

ВЫЯВЛЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ АНТИТЕЛ КЛАССА IgG К НЕКОТОРЫМ ФЛАВИВИРУСАМ У НАСЕЛЕНИЯ ГВИНЕЙСКОЙ РЕСПУБЛИКИ



Е.И. Кривошеина¹, М.Ю. Карташов¹, Е.В. Найденова², Н.Д. Ушкаленко¹, К.А. Свирин¹,
М.Б. Ба³, И. Нурдин⁴, С. Бумбали⁴, В.А. Терновой¹

¹ ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия

² ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, г. Саратов, Россия

³ Исследовательский институт прикладной биологии Гвинеи, г. Кундия, Гвинейская Республика

⁴ Вирусологический исследовательский центр, г. Конакри, Гвинейская Республика

Резюме. Одними из самых распространенных арбовирусов в мире являются представители рода *Orthoflavivirus* (семейство *Flaviviridae*). На территории Гвинейской Республики подтверждена циркуляция таких представителей данного семейства, как вирус желтой лихорадки (ВЖЛ), вирус Западного Нила (ВЗН) и вирус денге (ВД). Цель исследования — определение уровня специфических антител класса IgG к ВЖЛ, ВД и ВЗН у жителей различных ландшафтно-географических зон Гвинейской Республики методом ИФА. *Материалы и методы.* Для исследования была составлена панель из 1559 сывороток крови практически здоровых людей, которые были собраны во всех ландшафтно-географических зонах Гвинейской Республики. Выявление специфических антител класса IgG к ВД и ВЗН осуществляли коммерческими диагностическими препаратами, а к ВЖЛ — экспериментальной ИФА тест-системой, основанной на аналоге третьего домена белка Е полученного в ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора. *Результаты.* При тестировании сывороток крови в 28,5% (95% ДИ: 26,3–30,7) случаев были обнаружены антитела IgG к ВЖЛ, к ВД — в 11,8%, (95% ДИ: 10,3–13,5) и к ВЗН — в 27,0% (95% ДИ: 24,8–29,3). Антитела одновременно к трем вирусам (ВЖЛ, ВД и ВЗН) были выявлены в 30 случаях, к ВЖЛ и ВД — 14, ВЖЛ и ВЗН — 44, ВД и ВЗН — 56. *Выводы.* Выявление антител к ВЗН и ВД подтверждает факт продолжающейся циркуляции данных возбудителей на территории Гвинейской Республики, что несет риск здоровью местному населению. Детальное изучение молекулярно-генетических и антигенных свойств флавивирусов, циркулирующих на данной территории, позволит разработать более специфичные средства диагностики.

Ключевые слова: флавивирусы, иммунная прослойка, антитела класса IgG, вирус желтой лихорадки, вирус Западного Нила, вирус денге, Гвинейская Республика.

Адрес для переписки:

Кривошеина Екатерина Ильинична
630559, Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово, 6Б-61,
ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора.
Тел.: 8 913 919-10-59.
E-mail: katr962@mail.ru

Contacts:

Ekaterina I. Krivosheina
630559, Russian Federation, Novosibirsk Region, Koltsovo, 6B-61,
State Research Center for Virology and Biotechnology "Vector".
Phone: +7 913 919-10-59.
E-mail: katr962@mail.ru

Для цитирования:

Кривошеина Е.И., Карташов М.Ю., Найденова Е.В., Ушкаленко Н.Д.,
Свирин К.А., Ба М.Б., Нурдин И., Бумбали С., Терновой В.А. Выявление
специфических антител класса IgG к некоторым флавивирусам
у населения Гвинейской Республики // Инфекция и иммунитет. 2024.
Т. 14, № 2. С. 381–386. doi: 10.15789/2220-7619-IOS-15081

Citation:

Krivosheina E.I., Kartashov M.Yu., Naidenova E.V., Ushkalenko N.D.,
Svirin K.A., Bah M.B., Nouridine I., Boumbaly S., Ternovoy V.A. Identification
of specific IgG class antibodies to certain flaviviruses in the population
of the Republic of Guinea // Russian Journal of Infection and Immunity =
Infektsiya i immunitet, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 381–386. doi: 10.15789/2220-
7619-IOS-15081

