходов. С помощью ROC-анализа можно оценить, насколько хорошо модель предсказывает бинарный исход (например, помогло лечение или нет) на данной выборке пациентов. В отечественной работе [15] проводится ROC-анализ метода периметрии для разных типов больных. Это позволило сделать выводы относительно эффективности применения традиционных офтальмологических методов, в частности для диагностики рассеянного склероза.

Другим распространенным методом медицинской статистики является анализ выживаемости, рассматривающий длительность наблюдения за пациентом до наступления анализируемого события (рецидива заболевания, ухудшения состояния и т. п.). Он применяется в случае, если необходимо сравнить несколько групп по вероятности возникновения события в течение определенного промежутка времени. Классическим методом проведения анализа выживаемости является построение таблицы дожития (life tables), где для каждого временного интервала рассчитываются доли пациентов, у которых наступило интересующее событие (например, рецидив) и у которых оно еще не произошло. Специфика анализа выживаемости: наличие цензурированных данных — наблюдений, факт наступления события для которых неизвестен (например, ввиду переезда пациента в другой город или просто анализируемое событие еще не наступило). Суть анализа выживаемости — построение графика кривой выживаемости, оценивающей риск возникновения анализируемого события во времени. Чаще всего оценку функции выживаемости строят методом Каплана — Мейера (Kaplan — Meier estimator). Например, с помощью анализа выживаемости можно провести оценку эффективности типа лечения (препарата) в исследуемой группе по сравнению с контрольной. Для сравнения выживаемости в двух группах используется логранк-тест (log-rank test). К примеру, в работе [16] изучается выживаемость детей с ретинобластомой в различных формах и с учетом лечения. Так, была установлена методика лечения, значительно повышающая выживаемость больных и улучшающая качество их жизни. На рисунке 7 приведена иллюстрация анализа выживаемости на примере факта повышения ВГД в зависимости от срока введения инъекции. По оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — вероятность отсутствия изменений ВГД. Прослеживается незначительная разница между вероятностями дожития в разных группах.

Оценка влияния на выживаемость сразу нескольких факторов и построение предсказательной модели риска могут быть проведены с помощью регрессионной модели Кокса (Cox proportional hazards model). Так, в исследовании [17] модель Кокса для риска первичной открытоугольной глаукомы

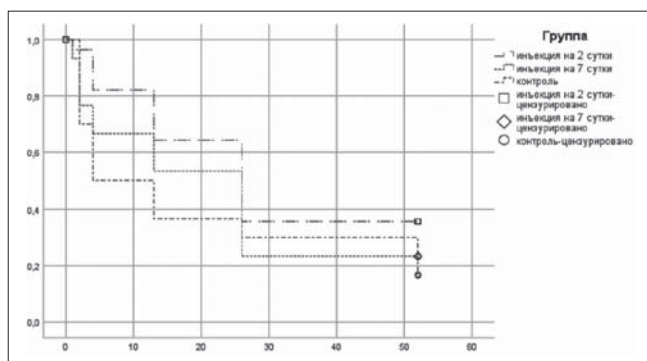


Рис. 7. Пример анализа выживаемости для трех групп пациентов
Fig. 7. Example of survival analysis for three groups of patients

выявила сильный возрастной эффект, значительно более высокую заболеваемость у женщин и вероятность травмы глаза и орбиты, дегенерацию радужки и цилиарного тела, окклюзию сосудов сетчатки, артериальную гипертензию и сахарный диабет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В профессиональной литературе, помимо учебников по медицинской статистике, где рассматриваются приведенные методы, можно найти схемы [18], обобщающие статистический материал и предлагающие наглядный алгоритм выбора типа анализа для конкретных целей и имеющихся данных. В данной статье кратко описана суть каждого метода и более детально обозначена специфика их применения. Следует также отметить, что эта работа является введением в понимание целостной картины статистического анализа, а не инструкцией для врачей-офтальмологов для проведения самостоятельных исследований. Рассмотренных методов в большинстве случаев достаточно для исследования взаимосвязей в практике врача-офтальмолога. Детальное изучение методов статистического анализа поможет врачам проводить собственные исследования на фактических данных клинической практики.

