

Роль эндотелина-1 и молекул межклеточной адгезии у женщин с невынашиванием беременности и бесплодием

А.В. Самодова

ФИЦ комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН
163020, г. Архангельск, пр. Никольский, 20

Резюме

Подготовлен обзор литературы с использованием информационных баз данных eLIBRARY.RU, Google Scholar и PubMed за период 1990–2025 гг. Критерием отбора явилась информация о концентрациях эндотелина-1, молекул межклеточной адгезии у практически здоровых женщин и пациенток с невынашиванием беременности, бесплодием. Представлены данные о роли эндотелина-1 и молекул межклеточной адгезии в механизмах регуляции дисфункции эндотелия. Показана необходимость разработки нормативных пределов их концентрации у женщин в период планирования и течения беременности, а также выявления терапевтических мишеней для лечения бесплодия и предупреждения репродуктивных потерь.

Ключевые слова: эндотелин-1, молекулы адгезии, дисфункция эндотелия, бесплодие, невынашивание беременности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований ФГБУН ФИЦ комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН «Регуляция состояния иммунологической реактивности женщин репродуктивного возраста, проживающих на северных и арктических территориях» (номер государственной регистрации: 125021902583-8).

Автор для переписки. Самодова А.В., e-mail: annapoletaeva2008@yandex.ru

Для цитирования. Самодова А.В. Роль эндотелина-1 и молекул межклеточной адгезии у женщин с невынашиванием беременности и бесплодием. *Сиб. науч. мед. ж.* 2025;45(5):130–140. doi: 10.18699/SSMJ20250510

Role of endothelin-1 and intercellular adhesion molecules in women with miscarriage and infertility

A.V. Samodova

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of UrB RAS
163020, Arkhangelsk, Nikolskiy ave., 20

Abstract

A literature review was prepared using information databases eLIBRARY.RU, Google Scholar and PubMed for the period 1990–2025. The selection criterion was information on concentrations of endothelin-1, intercellular adhesion molecules in practically healthy women and patients with nonpregnancy and infertility. Data on the role of endothelin-1 and intercellular adhesion molecules in the mechanisms of regulation of endothelial dysfunction are presented. The necessity of development of normative limits of these molecules' concentration in women during planning and course of pregnancy as well as identification of therapeutic targets for infertility treatment and prevention of reproductive losses is shown.

Key words: endothelin-1, adhesion molecules, endothelial dysfunction, infertility, pregnancy failure.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Financing. The work was carried out within the framework of the program of fundamental scientific research of N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of UrB RAS "Regulation of the state of immunological reactivity of women of reproductive age living in the northern and arctic territories" (state registration number: 125021902583-8).

Correspondence author. Samodova A.V., e-mail: annapoletaeva2008@yandex.ru

Citation. Samodova A.V. Role of endothelin-1 and intercellular adhesion molecules in women with miscarriage and infertility. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2025;45(5):130–140. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20250510

Введение

Невынашивание беременности и бесплодие до настоящего времени остаются важной актуальной проблемой. Частота этих осложнений варьирует от 10 до 25 % [1–3]. Среди факторов, вызывающих репродуктивные потери, особое значение имеют нарушения имплантации эмбриона, связанные дисфункцией эндометрия [4]. Регуляция этого сложного процесса осуществляется посредством синхронного обмена сигнальными молекулами между матерью и эмбрионом, реализующегося через экспрессию эффекторных молекул, факторов роста и цитокинов, которые, взаимодействуя, обеспечивают необходимую координацию.

Имплантация и плацентация характеризуются выраженным воспалительным процессом, который, несмотря на потенциальное повреждение эндометрия, является критически важным для трансформации эпителия матки, элиминации метаболитов и ангиогенеза, обеспечивающего адекватное фетоплацентарное кровообращение. Таким образом, для первого триместра беременности характерна повышенная воспалительная активность, способствующая активации эндотелиальных клеток и увеличению их адгезивных свойств. В результате этого могут возникать нарушения в процессе взаимодействия лейкоцитов с эндотелием [5]. Срочные реакции вазоконстрикции и вазодилатации обеспечиваются эндотелином-1, оказывающим антиаггрегационный эффект, который реализуется вследствие констрикции артерий клубочков почки, а также непосредственное констрикторное влияние на стенку сосудов как артерий, так и вен. Эндотелин-1 принимает непосредственное участие в аутопаракринном контроле секреции альдостерона, адреномедулина, вазопрессина и способен индуцировать временную дилатацию сосудов, связанную с повышением высвобождения NO из эндотелиальных клеток [6]. Уровень эндотелинов влияет на перфузию дистальных отделов артериального русла. Нарушение вазодилатации, вызванное их дисбалансом, может приводить к метаболическим нарушениям. В условиях недостаточной вазодилатации и тканевой перфузии установлено усиление секреции и shedding молекул адгезии [7]. Взаимодействие агрегатов с эндотелиоцитами запускает каскад реакций, выражающийся в

повышенной секреции продуктов цикла окиси азота и провоспалительных цитокинов [8].

Представляло интерес проанализировать имеющиеся литературные данные по вопросу роли эндотелина-1 и молекул межклеточной адгезии у женщин с невынашиванием беременности и бесплодием. Поиск, анализ и систематизация источников проводились с использованием баз данных eLIBRARY.RU, Google Scholar и PubMed, что позволило сформировать основу для последующих выводов.

Роль эндотелина-1 у женщин с невынашиванием беременности и бесплодием

Эндотелин-1 – вазоконстрикторный пептид, продуцируемый эндотелиоцитами и субэндотелиальными компонентами, оказывает влияние на ремоделирование сосудистой стенки. Увеличение его концентрации выше физиологического предела приводит к повышению артериального давления, выработки цитокинов, снижению маточно-плацентарной перфузии, а также развитию гемоконцентрации и протеинурии [9]. Эндотелин-1 играет важную роль в развитии эндотелиальной дисфункции, которая может привести к невынашиванию беременности [10, 11]. Акушерские и инфекционные заболевания у беременных женщин часто сопровождаются активацией эндотелия и повышенным уровнем эндотелина-1. Эти изменения могут негативно влиять на гемодинамику в фетоплацентраном комплексе [12].

