

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ МАТКИ И ЭНДОМЕТРИЯ У ФЕРТИЛЬНЫХ РОЖАВШИХ ЖЕНЩИН АКТИВНОГО РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА

Минашкина Е.В.^{1,2}, Ожогина Е.В.², Озерская И.А.³

1 – ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет). г. Москва, Россия.

2 – ООО «МедИнСервис», центр репродукции и генетики «Нова клиник». г. Москва, Россия.

3 – ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы». г. Москва, Россия.

Оценить морфометрические и гемодинамические ультразвуковые параметры матки и эндометрия у фертильных рожавших женщин активного репродуктивного возраста (25-37 лет) в средней секреторной фазе менструального цикла.

Материалы и методы. Ретроспективное когортное описательное исследование включало 127 здоровых женщин 25-37 лет (паритет: 1-4), обследованных на 20-22 день цикла. Выполняли 2D/3D-трансвагинальное сканирование с 3D-доплерометрией. Объем эндометрия рассчитывали автоматически с помощью прикладной программы VOCAL. Анализировали объем матки, толщину и объем эндометрия, площадь эндометрия в коронарном сечении при 3D-реконструкции, васкуляризационные индексы (VI, FI, VFI) и пульсационный индекс (PI) маточных артерий, усредненную по времени скорость кровотока маточных артерий (Vmean). Статистический анализ включал описательную статистику, коэффициенты корреляции Спирмена и р-значения.

Результаты. Установлены нормативные значения ультразвуковых параметров матки и эндометрия у фертильных рожавших женщин в средней секреторной фазе менструального цикла. Средний объем матки составил $57,2 \pm 17,0$ см³, толщина эндометрия – $9,3 \pm 1,4$ мм, медианный объем эндометрия – $7,3$ см³. Васкуляризационные индексы эндометрия (VI, FI, VFI) имели медианные значения 10,7 %, 13,1 и 2,9 соответственно. Средняя скорость кровотока в маточных артериях (Vmean) составила $7,99 \pm 1,97$ см/с, а пульсационный индекс (PI) – $2,02 \pm 0,29$. Корреляционный анализ выявил тесную связь между объемом эндометрия и площадью полости матки ($\rho = 0,76$), а также согласованность васкуляризации в миометрии и эндометрии ($\rho = 0,65$). Повышение паритета сопровождалось увеличением объемных и сосудистых характеристик эндометрия, при стабильности PI, что может отражать морфофункциональную адаптацию после реализованной репродуктивной функции.

Обсуждение. Полученные результаты демонстрируют, что органометрические и гемодинамические параметры матки и эндометрия у фертильных рожавших женщин активного репродуктивного возраста в средней секреторной фазе отличаются высокой физиологической зрелостью и выраженной перфузией. В сравнении с популяционными данными, значения объема матки и эндометрия, а также васкуляризационные индексы оказались несколько выше, что может отражать морфофункциональную адаптацию, сформировавшуюся в результате реализованной репродуктивной функции. Установленные корреляции между морфометрическими и сосудистыми показателями подтверждают анатомо-функциональную интеграцию этих структур. Умеренное нарастание васкуляризации эндометрия с увеличением паритета подчеркивает потенциальное усиление рецептивного потенциала слизистой оболочки у женщин с множественными беременностями в анамнезе.

Заключение. Полученные референсные диапазоны восполняют пробел данных об ультразвуковых показателях у здоровых рожавших женщин и формируют надёжную клиническую базу для оценки рецептивности эндометрия, мониторинга состояния матки при подготовке к ЭКО. Данные могут быть использованы как референсные показатели в практической гинекологии и репродуктивной медицине.

Ключевые слова: эндометрий, матка, 3D-ультразвук, репродуктивное здоровье, васкуляризационные индексы.

Контактный автор: Минашкина Е.В., e-mail: as1199@list.ru

Для цитирования: Минашкина Е.В., Ожогина Е.В., Озерская И.А. Ультразвуковые параметры матки и эндометрия у фертильных рожавших женщин активного репродуктивного возраста. REJR 2026; 16(1):65-79. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-1-65-79.

Статья получена: 11.07.25

Статья принята: 03.09.25

ULTRASOUND PARAMETERS OF THE UTERUS AND ENDOMETRIUM IN FERTILE PAROUS WOMEN OF ACTIVE REPRODUCTIVE AGE

Minashkina E.V.^{1,2}, Ozhogina E.V.², Ozerskaya I.A.³

1 - Sechenov University.

2 - Nova Clinic Reproduction and Genetics Center.

3 - Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia. Moscow, Russia.

To assess morphometric and hemodynamic ultrasound parameters of the uterus and endometrium in fertile parous women of active reproductive age (25-37 years) during the mid-secretory phase of the menstrual cycle.

Materials and methods. This retrospective cohort descriptive study included 127 healthy women aged 25-37 years (parity: 1-4), examined on days 20-22 of the menstrual cycle. All participants underwent 2D/3D transvaginal ultrasound with 3D power Doppler imaging. Endometrial volume was automatically calculated using the VOCAL software. The following parameters were analyzed: uterine volume, endometrial thickness and volume, endometrial area in the coronal plane (via 3D reconstruction), vascularization indices (VI, FI, VFI), pulsatility index (PI) of the uterine arteries, and time-averaged mean velocity (Vmean) of blood flow in the uterine arteries. Statistical analysis included descriptive statistics, Spearman's correlation coefficients, and p-values.

Results. Normative ultrasound parameters were established for fertile parous women in the mid-secretory phase of the menstrual cycle. The mean uterine volume was $57.2 \pm 17.0 \text{ cm}^3$, endometrial thickness was $9.3 \pm 1.4 \text{ mm}$, and the median endometrial volume was 7.3 cm^3 . The median vascularization indices of the endometrium (VI, FI, VFI) were 10.7%, 13.1, and 2.9, respectively. The mean blood flow velocity (Vmean) in the uterine arteries was $7.99 \pm 1.97 \text{ cm/s}$, and the pulsatility index (PI) was 2.02 ± 0.29 . Correlation analysis revealed a strong association between endometrial volume and uterine cavity area ($\rho = 0.76$), as well as synchronized vascularization of the myometrium and endometrium ($\rho = 0.65$). An increase in parity was associated with higher volumetric and vascular parameters of the endometrium, while PI remained stable, suggesting morphofunctional vascular adaptation after completed pregnancies.

Discussion. The obtained results demonstrate that the morphometric and hemodynamic characteristics of the uterus and endometrium in fertile parous women during the mid-secretory phase are indicative of high physiological maturity and pronounced perfusion. Compared to population data, uterine and endometrial volumes and vascular indices were slightly elevated, likely reflecting morphofunctional adaptation following completed reproductive cycles. The identified correlations between morphometric and vascular parameters support the anatomical and functional integration of these structures. A moderate increase in endometrial vascularization with higher parity highlights a potentially enhanced receptivity of the endometrium in women with multiple pregnancies.

Conclusion. The derived reference ranges address the gap in data on ultrasound parameters in healthy parous women and offer a reliable clinical basis for evaluating endometrial receptivity and uterine status during in vitro fertilization preparation. These findings can serve as reference indicators in practical gynecology and reproductive medicine.

Keywords: endometrium, uterus, 3D ultrasound, reproductive health, vascularization indices.

Corresponding author: Minashkina E.V., e-mail: as1199@list.ru

For citation Minashkina E.V., Ozhogina E.V., Ozerskaya I.A. Ultrasound parameters of the uterus and endometrium in fertile parous women of active reproductive age. REJR 2026; 16(1):65-79. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-1-65-79.

