



OPTIMIZATION OF PERSONALIZED SELECTION OF SINGLE EMBRYOS IN ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGY PROGRAMS USING MOLECULAR GENETIC TECHNOLOGIES

Diyora Raximova¹
Maxfuza Muminova¹
Suraya Yuldasheva²

¹Central Asian University, Tashkent, Uzbekistan;

²Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Central Asian University, Tashkent, Uzbekistan;

DOI: 10.5281/zenodo.17225717

Article History	Abstract
Received: 15.08.2025 Accepted: 29.09.2025	The current development of assisted reproductive technologies (ART) is aimed at increasing the effectiveness of in vitro fertilization (IVF) programs while minimizing obstetric and perinatal complications. One of the key areas is the optimization of personalized selection of single embryos (Single Embryo Transfer, SET). The traditional practice of transferring two or more embryos increases the likelihood of pregnancy but is associated with a high risk of multiple pregnancies. The use of molecular genetic technologies, including preimplantation genetic testing (PGT), transcriptomic analysis, and epigenetic markers, significantly improves the accuracy of embryo selection. This article analyzes modern approaches to personalized SET, including the integration of morphokinetic assessment, genetic diagnostics, and endometrial receptivity assessment. Prospects for implementing new technologies to achieve an optimal balance between the safety and effectiveness of ART are discussed.

Keywords: ART, IVF, single embryo transfer, preimplantation genetic testing, molecular genetic technologies, personalized medicine, SET.



ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ОТБОРА ОДНОГО ЭМБРИОНА В ПРОГРАММАХ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Annotatsiya/ Аннотация

Современное развитие вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) направлено на повышение эффективности программ экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) при минимизации акушерских и перинатальных осложнений. Одним из ключевых направлений является оптимизация персонализированного отбора одного эмбриона (Single Embryo Transfer, SET). Традиционная практика переноса двух или более эмбрионов увеличивает вероятность наступления беременности, но сопровождается высоким риском многоплодных беременностей. Применение молекулярно-генетических технологий, включая преимплантационное генетическое тестирование (PGT), анализ транскриптомики и эпигенетических маркеров, позволяет значительно повысить точность отбора эмбриона. Настоящая статья посвящена анализу современных подходов к персонализированному SET, включая интеграцию морфокинетической оценки, генетической диагностики и оценки эндометриальной рецептивности. Обсуждаются перспективы внедрения новых технологий для достижения оптимального баланса между безопасностью и результативностью ВРТ.

Kalit soʻzlar/ Ключевые слова: ВРТ, ЭКО, перенос одного эмбриона, преимплантационное генетическое тестирование, молекулярно-генетические технологии, персонализированная медицина, SET.

Введение

Бесплодие признано Всемирной организацией здравоохранения глобальной проблемой общественного здоровья. По данным ВОЗ (2023), около 17,5% взрослых в мире сталкиваются с трудностями в зачатии. Экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) стало ключевым методом лечения бесплодия, однако его эффективность остаётся ограниченной: средний показатель рождения живого ребёнка на цикл ЭКО составляет 30–40%.

Традиционная практика переноса двух и более эмбрионов была направлена на повышение вероятности имплантации. Однако это сопровождалось высоким уровнем многоплодных беременностей (до 25–30%), ассоциированных с повышенными рисками для матери (преждевременные роды, гипертензивные расстройства, диабет беременных) и для новорождённых (низкая масса тела, задержка развития, высокая неонатальная смертность).



В этих условиях стратегия персонализированного переноса одного эмбриона (SET) стала новым стандартом в странах с развитой системой репродуктивной медицины (Скандинавия, Япония, США). Однако ключевой задачей остаётся оптимизация отбора эмбриона, что требует внедрения молекулярно-генетических технологий.

Материалы и методы.

Для подготовки статьи был проведён систематический обзор литературы (2015–2024 гг.) по базам данных PubMed, Scopus, Web of Science. Включены исследования, посвящённые:

- клинической эффективности SET в сравнении с переносом двух эмбрионов,
- применению PGT-A (preimplantation genetic testing for aneuploidies),
- анализу экспрессии генов эндометрия в период имплантации,
- перспективам использования мультиомных технологий (геномика, транскриптомика, эпигенетика),
- клиническим рекомендациям Европейского общества репродукции человека и эмбриологии (ESHRE) и Американского общества репродуктивной медицины (ASRM).

