

ИММУНИТЕТ К КОКЛЮШУ У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН И ФАКТОРЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С СЕРОНЕГАТИВНЫМ СТАТУСОМ

Е.А. Кригер, О.В. Самодова, Л.В. Титова

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

Резюме. Несмотря на высокий охват вакцинацией, коклюш по-прежнему остается серьезной проблемой современной медицины. Случаи заболевания регистрируются у детей, подростков и взрослых. Младенцы первых трех месяцев жизни – группа высокого риска тяжелого течения коклюша. Антитела, полученные трансплацентарно, обеспечивают защиту от инфекции. Но имеющиеся данные об уровне антител к коклюшу у беременных женщин в России носят фрагментарный характер. С целью оценки гуморального иммунитета к *Bordetella pertussis* у беременных женщин, а также факторов, ассоциированных с серонегативным статусом, проведено поперечное исследование с включением 388 участниц. Набор реагентов SeroPertussis IgG (Savyon Diagnostics, Израиль) для иммуноферментного анализа использовался для количественного определения уровня антител к коклюшному токсину/гемагглютину. Логистический регрессионный анализ для бинарной переменной отклика проводился для выявления факторов, ассоциированных с серонегативным статусом. Медиана возраста участниц исследования составила 30 лет. Более половины обследованных женщин (51,3%) не предоставили документально подтвержденной информации о вакцинации против коклюша. Положительный (защитный) титр антител к коклюшу (10–50 СвЕд/мл) был обнаружен в венозной крови 46,9% беременных женщин. У 25,8% серопозитивных женщин специфические антитела определялись в высоком титре (> 50 СвЕд/мл). Это может косвенно свидетельствовать о недавно перенесенном коклюше. Более половины обследованных женщин (53,1%) не имели защитного титра антител и были восприимчивы к инфекции. Их дети не получили трансплацентарного иммунитета к коклюшу. Срок гестации оказался фактором, ассоциированным с серонегативным статусом. В сравнении с женщинами, обследованными в первом триместре, участницы, обследованные в третьем триместре беременности, чаще были серонегативными к коклюшу. Шансы быть восприимчивой к инфекции возрастали с увеличением срока беременности, p для линейного тренда < 0,01. Возраст, количество беременностей и вакцинальный статус не влияли на серологический статус женщины. Введение возрастных ревакцинаций против коклюша для детей дошкольного возраста, подростков и медицинского персонала, работающего с беременными женщинами и новорожденными детьми, проведение кокон-иммунизации и вакцинации беременных женщин необходимы для защиты младенцев от коклюша.

Ключевые слова: иммунитет, коклюш, беременные, вакцинация, антитела, серопревалентность.

PERTUSSIS IMMUNITY IN PREGNANT WOMEN AND FACTORS ASSOCIATED WITH SERONEGATIVE STATUS

Krieger E.A., Samodova O.V., Titova L.V.

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

Abstract. Despite high level of vaccination coverage, pertussis remains a serious problem of modern medicine. Pertussis cases are registered among infants, adolescents, and adults. Infants younger than three months of age have the highest rate

Адрес для переписки:

Кригер Екатерина Анатольевна
163000, Россия, г. Архангельск, Троицкий пр., 51,
Северный государственный медицинский университет.
Тел.: 8 (950) 963-57-11 (моб.). E-mail: kate-krieger@mail.ru

Contacts:

Ekaterina A. Krieger
163000, Russian Federation, Arkhangelsk, Troitski pr., 51,
Northern State Medical University.
Phone: +7 (950) 963-57-11 (mobile). E-mail: kate-krieger@mail.ru

Для цитирования:

Кригер Е.А., Самодова О.В., Титова Л.В. Иммунитет к коклюшу у беременных женщин и факторы, ассоциированные с серонегативным статусом // Инфекция и иммунитет. 2021. Т. 11, № 1. С. 131–136. doi: 10.15789/2220-7619-ITP-1406

Citation:

Krieger E.A., Samodova O.V., Titova L.V. Pertussis immunity in pregnant women and factors associated with seronegative status // Russian Journal of Infection and Immunity = Infektsiya i immunitet, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 131–136. doi: 10.15789/2220-7619-ITP-1406

of serious clinical pertussis course. Transplacental transfer of pertussis-specific antibodies induce protection against infection. The available data regarding anti-pertussis antibody level in pregnant women in Russia remain sparse. To evaluate the humoral immunity to *Bordetella pertussis* in pregnant women and factors associated with seronegative status, we performed a cross-sectional study with 388 participants. SeroPertussis IgG (Israel) ELISA kit was used to quantitate antibodies against pertussis toxin/hemagglutinin. Binary logistic regression analysis was performed to assess factors associated with seronegative status. The median age of the subjects was 30 years old, more than half of which (51.3%) provided no verified pertussis vaccination data so that their children will not receive transplacental anti-infectious immunity. Gestational age was significantly associated with seronegative status. Compared to women tested during the first trimester, participants in the third trimester of pregnancy were more likely to be seronegative against pertussis. The odds of being susceptible rose with increased gestational period ($p < 0.01$ for linear trend). Age, number of pregnancies and vaccination status revealed no impact on significant differences between seropositive and seronegative subjects. Pertussis booster vaccinations for pre-school children, adolescents and healthcare workers dealing with pregnant women and neonates as well as cocoon vaccination strategy and vaccination during pregnancy were necessary to be implemented to protect infants against pertussis.

Key words: immunity, pertussis, pregnancy, vaccination, antibodies, seroprevalence.

Введение

В начале XX века на первом году жизни от коклюша умирало больше детей, чем от кори, дифтерии и скарлатины [21]. Если бы Жюль Борде, бельгийский врач и ученый, который впервые выделил возбудителя из мокроты своей пятилетней дочери, страдавшей коклюшем, был жив сегодня, он бы гордился тем, что за последние несколько десятилетий миллионы жизней были спасены благодаря вакцинопрофилактике коклюша. Однако, несмотря на высокий охват вакцинацией, даже в таких странах как Австралия, Канада, Финляндия, Франция, Германия, Италия, Япония, Испания, Швейцария, США и Великобритания, коклюш до сих пор остается серьезной проблемой и регистрируется у детей, подростков и взрослых. Большая часть летальных исходов (83%) приходится на детей первых трех месяцев [2, 13]. Эпидемиологическая ситуация в Российской Федерации (РФ) сопоставима с другими странами, заболеваемость имеет тенденцию к росту, но летальные случаи регистрируются редко. Так, по данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, в 2018 г. только 1 случай коклюша закончился неблагоприятным исходом [4].

Согласно Национальному календарю профилактических прививок (приказ МЗ РФ № 125-н от 2014 г.), ревакцинация против коклюша проводится на втором году жизни. С возрастом поствакцинальный иммунитет утрачивается, что ведет к увеличению заболеваемости представителей старших возрастных групп, которые являются источником инфекции для детей, не привитых против коклюша [5, 6]. В окружении заболевшего ребенка более чем в 80% случаев выявляется длительно кашляющий родственник, выделяющий *Bordetella pertussis* [23]. Причем коклюш считается гораздо более заразным, чем полиомиелит, ветряная оспа, краснуха, паротитная инфекция и дифтерия. Исследования показали, что один

инфицированный человек может заразить 12–17 восприимчивых к коклюшу людей [13]. Наиболее уязвимы в отношении коклюша дети раннего возраста, поскольку заболевание у них протекает особенно тяжело с развитием апноэ, судорог, поражением головного мозга гипоксического генеза. В 4% случаев заболевание коклюшем ребенка в возрасте до 3 месяцев заканчивается летальным исходом [3, 22]. Единственной защитой для детей первых месяцев жизни служат антитела, полученные от матери трансплацентарно [7, 14, 19]. Исследования, проведенные за рубежом, показали, что менее 50% родильниц имеют защитные антитела к коклюшу. Установлено, что в крови новорожденных от матерей с защитным титром антител против коклюша также определяется высокая концентрация антител к возбудителю, что обуславливает невосприимчивость детей к коклюшу в течение первых месяцев жизни [11, 18]. Таким образом, отсутствие ревакцинации детей старшего возраста и взрослых приводит не только к появлению большого числа восприимчивых к коклюшу лиц, потенциальных источников инфекции, но и не позволяет обеспечить защиту детей раннего возраста путем передачи пассивного иммунитета от матери ребенку.

Данные по напряженности иммунитета к коклюшу у беременных женщин в РФ представлены фрагментарно, что послужило предпосылкой для проведения данного исследования.