Received: 11.07.25

Accepted: 03.09.25

Ультразвуковая визуализация органов малого таза занимает центральное место в современной гинекологической диагностике. Благодаря своей неинвазивности, доступности и высокой информативности, ультразвуковое исследование позволяет комплексно оценивать состояние матки, эндометрия и сосудистых структур, что особенно важно в контексте репродуктивного здоровья женщин. Развитие ультразвуковых технологий, в том числе 3D-реконструкции, цветного и энергетического доплеровского картирования, существенно расширило диагностические возможности в оценке органометрических и гемодинамических характеристик репродуктивных органов.

Современная клиническая практика требует наличия стратифицированных референсных значений, отражающих анатомо-функциональную норму с учётом фазы менструального цикла, возраста и паритета. Большое внимание изучению гемодинамики в различных возрастных периодах и фазах менструального цикла уделила Озерская И.А. [1]. Однако большая часть существующих исследований включает гетерогенные выборки, не стратифицированные по ключевым физиологическим характеристикам: репродуктивный анамнез, фаза цикла, наличие патологии. Это ограничивает клиническую применимость полученных данных и снижает их ценность при интерпретации конкретных ультразвуковых показателей.

Особенно мало работ, охватывающих исключительно фертильных рожавших женщин активного репродуктивного возраста. Между тем именно эта группа представляет собой клинический эталон – со сформированным гинекологическим анамнезом, устойчивыми гормональными циклами и полноценной реализацией репродуктивной функции.

В одном из крупнейших ультразвуковых исследований нормальных параметров у китайских женщин приведены значения объёма и линейных размеров матки, однако не учитывался паритет [2]. В работе Агуа и соавт. (2021) также описаны размеры матки у женщин репродуктивного возраста, но отсутствует стратификация по фазе цикла и оценка васкуляризации [3].

Объём матки, площадь полости, толщина и объём эндометрия, как и показатели васкуляризации: vascularization index (VI), flow index (FI), vascularization-flow index (VFI), могут значительно варьировать в зависимости

от фазы цикла. Особенно актуальна средняя секреторная фаза (20-22 день), при которой эндометрий достигает функционального максимума, утолщается, демонстрирует активную перфузию и становится наиболее рецептивным к имплантации.

Гемодинамические параметры, определяемые методом объёмной доплерометрии, дают возможность количественного анализа микрососудистой сети эндометрия и субэндометриальной зоны. Эти показатели активно используются при оценке рецептивности и прогнозировании наступления беременности в протоколах ВРТ [4, 5].

Одновременно важную информацию предоставляет доплерометрия маточных артерий (МА), в частности пульсационный индекс (PI). Более высокие значения PI отражают повышенное сосудистое сопротивление, ассоциированное с ухудшением перфузии эндометрия и снижением вероятности имплантации [6]. Одним из критериев оценки готовности женщины к имплантации эмбриона является усреднённая по времени скорость кровотока маточных артерий (Vmean). В работе Озерской И.А. и соавт. (2024) показано, что Vmean является более чувствительным критерием, чем PI маточных артерий, что также косвенно подтверждают в своём исследовании Chien и соавт. (2002) [7, 8].

Работа Bahrami F. и соавт. (2023) подчёркивает значимость комплексной оценки PI, VI и VFI при обследовании женщин с бесплодием [9]. В метаанализах Wu и соавт. (2023) и Wang и соавт. (2018) была показана высокая прогностическая значимость перфузионных индексов (VI, FI, VFI) для оценки рецептивности эндометрия при ЭКО [10, 11]. При этом указывается на значительную гетерогенность популяционного состава и методов измерений, что затрудняет формирование универсальных референсных значений.

Таким образом, проведение стандартизированного исследования, включающего исключительно здоровых рожавших женщин в средней секреторной фазе менструального цикла с применением современных методик 2D/3D УЗИ и доплерометрии, позволяет восполнить существующий пробел и сформировать надёжную информационную платформу для клинической репродуктивной практики, создавая ультразвуковой «портрет» репродуктивно здоровой женщины.

Материалы и методы.

Дизайн исследования и характеристики выборки.

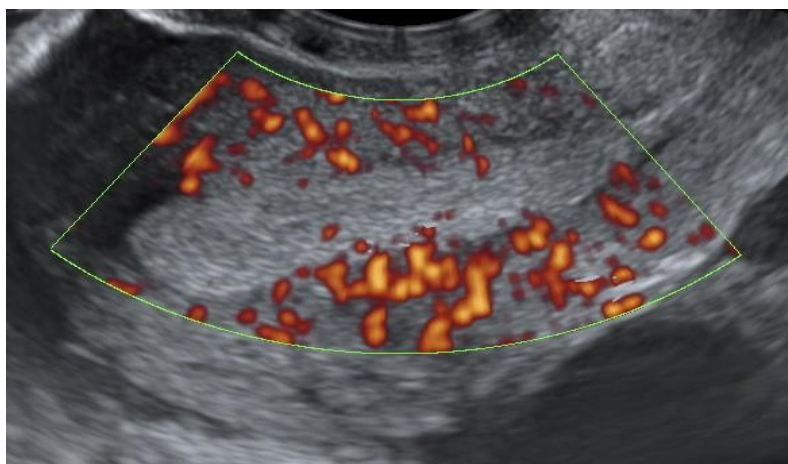


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. 2D-ТВУЗИ, сагиттальное сечение матки, дополненное энергетическим доплеровским картированием.

Средняя секреторная фаза менструального цикла. Характеризуется повышенной, однородной эхогенностью эндометрия. Срединная линия визуализируется нечётко, фрагментарно. Васкуляризация эндометрия и субэндометриальной зоны равномерная, но спиральные сосуды не доходят до срединной линии (здесь и далее оригинальные иллюстрации авторов, 2026 г.).

Fig. 1. 2D TVUS, sagittal section of the uterus, complemented by power Doppler imaging.

Mid-secretory phase of the menstrual cycle. Characterized by increased, homogeneous echogenicity of the endometrium. The midline appears indistinct and fragmented. Vascularization of the endometrium and subendometrial zone is uniform, but spiral arteries do not reach the midline (here and throughout, all figures are original illustrations by authors, 2026).

Проведено ретроспективное, когортное описательное исследование, направленное на определение органометрических и гемодинамических ультразвуковых параметров матки и эндометрия у фертильных рожавших женщин, наблюдавшихся в Центре репродукции и генетики «Нова Клиник» в период с 2021 по 2025 год. В исследование были включены 127 женщин в возрасте 25-37 лет с регулярным менструальным циклом (26-32 дня) и подтверждённой средней секреторной фазой (20-22 день по менструальному календарю и ультразвуковой картине эндометрия). Все участницы имели минимум одну беременность с доношенными родами в анамнезе и не принимали гормональные препараты в течение трёх месяцев до исследования.

Критерии включения: возраст 25-37 лет; роды в анамнезе (≥ 1); регулярный менструальный цикл; средняя секреторная фаза (20-22 день); отсутствие жалоб и гинекологической патологии (рис. 1).

Критерии исключения: использование гормональных препаратов в течение 3 месяцев; наличие внутриматочной спирали; нарушения цикла, эндокринные расстройства, миома, эндометриоз; анамнез операций

на матке и яичниках.

Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Все участницы дали письменное информированное согласие. Протокол одобрен локальным этическим комитетом.

Методика ультразвукового исследования.

Все исследования проводились в утренние часы при пустом мочевом пузыре. Выполнялось трансвагинальное 2D- и 3D-ультразвуковое исследование органов малого таза с использованием ультразвуковой системы GE Women's Health Care Voluson E8 (США) с трансвагинальным датчиком частотой 7,5-9,0 МГц. Протокол включал В-режим, цветное доплеровское картирование и импульсно-волновую доплерометрию (PW), а также объемное 3D-сканирование.

Оценивались органометрические параметры (толщина, объем и площадь эндометрия в коронарном сечении, объем матки) и сосудистые показатели (васкуляризационные индексы матки и эндометрия, доплерометрия маточных артерий).

Измеряемые параметры.

