

Частота встречаемости естественных антител системы АВО у доноров города Сургута

Л.А. Гусаченко^{1,2}, О.Г. Литовченко¹, Р.Р. Габидуллина², Ю.А. Чемакин²

¹ Сургутский государственный университет, Сургут, Россия;

² Станция переливания крови, Сургут, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Физиологическое состояние популяции можно оценить адаптационной функцией поддержания постоянства внутренней среды организма человека с точки зрения изучения активности естественных антител. Экологическое своеобразие проявления антителообразования в популяциях представляет интерес для популяционной физиологии, а также совершенствования прикладной трансфузиологии и трансплантологии.

Цель. Определение особенностей частоты встречаемости титров естественных антител системы АВО у доноров г. Сургута.

Методы. Проведено наблюдательное одноцентровое одномоментное поперечное исследование.

В исследование включены доноры г. Сургута. Определение и активность естественных полных АВО антиэритроцитарных α - (анти-А) и β -антител (анти-В) проводили методом титрования на плоскости с использованием стандартных эритроцитов А(II) и В(III) группы, а также изотонического раствора натрия хлорида. Для оценки частоты встречаемости титров антител рассчитывали процентные показатели.

Результаты. Всего исследовано 14 223 образца донорской крови. У доноров г. Сургута активность естественных антител О(Ι) группы крови начиналась с титров 1:2 и 1:4. Кроме того, выявлены высокие титры, достигающие 1:512. Для А(II) группы крови наиболее характерны титры 1:8 у мужчин и 1:16 у женщин, а в В(III) группе крови у представителей обоих полов наиболее распространён титр 1:32. Максимальные зарегистрированные титры для А(II) и В(III) групп составили 1:256. У мужчин и у женщин наблюдали схожие сочетания титров, и также их тенденцию к снижению к 2023 году. У мужчин отмечена высокая частота встречаемости титра 1:8, в то время как у женщин — 1:16.

Заключение. Установлены особенности частоты встречаемости титров естественных антител системы АВО в 2015–2017 гг. по сравнению с 2023 годом — периодом постковидной трансформации иммунного ответа. Полученные различия, вероятно, обусловлены влиянием перенесённой коронавирусной инфекции и её последствий для иммунной системы. Результаты исследования свидетельствуют о том, что иммунная система доноров г. Сургута активно вырабатывает естественные нормальные групповые антитела, что имеет важное значение при оценке физиологической структуры популяции, проживающей в конкретных условиях среды.

Ключевые слова: доноры; группы крови системы АВО; естественные антитела системы АВО; титр; COVID-19.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Гусаченко Л.А., Литовченко О.Г., Габидуллина Р.Р., Чемакин Ю.А. Частота встречаемости естественных антител системы АВО у доноров города Сургута // Экология человека. 2025. Т. 32, № 3. С. XX–XX. DOI: 10.17816/humeco643450 EDN: VMWYAW

Рукопись поступила: 26.12.2024 Рукопись одобрена: 03.06.2025 Опубликовано online: 17.06.2025

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

The Frequency of Occurrence of Natural ABO Antibodies in Donors of Surgut

Lyudmila A. Gusachenko^{1,2}, Olga G. Litovchenko¹, Rozaliya R. Gabidullina², Yuriy A. Chemakin²

¹ Surgut State University, Surgut, Russia;

² Blood Transfusion Station, Surgut, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: A study was conducted on the occurrence of titers of natural antibodies of the ABO system in donors of the city of Surgut.

AIM: Determination of the features of the frequency of occurrence of titers of natural antibodies of the ABO system in donors of the city of Surgut.

METHODS: The study includes donors from the city of Surgut for 2015, 2016, 2017 and 2023. A total of 14,223 samples of donated blood were examined. The determination and activity of natural complete ABO antierythrocyte antibodies α (anti-A), β (anti-B) were carried out by titration on the plane with standard erythrocytes O(I), A(II), B(III) groups and saline solution. To estimate the frequency of antibody titers, percentages were calculated.

RESULTS: In Surgut donors, the activity of natural antibodies of the first blood group began with a titer of 1:2, 1:4. High titers were detected in the first blood group, which reached 1:512. In the second blood group, titers of 1:8 in men and 1:16 in women were more common, in the third blood group, the titer of 1:32 was most common in both sexes. In the second and third groups, the maximum titer was 1:256. Men and women had a similar combination of titles, and their decline by 2023. Men had a high incidence of 1:8 titer, and women had a maximum percentage of 1:16 titer occurrence.

CONCLUSION: The features of the frequency of occurrence of the titer of natural antibodies of the ABO system in 2015, 2016, 2017 compared to 2023, the year of POSTCOVID, which may be explained by the influence of the coronavirus effect, are shown.

The data obtained allow us to say that the immune system of Surgut donors actively produces natural, normal, group antibodies, which is of great importance when studying the physiological structure of the population living in specific environmental conditions.

Keywords: donors, ABO blood group; natural ABO antibodies; titer; COVID-19.

TO CITE THIS ARTICLE:

Gusachenko LA, Litovchenko OG, Gabidullina RR, Chemakin YuA. The frequency of occurrence of natural ABO antibodies in donors of Surgut. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(3):XX–XX. DOI: 10.17816/humeco643450 EDN: vmwyaw

Submitted: 26.12.2024

Accepted: 03.06.2025

Published online: 17.06.2025

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

© Eco-Vector, 2025

ОБОСНОВАНИЕ

Физиологическое состояние популяции можно оценить адаптационной функцией поддержания постоянства внутренней среды организма человека с точки зрения изучения активности естественных антител. Экологическое своеобразие проявления антителообразования в популяциях представляет интерес для популяционной физиологии, а также совершенствования прикладной трансфизиологии и трансплантологии [1–3].

Для антител системы АВО действуют правило Ландштейнера, которое формулируется следующим образом: независимо от того, какой антиген находится на мембране эритроцитов, в плазме будут отсутствовать соответствующие антитела. У индивида с группой крови А в плазме присутствуют антитела к антигену В (β), у индивида с группой крови В — антитела к антигену А (α), а у индивида с группой крови АВ антитела отсутствуют, поскольку в их эритроцитах образуются оба антигена. В свою очередь, при отсутствии антигенов системы АВО в сыворотке присутствуют естественные антитела против антигенов А и В, а также — против комбинированного антигена АВ [4, 5].

Принято считать, что естественные антитела формируются в отсутствие прямой антигенной стимуляции. Существует несколько гипотез, объясняющих их естественное происхождение, а также факторы, влияющих на их генерацию. Полагают, что продукция естественных антител запускается в ответ на антигены энтеробактерий и начинается уже в неонатальном периоде. Вместе с тем их способность связываться с овальбумином и антигенами собственных тканей указывает на возможную стимуляцию их выработки аутологичными антигенами. Современные исследования подтверждают обе гипотезы: продукция естественных антител может быть как следствием естественной колонизации, так и результатом реакции иммунной системы на собственные антигены [3, 6–8]. Существуют два типа В-лимфоцитов, участвующих в продукции антител.