IDENTIFICATION OF SPECIFIC IgG CLASS ANTIBODIES TO CERTAIN FLAVIVIRUSES IN THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF GUINEA

Krivosheina E.I.^a, Kartashov M.Yu.^a, Naidenova E.V.^b, Ushkalenko N.D.^a, Svirin K.A.^a, Bah M.B.^c, Nouridine I.^d, Boumbaly S.^d, Ternovoy V.A.^a

^a State Research Center for Virology and Biotechnology “Vector”, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russian Federation

^b Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Saratov, Russian Federation

^c Research Institute of Applied Biology of Guinea, Kindia, Republic of Guinea

^d Hemorrhagic Fevers Virology Research Center, Conakry, Republic of Guinea

Abstract. One of the most common arboviruses in the world are representatives of the genus *Orthoflavivirus* (family *Flaviviridae*). On the territory of the Republic of Guinea, the circulation of such representatives of this family as the yellow fever virus (YFV), West Nile virus (WNV) and dengue virus (DENV) has been confirmed. The aim of the study was to determine the level of specific IgG class antibodies to YFV, DENV and WNV in residents of various landscape—geographical zones of the Republic of Guinea by the ELISA method. **Materials and methods.** For the study, a panel of 1559 blood serums from practically healthy people was compiled, which were collected in all landscape and geographical zones of the Republic of Guinea. The detection of specific IgG class antibodies to DENV and WNV was carried out with commercial diagnostic drugs, and for YFV — with an experimental ELISA test system based on an analogue of the third domain of protein E obtained at the State Research Center for Virology and Biotechnology “Vector” of Rospotrebnadzor. **Results.** When testing blood sera in 28.5% (95% CI: 26.3–30.7) of cases, IgG antibodies to YFV, to DENV — in 11.8%, (95% CI: 10.3–13.5) and to WNV — in 27.0% (95% CI: 24.8–29.3) were detected. Antibodies to three viruses simultaneously (YFV, DENV and WNV) were detected in 30 cases, to YFV and DENV — 14, YFV and WNV — 44, DENV and WNV — 56. **Conclusion.** The detection of antibodies to WNV and DENV confirms the fact of the continued circulation of these pathogens in the territory of the Republic of Guinea, which poses a health risk to the local population. A detailed study of the molecular genetic and antigenic properties of flaviviruses circulating in this area will allow the development of more specific diagnostic tools.

Key words: flaviviruses, immune layer, IgG class antibodies, yellow fever virus, West Nile virus, dengue virus, Republic of Guinea.

Введение

Из обширной экологической группы арбовирусов представители рода *Orthoflavivirus* (семейство *Flaviviridae*), циркуляция которых доказана на всех континентах, исключая Антарктиду, имеют наибольшее эпидемиологическое значение. Африка входит состав регионов, в наибольшей степени затронутых проблемой распространения инфекционных болезней, вызываемых флавивирусами, включая желтую лихорадку и лихорадку денге.

По данным ВОЗ в 2023 г. в африканских странах зарегистрирован 171 991 случай заболевания лихорадкой денге, в том числе 753 — с летальным исходом. Циркуляция вирусов денге выявлена в более чем 30 африканских странах [2].

Подходящие климатические условия, наличие большого количества членистоногих переносчиков (прежде всего комаров родов *Aedes* и *Culex*), низкая осведомленность населения и медицинского персонала о профилактике и контроле за инфекционными болезнями, вызываемыми флавивирусами, является актуальной проблемой для здравоохранения многих африканских стран, в том числе и Гвинейской Республики. Территория страны условно делится на четыре ландшафтно-географические зоны: Нижняя, Средняя, Верхняя и Лесная Гвинея, где в разные годы рядом авторов подтверждена циркуляция вирусов желтой лихорадки (ВЖЛ), Западного Нила (ВЗН) и денге (ВД) [1, 6]. Последние подтвержденные три