Исследование кровотока в матке начи-

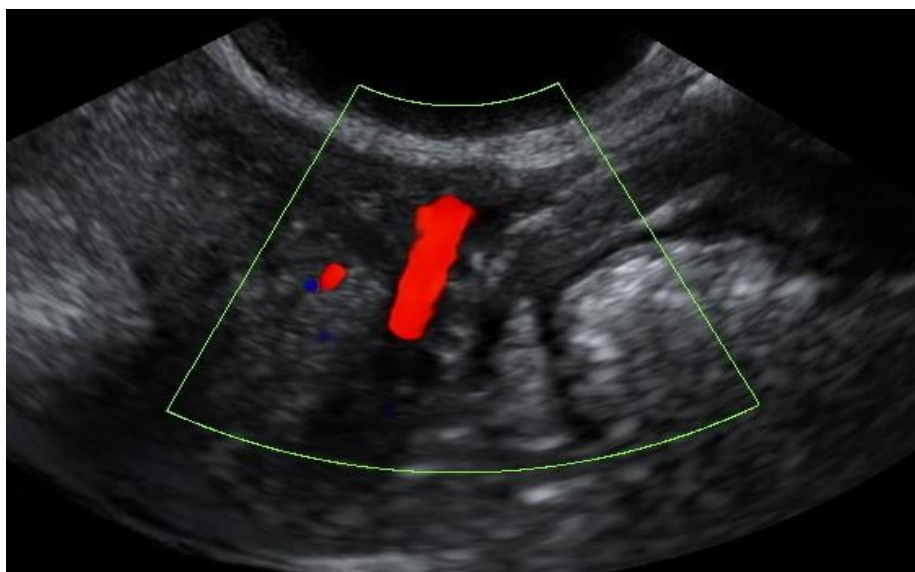


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. УЗИ.

Визуализация маточной артерии на уровне перешейка матки, по боковой поверхности. Монохромный поток свидетельствует о правильной настройке скоростной шкалы.

Fig. 2. Ultrasound.

Visualization of the uterine artery at the level of the uterine isthmus, along the lateral border. The monochromatic Doppler signal indicates correct velocity scale settings.

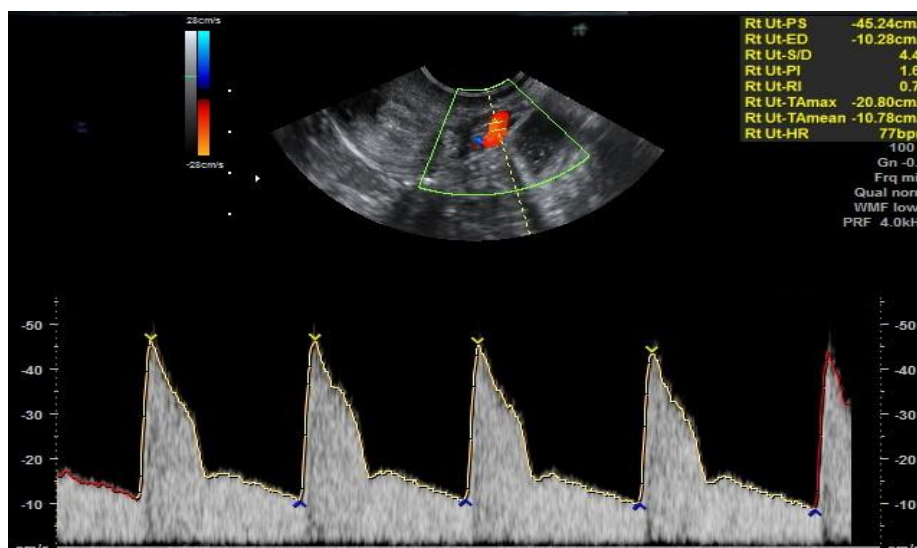


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. УЗИ.

Допплерометрия маточной артерии с учётом угла инсонации, соблюдением развертки до 5 циклов на экране монитора и автоматической трассировкой кривой спектра кровотока.

Fig. 3. Ultrasound.

Doppler assessment of the uterine artery with insonation angle control, sweep display of up to 5 cardiac cycles, and automatic spectral curve tracing.

нали с маточных артерий на уровне перешейка (рис. 2). Допплерометрия проводилась с углом инсонации от 0 до 30°, с разверткой до 5 сердечных циклов на экране. Автоматическая трассировка спектра позволяла получить значения средней по времени скорости кровотока (TAMn, см/с) и пульсационного индекса (PI). Показатели усреднялись по обеим маточным артериям (рис. 3).

При 3D-доплерометрии использовался угол захвата 120°, шаг поворота изображения при оконтуривании – 9°, частота повторения импульсов – 0,6 kHz. Были проведены измерения объема матки, объема эндометрия и площади эндометрия в коронарном сечении с последующим расчетом скорректированного объема эндометрия (отношение объема слизистой оболочки к объему тела матки, в %). С помощью прикладной программы VOCAL рассчитывались васкуляризационные индексы: VI (васкуляризационный индекс), FI (поточный индекс), VFI (васкуляризационно-поточный индекс) как для матки, так и для эндометрия (рис. 4-6).

Статистический анализ.

Анализ данных проводился с использованием Microsoft Excel 2019 и SPSS Statistics v.26.0. Использовалась описательная статистика (среднее, стандартное отклонение, медиана, 25-75%). Нормальность распределения проверялась критерием Шапиро-Уилка. Для оценки корреляций применялся коэффициент Спирмена (ρ). Статистическая значимость различий оценивалась по критерию Стьюдента; значения $p < 0,05$ считались статистически значимыми. Результаты визуализировались в виде диаграмм рассеяния и корреляционной тепловой карты.

Результаты.

Общая характеристика выборки.

Участницы исследования имели средний возраст $31,0 \pm 3,4$ лет и нормальный индекс массы тела ($23,1 \pm 2,7$ кг/м²). В подавляющем большинстве случаев в анамнезе женщин было две беременности, причём медианные значения аборт, выкидышей и внематочных беременностей составляли 0. Таким образом, исследуемая выборка характеризуется благополучным репродуктивным анамнезом. Наиболее частыми были 1-2 доношенные беременности, причём случаи кесарева сечения или осложнённого течения беременности встречались эпизодически. Это дополнительно подтверждает, что выборка представляет собой клинически стабильную популяцию рожавших женщин без выраженных акушерских осложнений (табл. №1).

Органометрические показатели.

Показатели объема матки, толщины и

объёма эндометрия, площади полости, а также скорректированного объема эндометрия представлены в таблице №2. Все значения отражают фазу функционального максимума слизистой оболочки и характеризуются умеренной вариабельностью в пределах физиологической нормы. У большинства женщин регистрировались отчётливо выраженные морфологические признаки зрелого секреторного эндометрия в сочетании с увеличенными объёмными характеристиками матки.

Гемодинамические параметры.

Результаты доплерометрии демонстрируют активную васкуляризацию матки и эндометрия в исследуемую фазу цикла. В таблице №3 приведены средние значения индексов VI, FI и VFI как для миометрия, так и для эндометрия, а также показатели пульсационного индекса (PI) и средней скорости кровотока (V_{mean}) в маточных артериях. Обнаруженные значения соответствуют физиологической норме и подтверждают высокую степень перфузии слизистой оболочки, характерную для средней секреторной фазы.

Влияние паритета.

Интересным оказался многофакторный анализ, проведённый с учётом количества предыдущих родов. По мере увеличения паритета наблюдалось закономерное повышение возраста и индекса массы тела женщин. Кроме того, с нарастанием числа родов увеличивались такие параметры, как объём матки, объём и площадь эндометрия, а также скорректированный объём слизистой оболочки. При этом показатели васкуляризации эндометрия (VI и FI) также демонстрировали тенденцию к росту. Показатель PI, напротив, оставался стабильным, не демонстрируя выраженной динамики. Полученные данные могут свидетельствовать о морфофункциональной адаптации сосудистой сети эндометрия и матки на фоне повторных беременностей и родов (табл. №4).

