

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD629721>

# Ультразвуковое исследование в программах экстракорпорального оплодотворения

Е.В. Киракосян

Городская клиническая больница № 31 имени академика Г.М. Савельевой, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

В настоящее время всё больше внимания уделяют ценности ультразвукового исследования как неотъемлемой части программ экстракорпорального оплодотворения, чем обусловлена актуальность темы данного обзора. В представленном обзоре научной литературы, основанном на самых значимых исследованиях последних лет, сделана попытка ответить на дискуссионный вопрос о выборе ведущего метода оценки овариального резерва и прогнозирования результатов программ экстракорпорального оплодотворения. В работе проведён анализ преимуществ и недостатков методов двухмерного и трёхмерного трансвагинального ультразвукового исследования при подсчёте количества фолликулов яичников. Приведены ультразвуковые характеристики эндометрия и показатели кровотока в маточных артериях, являющиеся возможными предикторами результатов программ экстракорпорального оплодотворения. Представлены современные возможности трансабдоминальной аспирации ооцитов в программах экстракорпорального оплодотворения. В результате анализа данных литературы сделан вывод о высокой информативности ультразвукового исследования в программах экстракорпорального оплодотворения.

**Ключевые слова:** овариальный резерв; количество фолликулов яичников; трансвагинальное ультразвуковое исследование; экстракорпоральное оплодотворение; вспомогательные репродуктивные технологии.

## Как цитировать:

Киракосян Е.В. Ультразвуковое исследование в программах экстракорпорального оплодотворения // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 4. С. 870–881. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD629721>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD629721>

# Ultrasound in *in vitro* fertilization programs

Evgeniya V. Kirakosyan

City Clinical Hospital № 31, Moscow, Russia

## ABSTRACT

Currently, increasing attention is being paid to the value of ultrasound as an integral part of *in vitro* fertilization programs, which determines the relevance of the topic of this review. This review analyzes the main studies published in recent years and attempts to identify the leading method for assessing ovarian reserve and predicting *in vitro* fertilization outcome, which remains controversial. The paper evaluates advantages and limitations of two-dimensional and three-dimensional transvaginal ultrasound methods for counting ovarian follicles. Ultrasound characteristics of the endometrium and blood flow parameters in the uterine arteries are presented as possible predictors of the outcome of *in vitro* fertilization programs. The current options for transabdominal oocyte aspiration for *in vitro* fertilization programs are presented. The analysis of literature data concluded the high informational value of ultrasound for *in vitro* fertilization programs.

**Keywords:** ovarian reserve; number of ovarian follicles; transvaginal ultrasound; *in vitro* fertilization; assisted reproductive technologies.

## To cite this article:

Kirakosyan EV. Ultrasound in *in vitro* fertilization programs. *Digital Diagnostics*. 2024;5(4):870–881. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD629721>

Received: 31.03.2024

Accepted: 04.07.2024

Published online: 05.11.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD629721>

# 体外受精项目中的超声检查

Evgeniya V. Kirakosyan

City Clinical Hospital № 31, Moscow, Russia

## 摘要

目前，超声检查作为体外受精项目不可分割的部分，其价值越来越受到人们的关注，这正是本综述主题的现实意义。在这篇科学文献综述中，以近年来最重要的研究为基础，试图回答一个有争议的问题，那就是如何选择主要的方法来评估卵巢储备和预测体外受精计划的结果。本文对二维和三维经阴道超声检查在计算卵泡数量时的优缺点进行了分析。列出了子宫内膜的超声特征和子宫动脉血流指标，它们是体外受精计划结果的可能预测因素。介绍了在体外受精项目中经腹卵母细胞抽吸的现代可能性。通过对文献数据的分析，可以做出如下结论，超声在体外受精项目中可提供的信息量巨大。

**关键词：**卵巢储备；卵泡数量；经阴道超声波检查；体外受精；辅助生殖技术。

## 引用本文：

Kirakosyan EV. 体外受精项目中的超声检查. *Digital Diagnostics*. 2024;5(4):870–881. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD629721>

收到: 31.03.2024

接受: 04.07.2024

发布日期: 05.11.2024

## МАРКЁР ОВАРИАЛЬНОГО РЕЗЕРВА: КОЛИЧЕСТВО Фолликулов Яичников или КОНЦЕНТРАЦИЯ АНТИМЮЛЛЕРОВА ГОРМОНА?

При проведении программ экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) исключительно важны оценка овариального резерва, индивидуальный подбор протокола овариальной стимуляции и прогнозирование ответа на неё. От этого во многом зависят получение зрелых ооцитов, аспирация достаточного их количества, получение эмбрионов хорошего качества и наступление клинической беременности [1]. Фолликулярный аппарат (фолликулы разной степени зрелости в корковом веществе яичника) является ультразвуковым маркёром овариального резерва яичников [2]. Международным консенсусом 2018 года изложена методика подсчёта количества фолликулов яичников (КФЯ) при трансвагинальном ультразвуковом исследовании (ТВУЗИ) [3]. Во время процедуры пациентка находится в литотомическом положении, мочевого пузыря опорожнён, исследование яичников проводят следующим образом:

- каждый яичник сканируют в продольной и корональной плоскостях для определения плоскости лучшей визуализации;
- яичник центрируют так, чтобы по наибольшей оси он занимал не меньше 50% экрана ультразвукового аппарата;
- качество изображения оптимизируют с помощью функционала ультразвукового аппарата для достижения максимального контраста между фолликулярной жидкостью и стромой яичника;
- измерения проводят по внутреннему диаметру анэхогенной области всех фолликулярных структур от верхнего до нижнего полюса яичника (у круглых фолликулов измеряют диаметр, у овальных — большую и малую оси с последующим расчётом среднего арифметического полученных значений);
- проводят подсчёт фолликулярных структур диаметром 2–10 мм, фолликулы диаметром <2 и >10 мм не учитывают;
- устанавливают наличие или отсутствие доминантного фолликула, кист, опухолей яичника;
- в случае сомнений исследование проводят повторно в другой плоскости сканирования;
- количество учтённых фолликулов в обоих яичниках суммируют [3].