- В1-лимфоциты — самые простые клетки данного звена иммунной системы, присутствующие естественным образом. Они продуцируют антитела без предварительной стимуляции антигеном, преимущественно иммуноглобулины класса М (IgM).
- В2-лимфоциты, напротив, вырабатывают антитела в ответ на антигенную стимуляцию — как правило, в составе веществ природного происхождения. Основным классом антител, продуцируемых этими клетками, являются иммуноглобулины G (IgG) [8].

Антитела системы АВО начинают выявлять у ребёнка грудного возраста в период от 4 до 6 мес. Следует отметить, что IgG и IgM способны активировать систему комплемента и вызвать внутрисосудистой гемолиз [4].

Естественные антитела являются компонентом гуморального звена врождённого иммунитета и представлены преимущественно низкоаффинными антителами, присутствующими в организме без предварительной антигенной стимуляции. Их мишенями являются как экзо-, так и эндогенные антигены, включая бактериального происхождения, что определяет роль естественных антител как элементов первой линии иммунной защиты от патогенов. Кроме того, установлено их участие в клиренсе продуктов катаболизма. Содержание естественных антител в крови довольно высокое, а их репертуар стабилен в течение всей жизни. Отклонения свидетельствуют о развитии патологии. Всё это указывает на важную роль естественных антител в гомеостазе [3, 8–10]. Исследования последних лет указывают на ассоциацию между системой групп крови АВО и Rh-фактором с некоторыми патологическими состояниями. В частности, обнаружена возможная связь между группой крови и восприимчивостью к инфекции COVID-19, однако механизмы этих ассоциаций остаются недостаточно изученными [5, 11–14].

Естественные антитела системы АВО имеют большое биологическое значение. По мнению некоторых авторов, одной из их ключевых функций является поддержание иммунологического гомеостаза, в частности за счёт присутствия естественных анти-А и анти-В антител, способных распознавать и нейтрализовать иногруппные изоантигены, поступающие в организм с антигенами животного, бактериального или вирусного происхождения. Механизмы, лежащие в основе продукции антител, перекрёстно реагирующих с антигенами либо антигенподобными субстанциями, остаются предметом активных исследований. У женщин физиологическое значение естественных антител можно объяснить необходимостью нейтрализации токсических продуктов, поступающих от плода к матери в условиях гетероспецифической беременности [3, 6, 8, 9, 15–19]. Кроме того, естественные антитела системы АВО играют решающую роль в трансплантологии. При пересадке АВО-несовместимого органа (например, печени или почек) возможно развитие молниеносной реакции отторжения, опосредованной антителами. Высокий титр естественных анти-А и анти-В антител у реципиента может служить препятствием для трансплантации, несмотря

на совместимость по другим критериям, и часто приводит к отказу от потенциально подходящего донора [17, 18, 20–22].

ЦЕЛЬ

Определение особенностей частоты встречаемости естественных антител системы ABO у доноров г. Сургута.

МЕТОДЫ

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено наблюдательное одноцентровое одномоментное поперечное исследование.

КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ

Критерии включения в исследование:

- венозная кровь доноров г. Сургута, отобранная случайным образом;
- наличие добровольного письменного согласия.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ

Исследование проведено на Станции переливания крови г. Сургута. Данные охватывают два периода: до начала пандемии COVID-19 — с 2015 по 2017 год (архивные данные) и постпандемийный — 2023 год (результаты одномоментного исследования). Сравнительный анализ проводили как по хронологическим периодам, так и с учётом половой принадлежности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИТРА ЕСТЕСТВЕННЫХ АНТИТЕЛ СИСТЕМЫ ABO

Материалом исследования была венозная кровь.

Определение титра естественных антител системы ABO анти-A (α) и анти-B (β) проводили методом гемагглютинации на плоскости стандартными эритроцитами A (II), B (III) группы с двойным последовательным разведением сыворотки.

Для определения титра антител исследуемую сыворотку развели непосредственно на пластинке, используя изотонический раствор натрия хлорида. В десять пронумерованных точек последовательно наносили по одной большой капле (0,1 мл) 0,9% раствора натрия хлорида. В первую точку добавляли одну каплю (0,1 мл) исследуемой сыворотки и тщательно перемешивали. Затем с помощью той же пипетки переносили одну каплю полученной смеси во вторую точку, перемешивали и продолжали последовательное разведение до десятой точки. Таким образом получали серию разведений сыворотки от 1:2 до 1:1024.

На пластинку рядом с каждой каплей разведённой сыворотки наносили маленькую каплю (0,01 мл) стандартных эритроцитов соответствующей группы: эритроциты группы A — при титровании α -антител и эритроциты группы B — при титровании β -антител. Соотношение эритроцитов и сыворотки должно составлять 1:10.

Каждую каплю стандартных эритроцитов тщательно перемешивали с сывороткой сухой стеклянной палочкой, после чего пластинку покачивали, оставляли на 1–1,5 мин в покое, а затем снова покачивали. Наблюдали за агглютинацией в течение 5 мин.

За титр антител принимали наибольшее разведение сыворотки, при котором происходила агглютинация стандартных эритроцитов в пределах указанного времени наблюдения [3, 15, 19, 23].

ОСНОВНОЙ ИСХОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Активность естественных групповых α - и β -антител у доноров г. Сургута.

ЭТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Проведение исследования одобрено этическим комитетом Сургутского государственного университета протокол заседания № 26 от 29.09.2021 г.

Все участники исследования до включения в исследование добровольно подписали согласие. Исследование проводили с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609 EC). В соответствии с законом персональные данные деперсонизированы.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Принципы расчёта размера выборки: размер выборки предварительно не рассчитывался и основывался на репрезентативности (охвата всех ключевых подгрупп (группа крови, пол, годы),

мощности анализа (возможность выявить даже небольшие различия), стандартных статистических принципах обеспечивающих надежность результатов для вывода о популяционных особенностях распределения титров естественных антител.

Методы статистического анализа данных. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программ Microsoft Office Excel® 2010 (Microsoft, Соединённые Штаты Америки) и SPSS Statistics® 27.0.1. (IBM Corporation, Соединённые Штаты Америки). С помощью критерия Шапиро–Уилка оценивали соответствие распределения показателей нормальному закону. При сравнении выборок статистическую значимость различий определяли с помощью апостериорного критерия Краскела–Уоллиса (с поправкой Бонферрони). Категориальные переменные описаны в виде процентных соотношений. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для получения репрезентативной выборки с минимальной вероятностью статистической ошибки в исследование включено 14 223 донора (табл. 1).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы изучили активность естественных групповых α - и β -антител у доноров г. Сургута. Встречаемость титров первой группы крови разнообразна в связи с присутствием сочетания α - и β -антител.