На сегодняшний день отсутствуют убедительные доказательства значимых колебаний содержания изучаемого биомаркера и показателей кровотока в маточных артериях при беременности. Показано, что у беременных на сроке 30–34 недели, имеющих латентную цитомегаловирусную инфекцию и хроническую плацентарную недостаточность, уровень эндотелина-1 в крови больше, чем у женщин с физиологическим течением беременности и не имеющих цитомегаловирусной инфекции в анамнезе. Таким образом, повышенная активность эндотелия в сосудах матки и плаценты приводит к увеличению сопротивления кровотоку, что может негативно сказаться на кровоснабжении матки и плода [13]. В акушерской практике эндотелий рассматривается как важнейший регулятор, который координирует работу различных компонентов, поддержива-

ющих стабильность внутренней среды в системе микроциркуляции, обеспечивающей жизнедеятельность плода и плаценты.

Эндотелиальная дисфункция рассматривается как существенная причина развития ряда акушерских и перинатальных осложнений, включая преждевременное прерывание беременности, преэклампсию, фетоплацентарную недостаточность и синдром задержки роста плода [14–18]. Исследование эндотелиальной регуляции фетоплацентарного ангиогенеза и патогенеза сосудистых осложнений на ранних сроках гестации является приоритетным направлением фундаментальных и клинических исследований в акушерстве и гинекологии [19]. На разных этапах развития фолликула его кровоснабжение регулируется эндотелием и взаимодействием эндотелиальных факторов, контролирующих тонус сосудистой стенки [20]. Имеются единичные данные относительно концентрации эндотелина-1 в фолликулярной жидкости у женщин с невынашиванием беременности на ранних сроках и бесплодием. Так, она больше в гонадотропинстимулированных циклах по сравнению со спонтанными циклами [21–23], увеличена в фолликулярной жидкости пациенток с трубно-перитонеальной формой бесплодия, эндокринной формой, с умеренно выраженным синдромом поликистозных яичников, а также с мужским фактором бесплодия. Это может быть связано с прямым воздействием гонадотропных гормонов и особенностями фолликуло-и стероидогенеза в стимулированных яичниках [24].

Эндотелин-1 активирует важные сигнальные молекулы, способствуя тем самым активации стрессовых механизмов. Предполагается, что эндотелин-1 участвует в развитии гипертензивного синдрома, окислительного стресса, стрессовой реакции эндоплазматического ретикулума при преэклампсии; использование антагонистов его рецепторов может предотвратить развитие данных патологических процессов. Предполагается создание стратегий, направленных на блокирование механизмов стресса и предотвращение развития патологий при преэклампсии [25]. Одним из ключевых факторов невынашивания беременности в системе гемостаза отводят появлению признаков гиперкоагуляции, которые увеличивают риск тромботических осложнений [26].

IL-1 β играет ключевую роль в процессе имплантации. Его взаимодействие с рецепторами в эндометрии вызывает локальное воспаление, которое необходимо для успешного прикрепления эмбриона [27]. Важно отметить, что продукция провоспалительных цитокинов IL-1 β и TNF- α в первом триместре беременности взаимосвязана и

находится под контролем иммунных факторов. В начале беременности эти цитокины способствуют выработке важного для развития хориона регуляторного белка Е-селектина, а также сосудистого эндотелиального фактора роста А – одного из факторов развития сосудистой системы [28].

Эндотелий сосудов фетоплацентарного комплекса играет ключевую роль в выработке эндотелина-1 во время беременности, концентрация эндотелина-1 постепенно повышается по мере ее развития, начиная с ранних сроков [29]. У беременных выявлены два максимальных уровня эндотелина-1 в крови: на 16-й и 28-й неделях. Данный феномен может быть обусловлен динамикой развития и созревания плацентарной ткани [30].

У беременных с гестационным сахарным диабетом, получающих инсулин, наблюдается повышенный уровень эндотелина-1, который коррелирует со степенью компенсации заболевания. Это представляет серьезную угрозу для беременности, увеличивая риск преэклампсии, гипоксии плода и других опасных осложнений [31–33]. Некоторые исследователи считают, что дисфункция плаценты играет ключевую роль в инициировании повреждений эндотелия. Так, ишемизированная плацента запускает каскад патологических процессов, секретируя факторы, повреждающие эндотелий, что, в свою очередь, нарушает регуляцию сосудистого роста и приводит к плацентарной недостаточности [34–37].

Роль молекул межклеточной адгезии у женщин с невынашиванием беременности и бесплодием

О развитии дисфункции эндотелия свидетельствует не только повышение концентрации эндотелина-1, но и увеличение экспрессии на поверхности эндотелиоцитов молекул межклеточной адгезии [38], которые ответственны за прилипание к эндотелию циркулирующих лейкоцитов, что играет важную роль в развитии иммунного воспаления [39]. Адгезия клеток имеет решающее значение для развития эмбриона.

Молекула межклеточной адгезии-1 (ICAM-1, CD54), лиганд для интегрина CD11a/CD18, является важным участником межклеточного взаимодействия. Она способствует адгезии широкого спектра клеток, таких как лимфоциты, нейтрофилы, моноциты, эндотелиальные клетки, фибробласты, а также клетки эпидермиса (кератициты) [40]. ICAM-1 экспрессируется на иммунных, эндотелиальных и эпителиальных клетках, регулируется цитокинами, включая IFN- γ [41]. Характер ее экспрессии может отражать взаимодействие различных факторов, участвующих в процессе

имплантации, поскольку ICAM-1 является цитокин-индуцируемой молекулой и связана с менструальным циклом [42].

О функции ICAM-1 на ранних сроках беременности известно мало. Возможно, данная молекула межклеточной адгезии играет роль в предотвращении иммунного ответа в материнской матке [42] и, следовательно, может быть вовлечена в регуляцию подавления материнской иммунной системы во время беременности. Являясь регулятором многочисленных клеточных взаимодействий, ICAM-1 представляет собой лиганд по меньшей мере для двух лейкоцитарных интегринов [43]. Он может играть определенную роль в контроле событий, связанных с лимфоцитами, и предотвращении иммунного распознавания в матке [44]. Тканевые уровни ICAM-1 при идиопатической рецидивирующей потере беременности выше, чем у здоровых женщин, что свидетельствует о потенциально измененной иммунной среде и объясняется высокими концентрациями цитокинов IL-12 и IL-18, а также общим воспалительным состоянием, характерным для данной патологии невынашивания [45]. Повышение уровня ICAM-1 в плацентарных и инвазивных синцитиотрофобластах можно использовать в качестве диагностического маркера для пациенток, склонных к самопроизвольным абортam [46].