В клинической практике часто встречается несоответствие между КФЯ и концентрацией антимюллера гормона (АМГ) в крови. В клинике Пекинского университета в 2019 году проведено исследование с участием

1121 женщины, страдающей бесплодием и включённой в программы ЭКО. Показатели КФЯ и АМГ определяли на 2–3 день менструального цикла. ТВУЗИ проводили с помощью аппарата Aloka™ SSD-1000 (Hitachi Aloka Medical, Япония) с вагинальным датчиком 5 МГц. По результатам обследования пациенток разделили на четыре группы: группа А (611 женщин) — нормальные значения КФЯ и АМГ (КФЯ  $\geq 7$  и АМГ  $\geq 1,1$  нг/мл), группа В (85 женщин) — нормальное значение КФЯ и низкое значение АМГ (КФЯ  $\geq 7$  и АМГ <1,1 нг/мл), группа С (118 женщин) — низкое значение КФЯ и нормальное значение АМГ (КФЯ <7 и АМГ  $\geq 1,1$  нг/мл), группа D (307 женщин) — низкие значения КФЯ и АМГ (КФЯ <7 и АМГ <1,1 нг/мл). Таким образом, у 203 женщин (18,1%) установили несоответствие между КФЯ и концентрацией АМГ (группы В и С), при этом в группе В количество аспирированных ооцитов и эмбрионов хорошего качества, а также частота наступления клинической беременности статистически значимо превышали соответствующие показатели в группе С, в то время как частота сниженного ответа на овариальную стимуляцию была достоверно меньше [4]. Данное исследование показало, что в клинической практике для каждой пятой пациентки в программах ЭКО характерно несоответствие между КФЯ и концентрацией АМГ, при этом КФЯ является предпочтительным маркёром для оценки овариального резерва, а также прогнозирования ответа на овариальную стимуляцию и результата программы ЭКО.

С целью сравнения информативности маркёров овариального резерва проведено многоцентровое ретроспективное исследование на основе данных 89 002 пациенток и 327 059 циклов ЭКО, полученных из пяти репродуктивных центров Китая. В качестве маркёров овариального резерва оценивали КФЯ, концентрацию АМГ, концентрацию фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и возраст пациентки. Показатели АМГ и КФЯ продемонстрировали высокую информативность по отдельности (AUC<sup>1</sup> 0,862 и 0,842, соответственно), однако наиболее информативным оказалось сочетание показателей АМГ, КФЯ, ФСГ и возраста (AUC 0,873). Авторы отмечают, что изолированная оценка концентрации АМГ возможна при его определении в лаборатории автоматизированным электрохемилюминесцентным методом. Авторы также считают целесообразным оценивать КФЯ в сочетании с возрастом пациентки (AUC 0,846) [5].

В другом исследовании проведён анализ данных 15 283 пациенток и 25 854 программ овариальной стимуляции из 12 центров вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) Франции. У пациенток в возрасте 25 лет среднее значение КФЯ составило 16,3 (95% ДИ<sup>2</sup> 14,5–18,4) с линейным уменьшением на 3,9% в год ( $p < 0,001$ ), средняя

<sup>1</sup> AUC ROC — area under the curve ROC (площадь под ROC-кривой: показатель чувствительности и специфичности, характеризующий валидность диагностических тестов).

<sup>2</sup> Доверительный интервал.

концентрация АМГ — 3,9 нг/мл (95% ДИ 3,6–4,2 нг/мл) со снижением на 5% в год. Авторы выявили низкую корреляцию между концентрацией АМГ и КФЯ: у половины пациенток с низким содержанием АМГ наблюдали нормальное значение КФЯ. Авторы выделяют две причины, ограничивающие оценку концентрации АМГ: отсутствие международной стандартизации автоматизированного лабораторного анализа (который показывает концентрацию АМГ на 16–20% меньше по сравнению с ручным анализом) и высокая стоимость исследования (во Франции концентрацию АМГ определяют один раз в год, тогда как ТВУЗИ с определением КФЯ является частью всех программ ВРТ) [6].

В систематическом обзоре 2023 года с метаанализом на основе 42 исследований, включавших 7190 пациенток, выявлено, что показатель КФЯ и концентрация АМГ обладают хорошей предсказательной способностью для прогнозирования высокого и низкого ответов на овариальную стимуляцию. При этом авторы работы отмечают, что показатель КФЯ несколько превосходит концентрацию АМГ в прогнозировании низкого ответа на овариальную стимуляцию [7].

Таким образом, на сегодняшний день нет однозначного ответа на вопрос, какой из маркеров — КФЯ или концентрация АМГ — является ведущим для оценки овариального резерва. Большинство исследователей склоняются к мнению, что показатель КФЯ не уступает концентрации АМГ по информативности, при этом в ряде случаев имеет преимущество за счёт большей технической и экономической доступности.

## КОЛИЧЕСТВО Фолликулов Яичников Зависит от Дня Менструального Цикла?

Истинный овариальный резерв определяется пулом примордиальных фолликулов в яичниках. В настоящее время не существует диагностических методов для определения точного количества примордиальных фолликулов в яичниках, поэтому используют непрямую (ориентировочную) оценку овариального резерва на основании возраста женщины, КФЯ и концентрации АМГ в сыворотке крови. Концентрацию АМГ можно определять в любой день менструального цикла [8]. Показатель КФЯ в последнее десятилетие рекомендуют определять в ранней фолликулярной фазе менструального цикла, вероятно, с целью стандартизации диагностики, однако такое временное ограничение для проведения ТВУЗИ неудобно для пациенток и врачей [9].

В 2022 году опубликовано исследование, включавшее 410 женщин от 20 до 42 лет с регулярным менструальным циклом, которые прошли одну программу ЭКО. Подсчёт КФЯ проводили дважды методом ТВУЗИ с помощью аппаратов Voluson™ S8, E8 или E10 (GE Healthcare, США) с высокочастотным 3D вагинальным датчиком (>7 МГц). В каждом яичнике подсчитывали все фолликулы диаметром

от 2 до 10 мм, сумма которых составляла КФЯ. Первый подсчёт КФЯ проводили при первичном обращении пациентки в случайный день менструального цикла: в раннюю фолликулярную фазу (1–6-й дни менструального цикла, 150 женщин, 36,8%), в середину фолликулярной фазы (7–12-й дни менструального цикла, 177 женщин, 43,2%) или в лютеиновую фазу (13-й день менструального цикла и позже, 83 женщины, 20%). Второй подсчёт КФЯ проводили в день начала овариальной стимуляции. Концентрацию АМГ определяли в ранней фолликулярной фазе. Выявили, что показатель КФЯ в случайный день менструального цикла имел положительную корреляцию с концентрацией АМГ ( $r=0,69$ ,  $p < 0,001$ ), показателем КФЯ в день начала овариальной стимуляции ( $r=0,75$ ,  $p < 0,001$ ) и количеством аспирированных ооцитов ( $r=0,49$ ,  $p < 0,001$ ) [9]. Таким образом, показатель КФЯ имеет высокую информативность для оценки овариального резерва и прогностическую значимость в качестве маркера ответа на овариальную стимуляцию независимо от дня менструального цикла.