У мужчин доноров г. Сургута O(I) группы крови естественных антител начинались с сочетания α и β в титре α 1:2 и β 1:2. Титры α 1:2 в сочетании с β 1:2, β 1:8 выявлены в 2015 и 2017 году, а α 1:2 и β 1:4 только в 2017. Частота встречаемости этих титров за исследованные годы у мужчин низкая и варьирует от 0,006 до 0,017% соответственно. Титры α 1:4 в сочетании с β представлены в шести вариантах с наибольшей частотой встречаемости и варьировали от 0,06 до 1,32% в 2017 году, что статистически значимо отличалось от показателей других лет. Следующий титр α 1:8 с β -антителами обнаружили в шести вариантах, начиная с сочетания титров α 1:8 и β 1:2, где наибольшая частота встречаемости представлена в 2017 году. Сочетание α 1:8 и β 1:4, а также α 1:8 и β 1:8 чаще отмечали в 2023 году — 3,41 и 3,62% соответственно, что статистически значимо отличалось от показателей других лет. Варианты сочетания α 1:8 с β 1:8, β 1:16, β 1:32 регистрировали во все исследуемые годы без статистически значимых различий. Сочетание титров α 1:8 и β 1:64 выявлено только в 2023 году в 0,07% случаев. Титр α 1:16 в сочетании с β -антителами обнаружен в семи вариантах. Титры α 1:16 и β 1:2 более распространены в 2017 году по сравнению с 2023, тогда как частота сочетания α 1:16 и β 1:8 была наибольшей в 2023 году. В то же время наблюдали статистически значимое снижение частоты выявления сочетаний α 1:16 и β 1:16, а также α 1:16 и β 1:32 в 2023 году. Титр α 1:32 в сочетании с β -антителами зарегистрирован в восьми вариантах. Наименьшая частота встречаемости выявлена при самых низких и самых высоких значениях β — 1:2, 1:128 и 1:256. Частота сочетаний α 1:32 и β 1:4, β 1:8 и β 1:64 была ниже в 2023 году. Наибольшее значение зафиксировано для α 1:32 и β 1:16 в 2023 году — 21,22% случаев, что было статистически значимо по сравнению с предыдущими периодами. У доноров мужского пола г. Сургута титр α 1:64 в сочетании с β -антителами обнаружен в восьми вариантах, начиная с α 1:64 и β 1:2, зарегистрированное в 2015 году. В 2023 году наблюдали снижение частоты сочетания α 1:64 и β 1:8. В 2016 году обнаружили титр α 1:64 в сочетании с активным β 1:256 в 0,007% случаев. Титры α 1:128 и β 1:4 у мужчин доноров выявлены в единичных случаях в 2017 и 2023 году. Наиболее активный вариант — α 1:128 и β 1:128. Статистически значимых различий в распределении сочетаний α 1:128 с β в исследуемые годы не обнаружено. Более активный титр α 1:256 в сочетании с β -антителами определён в шести вариантах с частотой встречаемости до 0,64%. В 2023 году у мужчин-доноров г. Сургута выявлено сочетание титров α 1:512 и β 1:8.

В исследованные годы наблюдали снижение количества вариантов сочетаний титров α и β -антител O(I) группы крови у доноров-мужчин г. Сургута. В 2023 году зарегистрировано 35 различных сочетаний, тогда как в 2015–2017 гг. их количество составляло 44, 40, 43 соответственно. На протяжении всех исследованных лет наибольшую частоту встречаемости демонстрировали сочетания с титрами 1:16 и 1:32. Статистически значимые различия в частоте встречаемости

титров естественных антител между различными годами среди мужчин-доноров г. Сургута с I группой крови представлены на **рис. 1**.

У женщин-доноров с первой группой крови г. Сургута сочетания титров α 1:2 и β выявлены в четырёх вариантах в 2016 и 2017 году. Наиболее частыми из них были титры α 1:2 и β 1:2, обнаруженные в 2017 году в 0,68% случаев. Другие сочетания — α 1:2 и β 1:4, β 1:8, β 1:16 — выявлены с частотой от 0,12 до 0,14% соответственно. Титр α 1:4 в сочетании с β -антителами зарегистрирован в трёх вариантах, с частотой от 0,12 до 0,71%. Титр α 1:8 в сочетании с различными значениями β представлен в семи вариантах. Так, титры α 1:8 и β 1:4 имели статистически значимые отличия и в 2017 годом выявлены с частотой 2,58%. Значимое снижение наблюдали в сочетании титров α 1:8 и β 1:16 в 2023 году по сравнению с предыдущими годами. Титр α 1:16 в сочетании с β -антителами также демонстрировал различия по годам. Например, титры α 1:16 и β 1:4 встречались в 2017 году, в то время как α 1:16 и β 1:8 достигли наибольшей частоты в 2023. Напротив, титры α 1:16 и β 1:32 в 2023 году имел статистически значимое снижение частоты по сравнению с прошлыми годами. Кроме того, в 2015 и 2017 году регистрировали активные сочетания с титром β 1:256 — α 1:16 и β 1:256 — с частотой 0,11 и 0,14% соответственно. Варианты сочетания титра α 1:32 с β -антителами насчитывали восемь комбинаций. Титры α 1:32 и β 1:2 выявлены только в 2016 году. В сочетании α 1:32 и β 1:16 наблюдали рост частоты встречаемости к 2023 году. Титр α 1:32 в сочетании с активным титром β 1:256 выявлен в 2015 и 2023 году с частотой 0,23 и 0,41% соответственно. Сочетания α 1:64 с β обнаружены в семи вариантах. В 2017 году титры α 1:64 и β 1:4 выявлены в 0,95% случаев, что статистически отличалось от показателей 2015 и 2016 года. Сочетания титров α 1:64 и β 1:8, β 1:128 снижено в 2023 году, тогда как α 1:64 и β 1:32, напротив, увеличено и показатели статистически значимо отличаются. С титром α 1:128 выявлено шесть вариантов сочетаний. Начальная комбинация — α 1:128 и β 1:8. Вариант α 1:128 и β 1:16 в 2023 году имел низкую частоту встречаемости, в то время как α 1:128 и β 1:32, β 1:64 в том же году демонстрировали рост по сравнению с предыдущими годами. У женщин-доноров г. Сургута титр α 1:256 в сочетании с β -антителами выявлен в пяти вариантах. Титры α 1:256 и β 1:16, β 1:32, β 1:64, β 1:128 и β 1:256 встречались с частотой от 0,11 до 1% соответственно. Единичные случаи α 1:512 с β 1:8 и β 1:32 зафиксированы в 2017 и 2023 году соответственно с одинаковой частотой — по 0,14%. Это сочетание можно расценивать как наиболее активные формы естественных антител α в комплексе с β .

В 2023 году у женщин-доноров с O(I) группой крови выявлено меньше сочетаний титров естественных антител системы ABO — 33, тогда как в 2015 году зафиксировано 38 вариантов, в 2016 — 39, в 2017 — 43 варианта (см. рис. 1). Анализ показал наличие статистически значимых различий в частоте встречаемости титров естественных ABO-антител в зависимости от года проведения исследования.

Между мужчинами- и женщинами-донорами с первой группой крови, проживающими в г. Сургуте, выявлены статистически значимые различия в частоте встречаемости естественных антител системы ABO.