случая заболевания людей желтой лихорадкой в Гвинее были зарегистрированы в конце 2023 г. Заболевшими оказались 6-летняя девочка из региона Фарана (Средняя Гвинея), 7-летний мальчик из округа Кундара (Нижняя Гвинея) и 60-летняя женщина из Гекеду (Лесная Гвинея) [3]. Четких и достоверных данных о заболеваемости населения другими инфекционными болезнями, вызываемыми флавивирусами, на территории Гвинеи нет. Имеются единичные публикации о выявлении случая лихорадки денге [5].

Для достоверной оценки наличия иммунной прослойки к возбудителям инфекционных болезней, вызываемых арбовирусами, необходимым является определение уровня специфических антител в сыворотках крови людей, проживающих на данной территории [8].

Цель настоящей работы состояла в изучении уровня специфических антител класса IgG к ВЖЛ, ВД и ВЗН у местного населения в разных ландшафтно-географических зонах Гвинейской Республики методом иммуноферментного анализа (ИФА).

Материалы и методы

Исследование проводилось совместно российскими и гвинейскими специалистами на базе Российско-Гвинейского центра эпидемиологии и профилактики инфекционных болезней в г. Киндия, Гвинейская Республика, в 2020–2023 гг. [7].

Исследуемые сыворотки. Для работы были использованы сыворотки крови практически здоровых жителей различных ландшафтно-географических зон Гвинейской Республики. Исследование проводилось при информированном согласии участников. Протокол одобрен решением Этического комитета Гвинейской Республики (№ 129/CNERS/16 от 31 августа 2015 г.).

На территории Гвинейской Республики широко распространены возбудители малярии, в связи с чем весь полученный материал перед исследованием был протестирован методом иммунохроматографического анализа для выявления антигенов малярийных плазмодиев с использованием наборов реагентов MalariaAgP.f/Pan SD BIOLINE (Standart Diagnostics, Inc., Республика Южная Корея). Образцы, в которых присутствовали антигены возбудителей малярии, в последующую работу не поступили с целью исключения получения неспецифических результатов. Таким образом, была составлена панель из 1559 сывороток крови условно здоровых жителей Гвинейской Республики (табл.). Исследуемая выборка респондентов была представлена в возрастном диапазоне от 1 до 89 лет; в исследование вошло 910 женщин (58,4%) и мужчин 649 (41,6%).

Твердофазный ИФА. Сыворотки крови исследовали методом ИФА, направленным на выявление вирусоспецифических антител класса IgG к ВЖЛ, ВД и ВЗН. В работе были использованы коммерческие диагностические препараты: «Anti-Denge Virus ELISA (IgG)» (Euroimmun, Германия) и «БиоСкрин-ВЗН (Комплект G)» (Биосервис, Россия). Для выявления антител класса IgG к вирусу ЖЛ был взят экспериментальный на-

бор реагентов, разработанный в ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора. Основой данного теста служит рекомбинантный очищенный белок E ВЖЛ, который сорбирован в карбонатном буфере (Na₂CO₃ и NaN₃, pH 9,6) на полистироловые планшеты (NEST, США). На рекомбинантную плазмидную ДНК, экспрессирующую аналог третьего домена поверхностного белка E ВЖЛ в бактериальной системе *E. coli* (BL-21(DE3)), получен патент на изобретение № RU2798563 С1 («Рекомбинантная плазмидная ДНК pET160-E3-YFV, экспрессирующая аналог третьего домена поверхностного белка E вируса желтой лихорадки (ВЖЛ) в бактериальной системе *E. coli*, используемого для выявления специфических антител ВЖЛ»). Твердофазный ИФА для выявления антител IgG к ВЖЛ проводили, как было описано авторами в предыдущих публикациях [4].

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программного обеспечения Microsoft Excel, диаграмма Венна была построена с помощью программы Microsoft PowerPoint. Средние значения оценивали с учетом 95% доверительного интервала (ДИ) по методу Клоппера–Пирсона в онлайн-сервисе Epitools (<https://epitools.ausvet.com.au>).