В ретроспективном исследовании 3117 женщин, страдавших бесплодием, показано, что КФЯ является прогностическим маркером сниженного ответа на овариальную стимуляцию (количество аспирированных ооцитов меньше четырёх) независимо от дня менструального цикла [10]. Анализ данных 72 женщин со злокачественными новообразованиями, которым проводили ЭКО с целью сохранения репродуктивного материала, показал, что подсчёт КФЯ в любой день менструального цикла является ценным инструментом для прогнозирования количества зрелых ооцитов [11]. Важно отметить, что возможность определения КФЯ в любой день менструального цикла позволит избежать неудобств как для врача, так и для пациентки во время менструации, а также уменьшит логистическую нагрузку на пациенток и врачей путём снижения количества повторных обследований. ТВУЗИ с подсчётом КФЯ в средней или поздней фолликулярной фазе даст врачам достоверную информацию не только об овариальном резерве, но и о структуре яичников и матки в рамках одного обследования [9].

## ДВУХМЕРНОЕ ИЛИ ТРЁХМЕРНОЕ ТРАНСВАГИНАЛЬНОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ для ПОДСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА Фолликулов Яичников и ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗРЕЛЫХ ООЦИТОВ?

В последнее время достижения в области ультразвуковых технологий привели к улучшению разрешения и качества изображений. В области ВРТ на смену абдоминальным датчикам пришли высокочастотные

вагинальные датчики, что значительно повысило качество визуализации внутренних женских половых органов — матки и яичников. Двухмерное (2D) ТВУЗИ является признанным методом обследования в репродуктивной медицине. Недавно появилось трёхмерное (3D) ТВУЗИ, преимущества и недостатки которого активно изучают в современных исследованиях. Оценка яичников с помощью ТВУЗИ во многом зависит от качества ультразвукового аппарата. При проведении 2D ТВУЗИ большое значение также имеет мастерство оператора в идентификации фолликулов и измерении их размеров, тогда как при 3D ТВУЗИ достаточно одного чёткого изображения каждого яичника для автоматического определения объёма яичников, измерения диаметра фолликулов и подсчёта КФЯ [12, 13]. Визуализация объекта в косой корональной плоскости при 3D ТВУЗИ позволяет точно измерять его объём, повышая объективность и воспроизводимость результатов исследования. Это особенно важно для объектов неправильной формы, таких как фолликулы в процессе овариальной стимуляции [14]. Возможность сохранения и последующей подробной оценки полученных данных, в частности анализа изображений в любой ориентации, позволяет устранить диагностические неопределённости при подготовке к лечению. Стоит отметить, что в проспективном исследовании 89 женщин, проходивших программу ЭКО, не обнаружено значимых различий в количестве и размерах фолликулов, определяемых вручную и с помощью программного обеспечения 3D ТВУЗИ. Однако при сравнении общего времени исследования показано, что 3D ТВУЗИ статистически значимо быстрее, чем 2D ТВУЗИ (1 мин против 2 мин,  $p < 0,01$ ), несмотря на необходимость дополнительного времени автономной работы оператора при 3D ТВУЗИ. Также показано, что воспроизводимость данных 3D ТВУЗИ статистически значимо выше по сравнению с 2D ТВУЗИ, то есть 3D ТВУЗИ позволяет снизить вариабельность результатов, зависящую от оператора [15].

В ещё одном исследовании участвовали 50 женщин от 18 до 37 лет, находившихся в программах ЭКО. Обследования проводили методами 2D и 3D ТВУЗИ с использованием аппарата Voluson™ S8 с вагинальным датчиком RIC5-9-RS 5–10 МГц (GE Healthcare, США). ТВУЗИ выполняли два оператора с интервалом 1 ч для оценки вариабельности результатов. 2D ТВУЗИ проводили по стандартной методике. После 2D ТВУЗИ каждая пациентка проходила 3D ТВУЗИ по следующей методике:

- выявление максимального диаметра яичника;
- стабилизация изображения;
- осмотр всего яичника в 3D;
- измерение объёма яичника с помощью программного обеспечения Virtual Organ Computer-Aided Analysis (VOCAL™, GE Healthcare) с шагом поворота 30° в корональной и продольной плоскостях, и других изображений (поперечных и корональных), полученных с использованием реконструированных данных;

- определение области интереса с помощью компьютеризированного механического режима медленного сканирования и сохранение трёхмерных данных.

Обнаружение заполненных жидкостью областей (фолликулов), определение их количества и диаметра осуществляли с использованием программы автоматического расчёта объёма SonoAVC™ (GE Medical Systems, Австрия). Время каждой процедуры 2D и 3D ТВУЗИ фиксировали с точностью до секунды. Результаты показали, что среднее время автоматического определения КФЯ и объёма яичников при 3D ТВУЗИ статистически значимо меньше по сравнению с 2D ТВУЗИ, при сопоставимой информативности 2D и 3D ТВУЗИ [16].

Оценка созревания фолликулов и момент аспирации ооцитов имеют решающее значение для получения зрелых ооцитов без осложнений [17]. Ранее в исследованиях установлено, что введение триггера финального созревания фолликулов следует проводить при достижении доминантным фолликулом диаметра 16–22 мм по данным 2D ТВУЗИ [18]. В одной из последних работ показано, что аспирация фолликулов диаметром 19–24,5 мм ассоциирована с получением blastocyst хорошего качества [19]. Традиционным маркёром для прогнозирования количества зрелых ооцитов в настоящее время остаётся количество фолликулов со средним диаметром  $\geq 10$  мм, измеренное вручную при 2D ТВУЗИ. Однако в исследованиях отмечают различия между этим показателем и количеством зрелых ооцитов [20]. В исследовании, включавшем 515 женщин в программах ЭКО, в день введения триггера финального созревания фолликулов проводили 3D ТВУЗИ с определением объёма доминантного фолликула в качестве маркёра для прогнозирования количества зрелых ооцитов с использованием искусственного интеллекта. В результате определили пороговое значение объёма доминантного фолликула — 0,5 см<sup>3</sup>, причем информативность нового маркёра статистически значимо превышала таковую традиционного ( $p < 0,001$ ) [21].

Таким образом, 2D и 3D ТВУЗИ сопоставимы по информативности при подсчёте КФЯ для оценки овариального резерва. При этом 3D ТВУЗИ позволяет автоматизированно определять КФЯ и объём яичников с высокой точностью и эффективностью, а возможность определения объёма фолликулов даёт возможность прогнозировать количество зрелых ооцитов. Ещё одним преимуществом 3D перед 2D ТВУЗИ является сокращение времени исследования. Использование 3D ТВУЗИ в клиниках ВРТ, работающих с большой нагрузкой, позволит экономить время на обследование и благодаря этому увеличивать количество программ ЭКО. Использование 2D ТВУЗИ возможно в клиниках ЭКО с меньшим потоком пациентов и/или на территориях с низким уровнем дохода и обеспечения здравоохранения [16].