При исследовании титра естественных антител A(II) группы крови у мужчин-доноров г. Сургута в разные годы обнаружено, что активность β -антител охватывала весь спектр титров, начиная с 1:2. В 2015–2017 гг. титр 1:2 регистрировали с частотой 1,9, 3,2 и 4,3% соответственно, тогда как в 2023 году его частота значительно выросла до 11,9%. Кроме того, к 2023 году отмечено незначительное увеличение частоты встречаемости титра 1:4 до 18,5% (по сравнению с 11,7% в 2015 году и 12 и 15% в последующие годы). Наибольшая частота встречаемости в 2023 году зафиксирована у титра 1:8. В 2015 и 2017 году преобладал титр 1:16, однако в 2023 году его частота снизилась до 19,7%. В 2016 году титры 1:8 и 1:16 выявлены с одинаковой частотой — по 27,7%. Также в 2023 году отмечено снижение встречаемости титра 1:32 до 10,5%, тогда как в предыдущие годы этот показатель варьировал от 13,5 до 20,3%. Титр 1:64 демонстрировал стабильные показатели в течение всех исследуемых лет наблюдения, составляя от 5,6 до 11,4%. В отдельных случаях у мужчин отмечены высокие титры — 1:128 и 1:256. Так, титр 1:128 достигал 1,3% в предыдущие годы и повысился до 3,5% в 2023 году. Титр 1:256 выявлен только в единичных случаях, максимальная частота составила 0,5% в 2016 году.

Сравнительный анализ частоты встречаемости титров β -антител у мужчин-доноров второй группы крови выявил статистически значимые различия между исследуемыми годами, особенно в сопоставлении с 2023 годом (**рис. 2**).

При изучении естественных групповых антител A(II) группы у женщин-доноров г. Сургута мы определили разные варианты титров, максимальный из которых достигал значения 1:256. В

исследуемые годы титр 1:2 выявляли с частотой от 0,6% в 2016 году до 6% в 2023, что представляет наивысшее значение за это время. Частота встречаемости титра 1:4 варьировала от 5,1 до 13,7% в 2023 году. Титра 1:8 демонстрировал схожие показатели за исследуемые годы — от 22 до 25%, за исключением 2015 и 2017 года, когда его частота составила 19%. Максимальная частота встречаемости установлена для титра 1:16 — от 26 до 32% в разные годы, однако в 2023 году этот показатель снижен до 22,6%. Кроме того, в 2023 году снижена частота встречаемости титра 1:32 по сравнению с предыдущими годами (22–27%). Титр 1:64 сохранял относительную стабильность, встречаясь с частотой от 8,7 до 13,7%. У женщин-доноров выявлен титр 1:128: в 2010 году его частота составляла 2,6%, а наибольшее значение — 7% (зафиксировано в 2016 году). В представленном исследовании ежегодно у женщин мы выявляли титр 1:256 с частотой от 0,17 до 1,5%. При сравнении распределения титров естественных антител системы АВО второй группы крови у женщин-доноров женщин г. Сургута в разные годы выявлены статистически значимые различия.

При сравнении частоты встречаемости титров естественных антител А(II) группы крови между мужчинами- и женщинами-донорами г. Сургута выявлены статистически значимые различия.

Анализ частоты встречаемости естественных антител В(III) группы крови у мужчин-доноров г. Сургута показал, что титр 1:2 определяли редко: в 2016 и 2023 году — 0,98 и 2% соответственно. Титр 1:4 варьировал от 0,5 до 11,3% в 2023 году. В том же году наблюдали высокую частоту встречаемости титра 1:8 — 21,6%, в то время как в предыдущие годы — 10,6–12,7%. Титр 1:16 в 2023 году регистрировали с частотой 27,6%, при этом наибольшее ее значение — 30,6%, зафиксированное в 2015 году. Титр 1:32 демонстрировал наибольшую частоту встречаемости с 2015 по 2017 гг., что составило от 30,3 до 31,4%, однако в 2023 году его частота снижена до 18,4%. Частота титра 1:64 в представленные годы варьировала от 18,8 в 2017 до 21,2% в 2016 году, а в 2023 она составила 11,5%. Титр 1:128 выявляли с частотой от 4,2 до 7% в разные годы. В отдельных случаях у мужчин третьей группы крови регистрировали титр 1:256, достигавший максимальной частоты встречаемости в 2016 году — 1%. Мы не выявили статистически значимые различия в распределении титров естественных антител у доноров мужчин В(III) группы крови в зависимости от года исследования.

У женщин с третьей группой крови титр 1:2 зафиксирован только в 2023 году и составил 0,4%. Титр 1:4 продемонстрировал самую высокую частоту встречаемости также в 2023 году — 8,8%, тогда как в предыдущие годы он варьировал от 1,2 до 2,5% в 2017 году. Естественные α -антитела в титре 1:8 выявляли от 5,9 до 19,9% случаев в 2023 году. Частота встречаемости титра 1:16 варьировала от 20,4 до 28,7% в 2023 году. Этот показатель наиболее высокий в данном титре. Титр 1:32 демонстрировал максимальную частоту встречаемости в 2008 году — 40,7%, однако к 2023 её значение было наименьшее и составило 24%. Частота встречаемости титра 1:64 составила от 13% в 2023 году (наименьшее), а максимальная частоты выявлена в 2015 году — 22,9%. Частота встречаемости титра 1:128 у женщин с В(III) группой крови варьировала от 3% в 2008 году до 9,7% в 2017 (рис. 3). Самый активный титр в представленных группах 1:256 обнаружен с частотой от 0,2 до 4% в 2017 году соответственно. Выявлены статистически значимые различия в частоте встречаемости титров естественных антител третьей группы крови у женщин-доноров г. Сургута в зависимости от года исследования.

Кроме того, установлены статистически значимые межполовые различия при распределении встречаемости естественных антител третьей группы крови у доноров г. Сургута (см. рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

По нашим наблюдениям, у доноров с первой группы крови активность естественных антител началась с титров 1:2 и 1:4. В 2023 году отмечено снижение количества вариантов сочетаний титров как у мужчин, так и у женщин. Высокую частоту встречаемости наблюдали в сочетании титров 1:32 и 1:16. У женщин также выявлено увеличение частоты встречаемости титров 1:64 и 1:128. Максимальные значения активности титров у доноров О(I) группе крови достигали 1:512. Во А(II) группе крови наибольшую частоту встречаемости наблюдали для титров 1:8 и 1:16 у мужчин, а также 1:16 и 1:32 у женщин. Для В(III) группы крови характерно преобладание титров 1:16 и 1:32 у мужчин, а у женщин 1:32. Максимально зарегистрированный титр во второй и третьей группах составлял 1:256. У мужчин и у женщин наблюдали схожую представленность вариантов титров и тенденцию изменения их процентного соотношения к 2023 году. Отмечены особенности частоты встречаемости титров естественных антител, у женщин чаще выявляли повышенные титры, что

позволяет предположить наличие дополнительной стимуляции продукции антител вследствие перенесённых разнотипных беременностей.