Результаты

При тестировании панели сывороток крови в 715 (45,9% от общего количества) случаев были выявлены специфические антитела класса IgG по крайней мере к одному из изучаемых флавивирусов. Чаще всего исследуемые сыворотки содержали вирусоспецифические антитела

Таблица. Результаты выявления специфических антител класса IgG к некоторым флавивирусам в различных ландшафтно-географических зонах Гвинейской Республики

Table. Detection of flavivirus-specific IgG antibodies in various landscape and geographical zones of the Republic of Guinea

Ландшафтно-географическая зона Landscape and geographical zones	Общее количество исследованных образцов, n Total number of tested samples, n	Вирусы/Viruses		
		Результаты выявления антител класса IgG: абсолютное число положительных проб, n; доля положительных проб, % Detection of IgG antibodies: absolute number of positive samples, n; proportion of positive samples, %		
		ВЖЛ/YFV	ВД/DENV	ВЗН/WNV
Нижняя Гвинея Lower Guinea	807	299; 37,05 (95% ДИ: 33,8–40,4)	58; 7,19 (95% ДИ: 5,6–9,2)	141; 17,47 (95% ДИ: 15,1–20,2)
Средняя Гвинея Middle Guinea	342	41; 11,89 (95% ДИ: 8,9–15,8)	47; 13,74 (95% ДИ: 10,5–17,8)	124; 36,26 (95% ДИ: 31,3–41,5)
Верхняя Гвинея Upper Guinea	121	64; 52,89 (95% ДИ: 44,1–61,5)	30; 24,79 (95% ДИ: 17,9–33,2)	44; 36,36 (95% ДИ: 28,3–45,2)
Лесная Гвинея Forested Guinea	289	40; 13,84 (95% ДИ: 10,3–18,3)	49; 16,96 (95% ДИ: 13,1–21,7)	112; 38,75 (95% ДИ: 33,3–44,5)
Итого по всей территории Гвинеи Total Guinea-wide	1559	444; 28,48 (95% ДИ: 26,3–30,7)	184; 11,8 (95% ДИ: 10,3–13,5)	421; 27 (95% ДИ: 24,8–29,3)

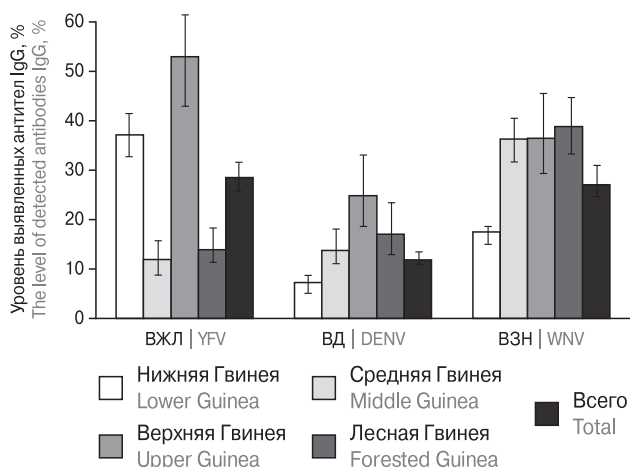


Рисунок 1. График распределения специфических антител класса IgG к флавивирусам в разных ландшафтно-географических зонах Гвинейской Республики
 Figure 1. Distribution of flavivirus-specific IgG antibodies in different landscape-geographical zones of the Republic of Guinea

к ВЖЛ (28,48%, (95% ДИ: 26,3–30,7)). Что касается положительные результатов в отношении остальных флавивирусов, то к ВД специфические антитела были обнаружены в 184 (11,8%, (95% ДИ: 10,3–13,5)) случаях, а к ВЗН — в 421 (27%, (95% ДИ: 24,8–29,3)) (табл.).

Распределение положительных проб по разным ландшафтно-географическим зонам Гвинейской Республики представлено на рис. 1 и в табл.