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА ЭНДОМЕТРИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАСТУПЛЕНИЯ КЛИНИЧЕСКОЙ БЕРЕМЕННОСТИ

ТВУЗИ широко используют в программах ЭКО для оценки состояния эндометрия как неинвазивную, высоковоспроизводимую и доступную методику [22]. В систематическом обзоре 2014 года с метаанализом на основе 22 исследований, включавших 10 724 пациентки, выявлено, что толщина эндометрия по данным ТВУЗИ не имеет существенного значения для прогнозирования исходов программы ЭКО. Авторами отмечено, что при толщине эндометрия менее 7 мм вероятность наступления беременности значительно снижается, однако такой «тонкий» эндометрий представляет собой редкое явление. Примечательно, что ни в одной из включённых в анализ работ не изучали гистологическую структуру эндометрия у пациенток с «тонким» эндометрием для установления возможных патофизиологических механизмов, лежащих в основе данного состояния [23].

В исследовании, проведённом в Китае в 2016 году, оценивали показатели 3D ТВУЗИ в качестве возможных маркёров для прогнозирования имплантации и наступления беременности в программах ЭКО. Исследование включало 435 пациенток, находившихся в программе ЭКО впервые. Овариальную стимуляцию проводили по длинному протоколу. При этом в день инъекции хорионического гонадотропина человека пациенткам проводили 3D ТВУЗИ с определением толщины, структуры и объёма эндометрия, а также показателей гемодинамики в эндометрии: пиковой систолической скорости (PSV), конечной диастолической скорости (EDV), индекса пульсации (PI) и индекса резистентности (RI) спиральных артерий эндометрия, систоло-диастолического отношения (S/D), индекса васкуляризации (VI), индекса потока (FI) и васкуляризационно-потокового индекса (VFI) эндометрия и субэндометриальной области. Во всех случаях было получено 2 и более эмбрионов хорошего качества, которых переносили на 3-й день культивирования. В результате у 253 пациенток (58,2%) наступила клиническая беременность, у 49 (11,3%) — произошёл выкидыш, у 133 (30,5%) — беременность не наступила. У пациенток всех трёх групп не выявили статистически значимых различий в толщине, объёме и структуре эндометрия, а также в показателях PI, RI, S/D, VI, FI и VFI эндометрия и субэндометрия. Среди пациенток с относительно небольшой толщиной эндометрия (8,5 мм и меньше, 10%) наблюдали как забеременевших, так и не достигших беременности, причём объём и структура эндометрия, как и показатели PI, RI, S/D, VI, FI, VFI эндометрия и субэндометрия, были также сопоставимы у этих женщин [24].

Недавно проведён метаанализ на основе 14 исследований, включавших 4842 женщины сопоставимого возраста, проходившие программу ЭКО. В отличие от предыдущего исследования, результаты этого метаанализа показали, что в группе забеременевших женщин толщина и объём эндометрия, а также показатели VI, FI и VFI маточной артерии статистически значимо превышали соответствующие показатели в группе женщин, не достигших беременности. Напротив, значение S/D в маточной артерии у забеременевших было меньше. Показатели RI и PI статистически значимо не различались в группах сравнения. Авторы сделали вывод, что рецептивность эндометрия является одним из важных факторов, влияющих на имплантацию эмбриона, и измерение толщины и объёма эндометрия в сочетании с S/D, VI, FI и VFI маточной артерии с помощью ТВУЗИ может прогнозировать результаты программ ЭКО [25].

Таким образом, в настоящее время вопрос ультразвуковой оценки характеристик эндометрия и маточного кровотока с целью прогнозирования наступления клинической беременности в программах ЭКО остаётся дискуссионным.

## ТРАНСАБДОМИНАЛЬНАЯ АСПИРАЦИЯ ООЦИТОВ В ПРОГРАММАХ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ

Трансвагинальный доступ предпочтителен для аспирации ооцитов из-за меньшей длительности и инвазивности по сравнению с трансабдоминальным доступом [26]. Так, в 2015 году в США проведено сравнительное исследование, включавшее 278 пациенток, которым проводили трансвагинальную аспирацию ооцитов, и 95 пациенток, которым проводили трансабдоминальную аспирацию ооцитов (из них 15 пациенткам проводили только трансабдоминальную аспирацию ооцитов и 80 — трансабдоминальную в сочетании с трансвагинальной). Средний возраст пациенток составил  $37,60 \pm 5,15$  лет. Средняя длительность манипуляции при трансвагинальном доступе составила 20,2 мин, при трансабдоминальном — 28,2 мин, так как в большинстве случаев трансабдоминальную аспирацию ооцитов проводили после попытки трансвагинальной аспирации ооцитов. Наложение швов на влагалище с целью гемостаза в группе трансвагинальной аспирации ооцитов потребовалось двум пациенткам, в группе трансабдоминальной аспирации — одной пациентке. В обеих группах не наблюдали случаев госпитализаций и инфекций, требующих назначения антибиотикотерапии. После трансабдоминальной аспирации ооцитов лёгкую боль испытывали 39,4% пациенток, боль от умеренной до сильной — 51,1% пациенток, в то время как трансвагинальная аспирация ооцитов вызвала лёгкую боль у 20,4% пациенток и более интенсивную — у 42,5% пациенток.

Статистически значимых различий в частоте осложнений и частоте наступления беременности между исследуемыми группами не выявили. Авторы исследования разработали систему оценки необходимости трансабдоминальной аспирации ооцитов с присвоением баллов в следующих ситуациях: затруднённая визуализация яичников при ТВУ-ЗИ (4 балла), операции на органах малого таза в анамнезе (3 балла), индекс массы тела  $30 \text{ кг/м}^2$  и больше (2 балла). При сумме баллов 4 и больше чувствительность балльной системы составила 75%, специфичность — 80%, прогностическая ценность положительного результата — 57%, прогностическая ценность отрицательного результата — 90%. В описанном исследовании лишь 57% пациенток с суммой баллов больше четырёх нуждались в проведении трансабдоминальной аспирации ооцитов после трансвагинальной, поэтому положительная балльная оценка указывает на повышение риска необходимости трансабдоминальной аспирации ооцитов, но не является абсолютным показанием для этого. Авторы сделали вывод, что трансабдоминальная аспирация ооцитов является хорошим дополнением к трансвагинальной, что позволяет получать большее количество ооцитов в определённых ситуациях, оцененных с помощью балльной системы [27].