Согласно М.М. Зиганшиной и соавт. [9], естественные антитела играют важную роль в поддержании гомеостазе. Авторы рассматривают их как значимый регуляторный компонент сети идиотип-антиидиотипических взаимодействий, оказывающий как стимулирующее, так и супрессорное влияние на все звенья иммунной системы.

Статистически значимые различия, выявленные в нашем исследовании по сравнению с 2023 годом (постковидный период), могут быть обусловлены последствиями перенесённой инфекции COVID-19. Известно, что фенотип O α B(I) обеспечивает устойчивость индивида к инфицированию вирусом SARS-CoV-2 и более лёгкое течение заболевания. Об этом свидетельствуют результаты исследования С.И. Донскова и соавт. [5], указывающие на защитную роль данного фенотипа. В то же время фенотип A β (II) ассоциирован с повышенным риском тяжёлого течения COVID-19, осложнений и смертности. Кроме того, зарубежные авторы выдвигают гипотезы о том, что антигены системы ABO на поверхности клеток могут участвовать в процессе проникновения вируса и определять характер иммунного ответа. В частности, наличие антител к антигену A может играть защитную роль, блокируя вирусные частицы и препятствуя их связыванию с рецепторами клеток [5, 11]. Наши результаты подтверждают данные литературы о снижении содержания антител в сыворотке крови, при сохранении их в слюне — как показателя иммунитета слизистой оболочки дыхательных путей. Е.М. Matzhold и соавт. [14] предполагают, что антитела системы ABO участвуют в механизмах защиты от SARS-CoV-2. Тем не менее необходимы дальнейшие исследования молекулярных механизмов, объясняющих вклад естественных антител в патогенез инфекции, вызванной данным вирусом.

Ранее частоту встречаемости естественных антител системы ABO антител изучали Н.Н. Меркулова [24] среди доноров г. Сургута, Е.А. Хромова [25] — среди представителей этнической группы ханты, С.А. Ильдебенева [26] — в популяции доноров г. Нижневартовска. В других регионах России аналогичные исследования проводили О.Н. Смирнова и соавт. [27] в Ставропольском крае, а также Л.А. Гусаченко [3] среди этнических групп мокша и эрзя Республики Мордовия. Кроме того, изучены популяции доноров Ирана, Бразилии, Малайзии, Таиланда и др. Однако прямое сравнение полученных результатов затруднено из-за различий в методах титрования, форматах представления данных и объёмах выборки. Это делает некорректным сопоставление с результатами полученными в популяции доноров г. Сургута. Учитывая практическую значимость определения уровня естественных антител необходимо разработать единые подходы и методики титрования.

Таким образом, наши результаты подчёркивают необходимость дальнейших исследований, направленных на повышение точности оценки содержания антител системы ABO. Актуальность изучения частоты встречаемости естественных антител сохраняется в связи с недостаточной освещённостью данной темы в современной литературе.

Показатели, полученные в донорской популяции, могут быть репрезентативными для населения города в целом, поскольку донорское движение охватывает широкий спектр социально и физиологически активных лиц. Иммунная система доноров г. Сургута активно реагирует выработкой естественных нормальных групповых антител, что имеет большое значение при изучении физиологической структуры популяции в конкретных условиях среды. Изучение естественных нормальных антител позволяет установить различие или сходство отдельных физиологических показателей и физиологического статуса популяций в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование демонстрирует модификацию постоянства внутренней среды организма в постпандемийный период в виде изменения частоты встречаемости титров естественных α - и β -антител.

Мы выявили высокую частоту встречаемости естественных антител в титрах 1:32, 1:16 и 1:8, а также обнаружили случаи активных титров α - и β -антител с содержанием 1:128 и 1:256. Установлены гендерные различия в частоте распространения титров естественных антител: у мужчин со второй группой крови чаще регистрировали титры 1:8 и 1:16, тогда как у женщин — 1:16 и 1:32. В донорской популяции с третьей группой крови титры 1:16 и 1:32 чаще встречали у мужчин, а у женщин преобладали титры 1:32. Таким образом, мы можем говорить о наличии половых различий в содержании естественных антител у доноров г. Сургута. Сравнительный анализ данных за 2015, 2016, 2017 и 2023 гг. показал, что в постковидный период произошло

смещение в сторону преобладания титров с более низкими значениями, что, возможно, связано с особенностями иммунного ответа, сформированного после перенесённой инфекции SARS-CoV-2. Мы рассмотрели активность естественных антител с точки зрения адаптации популяции к новым условиям среды и поддержания иммунологического гомеостаза с позиции физиологической адаптированности популяции. Это является одной из задач адаптационной физиологии и экологии, а также оценки экологического своеобразия состояния популяции. Кроме этого, значение участия естественных антител системы АВО в гомеостазе изучено недостаточно, поэтому процесс антителообразования требует дополнительного изучения. Рассмотрение данного, ранее недостаточно изученного, аспекта естественной иммунизации представляет важность как для дальнейшего совершенствования прикладной трансфузиологии, так и для установления общепопуляционных закономерностей антителообразования.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Л.А. Гусаченко — сбор данных, анализ и интерпретация результатов, обзор литературы, подготовка и написание статьи; О.Г. Литовченко — концепция и дизайн исследования, обзор литературы, редактирование статьи; Р.Р. Габидуллина — сбор данных, анализ и интерпретация результатов; Ю.А. Чемакин — концепция и дизайн исследования, обзор литературы, редактирование статьи. 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 её части.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Сургутского государственного университета (протокол заседания № 26 от 29.09.2021).

Источники финансирования. Отсутствуют.

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. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

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.

ADDITIONAL INFORMATION

Author's contribution.

Ethics approval.

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests.

Statement of originality.

Data availability statement.

Generative AI.

Provenance and peer-review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Agadzhanjan NA, Batocyrenova TE, Semenov YuN. *Ecological, physiological and ethnic features of human adaptation to various environmental conditions: monograph*. Vladimir: Vladimirsij gos. un-t; 2009. (In Russ.) ISBN: 978-5-9984-0004-9 EDN: QKSMKX
2. Agadzhanjan NA, Makarova II. Ethnic aspect of adaptative physiology and population morbidity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014;21(3):3–13. doi: [10.17816/humeco17248](https://doi.org/10.17816/humeco17248) EDN: [RYIEWT](https://doi.org/10.17816/humeco17248)
3. Gusachenko LA, Litovchenko OG. Natural ABO antibodies in moksha and erzya ethnic groups of the Mordovia Republic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;27(8):26–32. doi: [10.33396/1728-0869-2020-8-26-32](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-8-26-32) EDN: [FSVJBQ](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-8-26-32)