Литература/References

- Шпак А.А. Вопросы статистического анализа в российских офтальмологических журналах. *Офтальмохирургия*. 2016; (1): 73–7. [Shpak A.A. Issues of the statistical analysis in the Russian ophthalmic journals. *Oftal'mokhirurgiya*. 2016; (1): 73–7 (In Russ.)]. doi: 10.25276/0235-4160-2016-1-73-77
- Altman DG, Bland JM. Standard deviations and standard errors. *BMJ*. 2005; 331: 903 doi: 10.1136/bmj.331.7521.903
- Lisboa R, Meira-Freitas D, Tatham AJ, et al. Use of statistical analyses in the ophthalmic literature. *Ophthalmology*. 2014; 121 (7): 1317–21. doi: 10.1016/j.optha.2014.01.015
- Катаргина Л.А., Круглова Т.Б., Мамыкина А.С., Егиян Н.С., Арестова Н.Н. Клинико-функциональная характеристика глаз с артифактической миопией у детей после экстракции врожденных катаракт в грудном возрасте. *Российский офтальмологический журнал*. 2022; 15 (2): 24–9. [Katargina L.A., Kruglova T.B., Mamykina A.S., Egiyan N.S., Arestova N.N.

- Clinical and functional characteristics of pseudophakic myopia in children after congenital cataract extraction in infancy. *Russian ophthalmological journal*. 2022; 15 (2): 24–9 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-2-24-29
- Бобыкин Е.В., Крохалев В.Я., Буслаев Р.В., Морозова О.В. Факторы, определяющие приверженность пациентов с заболеваниями макулы, получающих антиангиогенную терапию, к долгосрочному наблюдению в условиях реальной клинической практики. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (1): 21–9. [Bobykin E.V., Krokhaliev V.Y., Buslaev R.V., Morozova O.V. Factors determining the compliance of patients receiving anti-VEGF therapy for macular diseases with long-term follow-up in real-life practice. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (1): 21–9 (In Russ.)]. doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-1-21-29
- Kam AW, Collins S, Park T, et al. Using Lean Six Sigma techniques to improve efficiency in outpatient ophthalmology clinics. *BMC Health Serv*. 2021; 38. doi: 10.1186/s12913-020-06034-3.
- Dean WH, Buchan J, Admassu F, et al. Ophthalmic simulated surgical competency assessment rubric (Sim-OSSCAR) for trabeculectomy. *BMJ Open Ophthalmology*. 2019; 4: e000313. doi: 10.1136/bmjophth-2019-000313.
- Silpa-Archa S, Papirachnart A, Singhanetr P, Preble JM. Risk factors for endophthalmitis after cataract surgery in diabetic patients: a case control study. *Int J Ophthalmol*. 2019; 12 (3): 417–23. doi: 10.18240/ijo.2019.03.11
- Gurung RL, Adhikari S, Shrestha UD, Ruit S. Outcome of paediatric cataract surgery at Tilganga institute of ophthalmology, Nepal. *Birat Journal of Health Sciences*. 2018; 3 (1): 331–7. doi: 10.3126/bjhs.v3i1.19730
- Мачехин В.А., Фабрикантов О.Л. Гейдельбергская ретиноматография диска зрительного нерва в ранней диагностике глаукомы. *Вестник офтальмологии*. 2017; 133 (4): 17–24. [Machekhin V.A., Fabrikantov O.L. Heidelberg retinal tomography of the optic disc in the early diagnosis of glaucoma. *Vestnik oftalmologii*. 2017; 133 (4): 17–24 (In Russ.)]. doi: 10.17116/oftalma2017133417-24
- Patton N, Aslam T, Murray G. Statistical strategies to assess reliability in ophthalmology. *Eye (Lond)*. 2006; 20 (7): 749–54. doi: 10.1038/sj.eye.6702097
- Bunce C. Correlation, agreement, and Bland-Altman analysis: statistical analysis of method comparison studies. *Am J Ophthalmol*. 2009; 148 (1): 4–6. doi: 10.1016/j.ajo.2008.09.032
- Boscardin WJ. The use and interpretation of linear regression analysis in ophthalmology research. *Am J Ophthalmol*. 2010; 150 (1): 1–2. doi: 10.1016/j.ajo.2010.02.022
- Lemeshow S, Hosmer DW Jr. Logistic regression analysis: applications to ophthalmic research. *Am J Ophthalmol*. 2009; 147 (5): 766–7. doi: 10.1016/j.ajo.2008.07.042
- Синеок Е.В., Малов И.В., Власов Я.В. Традиционные офтальмологические методы исследования и ROC-анализ периметрии в диагностике нейродегенерации у пациентов с демиелинизирующими заболеваниями. *Практическая медицина*. 2017; 9 (110): 187–92. [Sineok E.V., Malov I.V., Vlasov Ya.V. Traditional ophthalmological research methods and ROC analysis of perimetry in the diagnosis of neurodegeneration in patients with demyelinating diseases. *Prakticheskaja medicina*. 2017; 9 (110): 187–92 (In Russ.)].
- Саакян С.В., Иванова О.А., Тадевосян С.С. и др. Выживаемость больных ретинобластомой по данным когортного исследования двух центров РФ. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (1): 47–55. [Saakyan S.V., Ivanova O.A., Tadevosyan S.S., et al. Survival of retinoblastoma patients: a cohort study by two Russian medical centers. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (1): 47–55 (In Russ.)]. doi: 10.21516/2072-0076-2021-14-1-47-55
- Kreft D, Doblhammer G, Guthoff RF, Frech S. Prevalence, incidence, and risk factors of primary open-angle glaucoma — a cohort study based on longitudinal data from a German public health insurance. *BMC Public Health*. 2019; 19 (1): 851. doi: 10.1186/s12889-019-6935-6
- Румянцев П.О., Саенко У.В., Румянцева У.В. Статистические методы анализа в клинической практике. Часть I. Одномерный статистический анализ. *Проблемы эндокринологии*. 2009; 55 (5): 48–55. [Rumyantsev P.O., Saenko U.V., Rumyantseva U.V. Statistical methods for the analyses in clinical practice. Part I. Univariate statistical analysis. *Problemy endokrinologii*. 2009; 55 (5): 48–55 (In Russ.)]. doi: 10.14341/probl200955548-55