Исследование 2020 года включало 64 женщины, которым провели трансабдоминальную аспирацию ооцитов по следующим показаниям: сохранение репродуктивного материала у девственниц со сниженным овариальным резервом, злокачественные и доброкачественные новообразования, транспозиция придатков вследствие операций на кишечнике, синдром Майера–Рокитанского–Кюстера–Хаузера. Во всех случаях процедуру проводили с помощью двухпросветной аспирационной иглы 17 калибра (Cook Medical, США) и аспирационного насоса с давлением 150–180 мм рт. ст. (Labotec, Германия) под контролем УЗИ на аппарате Logiq™ P5 (GE Healthcare, США) с использованием вагинального ультразвукового датчика 4–8 МГц (Shimadzu, Япония). Авторы обосновали выбор вагинального ультразвукового датчика наличием у него заострённого кончика с меньшей площадью поверхности, по сравнению с абдоминальным ультразвуковым датчиком, что позволило врачу оказывать целенаправленное точечное давление на интересующую область во время аспирации ооцитов. Вагинальный ультразвуковой датчик помещали в проекции яичника, для обеспечения близости яичников к вагинальному ультразвуковому датчику все пациентки перед манипуляцией опорожняли мочевого пузыря. В результате среднее КФЯ составило  $6,14 \pm 1,30$ , общее количество аспирированных ооцитов — 315, среднее количество аспирированных ооцитов в расчете на одну женщину —  $4,92 \pm 1,70$ . Средняя длительность манипуляции составила  $12,4 \pm 1,2$  мин, что было сопоставимо с таковой при трансвагинальном доступе. Количество зрелых ооцитов составило 272, процент зрелых ооцитов — 86,3%, что является хорошим показателем. В общей сложности у четырёх женщин было криоконсервировано

14 эмбрионов, перенос одной бластоцисты привёл к живорождению [28].

В 2023 году теми же авторами опубликована работа по трансабдоминальной аспирации ооцитов с использованием вагинального ультразвукового датчика согласно вышеописанной методике для сохранения репродуктивного материала у 116 девственниц со сниженным овариальным резервом (80,1%) и злокачественными или доброкачественными новообразованиями (19,9%). Группу сравнения составили 33 женщины с сопоставимыми возрастом, клиническими характеристиками, гормональными показателями и овариальным резервом, которым проводили трансвагинальную аспирацию ооцитов с целью сохранения репродуктивного материала по аналогичным показаниям (84,8% и 15,2%, соответственно). В результате не выявили статистически значимых различий между исследуемыми группами по среднему количеству дней овариальной стимуляции ( $8,05 \pm 1,91$  и  $8,35 \pm 1,72$  дней, соответственно), средней суммарной дозе гонадотропинов в одной программе овариальной стимуляции ( $1507,9 \pm 475,3$  и  $1571,74 \pm 404,60$  международных единиц, соответственно), средней длительности манипуляции ( $12,4 \pm 1,2$  и  $13,4 \pm 1,6$  мин, соответственно), среднему КФЯ ( $4,62 \pm 4,54$  и  $5,44 \pm 4,52$ , соответственно), среднему количеству аспирированных ооцитов ( $4,44 \pm 4,14$  и  $5,33 \pm 4,52$ , соответственно), среднему количеству криоконсервированных зрелых ооцитов ( $4,01 \pm 3,67$  и  $4,53 \pm 4,13$ , соответственно), проценту зрелых ооцитов ( $78 \pm 24\%$  и  $82 \pm 26\%$ , соответственно) и проценту выхода фолликулов ( $86 \pm 63\%$  и  $84 \pm 19\%$ , соответственно). В исследуемой группе у двух пациенток произошло повреждение поверхностной надчревной артерии, которое купировалось самостоятельно [29].

В 2006 году в Израиле описан клинический случай трансабдоминальной аспирации ооцитов из расположенных высоко в подрёберной области яичников у пациентки 29 лет с синдромом Майера–Рокитанского–Кюстера–Хаузера. Процедуру проводили под контролем абдоминального ультразвукового датчика 3–5 МГц (Philips Medical Systems, США). Пункцию осуществляли однократно с каждой стороны с помощью двухпросветной аспирационной иглы 17 калибра, аспирировали все доступные фолликулы по кратчайшей линии от поверхности передней брюшной стенки до яичников, одновременно визуализировали единственную правую почку, жёлчный пузырь, кишечник, печень и селезёнку. Всего провели 4 программы ЭКО, аспирировали 19 ооцитов, получили 13 зигот, перенесли суррогатной матери 11 эмбрионов, однако беременность не наступила [30].

В 2011 году в США проведено сравнительное ретроспективное исследование, включавшее 69 пациенток, которым проводили трансвагинальную аспирацию ооцитов, и 69 пациенток, которым проводили трансабдоминальную аспирацию ооцитов (из них 57 пациенткам проводили только трансабдоминальную аспирацию ооцитов и 12 — трансабдоминальную в сочетании с трансвагинальной). Трансабдоминальную аспирацию ооцитов проводили

при недоступности одного или обоих яичников для трансвагинальной аспирации (в случаях аденомиоза, миомы матки, ожирения, аномалий развития женских половых органов, хирургической транспозиции яичников, спаечного процесса в полости малого таза). Процедуру осуществляли с помощью двухпросветной аспирационной иглы 17 калибра (Cook Medical, США) под контролем абдоминального ультразвукового датчика 1–4 МГц (система Acuson Sequoia™, Siemens Healthineers AG, Германия), установленного в проекции яичника. В результате у женщин в группе трансабдоминальной аспирации ооцитов (включая её сочетание с трансвагинальной аспирацией ооцитов) получили статистически значимо меньшее количество ооцитов по сравнению с группой трансвагинальной аспирации ооцитов ( $11,9 \pm 0,8$  и  $14,1 \pm 1,0$ , соответственно,  $p=0,008$ ). При этом не выявили статистически значимых различий между исследуемыми группами по количеству зрелых ооцитов ( $9,2 \pm 0,9$  и  $7,3 \pm 0,9$ , соответственно,  $p=0,14$ ), количеству повреждённых ооцитов ( $0,09 \pm 0,05$  и  $0,07 \pm 0,04$ , соответственно,  $p=0,94$ ), частоте оплодотворения ( $63,4 \pm 3,1\%$  и  $67,1 \pm 2,7\%$ , соответственно,  $p=0,35$ ), количеству эмбрионов хорошего качества ( $6,4 \pm 0,6$  и  $7,7 \pm 0,7$ , соответственно,  $p=0,08$ ) и частоте наступления беременности ( $27,5\%$  и  $36,2\%$ , соответственно,  $p=0,36$ ). Авторы сделали вывод, что трансабдоминальная аспирация ооцитов под ультразвуковым контролем безопасна и эффективна, являясь методом выбора при недоступности яичников для трансвагинальной аспирации ооцитов [31].