Показано увеличение содержания растворимой формы ICAM-1 (sICAM-1) при различных патологических состояниях, включая мужское бесплодие. Это позволяет рассматривать sICAM-1 как предполагаемый общий эффектор, который связывает репродуктивное и системное повреждение [47]. Однако механизм, лежащий в основе действия sICAM-1, остается неясным. Показано, что многочисленные воспалительные стимулы, включая цитокины (TNF- α , IL-1, IFN- γ), а также липополисахарид, могут повышать экспрессию ICAM-1 через активацию транскрипции кодирующего ее гена [48–51].

sICAM-1 может действовать как молекулярный переключатель и является промотором транзита половых клеток через гематотестикулярный барьер (ВТВ). Вмешиваясь в соединения сертолиевых, зародышевых клеток и экспрессию белка ВТВ, sICAM-1 способствует перемещению половых клеток во время дифференцировки. Таким образом, sICAM-1 дважды перемещает половые клетки, нарушает адгезию и подавляет регуляцию таких белков, как N-кадгерин, γ -катенин и коннексин-43. Свободная форма межклеточной молекулы адгезии, в отличие от мембранной ICAM-1, усиливает адгезию. Таким образом, sICAM-1 регулирует динамику ВТВ для поддержки сперматогенеза [47].

Селектины, взаимодействуя с интегринами, способствуют более прочному и длительному прикреплению клеток. Семейство селектинов (CD62) включает Р-селектин (CD62P), который содержится в гранулах тромбоцитов и эндотелиальных клеток и быстро высвобождается на их поверхность при активации; Е-селектин (CD62E), который синтезируется активированным эндотелием; и L-селектин (CD62L), присутствующий на лейкоцитах. Имеются доказательства того, что CD62L вовлечен в адгезию Т-лимфоцитов и натуральных киллеров [52] и тучных клеток. Молекулы адгезии на поверхности клетки взаимодействуют друг с другом, образуя комплексы [53]. Селектины играют важную роль в установлении взаимодействия между матерью и плодом. В период имплантации между клетками матки и эмбриона происходит взаимодействие через L-селектин и его лиганд. Повышенная экспрессия лиганда в секреторной фазе подтверждает его роль в имплантации. L-селектин важен не только для имплантации и плацентации, но и для функционирования кровеносных сосудов, обеспечивая необходимую адгезию [54, 55].

Низкая экспрессия гена лиганда L-селектина ассоциируется с ухудшением имплантации эмбриона. Однако беременность возможна и при низкой концентрации лиганда, поскольку присутствие эмбриона стимулирует выработку L-селектина [56]. По данным авторов [57, 58], уменьшение содержания L-селектина в сыворотке крови и эндометрии ассоциировано с повышенной частотой имплантации и наступления беременности. Предполагается, что для успешной миграции лейкоцитов через эндотелий необходимо предварительное удаление L-селектина с их поверхности [59].

Нейронная молекула межклеточной адгезии (CD56) экспрессируется на клетках нейрогенного, мышечного и иммунного происхождения, включая натуральные киллеры, Т-лимфоциты, нейтрофилы, моноциты, эпителиальные и дендритные клетки. CD56 регулирует сигнальные пути, приводящие к увеличению синтеза и секреции хемокинов, интегринов, ферментов, цитокинов и других биологически активных веществ [60]. Показано, что уровень CD56-позитивных Т-клеток значительно выше в группе женщин с бесплодием и невынашиванием беременности по сравнению с практически здоровыми женщинами [61–63] и связан с воспалительным микроокружением у пациенток с нарушением репродуктивной функции [64]. При невынашивании беременности экспрессия перфорины на клетках CD56⁺ повышена по сравнению с практически здоровыми женщинами и пациентками с бесплодием [63].

sPECAM-1, свободная форма молекулы адгезии тромбоцитов и эндотелиоцитов (PECAM-1/CD31), расположенной на поверхности эндотелиальных клеток, является результатом ее протеолитического расщепления. В то время как PECAM-1 участвует в процессах ангиогенеза, sPECAM-1 рассматривается как биомаркер, отражающий дисфункцию и повреждение эндотелия и участвующий в процессе имплантации трофобласта [65]. Концентрация sPECAM-1 в сыворотке крови и фолликулярной жидкости повышается у женщин, проходящих циклы стимуляции яичников в программах вспомогательных репродуктивных технологий. Этот процесс сопровождается развитием большого количества фолликулов и выраженными гормональными изменениями [24].

Концентрации sICAM и sVCAM в сыворотке крови подвержены циклическим изменениям, связанным с фазами менструального цикла. Пиковые концентрации sICAM и sVCAM отмечаются в период овуляции, после чего наблюдается их постепенное снижение к завершению лютеиновой фазы [66].

Уровень экспрессии гена, кодирующего белок семейства молекул межклеточной адгезии ICAM-5, был значительно ниже в образцах тканей, полученных при пропущенном аборте (когда плод прекращает развитие, но не изгоняется из матки длительное время), по сравнению с образцами из группы добровольного аборта (где прерывание беременности проводится на схожем сроке, но по иным причинам) [67]. Поскольку ICAM-5 является специфичным маркером ткани головного мозга, его низкий уровень свидетельствует о недостаточном развитии или серьезном повреждении мозговых структур [68]. Авторы предполагают, что при пропущенном аборте длительная задержка нежизнеспособного эмбриона в матке приводит к его постепенной дегенерации и аутолизу, в первую очередь и в наибольшей степени повреждаются именно самые уязвимые и сложно организованные ткани — ткани головного мозга.

Увеличение концентрации белка сосудистой адгезии VAP-1 может служить потенциальным биомаркером патологий беременности, вызванных нарушением периваскулярной среды до зачатия. VAP-1 экспрессируется преимущественно на перипитах вокруг спиральных артериол в эндометрии человека [69]. Оптимальная сократимость эндометриальных перипитов зависит от уровня VAP-1, очевидно, эта многогранная молекула адгезии не только способствует целостности быстро растущих спиральных артериол, но и играет роль в создании физиологически гипоксической среды в начале беременности, которая стимули-

рует пролиферацию клеток и ангиогенез во время развития плаценты и органогенеза плода [70].

Показана роль растворимой межклеточной молекулы адгезии sCD146 на ранних сроках беременности на этапе имплантации и/или во время развития плаценты, она регулирует инвазию экстравиллезных трофобластов, т.е. способствует инвазии трофобласта, имплантации и плацентации. Так, CD146 начинает экспрессироваться в экстравиллезных трофобластах в процессе развития плаценты. Накопленные данные убедительно демонстрируют регуляторное влияние sCD146 на миграцию и инвазивность экстравиллезных трофобластов, полученных в условиях *in vitro* и *in vivo*. Определение концентрации sCD146 в плазме крови беременных женщин или в супернатанте эмбрионов, полученных в результате экстракорпорального оплодотворения, является важным инструментом для прогнозирования неблагоприятного течения беременности, включая преэклампсию и неудачную имплантацию; sCD146 может служить биомаркером в репродуктивной медицине, позволяющим оценить способность эмбриона к имплантации [71].