Корреляционный анализ.

Корреляционный анализ выявил ряд статистически значимых взаимосвязей между ультразвуковыми параметрами. Наиболее выраженная положительная связь установлена между объёмом эндометрия и площадью полости матки ($\rho = 0,76$; $p < 0,001$), что ожидаемо и физиологически обосновано. Кроме того, чёткие положительные корреляции наблюдались между VI и VFI матки ($\rho = 0,73$), а также между VI и FI эндометрия ($\rho = 0,64$) и FI и VFI эндометрия ($\rho = 0,61$). Также необходимо отметить значимую корреляцию между VI матки и VI эндометрия ($\rho = 0,65$), что может указывать на согласованное развитие

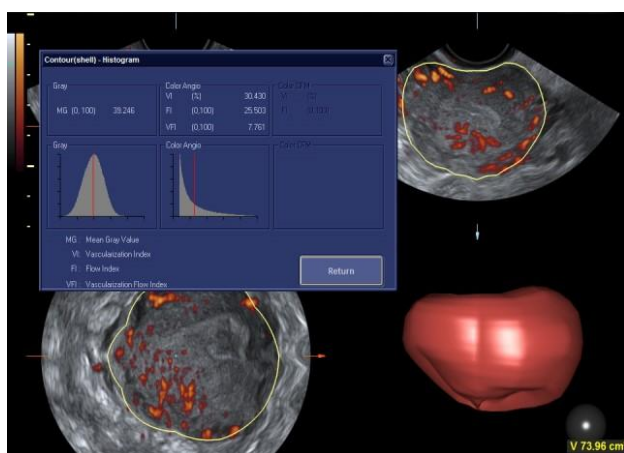


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. УЗИ.

С помощью прикладной программы VOCAL рассчитаны васкуляризационные индексы: VI, FI и VFI матки и её объём. Стрелкой показаны высокие значения васкуляризационных индексов матки.

Fig. 4. Ultrasound.

Using the VOCAL software, vascularization indices (VI, FI, and VFI) of the uterus and uterine volume were calculated. The arrow indicates elevated vascularization values of the uterine wall.



Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. УЗИ.

С помощью прикладной программы VOCAL рассчитаны васкуляризационные индексы: VI, FI и VFI эндометрия и его объём.

Fig. 5. Ultrasound.

Using the VOCAL software, vascularization indices (VI, FI, and VFI) and the volume of the endometrium were calculated.



Рис. 6 (Fig. 6)

Рис. 6. УЗИ.

3D-поверхностная реконструкция полости матки в коронарном сечении. Проведено оконтуривание полости матки по наружному краю с автоматическим расчётом площади.

Fig. 6. Ultrasound.

3D surface reconstruction of the uterine cavity in the coronal plane. The cavity was contoured along the outer margin with automatic area calculation.

Таблица №1. Репродуктивный анамнез.

	Среднее	Стандартное отклонение	Медиана	25–75%	Диапазон
Возраст (лет)	31,02	3,42	31,0	28,0-34,0	25,0-37,0
Индекс массы тела (ИМТ) кг/м ²	23,14	2,69	23,2	20,9-24,9	17,3-34,5
Беременностей	2,38	1,27	2,0	1,0-3,0	1,0-7,0
Аборт	0,15	0,54	0,0	0,0-0,0	0,0-4,0
Выкидышей	0,06	0,23	0,0	0,0-0,0	0,0-1,0
Эктопических беременностей	0,03	0,18	0,0	0,0-0,0	0,0-1,0
Родов	2,14	1,01	2,0	1,0-3,0	1,0-4,0
Кесаревых сечений	0,21	0,41	0,0	0,0-0,0	0,0-1,0

Таблица №2. Органометрические показатели матки и эндометрия.

	Среднее	Стандартное отклонение	Медиана	25–75%	Диапазон
Объём матки, см ³	57,24	17,02	52	45,3-67,6	29,5-101,0
Толщина эндометрия, мм	9,33	1,42	9	8,2-10,2	7,0-13,0
Объём эндометрия, см ³	7,39	2,4	7,3	5,8-9,0	3,5-13,0
Площадь полости, см ²	7,96	2,06	7,69	6,55-9,32	4,5-12,7
Скорректированный объём эндометрия, %	13,52	4,95	12,54	10,3-15,45	6,5-32,35

Таблица №3. Гемодинамические показатели матки и эндометрия.

	Среднее	Стандартное отклонение	Медиана	25–75%	Диапазон
VI матки, %	24,18	8,56	22,6	18,6-25,9	8,0-52,4
FI матки	25,06	3,36	25,2	23,2-26,8	17,6-39,6
VFI матки	9,07	3,47	8,7	7,7-10,3	1,9-20,0
VI эндометрия, %	12,01	4,28	10,7	9,5-12,55	1,04-24,0
FI эндометрия	14,62	3,75	13,1	11,45-17,1	10,2-25,9
VFI эндометрия	3,28	1,32	2,9	2,55-3,6	1,9-10,5
Средний Vmean MA, см/с	7,99	1,97	8,15	6,52-9,32	3,13-13,5
Средний PI MA	2,02	0,29	1,95	1,85-2,2	1,15-2,9

Таблица №4. Многофакторный анализ по паритету*.

Количество родов	1	2	3	4
Возраст (лет)	28,0 26,0-31,0 25-37	32,0 28,25-33,0 26-37	32,0 31,0-34,0 26-37	34,0 32,5-35,5 29-37
Индекс массы тела (ИМТ), кг/м²	22,7 20,7-24,6 19,0-34,5	23,1 21,0-24,7 17,3-27,8	22,8 20,7-24,7 18,6-28,7	24,3 23,0-27,25 20,0-30,0
Объем матки, см³	48,0 42,5-52,0 33,3-90,0	60,6 48,8-69,5 34,0-101,0	56,8 44,2-76,5 29,5-99,2	63,1 51,55-69,0 42,5-87,0
Объем эндометрия, см³	4,5 3,9-6,1 3,5-7,8	8,4 7,6-10,25 5,3-13,0	8,0 6,8-9,2 5,9-12,5	8,1 6,35-9,6 5,58-13,0
Площадь полости матки, см²	6,7 6,1-7,69 4,5-10,7	8,5 7,4-10,38 4,9-11,95	7,9 6,7-10,5 4,8-12,7	7,7 6,72-9,69 4,5-12,2
Скорректированный объем эндометрия, %	10,05 8,12-13,0 6,5-15,61	14,39 10,96-18,47 6,78-29,41	13,79 11,34-19,51 7,96-32,35	13,65 11,81-15,16 8,43-19,35
VI матки, %	21,0 18,2-25,3 10,6-29,0	25,0 20,02-31,45 10,6-49,9	22,0 19,3-25,3 8,0-52,4	22,6 18,55-29,2 16,0-52,4
FI матки	25,0 22,5-26,8 17,6-29,7	25,2 23,48-26,95 17,6-39,6	25,2 23,4-26,4 19,1-32,2	24,8 21,85-27,55 17,6-32,2
VFI матки	8,6 7,9-10,3 2,9-17,0	9,0 7,72-10,6 2,9-20,0	8,7 5,9-9,4 1,9-20,0	8,3 7,15-11,3 4,2-17,8
VI эндометрия, %	9,7 9,0-10,7 7,4-18,4	11,8 9,77-17,68 1,04-24,0	10,7 9,5-12,5 7,4-22,7	12,5 9,05-19,75 7,9-21,1
FI эндометрия	12,8 11,5-15,2 10,3-19,6	15,25 12,1-18,55 10,3-23,8	12,9 10,8-17,0 10,3-23,8	15,5 12,55-20,3 10,2-25,9
VFI эндометрия	2,8 2,7-3,0 1,9-4,8	3,0 2,52-4,28 1,9-9,0	2,8 2,5-3,5 1,9-7,4	3,2 2,55-3,9 1,9-10,5
Средний Vmean MA, см/с	7,35 6,1-8,65 4,6-10,9	8,02 6,99-9,98 3,75-13,5	8,6 6,54-9,5 5,4-13,1	8,45 6,68-9,48 3,13-11,3
Средний PI MA	1,95 1,85-2,2 1,55-2,6	2,05 1,85-2,2 1,15-2,7	1,95 1,8-2,3 1,28-2,7	2,05 1,78-2,25 1,28-2,9

*численные значения представлены: первая строка – медиана; вторая строка – 25-75 процентиль; третья строка – минимальное и максимальное значение.