Описанные исследования свидетельствуют, что трансабдоминальная аспирация ооцитов под контролем УЗИ является допустимым, эффективным и безопасным методом получения ооцитов в программах ЭКО с целью сохранения репродуктивного материала у пациенток с недоступными для трансвагинальной аспирации ооцитов яичниками.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ультразвуковое исследование представляет неотъемлемую часть программ ЭКО и по информативности не уступает, а иногда превосходит другие методы диагностики. Оценка овариального резерва, прогнозирование ответа на овариальную стимуляцию и результатов программ ЭКО невозможны без учёта количества фолликулов яичников. При этом по данным некоторых исследований, подсчёт КФЯ можно проводить в любой день менструального цикла без снижения информативности исследования, что удобно и пациенткам, и врачам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li Y.W., Liang X.W., Fang J.H., Chen Z.Y. Application of ultrasound markers measured at different time points of COH cycle in the prediction of ovarian response for individualised ovulation induction // *J Obstet Gynaecol.* 2022. Vol. 42, N 5. P. 1467–1473. doi: 10.1080/01443615.2021.2004101

Метод 3D ТВУЗИ обеспечивает автоматизированное определение КФЯ с высокой точностью и эффективностью за меньшее время, по сравнению с 2D ТВУЗИ. С помощью 3D ТВУЗИ с применением искусственного интеллекта для обработки данных определено пороговое значение объёма доминантного фолликула ( $0,5 \text{ см}^3$ ) как маркера для прогнозирования количества зрелых ооцитов в программах ЭКО. Вопрос ультразвуковой оценки характеристик эндометрия и маточного кровотока с целью прогнозирования наступления клинической беременности в программах ЭКО остаётся дискуссионным. Однако, по данным литературы, измерение толщины и объёма эндометрия в сочетании с определением индекса васкуляризации, индекса потока, васкуляризационно-поточного индекса и систоло-диастолического отношения в маточной артерии при ТВУЗИ может помочь в прогнозировании результатов программ ЭКО. Трансабдоминальная аспирация ооцитов с использованием разных типов ультразвуковых датчиков является допустимым, эффективным и безопасным методом получения ооцитов в программах ЭКО у пациенток с недоступными для трансвагинальной аспирации ооцитов яичниками.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад автора.** Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (автор внёс существенный вклад в разработку концепции, проведение работы и подготовку статьи, прочёл и одобрил финальную версию перед публикацией).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This article was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The author declares that she has no competing interests.

**Author's contribution.** The author made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

2. Озерская И.А. Руководство по ультразвуковой диагностике в акушерстве и гинекологии: учебно-методическое пособие. Москва: МЕДпресс-информ, 2021. EDN: RNUAOE doi: 10.24421/978-5-00030-860-8

3. Coelho Neto M.A., Ludwin A., Borrell A., et al. Counting ovarian antral follicles by ultrasound: a practical guide // *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2018. Vol. 51, N 1. P. 10–20. doi: 10.1002/uog.18945
4. Zhang Y., Xu Y., Xue Q., et al. Discordance between antral follicle counts and anti-Müllerian hormone levels in women undergoing in vitro fertilization // *Reprod Biol Endocrinol.* 2019. Vol. 17, N 1. ID 51. doi: 10.1186/s12958-019-0497-4
5. Wang X., Jin L., Mao Y.D., et al. Evaluation of Ovarian Reserve Tests and Age in the Prediction of Poor Ovarian Response to Controlled Ovarian Stimulation—A Real-World Data Analysis of 89,002 Patients // *Front Endocrinol (Lausanne).* 2021. Vol. 12. ID 702061. doi: 10.3389/fendo.2021.702061
6. Arvis P., Rongières C., Pirrello O., Lehert P. Reliability of AMH and AFC measurements and their correlation: a large multicenter study // *J Assist Reprod Genet.* 2022. Vol. 39, N 5. P. 1045–1053. doi: 10.1007/s10815-022-02449-5
7. Liu Y., Pan Z., Wu Y., et al. Comparison of anti-Müllerian hormone and antral follicle count in the prediction of ovarian response: a systematic review and meta-analysis // *J Ovarian Res.* 2023. Vol. 16, N 1. ID 117. doi: 10.1186/s13048-023-01202-5
8. Jacobs M.H., Reuter L.M., Baker V.L., et al. A multicentre evaluation of the Elecsys anti-Müllerian hormone immunoassay for prediction of antral follicle count // *Reprod Biomed Online.* 2019. Vol. 38, N 5. P. 845–852. doi: 10.1016/j.rbmo.2018.12.041
9. Razafintsalama-Bourdet M., Bah M., Amand G., et al. Random antral follicle count performed on any day of the menstrual cycle has the same predictive value as AMH for good ovarian response in IVF cycles // *J Gynecol Obstet Hum Reprod.* 2022. Vol. 51, N 1. ID 102233. doi: 10.1016/j.jogoh.2021.102233
10. Rombauts L., Onwude J.L., Chew H.W., Vollenhoven B.J. The predictive value of antral follicle count remains unchanged across the menstrual cycle // *Fertil Steril.* 2011. Vol. 96, N 6. P. 1514–1518. doi: 10.1016/j.fertnstert.2011.09.005
11. Filippi F., Martinelli F., Paffoni A., et al. Fertility preservation in women with malignancies: the accuracy of antral follicle count collected randomly during the menstrual cycle in predicting the number of oocytes retrieved // *J Assist Reprod Genet.* 2019. Vol. 36, N 3. P. 569–578. doi: 10.1007/s10815-018-1377-0