Ранее нами показано, что повышенные концентрации свободных молекул адгезии и L-селектина инициируют реакции агрегации эритроцитов, тромбоцитов с вовлечением циркулирующих иммунных комплексов, IgE и аутоантител и представляют собой фактор риска для индукции гиперактивации эндотелиальных и гладкомышечных клеток сосудов [72]. Это, в свою очередь, может приводить к нарушениям гемодинамики, увеличению проницаемости сосудистой стенки, активации каскада коагуляции и, следовательно, риску невынашивания беременности и бесплодию.

Заключение

Дисфункция эндотелия в период планирования и течения беременности является сложной и многофакторной проблемой, требующей дальнейшего изучения. В процессе беременности эндотелий активно и динамично функционирует, что является его характерной особенностью. Для успешного ведения беременности и предотвращения осложнений, связанных с нарушением работы эндотелия, необходимо разработать нормативные пределы концентрации эндотелина-1 у женщин для каждого триместра беременности, а также на этапе ее планирования. Это позволит определить риск эндотелиальной дисфункции и оптимизировать алгоритмы ведения беременности.

Молекулы межклеточной адгезии играют решающую роль в процессах имплантации и плацентации, увеличение их концентрации в крови служит маркером невынашивания беременности и бесплодия. Причины повышения уровней молекул межклеточной адгезии выше физиологических пределов и механизмы, лежащие в основе их действия, остаются до сих пор неясными. Выяснение этиопатогенеза данных процессов и механизмов позволит найти терапевтические мишени для лечения бесплодия и предупреждения репродуктивных потерь.

Список литературы / References

1. Батрак Н.В., Малышкина А.И., Сотникова Н.Ю., Крошкина Н.В. Роль CD178+ мононуклеарных клеток в развитии угрожающего позднего выкидыша у женщин с угрозой прерывания беременности в I триместре и привычным невынашиванием в анамнезе. *Акушерство и гинекол.* 2020;5:70–77. doi: 10.18565/aig.2020.5.70-77
2. Batrak N.V., Malysheva A.I., Sotnikova N.Yu., Kroshkina N.V. The role of cd178+ mononuclear cells in the development of threatened late abortion in women with first-trimester threatened pregnancy interruption and a history of recurrent miscarriage. *Akusherstvo i ginekologiya = Obstetrics and Gynecology.* 2020;5:70–71. [In Russian]. doi: 10.18565/aig.2020.5.70-77
3. Малышкина А.И., Сотникова Н.Ю., Воронин Д.Н., Куст А.В. Особенности регуляции функциональной активности периферических В-лимфоцитов у беременных с привычным невынашиванием беременности в анамнезе. *Ж. акушерства и жен. болезней.* 2021;70(4):73–79. doi:10.18699/SSMJ20210305
4. Malysheva A.I., Sotnikova N.Yu., Voronin D.N., Kust A.V. Regulation of the functional activity of peripheral B lymphocytes in pregnant women with a history of recurrent miscarriage. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh bolezney = Journal of Obstetrics and Women's Diseases.* 2021;70(4):73–79. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20210305
5. Анварова Ш.А., Шукуров Ф.И., Туламетова Ш.А. Инновационные методы решения проблемы женского бесплодия, ассоциированного с эндокринными нарушениями. *Акушерство, гинекол. и репрод.* 2024;18(5):706–719. doi: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2024.514
6. Anvarova Sh.A., Shukurov F.I., Tulametova Sh.A. Innovative methods of solving the problem of female infertility associated with endocrine disorders. *Akusherstvo, ginekologiya i reproduksiya = Obstetrics, Gynecology and Reproduction.* 2024;18(5):706–719. [In Russian]. doi: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2024.514
7. Жалолова Г.С., Шукуров Ф.И., Жураева А.Ж., Юлдашева М.А., Абдиева М.О. Роль цитокинов в патогенезе нарушений имплантации женщин с бесплодием, связанных с дисфункцией эндометрия. *Eurasian Journal of Medical and Natural Sciences.* 2024;(4):224–237.
8. Zhalolova G.S., Shukurov F.I., Zhuraeva A.J., Yuldasheva M.A., Abdieva M.O. Role of cytokines in the pathogenesis of implantation disorders in women with infertility associated with endometrial dysfunction. *Eurasian Journal of Medical and Natural Sciences.* 2024;(4):224–237. [In Russian].
9. Петров Ю.А., Арндт И.Г., Бахтина А.С. Иммунологические аспекты невынашивания беременности. *Главный врач Юга России.* 2021;(1):38–41.
10. Petrov Yu.A., Arndt I.G., Bakhtina A.S. Immunological aspects of pregnancy loss. *Glavnyy vrach Yuga Rossii = Chief Physician of the South of Russia.* 2021;(1):38–41. [In Russian].
11. Joseph J.J., Kluwe B., Zhao S., Kline D., Nendungadi D., Brock G., Hsueh W.A., Golden S.H. The association of aldosterone and endothelin-1 with incident diabetes among African Americans: The Jackson Heart Study. *Endocr. Metab. Sci.* 2023;11:100128. doi: 10.1016/j.endmts.2023.100128
12. Robert J. Sex differences in vascular endothelial cells. *Atherosclerosis.* 2023;384:117278. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2023.117278
13. Wautier J.L., Wautier M.P. Vascular permeability in diseases. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(7):3645. doi: 10.3390/ijms23073645
14. Fiore G., Florio P., Micheli L., Nencini C., Rossi M., Cerretani D., Ambrosini G., Giorgi G., Petraglia F. Endothelin-1 triggers placental oxidative stress pathways: putative role in preeclampsia. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2005;90(7):4205–4210. doi: 10.1210/jc.2004-1632
15. Фомина М.П., Дивакова Т.С., Ржеуская Л.Д. Эндотелиальная дисфункция и баланс ангиогенных факторов у беременных с плацентарными нарушениями. *Мед. новости.* 2014;(3):63–67.
16. Fomina M.P., Divakova T.S., Rzhetskaya L.D. Effect of otilonium bromide on intensity of chronic abdominal pain. *Meditinskije novosti = Medical News.* 2014;(3):63–67. [In Russian].
17. Миронов А.В., Умаханова М.М., Жуковский А.В. Морфометрия десквамированных эндотелиоцитов в диагностике эндотелиальной дисфункции у беременных. *Соврем. наука: актуал. пробл. теории и практ. Сер. Естеств. и техн. науки.* 2019;(7):229–235.
18. Mironov A.V., Umakhanova M.M., Zhukotsky A.V. Morphometry of circulating endothelial cells in the diagnosis of endothelial dysfunction in pregnant women. *Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki = Modern Science: Topical Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences.* 2019;(7):229–235. [In Russian].