сосудистого русла этих структур в исследуемую фазу цикла.

Наряду с этим, были выявлены умеренные взаимосвязи: между толщиной и объёмом эндометрия ($\rho = 0,44$), а также между объёмом эндометрия и его васкуляризацией по индексу VI ($\rho = 0,36$). Обратная корреляция между объёмом матки и пульсационным индексом ($\rho = -0,23$) может отражать снижение сосудистого сопротивления у женщин с более крупными размерами матки (табл. №5).

торной фазе менструального цикла объём матки, площадь и объём эндометрия находятся в пределах физиологической нормы, но превышают среднестатистические значения, представленные в ряде популяционных исследований. Это может быть связано с реализованной репродуктивной функцией и отсутствием патологий, влияющих на размеры органа.

Так, в крупном исследовании, проведённом Chen и соавт. (2023), объём матки в

Таблица №5. Статистически значимые корреляции между параметрами.

Параметры	Коэффициент корреляции (ρ)	P	Интерпретация
Объём эндометрия – Площадь полости	0,76	<0,001	Пропорциональная зависимость объёма эндометрия от площади полости
VI матки – VFI матки	0,73	<0,001	Согласованность между плотностью сосудистого русла и совокупным кровотоком матки
VI матки – VI эндометрия	0,65	<0,001	Параллельная активность гемодинамики в миометрии и эндометрии
VI эндометрия – FI эндометрия	0,64	<0,001	Сопряжённость сосудистой насыщенности и интенсивности кровотока в эндометрии
FI эндометрия – VFI эндометрия	0,44	<0,001	Взаимосвязь между количественным и потоковым индексами кровоснабжения эндометрия
Толщина эндометрия – Объём эндометрия	0,44	<0,001	Морфологическая зависимость между толщиной и объёмом эндометрия
Объём эндометрия – VI эндометрия	0,36	<0,001	Влияние сосудистой плотности на объёмное развитие эндометрия
PI маточных артерий – Объём матки	-0,23	0,01	Умеренное снижение периферического сопротивления при увеличении объёма матки

Графическая иллюстрация ключевых корреляций представлена на рисунках 7-10, где последовательно показаны: связь между объёмом эндометрия и площадью полости матки, взаимосвязь VI и VFI матки, VI матки и эндометрия, а также FI и VFI эндометрия (рис. 7-10). Сводная тепловая карта всех коэффициентов корреляции представлена на рисунке 11.

Обсуждение.

Сравнение органометрических параметров.

Результаты исследования показали, что у фертильных рожавших женщин активного репродуктивного возраста в средней секре-

возрастной группе 25-35 лет составлял в среднем $47,4 \text{ см}^3$, в то время как в нашем исследовании этот показатель достигал более высоких значений [2]. Следует отметить, что выборка Chen и соавт. не была стратифицирована по паритету, что может объяснять различие. Также в исследовании Агуа и соавт. (2021) указаны усреднённые размеры тела матки без учёта фазы цикла, что ограничивает возможность прямого сопоставления [3].

Отличительной особенностью нашего исследования стало включение 3D- реконструкции площади полости и объёма эндометрия – параметров, редко используемых в

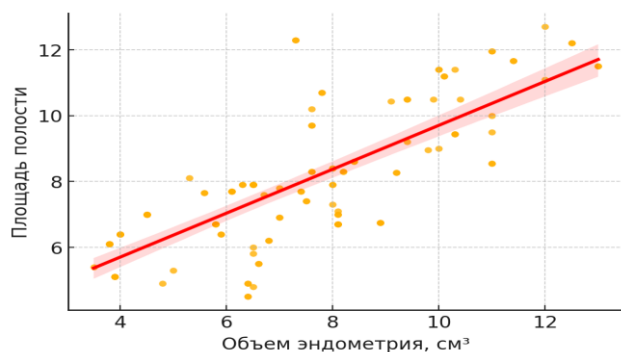


Рис. 7 (Fig. 7)

Рис. 7. Диаграмма.

Диаграмма рассеяния, иллюстрирующая прямую зависимость между объёмом эндометрия и площадью полости матки ($\rho = 0,76$; $p < 0,001$). График демонстрирует геометрически обусловленную линейную тенденцию увеличения объёма слизистой оболочки с ростом ёмкости полости матки.

Fig. 4. Diagram.

Scatter plot showing a strong direct correlation between endometrial volume and uterine cavity area ($\rho = 0.76$; $p < 0.001$). The graph illustrates a geometrically determined linear increase in endometrial volume with larger cavity capacity.

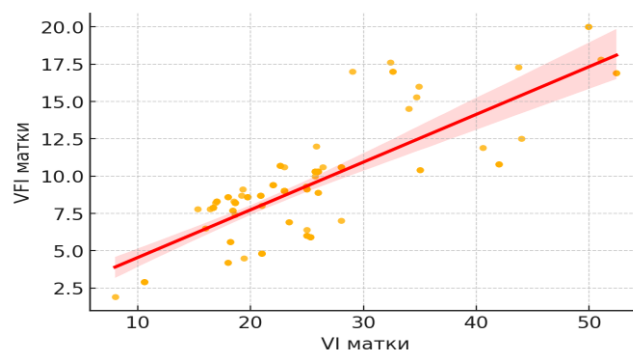


Рис. 8 (Fig. 8)

Рис. 8. Диаграмма.

Диаграмма рассеяния, демонстрирующая сильную положительную корреляцию между васкуляризационным индексом (VI) и васкуляризационно-потокowym индексом (VFI) матки ($\rho = 0,73$; $p < 0,001$). Наблюдается линейная взаимосвязь между плотностью сосудистой сети и интенсивностью перфузии органа.

Fig. 8. Diagram.

Scatter plot demonstrating a strong positive correlation between the uterine vascularization index (VI) and vascularization-flow index (VFI) ($\rho = 0.73$; $p < 0.001$). A linear relationship is observed between vessel density and organ perfusion intensity.

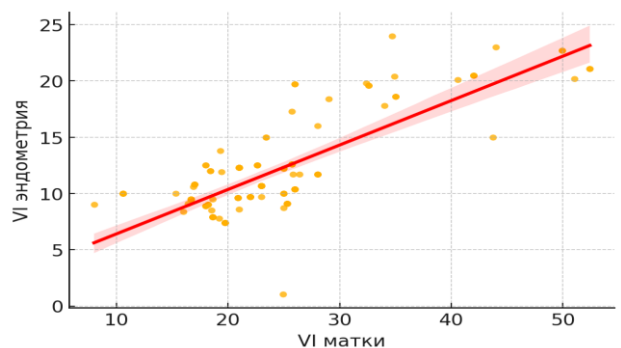


Рис. 9 (Fig. 9)

Рис. 9. Диаграмма.

Диаграмма рассеяния, отражающая сопряжённость между VI матки и VI эндометрия ($\rho = 0,65$; $p < 0,001$). Иллюстрируется синхронность макро- и микрососудистой васкуляризации, обусловленная общими механизмами ангиогенеза.

Fig. 9. Diagram.

Scatter plot showing the association between VI of the uterus and VI of the endometrium ($\rho = 0.65$; $p < 0.001$). This illustrates synchronized macro- and microvascular development, likely governed by common angiogenic mechanisms.