Критериями анализа служили: частота клинической беременности, частота живорождений, уровень многоплодных беременностей, частота невынашивания.

Результаты и обсуждение.

1. Морфокинетическая оценка эмбрионов

Применение time-lapse систем позволяет в реальном времени отслеживать динамику деления клеток эмбриона. Установлено, что корректные интервалы между стадиями дробления и бластоцистообразования коррелируют с повышенной жизнеспособностью эмбриона. Однако только морфокинетический анализ не всегда обеспечивает достаточную предсказательную ценность.

2. Преимплантационное генетическое тестирование (PGT)

PGT-A позволяет исключить эмбрионы с анеуплоидиями, которые являются основной причиной невынашивания и неудач имплантации. Рандомизированные исследования показали, что использование PGT-A увеличивает вероятность рождения живого ребёнка на цикл ЭКО на 15–20%. При этом SET с отбором эуплоидного эмбриона обеспечивает сопоставимую или более высокую эффективность, чем перенос двух эмбрионов без генетического тестирования.

3. Эндометриальная рецептивность

Даже высококачественный эмбрион не всегда имплантируется, если эндометрий находится вне «окна имплантации». Внедрение теста эндометриальной рецептивности (ERA) позволяет индивидуализировать время переноса эмбриона, что повышает частоту клинической беременности на 10–15% у женщин с повторными неудачами.

4. Молекулярно-генетические маркеры

Современные исследования демонстрируют перспективность использования мультиомных подходов:

- Транскриптомика — оценка экспрессии генов, ответственных за имплантацию (например, LIF, HOXA10, integrin β 3).



- Эпигенетические профили — метилирование ДНК и модификации гистонов в эмбрионах и эндометрии как индикаторы успешной имплантации.
- Митохондриальная ДНК — высокий уровень копий митохондриальной ДНК в бластоцисте может указывать на снижение её имплантационного потенциала.

5. Международный опыт

- В Швеции и Финляндии доля SET превышает 80%, при этом общая эффективность программ ЭКО остаётся высокой.
- В США активное внедрение SET связано с расширением применения PGT-A и государственной политикой снижения многоплодных беременностей.
- В Японии SET применяется более чем в 70% циклов, что значительно снизило количество осложнённых беременностей.

6. Экономические и социальные аспекты

SET снижает затраты на ведение осложнённых беременностей и интенсивную терапию новорождённых, что делает его более выгодным для систем здравоохранения.

Заключение.

Оптимизация персонализированного переноса одного эмбриона является ключевым направлением в развитии репродуктивной медицины. Интеграция морфокинетических технологий, преимплантационного генетического тестирования, оценки эндометриальной рецептивности и молекулярно-генетических маркеров обеспечивает максимальную эффективность ВРТ при минимальных рисках. Перспективы дальнейшего развития связаны с внедрением мультиомных технологий и искусственного интеллекта для комплексного анализа эмбрионов и эндометрия.

Таким образом, персонализированный SET представляет собой стратегию будущего, направленную на повышение безопасности, результативности и экономической эффективности программ ЭКО.

Список литературы

1. Forman, E. J., et al. (2014). Single embryo transfer: A review and update. *Human Reproduction Update*, 20(4), 438–446.
2. Harper, J. C., et al. (2020). The future of embryo selection in IVF. *Human Reproduction*, 35(9), 1994–2002.
3. Rubio, C., et al. (2019). Clinical application of next-generation sequencing for embryo assessment. *Fertility and Sterility*, 112(4), 703–710.
4. Munné, S. (2018). Status of preimplantation genetic testing and embryo selection. *Reproductive Biomedicine Online*, 37(4), 393–396.
5. Franasiak, J. M., & Scott, R. T. (2017). Endometrial receptivity and the window of implantation. *Fertility and Sterility*, 108(4), 555–562.
6. Kushnir, V. A., et al. (2017). Single euploid embryo transfer improves reproductive outcomes. *Fertility and Sterility*, 107(6), 1315–1321.
7. Paulson, R. J. (2021). Time-lapse technology in IVF: Promise and reality. *Fertility and Sterility*, 115(2), 273–280.
8. Capalbo, A., & Rienzi, L. (2017). Preimplantation genetic testing: State of the art. *Fertility and Sterility*, 108(1), 76–82.