12. Пахомова Ж.Е. Оценка маточно-плодового кровотока и развитие эндотелиальной дисфункции при преждевременной отслойке плаценты. *Евраз. союз учен.* 2016;(1-4):82–85.

Pakhomova J.E. Assessment of the uterine -fetal blood flow and development of endothelial dysfunction at premature detachment of placenta. *Yevraziyskiy soyuz uchenykh = Eurasian Union of Scientists.* 2016;(1-4):82–85. [In Russian].

13. Гориков И.Н. Изменение содержания эндотелина-1 и состояния кровотока в маточных артериях у женщин в третьем триместре гестации при обострении цитомегаловирусной инфекции во втором триместре беременности. *Бюл. физиол. и патол. дыхания.* 2021;(81):92–97. doi: 10.36604/1998-5029-2021-81-92-97

Gorikov I.N. Changes in the concentration of endothelin-1 and the state of blood flow in the uterine arteries of women in the third trimester of gestation with exacerbation of cytomegalovirus infection in the second trimester of pregnancy. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya = Bulletin of Physiology and Pathology of Respiration.* 2021;(81):92–97. [In Russian]. doi: 10.36604/1998-5029-2021-81-92-97

14. Сидорова И.С., Курцер М.А., Никитина Н.А., Рзаева А.А. Роль плода в развитии преэклампсии. *Акушерство и гинекол.* 2012;(5):23–28.

Sidorova I.S., Kurtser M.A., Nikitina N.A., Rzaeva A.A. The role of the fetus in the development of preeclampsia. *Akusherstvo i ginekologiya = Obstetrics and Gynecology.* 2012;(5):23–28. [In Russian].

15. Стародубцева Н.Л., Кононихин А.С., Бугрова А.Е., Крохина К.Н., Никитина И.В., Костюкевич Ю.И., Попов И.А., Франкевич В.Е., Александрова Н.В., Ионов О.В., Николаев Е.Н., Дегтярев Д.Н. Применение протеомного анализа мочи в диагностике состояния новорожденных детей. *Бюл. эксперим. биол. и мед.* 2015;160(12):849–852.

Starodubtseva N.L., Kononikhin A.S., Bugrova A.E., Krokchina K.N., Nikitina I.V., Kostyukovich Yu.I., Popov I.A., Frankevich V.E., Alexandrova N.V., Ionov O.V., Nikolaev E.N., Degtyarev D.N. Application of urine proteomic analysis in the diagnosis of newborn children. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny = Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2015;160(12):849–852. [In Russian].

16. Зиганшина М.М., Шилова Н.В., Хасбиуллина Н.Р., Новаковский М.Е., Николаева М.А., Кан Н.Е., Вавина О.В., Николаева А.В., Тютюнник Н.В., Сергунина О.А., ... Сухих Г.Т. Аутоантитела к антигенам эндотелия при преэклампсии. *Акушерство и гинекол.* 2016;(3):24–31. doi: 10.18565/aig.2016.3.24-31

Ziganshina M.M., Shilova N.V., Hasbiullina N.R., Novakovsky M.E., Nikolaeva M.A., Kan N.E., Vavina O.V., Nikolaeva A.V., Tyutyunnik N.V., Sergunina O.A., ... Sukhikh G.T. Autoantibodies to endothelial antigens in preeclampsia. *Akusherstvo i ginekologiya =*

Obstetrics and Gynecology. 2016;(3):24–31. [In Russian]. doi: 10.18565/aig.2016.3.24-31

17. Моисеева И.В., Мансур Хассан С.Х. Функциональные показатели эндотелия в динамике физиологической беременности у женщин (по данным реактивной пробы плечевой артерии). *Асп. вестн. Поволжья.* 2015;(5–6):33–37.

Moiseeva I.V., Mansur Khassan S.Kh. Functional indicators of endothelium in dynamics of physiological pregnancy in women (according to ischemic test of the humeral artery). *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya = Postgraduate Bulletin of the Volga Region.* 2015;(5-6):33–37. [In Russian].

18. Суханова Г.А., Мондоева С.С., Подзолкова Н.М., Кузнецова И.В. Применение гликозаминогликанов в акушерской практике для коррекции эндотелиальной дисфункции. *Мед. алфавит.* 2018;2(13):20–25.

Sukhanova G.A., Mondoeva S.S., Podzolкова N.M., Kuznetsova I.V. Application of glycosaminoglycans in obstetric practice for correction of endothelial dysfunction. *Meditsinskiy alfavit = Medical Alphabet.* 2018;2(13):20–25. [In Russian].

19. Миронов А.В., Умаханова М.М., Торчинов А.М. Роль дисфункции эндотелия в развитии материнской, перинатальной и детской заболеваемости. *Акушерство, гинекол. и репрод.* 2020;14(5):600–610. doi: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2020.136

Mironov A.V., Umakhanova M.M., Torchinov A.M. Role of endothelial dysfunction in the development of maternal, perinatal and pediatric morbidity. *Akusherstvo, ginekologiya i reproduksiya = Obstetrics, Gynecology and Reproduction.* 2020;14(5):600–610. [In Russian]. doi: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2020.136

20. Салмина А.Б., Пожиленкова Е.А., Екимова М.В., Тепляшина Е.А. Роль эндотелина и сосудисто-эндотелиального фактора роста в процессе фолликулогенеза. *Рос. вестн. акушера-гинеколога.* 2011;11(3):4–8.

Salmina A.B., Pozhilenkova E.A., Ekimova M.V., Teplyashina E.A. Role of endothelin and vascular endothelial growth factor during folliculogenesis. *Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa = Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist.* 2011;11(3):4–8. [In Russian].

21. Чернуха Г.Е., Блинова И.В., Балахонова Т.В. Синдром поликистозных яичников как фактор риска формирования эндотелиальной дисфункции. *Пробл. репродукции.* 2008;(2):40–44.

Chernukha G.E., Blinova I.V., Balakhonova T.V. Polycystic ovary syndrome as a risk factor for the formation of endothelial dysfunction. *Problemy reproduksii = Russian Journal of Human Reproduction.* 2008;(2):40–44. [In Russian].