12. Chen Q., Sun L., Huang J., et al. Three-dimensional transvaginal ultrasonography in the evaluation of diminished ovarian reserve and premature ovarian failure // *Pak J Med Sci.* 2023. Vol. 39, N 3. P. 747–751. doi: 10.12669/pjms.39.3.7372
13. Mathur P., Kakwani K., Diplav, et al. Deep Learning based Quantification of Ovary and Follicles using 3D Transvaginal Ultrasound in Assisted Reproduction // *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020. Vol. 2020. P. 2109–2112. doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9176703
14. Srivastava D., Gupta S., Kudavelly S., et al. Unsupervised Deep Learning based Longitudinal Follicular Growth Tracking during IVF Cycle using 3D Transvaginal Ultrasound in Assisted Reproduction // *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2021. Vol. 2021. P. 3209–3212. doi: 10.1109/EMBC46164.2021.9630495
15. Raine-Fenning N., Jayaprakasan K., Deb S., et al. Automated follicle tracking improves measurement reliability in patients undergoing ovarian stimulation // *Reprod Biomed Online.* 2009. Vol. 18, N 5. P. 658–663. doi: 10.1016/s1472-6483(10)60010-7
16. Re C., Mignini Renzini M., Rodriguez A., et al. From a circle to a sphere: the ultrasound imaging of ovarian follicle with 2D and 3D technology // *Gynecol Endocrinol.* 2019. Vol. 35, N 3. P. 184–189. doi: 10.1080/09513590.2018.1522297
17. Yang J., Gao J., Wang Y., et al. Impact of follicular size categories on oocyte quality at trigger day in young and advanced-age patients undergoing GnRH-ant therapy // *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023. Vol. 14. ID 1167395. doi: 10.3389/fendo.2023.1167395
18. Abbara A., Patel A., Hunjan T., et al. FSH Requirements for Follicle Growth During Controlled Ovarian Stimulation // *Front Endocrinol (Lausanne).* 2019. Vol. 10. ID 579. doi: 10.3389/fendo.2019.00579
19. Shapiro B.S., Rasouli M.A., Verma K., et al. The effect of ovarian follicle size on oocyte and embryology outcomes // *Fertil Steril.* 2022. Vol. 117, N 6. P. 1170–1176. doi: 10.1016/j.fertnstert.2022.02.017
20. Liang X., Zeng F., Li H., et al. Deep Learning Based Two-Dimensional Ultrasound for Follicle Monitoring in Infertility Patients // *BIOL.* 2023. Vol. 4, N 3. P. 125–131. doi: 10.15212/bioi-2022-0024
21. Liang X., Liang J., Zeng F., et al. Evaluation of oocyte maturity using artificial intelligence quantification of follicle volume biomarker by three-dimensional ultrasound // *Reprod Biomed Online.* 2022. Vol. 45, N 6. P. 1197–1206. doi: 10.1016/j.rbmo.2022.07.012
22. Devine K., Dolitsky S., Ludwin I., Ludwin A. Modern assessment of the uterine cavity and fallopian tubes in the era of high-efficacy assisted reproductive technology // *Fertil Steril.* 2022. Vol. 118, N 1. P. 19–28. doi: 10.1016/j.fertnstert.2022.05.020
23. Kasius A., Smit J.G., Torrance H.L., et al. Endometrial thickness and pregnancy rates after IVF: a systematic review and meta-analysis // *Hum Reprod Update.* 2014. Vol. 20, N 4. P. 530–541. doi: 10.1093/humupd/dmu011
24. Zhang T., He Y., Wang Y., et al. The role of three-dimensional power Doppler ultrasound parameters measured on hCG day in the prediction of pregnancy during in vitro fertilization treatment // *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2016. Vol. 203. P. 66–71. doi: 10.1016/j.ejogrb.2016.05.016
25. Wu J., Sheng J., Wu X., Wu Q. Ultrasound-assessed endometrial receptivity measures for the prediction of in vitro fertilization-embryo transfer clinical pregnancy outcomes: A meta-analysis and systematic review // *Exp Ther Med.* 2023. Vol. 26, N 3. ID 453. doi: 10.3892/etm.2023.12152
26. ESHRE Working Group on Ultrasound in ART; D'Angelo A., Panayotidis C., Amso N., et al. Recommendations for good practice in ultrasound: oocyte pick up // *Hum Reprod Open.* 2019. Vol. 2019, N 4. ID hoz025. doi: 10.1093/hropen/hoz025
27. Roman-Rodriguez C.F., Weissbrodt E., Hsu C.D., et al. Comparing transabdominal and transvaginal ultrasound-guided follicular aspiration: A risk assessment formula // *Taiwan J Obstet Gynecol.* 2015. Vol. 54, N 6. P. 693–699. doi: 10.1016/j.tjog.2015.02.004
28. Sönmezer M., Gülümser Ç., Sönmezer M., et al. Transabdominal ultrasound guided oocyte retrieval using vaginal ultrasound probe: Definition of the technique // *J Obstet Gynaecol Res.* 2021. Vol. 47, N 2. P. 800–806. doi: 10.1111/jog.14618
29. Sönmezer M., Saçintı K.G., Gülümser Ç., et al. Transabdominal ultrasound-guided oocyte retrieval for oocyte cryopreservation using a vaginal probe: a comparison of applicability, effectiveness, and safety with conventional transvaginal approach // *J Assist Reprod Genet.* 2023. Vol. 40, N 2. P. 399–405. doi: 10.1007/s10815-022-02705-8
30. Razieli A., Vaknin Z., Schachter M., et al. Ultrasonographic-guided percutaneous transabdominal puncture for oocyte retrieval in a rare patient with Rokitansky syndrome in an in vitro fertilization surrogacy program // *Fertil Steril.* 2006. Vol. 86, N 6. P. 1760–1763. doi: 10.1016/j.fertnstert.2006.05.039
31. Barton S.E., Politch J.A., Benson C.B., et al. Transabdominal follicular aspiration for oocyte retrieval in patients with ovaries inaccessible by transvaginal ultrasound // *Fertil Steril.* 2011. Vol. 95, N 5. P. 1773–1776. doi: 10.1016/j.fertnstert.2011.01.006