Цель настоящего исследования — оценка гуморального иммунитета к *Bordetella pertussis* у беременных женщин, а также факторов, ассоциированных с серонегативным статусом.

Материалы и методы

Проведено поперечное исследование с включением 388 беременных женщин. После подписания информированного согласия у женщины забиралась венозная кровь для определения концентрации антител к *Bordetella pertussis*. Процедура проводилась одновременно с рутинным обследова-

дованием беременных в женской консультации или родильном доме, дополнительных инвазивных вмешательств не требовалось. Исследование было одобрено комитетом по этике Северного государственного медицинского университета (протокол № 08/11-18 от 28.11.18). Участницы также заполняли опросник с указанием возраста, количества беременностей, срока настоящей беременности и данных о вакцинации против коклюша (документально подтвержденной).

Определение уровня антител (IgG) к коклюшному токсину/гемагглютинуину проводилось в центральной научно-исследовательской лаборатории Северного государственного медицинского университета методом иммуноферментного анализа с использованием набора реагентов SeroPertussis IgG (Savyon Diagnostics, Израиль). Результат обследования расценивался как положительный при концентрации антител в диапазоне от 10 до 50 СвЕд/мл (условно защитный титр), как отрицательный – при концентрации IgG ниже 10 СвЕд/мл. Уровень IgG более 50 СвЕд/мл указывал на недавно перенесенную инфекцию.

Качественные признаки представлены в абсолютных величинах с указанием частот (%). Анализ качественных признаков проводился с использованием критерия Хи-квадрат Пирсона. Нормальность распределения количественных данных определялась по критерию Колмогорова–Смирнова. В качестве способа их представления выбрана медиана (1-й и 3-й квартили) — Me (Q1; Q3).

Оценка факторов, потенциально влияющих на уровень антител к коклюшу в крови беременной женщины, проводилась с использованием множественного логистического регрессионного анализа для бинарной переменной отклика. Серологический статус женщины был введен в регрессионную модель как зависимая дихотомическая переменная (1 — серонегативный, 0 — серопозитивный). В качестве факторов, влияющих на концентрацию противокклюшных антител, рассматривались возраст, количество беременностей, срок настоящей беременности, вакцинальный статус. При проведении анализа учитывалось как изолированное влияние предиктора (нескорректированное отношение шансов [ОШ]), так и взаимное влияние совокупности изучаемых факторов (скорректированное ОШ). Расчеты проводились с помощью пакета статистических программ SPSS (версия 23; IBM, США).

Результаты

Возраст участниц исследования варьировался от 18 до 45 лет, медиана составила 30 (26; 34) лет. Срок беременности был от 5 до 41 недели

и в среднем составил 30 (12; 39) недель. Более половины обследованных женщин (62,4%) вынашивали вторую и последующие беременности. Сведения о вакцинации против коклюша, полученной в детстве, предоставили 48,7% женщин. С момента проведения прививки прошло в среднем 28 (23; 32) лет. Более детальная характеристика исследуемой группы представлена в табл. 1.

Положительный титр антител IgG к *Bordetella pertussis* был обнаружен в крови 46,9% беременных женщин. У 25,8% серопозитивных женщин специфические антитела определялись в высоком титре (> 50 СвЕд/мл), что может косвенно свидетельствовать о недавно перенесенном коклюше. Более половины обследованных женщин (53,1%) не имели защитного титра антител, следовательно, были восприимчивы к инфекции.

Доля серонегативных к коклюшу различалась в зависимости от возраста и срока беременности и была наибольшей у женщин старше 30 лет, а также у беременных, обследованных на сроке 38–41 неделя (табл. 1). Процент участниц исследования с низким уровнем противокклюшных антител был несколько выше среди женщин с пятью и более беременностями в анамнезе, при уровне статистической значимости $p = 0,05$. Зависимости концентрации IgG к возбудителю коклюша от вакцинального статуса выявлено не было (табл. 1).

С помощью множественного логистического регрессионного анализа проведена оценка факторов, потенциально влияющих на серологический статус беременной женщины относительно коклюша. В модель логистической регрессии были включены возраст, срок беременности, количество беременностей, вакцинация против коклюша в детстве. По результатам анализа только срок беременности оказывал статистически значимое влияние на серологический статус беременной женщины. С увеличением срока беременности шансы быть серонегативным к *Bordetella pertussis* увеличивались, p для тренда < 0,01. Так, на 38–41 неделе беременности вероятность иметь низкий уровень противокклюшных антител была выше (табл. 2).