Стоит обратить внимание, что при анализе сывороток крови, были выявлены образцы, в которых детектировались вирусоспецифические антитела IgG ко всем трем флавивирусам или к двум из них. Так, антитела одновременно к трем вирусам (ВЖЛ, ВД и ВЗН) были выявлены в 30 случаях, к ВЖЛ и ВД — 14, ВЖЛ и ВЗН — 44, ВД и ВЗН — 56 (рис. 2).

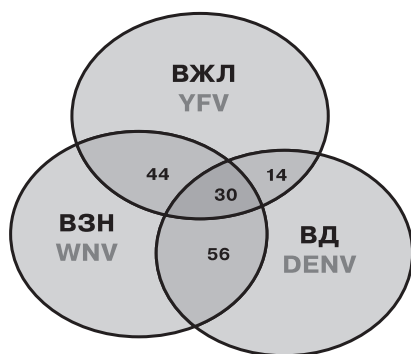


Рисунок 2. Количество образцов, в которых выявлены специфические антитела IgG к нескольким флавивирусам
 Figure 2. Number of samples positive for two or more flavivirus-specific IgG antibodies

Обсуждение

На территории Гвинейской Республики один из самых высоких уровней антител класса IgG у местных жителей регистрировался в отношении ВЖЛ (28,48% от всех исследованных сывороток). Это можно объяснить тем, что в разные годы во время вспышек ЖЛ проводились кампании по массовой вакцинации [15]. Причем, в зоне Нижней и Верхней Гвинеи процент положительных образцов был достаточно высоким, и составлял 37,5% и 52,89% соответственно. Несмотря на определение, достаточно высокого уровня иммунной прослойки населения к возбудителю ЖЛ, он явно не является достаточным в случае возникновения крупной вспышки болезни. Так, по данным ВОЗ для формирования стойкого коллективного иммунитета против ЖЛ необходимо наличие специфических антител к возбудителю в сыворотках крови не менее 80% местного населения [11].

При сравнении уровня антител к ВЖЛ среди мужчин и женщин достоверных различий выявлено не было; IgG были обнаружены у 28,1% (95% ДИ: 24,7–31,6) мужчин и 28,8% (95% ДИ: 25,9–31,8) — женщин. Однако при анализе различных возрастных групп удалось выявить различия. Наибольший уровень антител наблюдался в возрастной группе до 20 лет — 36,8% (95% ДИ: 32,4–41,5) и старшей возрастной группе (старше 60 лет) — 94,7% (95% ДИ: 89,5–97,4), в то время как этот показатель в группах от 21 до 40 лет составил всего 14,3% (95% ДИ: 11,9–17,1), а от 41 до 60 лет — 21,4% (95% ДИ: 17,0–26,6).

Известно, что вакцинация против ЖЛ проводится в рамках нескольких программ: плановая иммунизация детей (нацеленная на младенцев до 9 месяцев) в эндемичных регионах; кампании по реагированию на вспышки ЖЛ; а также вакцинация людей, направляющихся в эндемичные по ЖЛ страны. Согласно отчетам ВОЗ, в Республике Гвинея самый высокий охват вакцинацией против ЖЛ наблюдается у людей старше 60 лет (порядка 80–90%). У людей с 14 до 59 лет уровень вакцинации на уровне 60–70%, а у детей до 13 лет всего 40–50% [14]. Данные настоящей работы полностью подтверждают эти сведения.

Уровень вирусоспецифических антител к ВЗН в разных ландшафтно-географических зонах составил от 17,47 до 38,75%. Такой высокий процент положительных образцов, при отсутствии официальных данных о заболеваемости лихорадкой Западного Нила, может быть связан с тем, что при заражении вирусом человек часто переносит болезнь бессимптомно или, при наличии симптоматики, без диффе-

рнциального лабораторного исследования [10]. Стоит отметить, что самый высокий уровень антител к ВЗН (38,75%) наблюдается в районе Лесной Гвинеи. Эти данные согласуются с опубликованными ранее исследованиями [1,6].