4. Porunova AK, Morozova VV, Tsirolnikova IE, et al. Titration method of ABO antibodies with the use of modern gel technology in ABO-incompatible transplantation. *Russian Journal of Transplantation and Artificial Organs*. 2015;XVI(4):40–44. doi: [10.15825/1995-1191-2014-4-40-44](https://doi.org/10.15825/1995-1191-2014-4-40-44) EDN: [TGFFJZ](#)
5. Donskov SI, Bulanov AY, Simarova IB, et al. ABO and rhesus blood groups as a risk factor for ARVI COVID-19. *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*. 2021;66(11):661–665. doi: [10.51620/0869-2084-2021-66-11-661-665](https://doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-11-661-665) EDN: [GBSPJZ](#)
6. Haghighi HR, Gong J, Gyles CL, et al. Probiotics stimulate production of natural antibodies in Chickens. *Clinical and Vaccine Immunology*. 2006;13(9):975–980. doi: [10.1128/CVI.00161-06](https://doi.org/10.1128/CVI.00161-06)
7. Parmentier HK, De Vries Reilingh G, Lammers A. Decreased specific antibody responses to α -Gal-conjugated antigen in animals with preexisting high levels of natural antibodies binding α -Gal Residues. *Poultry Science*. 2008;87(5):918–926. doi: [10.3382/ps.2007-00487](https://doi.org/10.3382/ps.2007-00487)
8. Khasbiullina NR, Bovin NV. Hypotheses of the origin of natural antibodies: a glycobiologist's opinion. *Biochemistry*. 2015;80(7):980–997. EDN: UCDGHB
9. Ziganshina MM, Bovin NV, Sukhikh GT. Natural antibodies as a key element of the mechanism supporting homeostasis in immune system. *Immunologiya*. 2013;(5):277–282. EDN: RMTUZE
10. Mineeva NV, Krobinets II, Gavrovskaya SV, et al. Blood group genotyping in multi-transfused patients. *Kazan medical journal*. 2021;102(5):621–625. doi: [10.17816/KMJ2021-621](https://doi.org/10.17816/KMJ2021-621) EDN: [DIOOWO](#)
11. Zubareva LM, Donskov SI. Blood groups and acute respiratory viral infection COVID-19. *Russian journal of hematology and transfusiology*. 2022;67(1):122–130. doi: [10.35754/0234-5730-2022-67-1-122-130](https://doi.org/10.35754/0234-5730-2022-67-1-122-130) EDN: [BDFRMJ](#)
12. Ray JG, Schull MJ, Vermeulen MJ, Park AL. Association between ABO and Rh blood groups and SARS-CoV-2 infection or severe COVID-19 illness. *Annals of Internal Medicine*. 2021;174(3):308–315. doi: [10.7326/m20-4511](https://doi.org/10.7326/m20-4511) EDN: [WBQVMB](#)
13. Grujić J, Budakov-Obradović Z, Klačnja J, et al. Blood group variations in COVID-19 Convalescent plasma and regular blood donors: a comparative analysis in the Serbian population. *Microorganisms*. 2024;12(5):915. doi: [10.3390/microorganisms12050915](https://doi.org/10.3390/microorganisms12050915) EDN: [BWZVVT](#)
14. Matzhold EM, Körmöczí GF, Banfi C, et al. Lower Levels of ABO Anti-A and Anti-B of IgM, IgG and IgA isotypes in the serum but not the saliva of COVID-19 convalescents. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(15):4513. doi: [10.3390/jcm11154513](https://doi.org/10.3390/jcm11154513) EDN: [XITRRT](#)
15. Flegel WA. Pathogenesis and mechanisms of antibody-mediated hemolysis. *Transfusion*. 2015;55(S2):S47–S58. doi: [10.1111/trf.13147](https://doi.org/10.1111/trf.13147) EDN: [MHKYZS](#)
16. Robbins M, Huish S, Griffiths A, et al. Influence of donor age, sex and ethnicity on high-titre anti-A and -B: Review of 6 million donations from two national blood providers. *Vox Sanguinis*. 2024;119(9):987–995. doi: [10.1111/vox.13697](https://doi.org/10.1111/vox.13697) EDN: [LCSWJU](#)
17. de França ND, Poli MC, Ramos PG, et al. Titers of ABO antibodies in group O blood donors. *Rev Bras Hematol Hemoter*. 2011;33(4):259–262. doi: [10.5581/1516-8484.20110073](https://doi.org/10.5581/1516-8484.20110073)
18. Denomme GA, Anani WQ. ABO titers: harmonization and identifying clinically relevant ABO antibodies. *Transfusion*. 2020;60(3):441–443. doi: [10.1111/trf.15726](https://doi.org/10.1111/trf.15726) EDN: [RXHKMJ](#)
19. Park ES, Jo KI, Shin JW, et al. Comparison of total and IgG ABO antibody titers in healthy individuals by using tube and Column Agglutination Techniques. *Annals of Laboratory Medicine*. 2014;34(3):223–229. doi: [10.3343/alm.2014.34.3.223](https://doi.org/10.3343/alm.2014.34.3.223)
20. Yin S, Tan Q, Yang Y, et al. Transplant outcomes of 100 cases of living-donor ABO-incompatible kidney transplantation. *Chinese Medical Journal*. 2022;135(19):2303–2310. doi: [10.1097/cm9.0000000000002138](https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000002138) EDN: [DZWHCX](#)
21. Krishnan N, Higgins R, Short A, et al. Kidney Transplantation Significantly Improves Patient and Graft Survival Irrespective of BMI: A Cohort Study. *American Journal of Transplantation*. 2015;15(9):2378–2386. doi: [10.1111/ajt.13363](https://doi.org/10.1111/ajt.13363)
22. Won D, Choe W, Kim H, et al. Significance of isoagglutinin titer in ABO-incompatible kidney transplantation. *Journal of Clinical Apheresis*. 2013;29(5):243–250. doi: [10.1002/jca.21312](https://doi.org/10.1002/jca.21312)
23. Mineeva NV. *Human blood groups: fundamentals of immunohematology*. 2nd edition. Saint Petersburg: Gangut; 2020. (In Russ.) ISBN: 978-5-85875-600-2 EDN: [ZWWHNF](#)
24. Merkulova NN. *Prevalence, physiological and immunoserological characteristics of natural and immune group antibodies of the ABO system in residents of the Middle Ob region* [dissertation]. Moscow; 1999. (In Russ.) EDN: [QDDCAZ](#)

25. Hromova EA. *Immunoserological characteristics of the blood of the aborigines of the Middle Ob region* [dissertation abstract]. Tyumen; 2003. 22 p. (In Russ.) EDN: [NHILYV](#)

26. Ildebeneva SA. Features of distribution of immunoserological characteristics of blood of Khanty and new settlers of the northern city [dissertation]. Naberezhnye Chelny; 2013. (In Russ.) EDN: [SUWXPL](#)

27. Smirnova ON, Bondar TP, Hlipavka NA. Alloimmunization with group antigens of erythrocytes depending on the type of activity and geographic location of donors. *Vestnik sluzhby krovi Rossii*. 2012;(1):6–8. (In Russ.) EDN: [OWYXFB](#)