Обсуждение

Проведенное исследование показало, что более половины беременных женщин были серонегативны по отношению к возбудителю коклюша, а, следовательно, их дети не получили пассивного иммунитета к коклюшу от матери. Среди факторов, влияющих на серологический статус беременной женщины относительно *Bordetella pertussis*, значимым был только срок гестации. Уровень антител снижался с увеличением срока беременности и был минимальным у женщин,

Таблица 1. Характеристика исследуемой группы, n = 388

Table 1. Characteristics of study population, n = 388

Характеристики Characteristics	Серопозитивные, N (%) Seropositive	Серонегативные, N (%) Seronegative	Всего, N (%) Total	Значение p* p-value
Возраст/Age				
18–25 лет/years	39 (43,8)	50 (56,2)	89 (100,0)	0,02
26–30 лет/years	67 (57,3)	50 (42,7)	117 (100,0)	
> 30 лет/years	76 (41,8)	106 (58,2)	182 (100,0)	
Срок беременности/Gestational period				
1–12 недель/weeks	60 (60,0)	40 (40,0)	100 (100,0)	< 0,01
13–27 недель/weeks	47 (61,8)	29 (38,2)	76 (100,0)	
28–37 недель/weeks	45 (60,8)	29 (39,2)	74 (100,0)	
38–41 неделя/weeks	30 (21,7)	108 (78,3)	138 (100,0)	
Количество беременностей/Gravidity				
1	69 (55,2)	56 (44,8)	125 (100,0)	0,05
2–5	106 (43,8)	136 (56,2)	242 (100,0)	
> 5	7 (33,3)	14 (66,7)	21 (100,0)	
Сведения о вакцинации против коклюша/Vaccination status of pertussis				
Вакцинированы/Vaccinated	82 (43,4)	107 (56,6)	189 (100,0)	0,18
Нет сведений/No data	100 (50,3)	99 (49,7)	199 (100,0)	

Примечание. * — хи-квадрат Пирсона.

Note. * — Pearson's Chi-square test.

Таблица 2. Факторы, ассоциированные с серонегативным статусом к коклюшу у беременных женщин

Table 2. Variables associated with seronegative status to pertussis among pregnant women

Факторы Variables	Нескорректированное ОШ* (95% ДИ**) Crude OR* (95% CI**)	Значение p p-value	Скорректированное ОШ (95% ДИ) Adjusted OR (95% CI)	Значение p p-value
Возраст/Age				
18–25 лет/years	группа сравнения reference	–	группа сравнения reference	–
26–30 лет/years	0,6 (0,3–1,0)	0,06	0,6 (0,3–1,1)	0,09
> 30 лет/years	1,1 (0,6–1,8)	0,75	1,0 (0,5–1,9)	0,98
Оценка тренда p for trend	–	0,40	–	0,19
Срок беременности/Gestational period				
1–12 недель/weeks	0,2 (0,1–0,3)	< 0,01	0,2 (0,1–0,3)	< 0,01
13–27 недель/weeks	0,2 (0,1–0,3)	< 0,01	0,2 (0,1–0,3)	< 0,01
28–37 недель/weeks	0,2 (0,1–0,3)	< 0,01	0,2 (0,1–0,3)	< 0,01
38–41 неделя/weeks	группа сравнения reference	–	группа сравнения reference	–
Оценка тренда p for trend	–	< 0,01	–	< 0,01
Количество беременностей/Gravidity				
1	группа сравнения reference	–	группа сравнения reference	–
2–5	1,5 (1,1–2,4)	0,04	1,6 (0,9–2,7)	0,08
> 5	2,5 (0,9–6,5)	0,07	1,9 (0,6–5,6)	0,26
Оценка тренда p for trend	–	0,02	–	0,08
Сведения о вакцинации против коклюша/Vaccination status of pertussis				
Вакцинированы Vaccinated	1,3 (0,9–2,0)	0,18	1,4 (0,9–2,3)	0,08
Нет сведений No data	группа сравнения reference	–	группа сравнения reference	–

Примечание. *ОШ — отношение шансов, **ДИ — доверительные интервалы.