Что касается ВД, то антитела к нему обнаруживались в 7,9–24,79% случаях во всех ландшафтно-географических зонах, что соответствует тому, что комары рода *Aedes*, которые являются основными переносчиками возбудителя, распространены по всей территории Гвинейской Республики [1]. Следовательно, риск заболевания лихорадкой денге имеют все население страны.

Обнаружение антител в сыворотке крови сразу к нескольким исследуемым вирусам может свидетельствовать и о недостаточной специфичности наборов реагентов, направленных на выявление антител IgG к флавивирусам. Серологический перекрест является известной проблемой при изучении распространения ВД, ВЖЛ и ВЗН, имеющие схожие по аминокислотному составу антигены [13]. Следовательно, антитела, образованные в ответ на встречу макроорганизма с одним из флавивирусов, могут кросс-реагировать с возбудителями других представителей семейства, что затрудняет точную идентификацию серологическими методами [12]. Важно отметить, что для достоверной постановки диагноза в данном случае требуется комплексный подход, включающий как изучение клинической симптоматики, эпидемиологический анамнез, так и результаты различных лабораторных тестов, включая серологические и молекулярно-генетические методы.

Еще одной из причин обнаружения специфических антител сразу к нескольким флавивирусам может являться то, что жители Гвинеи за период жизни могут взаимодействовать с несколькими видами возбудителей.

Заключение

Таким образом, специфические антитела класса IgG к ВЖЛ были обнаружены в 28,5% (95% ДИ: 26,3–30,7) исследуемых проб. Встречаемость антител к ВД в исследуемой выборке составила 11,8%, (95% ДИ: 10,3–13,5), а к ВЗН — 27% (95% ДИ: 24,8–29,3).

В 2017 г. специалистами ВОЗ разработана и запущена стратегия по ликвидации эпидемий желтой лихорадки (Eliminate Yellow fever Epidemics, EYE), которую поддерживают медицинские организации 40 стран Африки, Северной и Южной Америки, подвергающихся риску распространения данной инфекционной болезни. Цель такого партнерства — массовая вакцинация населения, проживающего в эндемичных регионах, своевременное выявление случаев ЖЛ и принятие соответствующих мер для ликвидации возможных вспышек. Согласно прогнозам ВОЗ, к 2026 г. более миллиарда человек должны принять участие в этой программе [9]. Возможно, благодаря этой инициативе, уровень коллективного иммунитета к ЖЛ достигнет необходимого уровня, чтобы не допустить распространения желтой лихорадки на территории Гвинейской Республики в будущем.

Выявление специфических антител класса IgG к ВЗН и ВД в настоящем исследовании подтверждает факт продолжающейся циркуляции данных возбудителей на территории Гвинейской Республики, что, несомненно, несет риск здоровью местного населения. А более детальное изучение молекулярно-генетических и серологических особенностей флавивирусов, циркулирующих в данном регионе, позволит разработать более совершенные средства лабораторной диагностики вызываемых ими инфекционных болезней.