ОБ АВТОРАХ/ AUTHORS' INFO

Автор, ответственный за переписку:	
* Гусаченко Людмила Александровна , канд. биол. наук; адрес: Россия, 628403, Сургут, пр-кт Дружбы, д. 4; ORCID: 0000-0002-1641-9856 ; eLibrary SPIN: 5855-6368; e-mail: LA264648@mail.ru	* Lyudmila A. Gusachenko , Cand. Sci. (Biology); address: 4 Druzhby ave, Surgut, Russia, 628403; ORCID: 0000-0002-1641-9856; eLibrary SPIN: 5855-6368; e-mail: LA264648@mail.ru
Соавторы:	
Литовченко Ольга Геннадьевна , д-р биол. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-8368-2590 ; eLibrary SPIN: 5908-4625; e-mail: olgalitovchenko@mail.ru	Olga G. Litovchenko , Dr. Sci. (Biology), Professor; ORCID: 0000-0002-8368-2590 ; eLibrary SPIN: 5908-4625; e-mail: olgalitovchenko@mail.ru
Габидуллина Розалия Рузиевна ; ORCID: 0009-0008-4213-5241 ; e-mail: yarosalija@yandex.ru	Rozaliya R. Gabidullina ; ORCID: 0009-0008-4213-5241 ; e-mail: yarosalija@yandex.ru
Чемакин Юрий Алексеевич ; ORCID: 0009-0002-2329-717X; eLibrary SPIN: 6676-7057; e-mail: ychemakin1761@mail.ru	Yuriy A. Chemakin ; ORCID: 0009-0002-2329-717X; eLibrary SPIN: 6676-7057; e-mail: ychemakin1761@mail.ru

ТАБЛИЦА

Таблица 1. Количество обследованных доноров г. Сургута

Table 1. The number of donors surveyed in Surgut

Группа крови Blood type	2015 год year		2016 год year		2017 год year		2023 год year		Всего, n Total, n
	М, n M, n	Ж, n W, n	М, n M, n	Ж, n W, n	М, n M, n	Ж, n W, n	М, n M, n	Ж, n W, n	
О (I)	1619	896	1407	814	1441	728	1381	746	9032
А (II)	402	320	379	332	302	335	395	276	2741
В (III)	356	336	306	287	361	284	348	216	2494
Всего Total	2377	1552	2092	1433	2104	1347	2124	1238	14 223

Примечание. М — мужчины; Ж — женщины.

Note. M — men; W — women.

Accepted for publication

РИСУНКИ

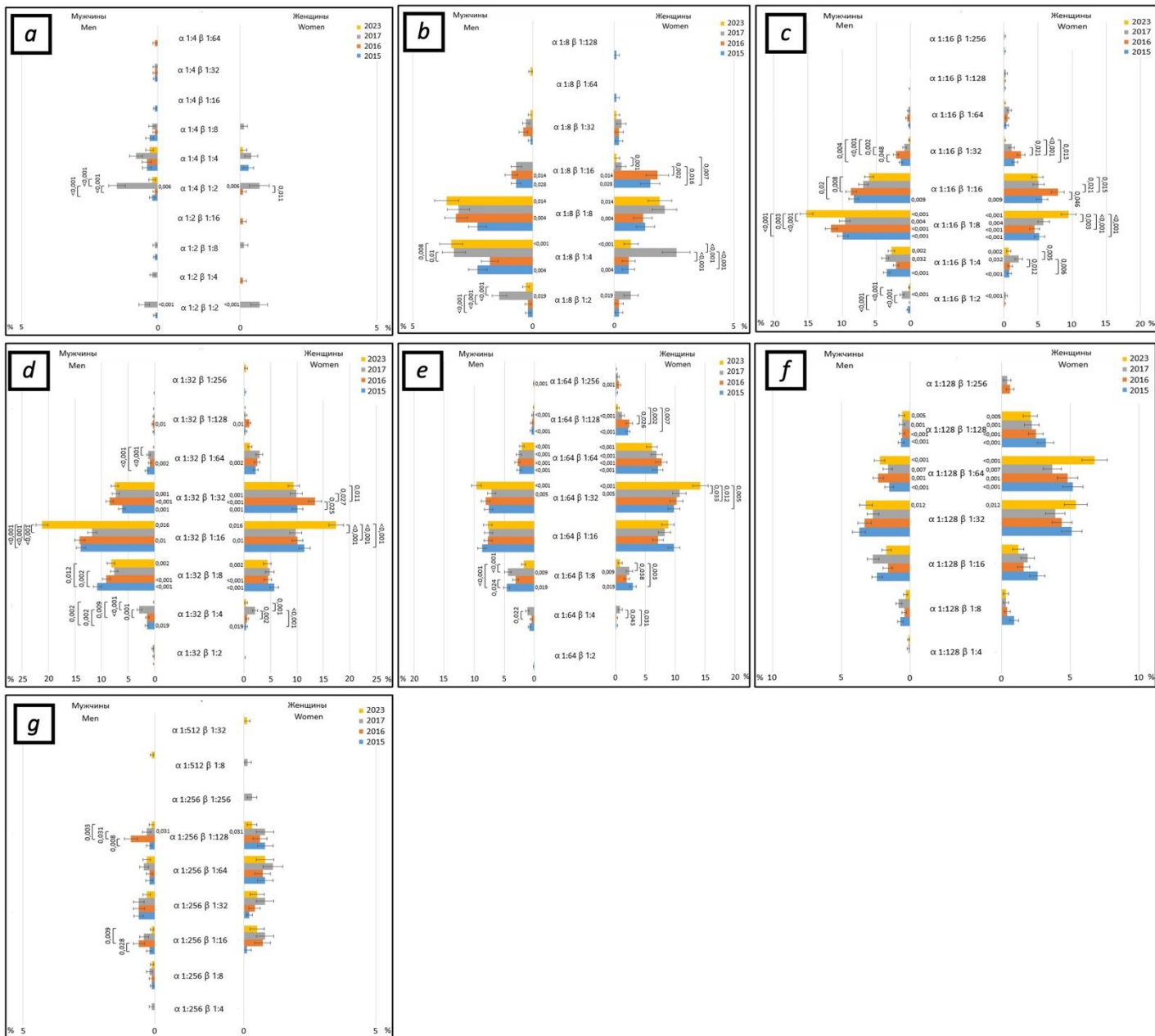


Рис. 1. Частота встречаемости титров естественных антител в разные годы среди доноров с I группой крови в г. Сургуте: а — α 1:2 и 1:4 в сочетании с β -антителами; б — α 1:8 в сочетании с β -антителами; в — α 1:16 в сочетании с β -антителами; д — α 1:32 в сочетании с β -антителами; е — α 1:64 в сочетании с β -антителами; ф — α 1:128 в сочетании с β -антителами; г — α 1:256 и 1:512 в сочетании с β -антителами. Столбцы ошибок обозначают стандартное отклонение, указаны статистически значимые различия при сравнении между годами и между мужчинами и женщинами, $p < 0,05$.

Fig. 1. Frequency of occurrence (%) of natural antibody titers α 1:2 β 1:2 - α 1:4 β 1:64 (a), α 1:8 β 1:2 - α 1:8 β 1:128 (b), α 1:16 β 1:2 - α 1:16 β 1:256 (c), α 1:32 β 1:2 - α 1:32 β 1:256 (d), α 1:64 β 1:2 - α 1:64 β 1:256 (e), α 1:128 β 1:4 - α 1:128 β 1:256 (f), α 1:256 β 1:4 - α 1:512 β 1:32 (g) of the first blood group in donors of the city of Surgut in different years. The error columns indicate the standard deviation, statistically significant differences are indicated when comparing between years, and statistically significant differences when comparing between men and women $p < 0.05$.