22. Лупинская З.А., Зарифьян А.Г., Гурович Т.Ц., Шлейфер С.Г. Эндотелий. Функция и дисфункция. Бишкек: КРСУ, 2008. 373 с.

- Lupinskaya Z.A., Zarif'yan A.G., Gurovich T.Ts., Shleifer S.G. Endothelium. Function and dysfunction. Bishkek: Kyrgyz State Medical Academy. 2008: 373 p. [In Russian].
23. Тепляшина Е.А., Пожиленкова Е.А., Екимова М.В., Салмина А.Б. Роль эндотелина и сосудисто-эндотелиального фактора роста в процессе фолликулогенеза. *Рос. вестн. акушера-гинеколога*. 2011;11(3):4–9.
- Teplyashina E.A., Pozhilenkova E.A., Ekimova M.V., Salmina A.B. Role of endothelin and vascular-endothelial growth factor in the process of folliculogenesis. *Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa = Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist*. 2011;11(3):4–9. [In Russian].
24. Герилович Л.А., Салмина А.Б., Егорова А.Т., Базина М.И., Моргун А.В., Сыромятникова С.А. Роль маркеров ангиогенеза у пациенток с различными формами бесплодия в программах вспомогательных репродуктивных технологий. *Пробл. репродукции*. 2013;19(5): 60–63.
- Gerilovich L.A., Salmina A.B., Egorova A.T., Bazina M.I., Morgun A.V., Syromyatnikova S.A. The role of angiogenesis markers in assisted reproductive technology programs in patients with different forms of infertility. *Problemy reproduksii = Russian Journal of Human Reproduction*. 2013;19(5):60–63. [In Russian].
25. Jain A. Endothelin-1: a key pathological factor in pre-eclampsia? *Reprod. Biomed. Online*. 2012;25(5):443–449. doi: 10.1016/j.rbmo.2012.07.014
26. Чистякова Г.Н., Газиева И.А. Особенности цитокиновой регуляции эндотелиально-гемостазиологических взаимодействий при угрозе прерывания беременности в I триместре. *Рос. вестн. акушера-гинеколога*. 2008;(2):16–20.
- Chistyakova G.N., Gazieva I.A. Cytokine regulation of endothelial hemostasiological interactions in threatening pregnancy interruption in the first trimester. *Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa = Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist*. 2008;(2):16–20. [In Russian].
27. Simón C., Frances A., Piquette G.N., Danasouri I el, Zurawski G., Dang W., Polan M.L. Embryonic implantation in mice is blocked by interleukin-1 receptor antagonis. *Endocrinology*. 1994;134(2):521–528. doi: 10.1210/endo.134.2.8299552
28. Milstone D.S. Redline R.W., O'Donnell P.E., Davis V.M., Stavrakis G. E-selectin expression and function in a unique placental trophoblast population at the fetal-maternal interface: regulation by a trophoblastrestricted transcriptional mechanism conserved between humans and mice. *Dev. Dyn*. 2000;219(1):63–76. doi: 10.1002/1097-0177(2000)9999:9999<:AID-DVDY1035>3.0.CO;2-D
29. Комилова М.С., Пахомова Ж.Е. Значение эндотелия в развитии осложнений гестационного периода. *Рос. вестн. акушера-гинеколога*. 2015;15(1):18–23. doi: 10.17116/ro-sakush201515118-23
- Komilova M.S., Pakhomova J.E. Significance of the endothelium in the development of gestational complications. *Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa = Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist*. 2015;15(1):18–23. [In Russian]. doi: 10.17116/ro-sakush201515118-23
30. Maytt L. Review: Reactive oxygen and nitrogen species and functional adaptation of the placenta. *Placenta*. 2010;31(Suppl.):66–69. doi: 10.1016/j.placenta.2009.12.021
31. Капустин Р.В., Аржанова О.Н., Соколов Д.И., Чепанов С.В., Сельков С.А. Оценка концентрации эндотелина-1 и SICAM-1 в плазме крови у беременных с гестационным сахарным диабетом. *Акушерство и гинекол*. 2013;(5):36–41.
- Kapustin R.V., Arzhanova O.N., Sokolov D.I., Chepanov S.V., Selkov S.A. Estimation of the plasma concentration of endothelin-1 and SICAM-1 in pregnant women with gestational diabetes mellitus. *Akusherstvo i ginekologiya = Obstetrics and Gynecology*. 2013;(5):36–41. [In Russian].
32. Bedard K., Krause K.H. The NOX family of ROS-generating NADPH oxidases: physiology and pathophysiology. *Physiol. Rev*. 2007;87(1):245–313. doi: 10.1152/physrev.00044.2005
33. Климов В.А. Эндотелий фетоплацентарного комплекса при физиологическом и патологическом течении беременности. *Акушерство и гинекол*. 2008;(2):7–9.
- Klimov V.A. The fetoplacental endothelium in physiological and abnormal pregnancy. *Akusherstvo i ginekologiya = Obstetrics and Gynecology*. 2008;(2):7–9. [In Russian].
34. Robillard P.Y., Dekker G., Chaouat G., Hulsey T.C. Etiology of preeclampsia: maternal vascular predisposition and couple disease — mutual exclusion or complementarity? *J. Reprod. Immunol*. 2007;76(1-2):1–7. doi: 10.1016/j.jri.2007.09.003
35. Краснопольский В.И., Мельников А.П., Бокарев И.Н. Современные проблемы нарушений гемокоагуляции в акушерстве. *Рос. вестн. акушера-гинеколога*. 2010;10(2):20–27.
- Krasnopsky V.I., Melnikov A.P., Bokarev I.N. Current problems of hemocoagulation disorders in obstetrics. *Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa = Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist*. 2010;10(2):20–27. [In Russian].
36. Forbes K., Westwood M. Maternal growth factor regulation of human placental development and fetal growth. *J. Endocrinol*. 2010;207(1):1–16. doi: 10.1677/JOE-10-0174
37. Савельева И.В., Баринев С.В., Рогова Е.В. Роль фактора роста в прогнозе развития тяжелых гестационных осложнений у беременных с метаболическим синдромом. *Рос. вестн. акушера-гинеколога*. 2012;12(1):16–19.

Savelyeva I.V., Barinov S.V., Rogova E.V. Role of placental growth factor in the prediction of severe gestational complications in pregnant women with metabolic syndrome. *Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa = Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist*. 2012; 12(1):16–19. [In Russian].