Note. *OR — odds ratio, **CI — confidence intervals.

обследованных на 38–41 неделе. Возраст, количество беременностей и вакцинальный статус не влияли на концентрацию иммуноглобулинов класса IgG к возбудителю коклюша.

Доля серонегативных беременных женщин (53,1%) в нашем исследовании сопоставима с данным показателем в исследованиях, проведенных в Китае (61,3%) и Иране (64,2%), но процент серонегативных в нашем исследовании был меньше, чем в исследовании, проведенном в Италии (77,4%) [10, 16, 17]. Защитный титр отмечен у 46,1% беременных, что более характерно для эпохи до начала вакцинации против коклюша, когда в результате естественной инфекции происходило формирование иммунной прослойки и 30–50% беременных имели циркулирующие антитела к токсину *Bordetella pertussis* [21]. В исследовании американских авторов удельный вес серопозитивных беременных был также гораздо ниже, и в возрасте 2 месяцев антитела у их детей уже отсутствовали [21]. В РФ вакцинация на первом году и ревакцинация в 18 месяцев при отсутствии бустерной вакцинации подростков и взрослых мало влияют на циркуляцию возбудителя, способствуя формированию естественной защиты, что подтверждается в нашем исследовании наличием высоких титров антител, характерных для недавней инфекции, у 25,8% обследованных. Однако ни одна из женщин не указала на перенесенный коклюш в анамнезе, вероятно, потому, что инфекция протекала в атипичной форме в виде синдрома длительного кашля. Так, по данным И.В. Бабаченко, распространенность коклюшной инфекции среди длительно кашляющих школьников и подростков составляет более 33%, несмотря на наличие в анамнезе прививок против коклюша у 72% обследованных пациентов [1].

Согласно опубликованным данным, в странах с высоким уровнем охвата вакцинацией детей заболеваемость сместилась в сторону подростков и взрослых [8]. Механизм этой эволюции не совсем понятен, вероятно, он многофакторный, обусловленный постепенным ослаблением естественного и вакцинального иммунитета и улучшением диагностики [12, 13, 21].

Среди женщин, предоставивших документированное подтверждение вакцинации против коклюша в детстве, серопозитивными оказались только 43,4%, то есть иммунитет после вакцинации не был продолжительным, что подтверждено результатами многочисленных

исследований, показавших, что после вакцинации цельноклеточными вакцинами, которыми и были привиты обследованные женщины в детстве, иммунитет сохраняется от 5 до 14 лет [13].

В группе беременных старше 30 лет и среди женщин с пятью и более беременностями в анамнезе доля серонегативных к коклюшу была выше, что не противоречит результатам исследования, проведенного в Аргентине, авторы которого указывают, что беременные в возрасте 25–39 лет имели более низкие титры антител [9].

Установлено, что между уровнем антител к коклюшу и сроком гестации существует отрицательная корреляция [15]. Результаты регрессионного анализа подтвердили, что фактором, влияющим на уровень антител к коклюшу в крови беременной женщины, является срок беременности. Постепенное снижение концентрации IgG к третьему триместру беременности также отмечается другими авторами и обусловлено как активным транспортом антител плоду, так и физиологическим увеличением объема циркулирующей крови у матери и совпадает с аналогичным изменением уровня альбумина [7, 14, 15, 20]. В исследованиях А. Malek и соавт. показано, что уровень общих IgG у женщины к 37–41 неделе беременности постепенно снижался примерно до 65% от первоначального уровня, определяемого на 9–16 неделе беременности [15].

С увеличением срока гестации количество серопозитивных женщин уменьшалось, и на 38–41 неделе удельный вес серопозитивных составил 21,7%. Следовательно, большинство новорожденных (78,3%) останутся незащищенными от коклюша. Учитывая, что период полураспада антител составляет около 5–6 недель (36,3–40,3 дня), можно предположить, что на протяжении первых трех месяцев жизни защищено материнскими антителами будет еще более меньшее количество младенцев [14].

По данным многочисленных зарубежных исследований и согласно мнению экспертов ВОЗ, для защиты от коклюша наиболее уязвимой категории детей от рождения до 3 месяцев необходимо введение возрастных ревакцинаций детей дошкольного возраста и подростков, кокон-иммунизация и вакцинация беременных женщин, а также вакцинация медицинских работников, особенно тех, которые имеют прямой контакт с беременными и детьми раннего возраста [3, 13, 22].