## REFERENCES

1. Li YW, Liang XW, Fang JH, Chen ZY. Application of ultrasound markers measured at different time points of COH cycle in the prediction of ovarian response for individualised ovulation induction. *J Obstet Gynaecol*. 2022;42(5):1467–1473. doi: 10.1080/01443615.2021.2004101
2. Ozerskaya IA. *Manual on ultrasound diagnostics in obstetrics and gynecology: textbook*. Moscow: MEDpress-Inform; 2021. (In Russ.). EDN: RNUAOE doi: 10.24421/978-5-00030-860-8
3. Coelho Neto MA, Ludwin A, Borrell A, et al. Counting ovarian antral follicles by ultrasound: a practical guide. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2018;51(1):10–20. doi: 10.1002/uog.18945
4. Zhang Y, Xu Y, Xue Q, et al. Discordance between antral follicle counts and anti-Müllerian hormone levels in women undergoing in vitro fertilization. *Reprod Biol Endocrinol*. 2019;17(1):51. doi: 10.1186/s12958-019-0497-4
5. Wang X, Jin L, Mao YD, et al. Evaluation of Ovarian Reserve Tests and Age in the Prediction of Poor Ovarian Response to Controlled Ovarian Stimulation—A Real-World Data Analysis of 89,002 Patients. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021;12:702061. doi: 10.3389/fendo.2021.702061
6. Arvis P, Rongières C, Pirrello O, Lehert P. Reliability of AMH and AFC measurements and their correlation: a large multicenter study. *J Assist Reprod Genet*. 2022;39(5):1045–1053. doi: 10.1007/s10815-022-02449-5
7. Liu Y, Pan Z, Wu Y, et al. Comparison of anti-Müllerian hormone and antral follicle count in the prediction of ovarian response: a systematic review and meta-analysis. *J Ovarian Res*. 2023;16(1):117. doi: 10.1186/s13048-023-01202-5
8. Jacobs MH, Reuter LM, Baker VL, et al. A multicentre evaluation of the Elecsys anti-Müllerian hormone immunoassay for prediction of antral follicle count. *Reprod Biomed Online*. 2019;38(5):845–852. doi: 10.1016/j.rbmo.2018.12.041
9. Razafintsalama-Bourdet M, Bah M, Amand G, et al. Random antral follicle count performed on any day of the menstrual cycle has the same predictive value as AMH for good ovarian response in IVF cycles. *J Gynecol Obstet Hum Reprod*. 2022;51(1):102233. doi: 10.1016/j.jogoh.2021.102233
10. Rombauts L, Onwude JL, Chew HW, Vollenhoven BJ. The predictive value of antral follicle count remains unchanged across the menstrual cycle. *Fertil Steril*. 2011;96(6):1514–1518. doi: 10.1016/j.fertnstert.2011.09.005
11. Filippi F, Martinelli F, Paffoni A, et al. Fertility preservation in women with malignancies: the accuracy of antral follicle count collected randomly during the menstrual cycle in predicting the number of oocytes retrieved. *J Assist Reprod Genet*. 2019;36(3):569–578. doi: 10.1007/s10815-018-1377-0
12. Chen Q, Sun L, Huang J, et al. Three-dimensional transvaginal ultrasonography in the evaluation of diminished ovarian reserve and premature ovarian failure. *Pak J Med Sci*. 2023;39(3):747–751. doi: 10.12669/pjms.39.3.7372
13. Mathur P, Kakwani K, Diplav, et al. Deep Learning based Quantification of Ovary and Follicles using 3D Transvaginal Ultrasound in Assisted Reproduction. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2020;2020:2109–2112. doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9176703
14. Srivastava D, Gupta S, Kudavelly S, et al. Unsupervised Deep Learning based Longitudinal Follicular Growth Tracking during IVF Cycle using 3D Transvaginal Ultrasound in Assisted Reproduction. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2021;2021:3209–3212. doi: 10.1109/EMBC46164.2021.9630495
15. Raine-Fenning N, Jayaprakasan K, Deb S, et al. Automated follicle tracking improves measurement reliability in patients undergoing ovarian stimulation. *Reprod Biomed Online*. 2009;18(5):658–663. doi: 10.1016/s1472-6483(10)60010-7
16. Re C, Mignini Renzini M, Rodriguez A, et al. From a circle to a sphere: the ultrasound imaging of ovarian follicle with 2D and 3D technology. *Gynecol Endocrinol*. 2019;35(3):184–189. doi: 10.1080/09513590.2018.1522297
17. Yang J, Gao J, Wang Y, et al. Impact of follicular size categories on oocyte quality at trigger day in young and advanced-age patients undergoing GnRH-ant therapy. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14:1167395. doi: 10.3389/fendo.2023.1167395
18. Abbara A, Patel A, Hunjan T, et al. FSH Requirements for Follicle Growth During Controlled Ovarian Stimulation. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:579. doi: 10.3389/fendo.2019.00579
19. Shapiro BS, Rasouli MA, Verma K, et al. The effect of ovarian follicle size on oocyte and embryology outcomes. *Fertil Steril*. 2022;117(6):1170–1176. doi: 10.1016/j.fertnstert.2022.02.017
20. Liang X, Zeng F, Li H, et al. Deep Learning Based Two-Dimensional Ultrasound for Follicle Monitoring in Infertility Patients. *BIOI*. 2023;4(3):125–131. doi: 10.15212/bioi-2022-0024
21. Liang X, Liang J, Zeng F, et al. Evaluation of oocyte maturity using artificial intelligence quantification of follicle volume biomarker by three-dimensional ultrasound. *Reprod Biomed Online*. 2022;45(6):1197–1206. doi: 10.1016/j.rbmo.2022.07.012
22. Devine K, Dolitsky S, Ludwin I, Ludwin A. Modern assessment of the uterine cavity and fallopian tubes in the era of high-efficacy assisted reproductive technology. *Fertil Steril*. 2022;118(1):19–28. doi: 10.1016/j.fertnstert.2022.05.020
23. Kasius A, Smit JG, Torrance HL, et al. Endometrial thickness and pregnancy rates after IVF: a systematic review and meta-analysis. *Hum Reprod Update*. 2014;20(4):530–541. doi: 10.1093/humupd/dmu011
24. Zhang T, He Y, Wang Y, et al. The role of three-dimensional power Doppler ultrasound parameters measured on hCG day in the prediction of pregnancy during in vitro fertilization treatment. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2016;203:66–71. doi: 10.1016/j.ejogrb.2016.05.016
25. Wu J, Sheng J, Wu X, Wu Q. Ultrasound-assessed endometrial receptivity measures for the prediction of in vitro fertilization-embryo transfer clinical pregnancy outcomes: A meta-analysis and systematic review. *Exp Ther Med*. 2023;26(3):453. doi: 10.3892/etm.2023.12152
26. ESHRE Working Group on Ultrasound in ART; D'Angelo A, Panayotidis C, Amso N, et al. Recommendations for good practice in ultrasound: oocyte pick up. *Hum Reprod Open*. 2019;2019(4):hoz025. doi: 10.1093/hropen/hoz025
27. Roman-Rodriguez CF, Weissbrodt E, Hsu CD, et al. Comparing transabdominal and transvaginal ultrasound-guided follicular aspiration: A risk assessment formula. *Taiwan J Obstet Gynecol*. 2015;54(6):693–699. doi: 10.1016/j.tjog.2015.02.004
28. Sönmezer M, Gülümser Ç, Sönmezer M, et al. Transabdominal ultrasound guided oocyte retrieval using vaginal ultrasound probe: Definition of the technique. *J Obstet Gynaecol Res*. 2021;47(2):800–806. doi: 10.1111/jog.14618
29. Sönmezer M, Saçintı KG, Gülümser Ç, et al. Transabdominal ultrasound-guided oocyte retrieval for oocyte cryopreservation using a vaginal probe: a comparison of applicability, effectiveness, and safety with conventional transvaginal approach. *J Assist Reprod Genet*. 2023;40(2):399–405. doi: 10.1007/s10815-022-02705-8

**30.** Razieli A, Vaknin Z, Schachter M, et al. Ultrasonographic-guided percutaneous transabdominal puncture for oocyte retrieval in a rare patient with Rokitansky syndrome in an in vitro fertilization surrogacy program. *Fertil Steril.* 2006;86(6):1760–1763. doi: 10.1016/j.fertnstert.2006.05.039

**31.** Barton SE, Politch JA, Benson CB, et al. Transabdominal follicular aspiration for oocyte retrieval in patients with ovaries inaccessible by transvaginal ultrasound. *Fertil Steril.* 2011;95(5):1773–1776. doi: 10.1016/j.fertnstert.2011.01.006

## ОБ АВТОРЕ

\* **Киракосян Евгения Валериковна**, канд. мед. наук;  
адрес: Россия, 119415, Москва, ул. Лобачевского, д. 42;  
ORCID: 0000-0002-6021-2449;  
eLibrary SPIN: 4813-5625;  
e-mail: evgeniya.kirakosyan@gmail.com

## AUTHOR'S INFO

\* **Evgeniya V. Kirakosyan**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
address: 42 Lobachevsky str., 119415, Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0002-6021-2449;  
eLibrary SPIN: 4813-5625;  
e-mail: evgeniya.kirakosyan@gmail.com