38. Антонова Т.В., Романова М.А., Лымарь Ю.В. Маркеры активации эндотелия сосудов (VCAM-1, VWF) у больных хроническим гепатитом с инсулинорезистентностью. *Ж. инфектол.* 2012;4(4):46–51. doi: 10.22625/2072-6732-2012-4-4-46-51

Antonova T.V., Romanova M.A., Lyman Yu.V. Endothelial activation markers (VCAM-1, VWF) in patients with chronic hepatitis c and insulin resistance. *Zhurnal infektologii = Journal of Infectology*. 2012;4(4):46–51. [In Russian]. doi: 10.22625/2072-6732-2012-4-4-46-51

39. Петухов В.А., Магомедов М.С. Современный взгляд на проблему эндотоксиновой агрессии и дисфункции эндотелия в хирургии. *Хирургия*. 2008;(2): 15–19.

Petukhov V.A., Magomedov M.S. Modern view on the problem of endotoxin aggression and endothelial dysfunction in surgery. *Khirurgia = Surgery*. 2008;(2):15–19. [In Russian].

40. Bui T.M., Wiesolek H.L., Sumagin R. ICAM-1: A master regulator of cellular responses in inflammation, injury resolution, and tumorigenesis. *J. Leukoc. Biol.* 2020;108(3):787–799. doi: 10.1002/JLB.2MR0220-549R

41. Zhu J., Rogers A.V., Burke-Gaffney A., Hel-lewell P.G., Jeffery P.K. Cytokine-induced airway epithelial ICAM-1 upregulation: quantification by high-resolution scanning and transmission electron microscopy. *Eur. Respir. J.* 1999;13(6):1318–1328. doi: 10.1183/09031936.99.13613299

42. Gaffuri B., Airoidi L., Di Blasio A.M., Viganò P., Miragoli A.M., Santorso R., Vignali M. Unexplained habitual abortion is associated with a reduced endometrial release of soluble intercellular adhesion molecule-1 in the luteal phase of the cycle. *Eur. J. Endocrinol.* 2000;142(5):477–480. doi: 10.1530/eje.0.1420477

43. Bastu E., Mutlu M.F., Yasa C., Dural O., Nehir Aytan A., Celik C., Buyru F., Yeh J. Role of mucin 1 and glycodelin A in recurrent implantation failure. *Fertil. Steril.* 2015;103(4):1059–1064.e2. doi: 10.1016/j.fertnstert.2015.01.025

44. Dalton C.F., Laird S.M., Estdale S.E., Saravelos H.G., Li T.C. Endometrial protein PP14 and CA-125 in recurrent miscarriage patients; correlation with pregnancy outcome. *Hum. Reprod.* 1998;13(11):3197–3202. doi: 10.1093/humrep/13.11.3197

45. Comba C., Bastu E., Dural O., Yasa C., Keskink G., Ozsurmeli M., Buyru F., Serdaroglu H. Role of inflammatory mediators in patients with recurrent

pregnancy loss. *Fertil. Steril.* 2015;104(6):1467–1474. e1. doi: 10.1016/j.fertnstert.2015.08.011

46. Yurdakan G., Ekem T.E., Bahadir B., Gun B.D., Kuzey G.M., Ozdamar S.O. Expression of adhesion molecules in first trimester spontaneous abortions and their role in abortion pathogenesis. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 2008;87(7):775–782. doi: 10.1080/00016340802177412

47. Xiao X., Han Y., Li Q., Zheng D., Cheng C.Y., Ni Y. Exploring the evolving function of soluble intercellular adhesion molecule-1 in junction dynamics during spermatogenesis. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2024;14:1281812. doi: 10.3389/fendo.2023.1281812

48. Gao N., Wang C., Yu Y., Xie L., Xing Y., Zhang Y., Wang Y., Wu J., Cai Y. LFA-1/ ICAM-1 promotes NK cell cytotoxicity associated with the pathogenesis of ocular toxoplasmosis in murine model. *PloS Negl. Trop. Dis.* 2022;16(10):e0010848. doi: 10.1371/journal.pntd.0010848

49. Zhong H., Lin H., Pang Q., Zhuang J., Liu X., Li X., Liu J., Tang J. Macrophage ICAM-1 functions as a regulator of phagocytosis in LPS induced endotoxemia. *Inflamm. Res.* 2021;70(2):193–203. doi: 10.1007/s00011-021-01437-2

50. Qiu Z., Wang Y., Zhang Z., Qin R., Peng Y., Tang W., Xi Y., Tian G., Zhang Y. Roles of intercellular cell adhesion molecule-1 (ICAM-1) in colorectal cancer: expression, functions, prognosis, tumorigenesis, polymorphisms and therapeutic implications. *Front. Oncol.* 2022;12:1052672. doi: 10.3389/fonc.2022.1052672

51. Bui T.M., Wiesolek H.L., Sumagin R. ICAM-1: A master regulator of cellular responses in inflammation, injury resolution, and tumorigenesis. *J. Leukoc. Biol.* 2020;108(3):787–799. doi: 10.1002/JLB.2MR0220-549R

52. Iqbal A.J., Krautter F., Blacksell I.A., Wright R.D., Austin-Williams S.N., Voisin M.B., Hussain M.T., Law H.L., Niki T., Hirashima M., ... Cooper D. Galectin-9 mediates neutrophil capture and adhesion in a CD44 and β 2 integrin-dependent manner. *FASEB J.* 2022;36(1):e22065. doi: 10.1096/fj.202100832R

53. Новиков В.В. Растворимые дифференцировочные молекулы при воспалительных процессах (Вторая жизнь белков). Нижний Новгород: Издательский салон, 2022. 212 с.

Novikov V.V. Soluble differentiation molecules in inflammatory processes (The second life of proteins). Nizhniy Novgorod: Publishing Salon, 2022. 212 p. [In Russian].