Список литературы/References

1. Бабаченко И.В., Нестерова Ю.В., Чернышова Ю.Ю., Карасев В.В., Починяева Л.М., Калисникова Е.Л. Клинико-эпидемиологические аспекты коклюша у детей в условиях массовой вакцинопрофилактики // Журнал инфектологии. 2019. Т. 11, № 2. С. 88–96. [Babachenko I.V., Nesterova Yu.V., Chernyshova Yu.Yu., Karasev V.V., Pochinyayeva L.M., Kalisnikova E.L. Clinical-epidemiological aspects of whooping cough in children in conditions of mass vaccinoprophylactics. *Zhurnal infektologii = Journal of Infectology*, 2019, vol. 11, no. 2, pp. 88–96. (In Russ.)] doi: 10.22625/2072-6732-2019-11-2-88-96

2. Басов А.А., Цвиркун О.В., Герасимова А.Г., Зекорева А.Х. Проблема коклюша в некоторых регионах мира // Инфекция и иммунитет. 2019. Т. 9, № 2. С. 354–362. [Basov A.A., Tsvirkun O.V., Gerasimova A.G., Zekoreeva A.Kh. The problem of pertussis in some regions of the world. *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 354–362. (In Russ.)] doi: 10.15789/2220-7619-2019-2-354-362
3. Краснов В.В., Ильяненков К.Ф., Павлович Л.Р., Кузмичева М.В. Коклюш у детей первого года жизни // Детские инфекции. 2018. Т. 17, № 1. С. 12–17. [Krasnov V.V., Ilyanekov K.F., Pavlovich L.R., Kuzmicheva M.V. Pertussis in infants. *Detskie infektsii = Children's Infections*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 12–17. (In Russ.)] doi: 10.22627/2072-8107-2018-17-1-12-17
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. М.: Роспотребнадзор, 2019. 254 с. [The sanitary-epidemiological conditions in the Russian Federation in 2018. State report. *Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor*, 2019. 254 p. (In Russ.)]
5. Таточенко В.К. Коклюш — недоуправляемая инфекция // Вопросы современной педиатрии. 2014. Т. 13, № 2. С. 78–82. [Tatochenko V.K. Pertussis — infection not under complete control. *Voprosy sovremennoi pediatrii = Current Pediatrics*, 2014, vol. 13, no. 2, pp. 78–82. (In Russ.)] doi: 10.15690/vsp.v13i2.975
6. Харит С.М., Воронина О.Л., Лакоткина Е.А., Черныяева Т.В. Специфическая профилактика коклюша: проблемы и перспективы // Вопросы современной педиатрии. 2007. Т. 6, № 2. С. 71–77. [Kharit S.M., Voronina O.L., Lakotkina E.A., Chernyaeva T.V. Specific pertussis prevention: problems and perspectives. *Voprosy sovremennoi pediatrii = Current Pediatrics*, 2007, vol. 6, no. 2, pp. 71–77. (In Russ.)]
7. Abu Raya B., Srugo I., Kesse A. The decline of pertussis-specific antibodies after tetanus, diphtheria, and acellular pertussis immunization in late pregnancy. *J. Infect. Dis.*, 2015, vol. 212, pp. 1869–1873. doi: 10.1093/infdis/jiv324
8. Barkoff A.M., Gröndahl-Yli-Hannuksela K., He Q. Seroprevalence studies of pertussis: what have we learned from different immunized populations. *Pathogens and Disease*, vol. 73, no. 7, pp. 1–11. doi: 10.1093/femspd/ftv050
9. Fallo A., Manonelles G., Hozbor D., Lara C., Huespe M., Mazzeo S., Canle O., Galas M., López E. Pertussis seroprevalence in adults, post-partum women and umbilical cord blood. *Arch. Argent. Pediatr.*, 2014, vol. 112, no. 4, pp. 315–322. doi: 10.5546/aap.2014.315
10. Hashemi S.H., Zamani M., Mamani M., Javedanpoor R., Rahighi A.H., Nadi E. Seroprevalence of Bordetella pertussis antibody in pregnant women in Iran. *J. Res. Health. Sci.*, 2014, vol. 14, no. 2, pp. 128–131.
11. Healy C.M., Munoz F.M., Rench M.A., Halasa N.B., Edwards K.M., Baker C.J. Prevalence of pertussis antibodies in maternal delivery, cord and infant serum. *J. Infect. Dis.*, 2004, vol. 190, pp. 335–340. doi: 10.1086/421033