Вклад авторов в работу: А.С. Сорокин, С.Ю. Петров — концепция и дизайн обзора, анализ литературы, написание и редактирование статьи; Н.В. Звездина — сбор и анализ литературы, редактирование статьи; М.А. Голованова — написание и редактирование статьи.
Authors' contribution: A.S. Sorokin, S.Yu. Petrov — concept and design of the review, literature analysis, writing and editing of the article; N.V. Zvezdina — collection and analysis of the literature, editing of the article; M.A. Golovanova — writing and editing of the article.

Поступила: 03.08.2022. Переработана: 16.09.2022. Принята к печати: 18.09.2022
Originally received: 03.08.2022. Final revision: 16.09.2022. Accepted: 18.09.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Стремянный пер., д. 36, Москва, 117997, Россия

Александр Сергеевич Сорокин — канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры математических методов в экономике

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногызская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Сергей Юрьевич Петров — д-р мед. наук, начальник отдела глаукомы

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Покровский б-р, д. 11, Москва, 109028, Россия

Наталья Валерьевна Звездина — канд. экон. наук, доцент, доцент департамента статистики и анализа данных

ГБУЗ НО «Городская больница № 35», ул. Республиканская, д. 47, Нижний Новгород, 603089, Россия

Марина Александровна Голованова — врач-офтальмохирург 2-го офтальмологического отделения

Для контактов: Александр Сергеевич Сорокин,
alsorokin@statmethods.ru

Plekhanov Russian University of Economics, 36, Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russia

Alexander S. Sorokin — Cand. of Econ. Sci., associate professor of chair of mathematical methods in economics

Helmholtz National Medical Research Center for Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

Sergey Yu. Petrov — Dr. of Med. Sci., head of the glaucoma department

HSE University, 11, Pokrovsky b-r, Moscow, 109028, Russia

Natalya V. Zvezdina — Cand. of Econ. Sci., associate professor of the department of statistics and data analysis

City Hospital No. 35 of the Sovetsky district of Nizhny Novgorod, 47, Respublikanskaya str., Nizhny Novgorod, 603089, Russia

Marina A. Golovanova — ophthalmic surgeon of the 2nd ophthalmological department

For contacts: Alexander S. Sorokin,
alsorokin@statmethods.ru