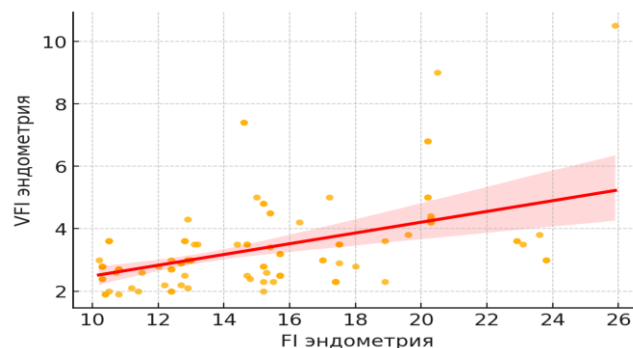


Рис. 10 (Fig. 10)

Рис. 10. Диаграмма.

Диаграмма рассеяния, демонстрирующая положительную зависимость между потоковым индексом (FI) и васкуляризационно-потокowym индексом (VFI) эндометрия ($\rho = 0,44$; $p < 0,001$). Связь отражает сопряжённость интенсивности кровотока и совокупной сосудистой насыщенности слизистой оболочки.

Fig. 10. Diagram.

Scatter plot showing a positive correlation between flow index (FI) and vascularization-flow index (VFI) of the endometrium ($\rho = 0.44$; $p < 0.001$). This reflects the interdependence of perfusion intensity and total vascular supply of the endometrial tissue.

рутинной практике, но обладающих высокой чувствительностью к физиологическим изменениям [12-14]. Найденные нами значения объёма и площади эндометрия, в том числе скорректированный объём (отношение объёма эндометрия к объёму матки), характеризуют его функциональную зрелость и соответствуют нормальной рецептивной фазе цикла. Показатели толщины эндометрия также укладываются в диапазон, предложенный в литературе как оптимальный для имплантации (8-12 мм) [15,16].

Сосудистая перфузия и васкуляризационные индексы

Васкуляризационные параметры матки находились в пределах физиологической

нормы: среднее значение индекса васкуляризации (VI) составило $24,2 \pm 8,6\%$, потокового индекса (FI) – $25,1 \pm 3,4$, васкуляризационно-потокового индекса (VFI) – $9,1 \pm 3,5$. Эти показатели отражают выраженную гемодинамическую активность миометрия в средней секреторной фазе менструального цикла. Полученные значения сопоставимы с данными, представленными в ряде исследований, использующих 3D-доплерометрию у здоровых женщин репродуктивного возраста. В частности, близкие уровни VI, FI и VFI матки описаны в работах Stępniaк и Czuczwar (2017), Garg и соавт. (2018) и Ng и соавт. (2005), что подтверждает воспроизводимость и нормативность представленных

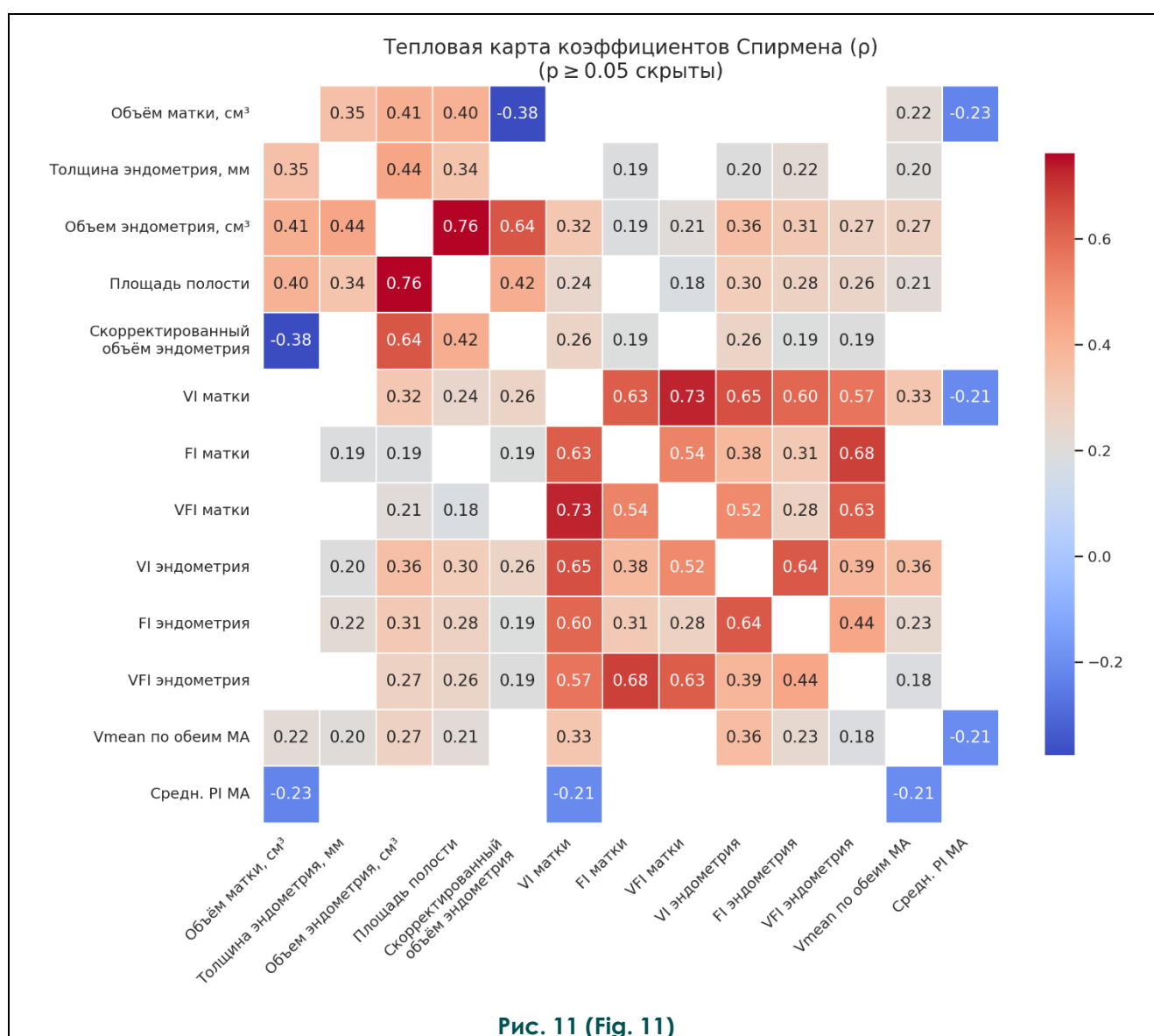


Рис. 11 (Fig. 11)

Рис. 11. Тепловая карта коэффициентов корреляции Спирмена (ρ) между основными ультразвуковыми параметрами.

Fig. 11. Heatmap of Spearman's correlation coefficients (ρ) between major ultrasound parameters.

результатов. Аналогичные параметры были получены для эндометрия: VI составил $12,0 \pm 4,3 \%$, FI – $14,6 \pm 3,8$, VFI – $3,3 \pm 1,3$ [17–19]. Эти значения сопоставимы с результатами исследований Jokubkiene и соавт. (2006), Mayer и соавт. (2019) и Khan и соавт. (2024) [5, 20, 21]. Полученные показатели васкуляризации эндометрия могут рассматриваться как референсные для женщин данного возраста и фазы цикла.

Допплерометрия маточных артерий.

Показатели пульсационного индекса (PI) в маточных артериях оказались в пределах, ассоциированных с благоприятной имплантацией [9]. Полученные нами значения Vmean укладываются в указанные в литературе референсные интервалы [1].

Паритет и его влияние.

Установлено, что увеличение количества родов сопровождалось ростом объёма матки и эндометрия, увеличением площади слизистой оболочки и её скорректированного объёма, а также повышением васкуляризационных индексов эндометрия. Эти изменения, по-видимому, отражают физиологическую адаптацию сосудистого русла и морфометрии матки после повторных беременностей.