12. Huygen K., Rodeghiero C., Govaerts D., Leroux-Roels I., Melin P., Reynders M., Van Der Meeren S., Van Den Wijngaert S., Pierard D. Bordetella pertussis seroprevalence in Belgian adults aged 20–39 years, 2012. *Epidemiol. Infect.*, 2014, vol. 142, pp. 724–728. doi: 10.1017/S0950268813002458
13. Kilgore P.E., Salim A.M., Zervos M.J., Schmitt H.J. Pertussis: microbiology, disease, treatment, and prevention. *Clin. Microbiol. Rev.*, 2016, vol. 29, no. 3, pp. 449–486. doi: 10.1128/CMR.00083-15
14. Malek A., Sager R., Kuhn P. Evolution of maternofetal transport of immunoglobulins during human pregnancy. *Am. J. Reprod. Immunol.*, 1996, vol. 36, pp. 248–255. doi: 10.1111/j.1600-0897.1996.tb00172.x
15. Marchi S., Viviani S., Montomoli E., Trombetta C.M. Low prevalence of antibodies against pertussis in pregnant women in Italy. *Lancet. Infect. Dis.*, 2019, vol. 19, no. 7: P690. doi: 10.1016/S1473-3099(19)30269-5
16. Meng Q., Liu Y., Yu J., Li L., Shi W., Shen Y., Li L., Zhan S., Yang F., Wang Y., Yao K. Seroprevalence of maternal and cord antibodies specific for diphtheria, tetanus, pertussis, measles, mumps and rubella in Shunyi, Beijing. *Sci. Rep.*, 2018, 8: 13021. doi: 10.1186/s12887-019-1860-5
17. Mooi F.R., de Greeff S.C. The case for maternal vaccination against pertussis *Lancet Infect. Dis.*, 2007, vol. 7, pp. 614–624. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70113-5
18. Naidu M.A., Muljadi R., Davies-Tuck M.L., Wallace E.M., Giles M.L. The optimal gestation for pertussis vaccination during pregnancy: a prospective cohort study. *Obstet. Gynecol.*, 2016, vol. 215, no. 2, pp. 237.e1–237.e6. doi: 10.1016/j.ajog.2016.03.002
19. Palmeira P., Quinello C., Silveira-Lessa A.L. IgG Placental transfer in healthy and pathological pregnancies. *Clin. Dev. Immunol.*, 2012, 2012: 985646. doi: 10.1155/2012/985646
20. Van Rie A., Wendelboe A.M., Englund J.A. Role of maternal pertussis antibodies in infants. *Pediatr. Infect. Dis. J.*, 2005, vol. 24, no. 5, pp. 62–65. doi: 10.1097/01.inf.0000160915.93979.8f
21. WHO. Pertussis vaccines: WHO position paper — August 2015. *Geneva: WHO; 2015. URL: https://www.who.int/immunization/policy/position_papers/pertussis/en*
22. Wiley K.E. Sources of pertussis infection in young infants: a review of key evidence informing targeting of the cocoon strategy. *Vaccine*, 2013, vol. 31, pp. 618–625. doi: 10.1016/j.vaccine.2012.11.052

Авторы:

Кригер Е.А., к.м.н., доцент кафедры инфекционных болезней Северного государственного медицинского университета, г. Архангельск, Россия;
Самодова О.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой инфекционных болезней Северного государственного медицинского университета, г. Архангельск, Россия;
Титова Л.В., д.м.н., профессор кафедры инфекционных болезней Северного государственного медицинского университета, г. Архангельск, Россия.

Authors:

Krieger E.A., PhD (Medicine), Associate Professor, Department of Infectious Diseases, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;
Samodova O.V., PhD, MD (Medicine), Head of the Department of Infectious Diseases, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;
Titova L.V., PhD, MD (Medicine), Professor, Department of Infectious Diseases, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation.

Поступила в редакцию 10.03.2020
 Принята к печати 04.07.2020

Received 10.03.2020
 Accepted 04.07.2020