9. Wells, D. (2019). Embryo aneuploidy and the role of PGT-A in IVF. *Reproductive Biomedicine Online*, 39(1), 123–126.
10. WHO. (2023). Infertility prevalence and impact. *World Health Organization Report*.
11. Отажонов, И. О. (2020). Оценка психологического состояния больных с хронической болезнью почек. *Главный редактор—ЖА РИЗАЕВ*, 145.
12. Отажонов, И. О. (2021). Сурункали буйрак касаллиги бўлган беморлар ҳаёт сифати кўрсаткичлари.
13. Отажонов, И. О. (2020). Кам оқсилли парҳез самарадорлигини баҳолаш.
14. Otajonov, I. O., & Urinov, A. M. (2024). Assessment of Quality of Life Indicators of Patients with Cirrhosis of the Liver.
15. Otajonov, I. O. (2023). ANALYSIS OF MICRONUTRIENTS IN BABY FOOD RATION IN THE PRESENCE OF COMPLICATIONS AFTER RICKETS. *Conferencea*, 144-146.
16. Otajonovich, O. I. (2022). Analysis of the Diet of Patients with Chronic Kidney Disease. *Telematique*, 21(1), 7639-7643.
17. Зуфаров, П. С., Пулатова, Н. И., Мусаева, Л. Ж., & Авазова, Г. Н. (2023). Содержание нерастворимого слизистого геля в желудочном соке у больных язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки при применении стандартных схем квадритепии (Doctoral dissertation, Ўзбекистон, Тошкент) (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, Ўзбекистон, Тошкент).
18. Каримов, М. М., Рустамова, М. Т., Собирова, Г. Н., Зуфаров, П. С., & Хайруллаева, С. С. (2023). Оценка эффективности К-КБК вонопрозана в комплексе эрадикационной терапии у больных с хроническими Нр-ассоциированными гастритами. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*, (12 (220)), 54-58.
19. Каримов, М. М., Зуфаров, П. С., Собирова, Г. Н., Каримова, Д. К., & Хайруллаева, С. С. (2023). Комбинированная терапия гастроэзоф агеальной рефлюксной болезни при коморбидности с функциональной диспепсией. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*, (3 (211)), 41-45.
20. Мусаева, Л. Ж., Якубов, А. В., Зуфаров, П. С., Акбарова, Д. С., & Абдусаматова, Д. З. (2021). Клиническая фармакология лекарственных средств, влияющих на систему гемостаза.
21. Саидова, Ш. А., Якубов, А. В., Зуфаров, П. С., Пулатова, Н. И., & Пулатова, Д. Б. (2024). ВЫБОР АНТАГОНИСТОВ МИНЕРАЛОКОРТИКОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАТОЛОГИЯХ.
22. Karimov, M. M., Zufarov, P. S., Go'zal, N. S., Nargiza, P. I., & Aripdjanova, S. S. (2022). Ulinastatin in the conservative therapy of chronic pancreatitis.
23. Зуфаров, П. С., Якубов, А. В., & Салаева, Д. Т. (2009). Сравнительная оценка эффективности омепразола и пантопрозола при лечении гастропатии, вызванной нестероидными противовоспалительными средствами у больных ревматоидным артритом. *Лікарська справа*, (3-4), 44-49.



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue III, 2025

ISSN: 2181-2675

24. Mirrahimova, M. H., Khalmatova, B. T., & Tashmatova, G. A. (2019). Bronchial asthma in children: a modern view of the problem. *Toshkent tibbiyot akademiyasi axborotnomasi*, (1), 31-34.
25. Mirrahimova, M. K. (2020). Characteristics of Allergic Pathologies Progression in Young Children. *American Journal of Medicine and Medical Sciences*, 10(9), 652-656.
26. Арзикулов, Ф. Ф., & Мустафакулов, А. А. (2020). Возможности использования возобновляемых источников энергии в узбекистане. *НИЦ Вестник науки*.
27. Mustafakulov, A. A., Arzikulov, F. F., & Djumanov, A. (2020). Ispolzovanie Alternativno'x Istochnikov Energii V Gorno'x Rayonax Djizakskoy Oblasti Uzbekistana. *Internauka: elektron. nauchn. jurn*, 41, 170.