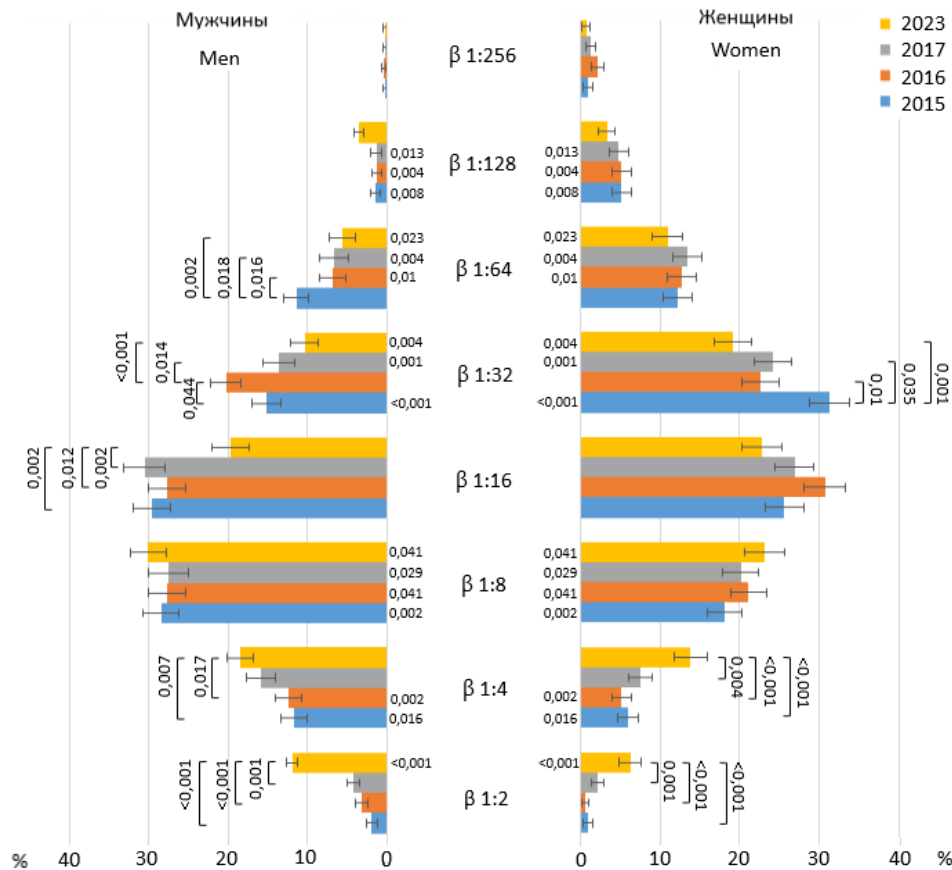


Рис. 2. Частота встречаемости титров естественных антител в разные годы среди доноров со II группой крови в г. Сургуте. Столбцы ошибок обозначают стандартное отклонение, указаны статистически значимые различия при сравнении между годами и между мужчинами и женщинами, $p < 0,05$.

Fig. 2. Frequency of occurrence of titers of natural antibodies of the second blood group in donors of the city of Surgut in different years. The error columns indicate the standard deviation, statistically significant differences are indicated when comparing between years, and statistically significant differences when comparing between men and women $p < 0.05$.

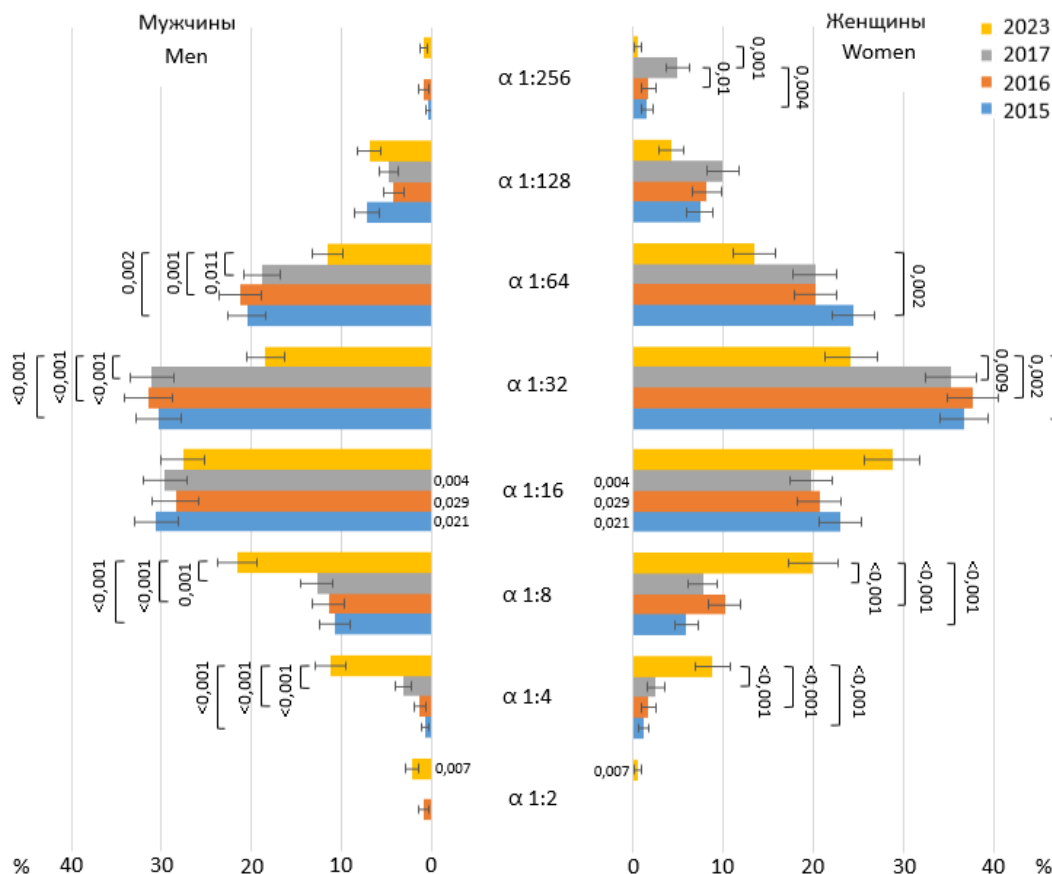


Рис. 3. Частота встречаемости титров естественных антител в разные годы среди доноров с III группой крови в г. Сургуте. Столбцы ошибок обозначают стандартное отклонение, указаны статистически значимые различия при сравнении между годами и между мужчинами и женщинами, $p < 0.05$.

Fig. 3. Frequency of occurrence of titers of natural antibodies of the third blood group in donors of the city of Surgut. The error columns indicate the standard deviation, statistically significant differences are indicated when comparing between years, and statistically significant differences when comparing between men and women $p < 0.05$.