Такие данные согласуются с концепцией, согласно которой повторные гестации приводят к увеличению перфузионной ёмкости матки и более выраженному развитию сосудистой сети, особенно в эндометриальном слое. Отсутствие изменения PI при нарастании паритета подтверждает его устойчивость как системного показателя сопротивления кровотоку.

Корреляционные взаимосвязи.

Корреляционный анализ показал, что параметры объёма и площади полости матки тесно взаимосвязаны с васкуляризацией как матки, так и эндометрия. Это подчёркивает анатомо-функциональную интеграцию морфометрических и гемодинамических характеристик. Выявленная обратная связь между объёмом матки и PI дополнительно подтверждает, что увеличение размеров органа сопровождается снижением сосудистого сопротивления, что может быть прогностически благоприятным признаком в контексте оценки рецептивности.

Важно отметить, что VI эндометрия положительно коррелировал с его объёмом, что подтверждает морфофункциональную согласованность развития слизистой оболочки в фазу имплантационной готовности. Связь

между васкуляризацией и объёмными характеристиками эндометрия подчёркивает значимость оценки 3D-перфузионных параметров в качестве индикаторов рецептивности.

Интересным представляется выявленное совпадение пиков корреляции между VFI и VI как в матке, так и в эндометрии. Это указывает на тесную взаимозависимость между сосудистым наполнением и интенсивностью кровотока и может служить дополнительным индикатором функциональной зрелости слизистой оболочки в подготовке к имплантации.

Клиническое значение.

Полученные результаты позволяют уточнить референсные значения ультразвуковых параметров у фертильных рожавших женщин в средней секреторной фазе. Они могут быть использованы в качестве ориентира при скрининге рецептивности эндометрия и при планировании переноса эмбриона.

Заключение.

Проведённое исследование позволило охарактеризовать органометрические и гемодинамические параметры матки и эндометрия у фертильных рожавших женщин активного репродуктивного возраста в средней секреторной фазе менструального цикла. Установлены нормативные значения толщины и объёма эндометрия, площади полости матки, скорректированного объёма, а также васкуляризационных и доплерометрических индексов. Показано, что указанные параметры характеризуются высокой физиологической зрелостью эндометрия и выраженной перфузией, ассоциированной с оптимальной рецептивностью. Влияние паритета отражается в нарастании объёма и васкуляризации эндометрия, что может быть интерпретировано как адаптивный механизм, усиливающий функциональную состоятельность слизистой оболочки.

Полученные результаты могут использоваться в качестве клинических ориентиров при планировании программ ВРТ, а также в качестве базы для формирования стратифицированных референсных диапазонов в ультразвуковой репродуктологии.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Озерская, И.А. Эхография в гинекологии. И.А. Озерская. 3-е изд., перераб. и доп. Москва, Видар-М, 2020. 701 с.
2. Chen F., Y. Gong, Y. Xie et al. Assessment of key parameters of normal uterus in women of reproductive age. F. Chen, Scientific Reports. 2023; 13 (1): 17794. DOI: 10.1038/s41598-023-44489-6.
3. Arya A., S. Tomar, R.K. Diwan et al. Uterine Parameters of Clinical Importance in North Indian Females of Reproductive Age – An Ultrasonographic Evaluation. National Journal of Clinical Anatomy. 2021; 10 (4): 232. DOI: 10.4103/NJCA.NJCA_93_20.
4. Ng E.H.Y., C.C.W. Chan, O.S. Tang et al. The role of endometrial and subendometrial vascularity measured by three-dimensional power Doppler ultrasound in the prediction of pregnancy during frozen-thawed embryo transfer cycles. Human Reproduction. 2006; 21(6): 1612-1617. DOI: 10.1093/humrep/dei502.
5. Mayer R.B., T. Ebner, C. Weiss et al. The Role of Endometrial Volume and Endometrial and Subendometrial Vascularization Parameters in a Frozen Embryo Transfer Cycle. Reproductive Sciences. 2019; 26 (7): 1013-1018. DOI: 10.1177/1933719118804421.
6. Guedes-Martins L., R. Gaio, J. Saraiva et al. Reference Ranges for Uterine Artery Pulsatility Index during the Menstrual Cycle: A Cross-Sectional Study. PLOS ONE. Reference Ranges for Uterine Artery Pulsatility Index during the Menstrual Cycle. 2015; 10 (3): P. e0119103. DOI: 10.1371/journal.pone.0119103.
7. Озерская И.А., Минашкина Е.В., Ожогина Е.В., Гус А.И. Ультразвуковое исследование матки и эндометрия как критерий оценки рецептивности эндометрия. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2024; 1: 49-52. DOI: 10.48612/cgma/xz2g-8kgk-axt1.
8. Chien L.-W., H.-K. Au, P.-L. Chen et al. Assessment of uterine receptivity by the endometrial-subendometrial blood flow distribution pattern in women undergoing in vitro fertilization-embryo transfer. Fertility and Sterility. 2002; 78 (2): 245-251. DOI: 10.1016/S0015-0282(02)03223-5.
9. Bahrami F., M. Eftekhari, L. Zandbaghi. Uterine artery Doppler and endometrial blood flow in frozen embryo transfer: a cohort study. International Journal of Reproductive Biomedicine. Uterine artery Doppler and endometrial blood flow in frozen embryo transfer. 2023; 21 (3): 205-212. DOI: 10.18502/ijrm.v21i3.13196.
10. Wu J., J. Sheng, X. Wu, Q. Wu Ultrasound-assessed endometrial receptivity measures for the prediction of in vitro fertilization-embryo transfer clinical pregnancy outcomes: A meta-analysis and systematic review. Experimental and Therapeutic Medicine. Ultrasound-assessed endometrial receptivity measures for the prediction of in vitro fertilization-embryo transfer clinical pregnancy outcomes. 2023; 26 (3): 453. DOI: 10.3892/etm.2023.12152.
11. Wang J., F. Xia, Y. Zhou et al. Association Between Endometrial. Subendometrial Vasculature and Embryo Transfer Outcome: A Meta-analysis and Subgroup Analysis. Journal of Ultrasound in Medicine. Association Between Endometrial/Subendometrial Vasculature and Embryo Transfer Outcome. 2018; 37 (1): 149-163. DOI: 10.1002/jum.14319.
12. Alcázar J.L. Three-dimensional ultrasound assessment of endometrial receptivity: a review. Reproductive Biology and Endocrinology. Three-dimensional ultrasound assessment of endometrial receptivity. 2006; 4 (1): 56. DOI: 10.1186/1477-7827-4-56.
13. Abed K. F., Jasim H. A. Specific criteria in the radiological differential diagnosis of ovarian masses in MRI and ultrasound. REJR. 2023; 13(3):110-130. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-3-110-130.
14. Минашкина Е.В., Ожогина Е.В., Озерская И.А. Ультразвуковые методы диагностики рецептивности эндометрия. REJR. 2025; 15(1):193-205. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-193-205.
15. Zhang C., C. Chen, J. Wang et al. An endometrial receptivity scoring system basing on the endometrial thickness, volume, echo, peristalsis, and blood flow evaluated by ultrasonography. Frontiers in Endocrinology. 2022; 13: C. 907874. DOI: 10.3389/fendo.2022.907874.
16. Casper R.F. Frozen embryo transfer: evidence-based markers for successful endometrial preparation. Fertility and Sterility. Frozen embryo transfer. 2020; 113 (2): 248-251. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2019.12.008.
17. Stępnia A., P. Czuczwar. 3D Power Doppler vascular indices as a novel technique in assessing the outcome of minimally invasive techniques in uterine fibroids treatment. Menopause Review/Przegląd Menopauzalny. 2017 16 (4): 118-121. DOI: 10.5114/pm.2017.72755.
18. Garg N., H.K. Khaira, M. Kaur, S. Sinha A. Comparative Study on Quantitative Assessment of Blood Flow and Vascularization in Polycystic Ovary Syndrome Patients and Normal Women Using Three-Dimensional Power Doppler Ultrasonography. The Journal of Obstetrics and Gynecology of India. 2018; 68 (2): 136-141. DOI: 10.1007/s13224-017-1082-4.
19. Ng E.H.Y., C.C.W. Chan, O.S. Tang et al. The role of endometrial and subendometrial blood flows measured by three-dimensional power Doppler ultrasound in the prediction of pregnancy during IVF treatment. Human Reproduction. 2006; 21 (1): 164-170. DOI: 10.1093/humrep/dei277.
20. Jokubkiene L., P. Sladkevicius, L. Rovas, L. Valentin Assessment of changes in endometrial and subendometrial volume and vascularity during the normal menstrual cycle using three-dimensional power Doppler ultrasound. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2006; 27 (6): 672-679. DOI: 10.1002/uog.2742.
21. Khan A., Aisha al-Motawa, Najeeb Halabi et al. An investigation of endometrial vascularity in normally menstruating women using 3D ultrasound. International Journal of Gynecology & Obstetrics. 2024; 165 (3): 1172-1181. DOI: 10.1002/ijgo.15326.