Список литературы/References

1. Бутенко А.М. Изучение циркуляции арбовирусов в Гвинейской Республике // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1996. № 2. С. 40–45. [Butenko A.M. Study of the circulation of arboviruses in the Republic of Guinea. *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni = Medical Parasitology and Parasitic Diseases*, 1996, no. 2, pp. 40–45. (In Russ.)]
2. Всемирная организация здравоохранения. Денге — ситуация в мире. 21 декабря 2023 г. [World Health Organisation. Dengue — world situation. December, 21, 2023.] URL: <https://www.who.int/ru/emergencies/diseaseoutbreaknews/item/2023-DON498> (24.04.2024)
3. Всемирная организация здравоохранения. Новости о вспышках болезней — Гвинея. 23 декабря 2020 г. [World Health Organisation. Disease outbreak news — Guinea. December, 23, 2020.] URL: <https://www.who.int/ru/emergencies/disease-outbreak-news/item/2020-DON302> (23.04.2024)
4. Кривошеина Е.И., Карташов М.Ю., Найденова Е.В., Ушкаленко Н.Д., Пьянков С.А., Терновой В.А., Локтев В.Б. Разработка способа выявления специфических антител к белку Е вируса желтой лихорадки (Flaviviridae: Flavivirus) методом иммуноферментного анализа // Вопросы вирусологии. 2022. Т. 67, № 4. С. 341–350. [Krivosheina E.I., Kartashov M.Yu., Naidenova E.V., Ushkalenko N.D., Pyankov S.A., Ternovoi V.A., Loktev V.B. Development of a method for detection of specific antibodies to E protein of yellow fever virus (Flaviviridae: Flavivirus) by enzyme immunoassay. *Voprosy virusologii = Problems of Virology*, 2022, vol. 67, no. 4, pp. 341–350. (In Russ.)] doi: doi: 10.36233/0507-4088-123
5. Мальцев О.В., Касьяненко К.В., Жданов К.В., Малышев Н.А., Коломоец Е.В., Коному В.К. Опыт применения противовирусного препарата риамиловир у пациента с лихорадкой денге в Гвинейской Республике (клинический случай) // Терапевтический архив. 2023. Т. 95, № 1. С. 85–89. [Maltsev O.V., Kasyanenko K.V., Zhdanov K.V., Malyshev N.A., Kolomoets E.V., Konomou V.K. The experience in treatment of dengue fever using antiviral drug riamilovir in the Republic of Guinea (case report). *Terapevticheskii arkhiv = Therapeutic Archive*, 2023, vol. 95, no. 1, pp. 85–89 (In Russ.)]

6. Найденова Е.В., Карташов М.Ю., Захаров К.С., Шевцова А.П., Диалло М.Г., Нурдин И., Ба М.Б., Бумбали С., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Определение уровня иммунной прослойки населения Гвинеи к некоторым арбовирусам // Вопросы вирусологии. 2021. Т. 66, № 5. С. 346–353. [Naidenova E.V., Kartashov M.Y., Zakharov K.S., Shevtsova A.P., Diallo M.G., Nouridine I., Bah M.B., Boumbaly S., Shcherbakova S.A., Kuttyrev V.V. Study of the prevalence of antibodies to some arboviruses in the population of the Republic of Guinea. *Voprosy virusologii = Problems of Virology*, 2021, vol. 66, no. 5, pp. 346–353. (In Russ.)] doi: 10.36233/0507-4088-74
7. Найденова Е.В., Лопатин А.А., Сафронов В.А., Коломоец Е.В., Левковский А.Е., Силла А.Л., Старшинов В.А., Щербакова С.А., Малеев В.В. Обеспечение биологической безопасности при проведении противоэпидемических мероприятий в период ликвидации эпидемии лихорадки Эбола в Гвинеи // Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2018. Т. 7, № 3. С. 102–108. [Naydenova E.V., Lopatin A.A., Safronov V.A., Kolomoets E.V., Levkovskiy A.E., Silla A.L., Starshinov V.A., Shcherbakova S.A., Maleev V.V. Biological safety at carrying out anti-epidemic measures during the liquidation of the epidemic Ebola fever in the Republic of Guinea. *Infektsionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie = Infectious Diseases: News, Opinions, Training*, 2018, vol. 7, no. 3, pp. 102–108. (In Russ.)] doi: 10.24411/2305-3496-2018-13015
8. Руководство по вирусологии. Вирусы и вирусные инфекции человека и животных. Под ред. Д.К. Львова. М.: МИА, 2013. 1200 с. [Handbook of virology. Viruses and viral infections of humans and animals. Ed. Lvov D.K. *Moscow: Medical Information Agency*, 2013. 1200 p. (In Russ.)]
9. A global strategy to Eliminate Yellow fever Epidemics 2017–2026. *Geneva: World Health Organization*, 2018. URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272408/9789241513661-eng.pdf>
10. Domingo C., Charrel R.N., Schmidt-Chanasit J., Zeller H., Reusken C. Yellow fever in the diagnostics laboratory. *Emerg. Microbes Infect.*, 2018, vol. 7, no. 1: 129. doi: 10.1038/s41426-018-0128-8
11. International Federation of Red Cross. GIN: Epidemic — 2023-01 — Yellow Fever. URL: <https://go.ifrc.org/emergencies/6331> (24.04.2024)
12. Lorch M.S., Collado M.S., Argüelles M.H., Rota R.P., Spinsanti L.I., Lozano M.E., Goñi S.E. Production of recombinant NS1 protein and its possible use in encephalitic flavivirus differential diagnosis. *Protein Expr. Purif.*, 2019, vol. 153, pp. 18–25. doi: 10.1016/j.pep.2018.08.008
13. Rathore A.P.S., St John A.L. Cross-Reactive Immunity Among Flaviviruses. *Front. Immunol.*, 2020, no. 11: 334. doi: 10.3389/fimmu.2020.00334
14. Yellow fever death reported in Guinea. URL: <http://outbreaknewstoday.com/yellow-fever-death-reported-in-guinea-58662> (24.04.2024)
15. Yellow fever in Africa and Central and South America, 2008–2009. *Wkly Epidemiol. Rec.*, 2011, vol. 86, no. 4, pp. 25–36.