54. Genbacev O.D., Prakobphol A., Foulk R.A., Krtolica A.R., Ilic D., Singer M.S., Yang Z.Q., Kiessling L.L., Rosen S.D., Fisher S.J. Trophoblast L-selectin-mediated adhesion at the maternal-fetal interface. *Science*. 2003;299(5605):405–408. doi: 10.1126/science.1079546

55. Lai T.H., Shih I.M., Vlahos N., Ho C.L., Wallach E., Zhao Y. Differential expression of L-selectin

- ligand in the endometrium during the menstrual cycle. *Fertil. Steril.* 2005;83(Suppl 1):1297–1302. doi: 10.1016/j.fertnstert.2004.11.040
56. Hess A.P., Hamilton A.E., Talbi S., Dosiou C., Nyegaard M., Nayak N., Genbecev-Krtolica O., Mavrogianis P., Ferrer K., Kruessel J., ... Giudice L.C. Decidual stromal cell response to paracrine signals from the trophoblast: amplification of immune and angiogenic modulators. *Biol. Reprod.* 2007;76(1):102–117. doi: 10.1095/biolreprod.106.054791
57. Бурлев В.А., Ильясова Н.А., Онищенко А.С., Кузьмичев Л.Н. Системные и локальные изменения L-селектина и лиганда МЕКА-79 при трубном бесплодии в программах ЭКО/ИКСИ. *Пробл. репродукции.* 2013;19(6):43–50.
- Burlev V.A., Ilyasova N.A., Onishchenko A.S., Kuzmichev L.N. System and local changes of L-selectin and ligand MEKA-79 in patients with tubal infertility in IVF/ICSI programs. *Problemy reproduktivnoy = Russian Journal of Human Reproduction.* 2013; 19(6):43–50. [In Russian].
58. Бурлев В.А. Роль растворимых и клеточных селектинов в наступлении беременности при лиганд-рецепторных взаимодействиях эмбриона и эндометрия. *Пробл. репродукции.* 2014;20(5):66–72.
- Burlev V.A. The role of soluble and cellular selectins in ligand-receptor interactions between the embryo and endometrium. *Problemy reproduktivnoy = Russian Journal of Human Reproduction.* 2014;20(5):66–72. [In Russian].
59. Wedepohl S., Beceren-Braun F., Riese S., Buscher K., Enders S., Bernhard G., Kilian K., Blanchard V., Dervede J., Tauber R. L-selectin a dynamic regulator of leukocyte migration. *Eur. J. Cell Biol.* 2012;91(4):257–264. doi: 10.1016/j.ejcb.2011.02.007
60. Crinier A., Narni-Mancinelli E., Ugolini S., Vivier E. SnapShot; natural killer. *Cell.* 2020;180(6):1280–1286. doi: 10.1016/j.cell.2020.02.029
61. Kamoi M., Fukui A., Kwak-Kim J., Fuchinoue K., Funamizu A., Chiba H., Yokota M., Fukuhaara R., Mizunuma H. NK22 cells in the uterine mid-secretory endometrium and peripheral blood of women with recurrent pregnancy loss and unexplained infertility. *Am. J. Reprod. Immunol.* 2015;73(6):557–567. doi: 10.1111/ajr.12356
62. Adib Rad H., Basirat Z., Mostafazadeh A., Faramarzi M., Bijani A., Nouri H.R., Soleimani Amiri S. Evaluation of peripheral blood NK cell subsets and cytokines in unexplained recurrent miscarriage. *J. Chin. Med. Assoc.* 2018;81(12):1065–1070. doi: 10.1016/j.jcma.2018.05.005
63. Azargoon A., Mirrasouli Y., Barough M.S., Barati M., Kokhaei P. The state of peripheral blood natural killer cells and cytotoxicity in women with recurrent pregnancy loss and unexplained infertility. *Int. J. Fertil. Steril.* 2019;13(1):12–17. doi: 10.22074/ijfs.2019.5503
64. Chen L., Yang W.J., Chen X., Li J.J.X., Xu Q., Chen J., Wang C.C., Chung J.P.W., Li M., Li T.C., Zhang T. Measurement of four novel endometrial NK cell subsets by multiplex staining in women with reproductive failure: A comparison with fertile controls. *J. Reprod. Immunol.* 2025;169:104525. doi: 10.1016/j.jri.2025.104525
65. Benifla J.L., Bringuier A.F., Sifer C., Porcher R., Madelenat P., Feldmann G. Vascular endothelial growth factor, platelet endothelial cell adhesion molecule-1 and vascular cell adhesion molecule-1 in the follicular fluid of patients undergoing IVF. *Hum. Reprod.* 2001;16(7):1367–1381. doi: 10.1093/humrep/16.7.1376
66. Bonello N., Norman R.J. Soluble adhesion molecules in serum throughout the menstrual cycle. *Hum. Reprod.* 2002;17(9):2272–2278. doi: 10.1093/humrep/17.9.2272
67. Gokce S., Herkiloglu D., Cevik O., Turan V. Role of chemokines in early pregnancy loss. *Exp. Ther. Med.* 2022;23(6):397. doi: 10.3892/etm.2022.11324
68. Gahmberg C.G., Tian L., Ning L., Nyman-Huttunen H. ICAM-5 – a novel two-faceted adhesion molecule in the mammalian brain. *Immunol. Lett.* 2008;117(2):131–135. doi: 10.1016/j.imlet.2008.02.004
69. Gharanei S., Fishwick K., Durairaj R.P., Jin T., Siamantouras E., Liu K.K., Straube A., Lucas E.S., Weston C.J., Rantakari P., ... Tan B.K. Vascular adhesion protein-1 determines the cellular properties of endometrial pericytes. *Front. Cell. Dev. Biol.* 2021;8:621016. doi: 10.3389/fcell.2020.621016
70. Burton G.J., Hempstock J., Jauniaux E. Oxygen, early embryonic metabolism and free radical-mediated embryopathies. *Reprod. Biomed. Online.* 2003;6(1):84–96. doi: 10.1016/S1472-6483(10)62060-3
71. Bouvier S., Kaspi E., Joshkon A., Paulmyer-Lacroix O., Piercecchi-Marti M.D., Sharma A., Leroyer A.S., Bertaud A., Gris J.C., Dignat-George F., Blot-Chaubaud M., Bardin N. The role of the adhesion receptor CD146 and its soluble form in human embryo implantation and pregnancy. *Front. Immunol.* 2021;12:711394. doi: 10.3389/fimmu.2021.711394
72. Добродеева Л.К., Самодова А.В. Адгезия и агрегация клеток периферической венозной крови у жителей высоких широт. Екатеринбург: УрО РАН, 2024. 216 с.
- Dobrodeeva L.K., Samodova A.V. Adhesion and aggregation of cells of peripheral venous blood in inhabitants of high latitudes. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024. 216 p.

Сведения об авторе:

Самодова Анна Васильевна, к.б.н., ORCID: 0000-0001-9835-8083, e-mail: annapoletaeva2008@yandex.ru

Information about the author:

Anna V. Samodova, candidate of biological sciences, ORCID: 0000-0001-9835-8083, e-mail: annapoletaeva2008@yandex.ru

Поступила в редакцию 14.05.2025

Принята к публикации 16.09.2025

Received 14.05.2025

Accepted 16.09.2025