References:

1. Ozerskaya, I.A. Echography in gynecology. I.A. Ozerskaya. 3rd ed., revised. Moscow, Vidar-M, 2020. 701 p. (in Russian).
2. Chen F., Y. Gong, Y. Xie et al. Assessment of key parameters of normal uterus in women of reproductive age. F. Chen, Scientific Reports. 2023; 13 (1): 17794. DOI: 10.1038/s41598-023-44489-6.
3. Arya A., S. Tomar, R.K. Diwan et al. Uterine Parameters of Clinical Importance in North Indian Females of Reproductive Age – An Ultrasonographic Evaluation. National Journal of Clinical Anatomy. 2021; 10 (4): 232. DOI: 10.4103/NJCA.NJCA_93_20.
4. Ng E.H.Y., C.C.W. Chan, O.S. Tang et al. The role of endometrial and subendometrial vascularity measured by three-dimensional power Doppler ultrasound in the prediction of pregnancy during frozen-thawed embryo transfer cycles. Human Reproduction. 2006; 21(6): 1612-1617. DOI: 10.1093/humrep/dei502.
5. Mayer R.B., T. Ebner, C. Weiss et al. The Role of Endometrial Volume and Endometrial and Subendometrial Vascularization Parameters in a Frozen Embryo Transfer Cycle. Reproductive Sciences. 2019; 26 (7): 1013-1018. DOI: 10.1177/1933719118804421.
6. Guedes-Martins L., R. Gaio, J. Saraiva et al. Reference Ranges for Uterine Artery Pulsatility Index during the Menstrual Cycle: A Cross-Sectional Study. PLOS ONE. Reference Ranges for Uterine Artery Pulsatility Index during the Menstrual Cycle. 2015; 10 (3): P. e0119103. DOI: 10.1371/journal.pone.0119103.
7. Ozerskaya, I. A., Minashkina, E. V., Ozhogina, E. V., Gus, A. I. Ultrasound examination of the uterus and endometrium as a criterion for assessing endometrial receptivity. Kremlin medicine. Clinical Bulletin. 2024; 1: 49-52. DOI: 10.48612/cgma/xz2g-8kgk-act1 (in Russian).
8. Chien L.-W., H.-K. Au, P.-L. Chen et al. Assessment of uterine receptivity by the endometrial-subendometrial blood flow distribution pattern in women undergoing in vitro fertilization-embryo transfer. Fertility and Sterility. 2002; 78 (2): 245-251. DOI: 10.1016/S0015-0282(02)03223-5.
9. Bahrami F., M. Eftekhari, L. Zandbaghi. Uterine artery Doppler and endometrial blood flow in frozen embryo transfer: a cohort study. International Journal of Reproductive Biomedicine. Uterine artery Doppler and endometrial blood flow in frozen embryo transfer. 2023; 21 (3): 205-212. DOI: 10.18502/ijrm.v21i3.13196.
10. Wu J., J. Sheng, X. Wu, Q. Wu Ultrasound-assessed endometrial receptivity measures for the prediction of in vitro fertilization-embryo transfer clinical pregnancy outcomes: A meta-analysis and systematic review. Experimental and Therapeutic Medicine. Ultrasound-assessed endometrial receptivity measures for the prediction of in vitro fertilization-embryo transfer clinical pregnancy outcomes. 2023; 26 (3): 453. DOI: 10.3892/etm.2023.12152.
11. Wang J., F. Xia, Y. Zhou et al. Association Between Endometrial. Subendometrial Vasculature and Embryo Transfer Outcome: A Meta-analysis and Subgroup Analysis. Journal of Ultrasound in Medicine. Association Between Endometrial/Subendometrial Vasculature and Embryo Transfer Outcome. 2018; 37 (1): 149-163. DOI: 10.1002/jum.14319.
12. Alcázar J.L. Three-dimensional ultrasound assessment of endometrial receptivity: a review. Reproductive Biology and Endocrinology. Three-dimensional ultrasound assessment of endometrial receptivity. 2006; 4 (1): 56. DOI: 10.1186/1477-7827-4-56.
13. Abed K.F., Jasim H.A. Specific criteria in the radiological differential diagnosis of ovarian masses in MRI and ultrasound. REJR. 2023; 13(3):110-130. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-3-110-130.
14. Minashkina E.V., Ozhogina E.V., Ozerskaya I.A. Ultrasound methods for diagnosing endometrial receptivity. REJR. 2025; 15(1):193-205. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-193-205 (in Russian).
15. Zhang C., C. Chen, J. Wang et al. An endometrial receptivity scoring system basing on the endometrial thickness, volume, echo, peristalsis, and blood flow evaluated by ultrasonography. Frontiers in Endocrinology. 2022; 13: pp. 907874. DOI: 10.3389/fendo.2022.907874.
16. Casper R.F. Frozen embryo transfer: evidence-based markers for successful endometrial preparation. Fertility and Sterility. Frozen embryo transfer. 2020; 113 (2): 248-251. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2019.12.008.
17. Stępnia A., P. Czuczwar. 3D Power Doppler vascular indices as a novel technique in assessing the outcome of minimally invasive techniques in uterine fibroids treatment. Menopause Review/Przegląd Menopauzalny. 2017 16 (4): 118-121. DOI: 10.5114/pm.2017.72755.
18. Garg N., H.K. Khaira, M. Kaur, S. Sinha A. Comparative Study on Quantitative Assessment of Blood Flow and Vascularization in Polycystic Ovary Syndrome Patients and Normal Women Using Three-Dimensional Power Doppler Ultrasonography. The Journal of Obstetrics and Gynecology of India. 2018; 68 (2): 136-141. DOI: 10.1007/s13224-017-1082-4.
19. Ng E.H.Y., C.C.W. Chan, O.S. Tang et al. The role of endometrial and subendometrial blood flows measured by three-dimensional power Doppler ultrasound in the prediction of pregnancy during IVF treatment. Human Reproduction. 2006; 21 (1): 164-170. DOI: 10.1093/humrep/dei277.
20. Jokubkiene L., P. Sladkevicius, L. Rovas, L. Valentin Assessment of changes in endometrial and subendometrial volume and vascularity during the normal menstrual cycle using three-dimensional power Doppler ultrasound. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2006; 27 (6): 672-679. DOI: 10.1002/uog.2742.
21. Khan A., Aisha al-Motawa, Najeeb Halabi et al. An investigation of endometrial vascularity in normally menstruating women using 3D ultrasound. International Journal of Gynecology & Obstetrics. 2024; 165(3):1172-1181. DOI: 10.1002/ijgo.15326.