Авторы:

Кривошеина Е.И., научный сотрудник отдела разработки и производства средств диагностики вирусных заболеваний ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия;

Карташов М.Ю., к.б.н., старший научный сотрудник отдела молекулярной вирусологии флавивирусов и вирусных гепатитов ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия;

Найденова Е.В., к.б.н., ведущий научный сотрудник отдела диагностики инфекционных болезней ФКУН Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, г. Саратов, Россия;

Ушкаленко Н.Д., младший научный сотрудник отдела разработки и производства средств диагностики вирусных заболеваний ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия;

Свиринов К.А., младший научный сотрудник отдела молекулярной вирусологии флавивирусов и вирусных гепатитов ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия;

Ба М.Б., научный сотрудник Исследовательского института прикладной биологии Гвинеи, г. Киндия, Гвинеи Республика;

Нурдин И., к.б.н., научный сотрудник Исследовательского института прикладной биологии Гвинеи, г. Киндия, Гвинеи Республика;

Бумбали С., к.б.н., директор лаборатории вирусных геморрагических лихорадок Вирусологического исследовательского центра, г. Конакри, Гвинеи Республика;

Терновой В.А., к.б.н., врио зав. отделом молекулярной вирусологии флавивирусов и вирусных гепатитов ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия.

Authors:

Krivosheina E.I., Researcher, Department of Development and Production of Diagnostic Tools for Viral Diseases, State Research Center for Virology and Biotechnology “Vector”, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russian Federation;

Kartashov M.Yu., PhD (Biology), Senior Researcher, Department of Molecular Virology for Flaviviruses and Viral Hepatitis, State Research Center for Virology and Biotechnology “Vector”, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russian Federation;

Naidenova E.V., PhD (Biology), Leading Researcher, Department of Infectious Diseases Diagnostics, Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Saratov, Russian Federation;

Ushkalenko N.D., Junior Researcher, Department of Development and Production of Diagnostic Tools for Viral Diseases, State Research Center for Virology and Biotechnology “Vector”, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russian Federation;

Svirin K.A., Junior Researcher, Department of Molecular Virology for Flaviviruses and Viral Hepatitis, State Research Center for Virology and Biotechnology “Vector”, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russian Federation;

Bah M.B., Researcher, Institute of Applied Biology of Guinea, Kindia, Republic of Guinea;

Nouridine I., PhD (Biology), Researcher, Institute of Applied Biology of Guinea, Kindia, Republic of Guinea;

Boumbaly S., PhD (Biology), Director of the Laboratory of Viral Hemorrhagic Fevers Virology Research Center, Conakry, Republic of Guinea;

Ternovoi V.A., PhD (Biology), Acting Head of the Department of Molecular Virology for Flaviviruses and Viral Hepatitis State Research Center for Virology and Biotechnology “Vector”, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russian Federation.