

Функционально-морфологические характеристики почечного трансплантата технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения в прогнозировании посттрансплантационного риска

М. Слейман¹, Л. А. Корноухова^{1,2}, А. Альдарф³, В. Л. Эмануэль¹

¹ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² ГБУЗ «Ленинградская областная клиническая больница», Санкт-Петербург, Россия

³ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Своевременность принятия клинического решения по применению, подчас, интервенционного воздействия на организм реципиента для сохранения в нем чужеродного органа зависит от адекватности аппроксимации *in vitro* характеристик биоматериала к нативным межмолекулярным связям *in vivo*.

Цель исследования: разработка системы краткосрочной стратификации и прогнозирования риска у реципиентов почечного трансплантата на основе анализа динамики функционально-морфологических паттернов методами медицинской информатики.

Материалы и методы. Представлена динамика функционально-морфологических паттернов методами медицинской информатики. В анализ включены данные 160 реципиентов почечного трансплантата с общим объемом 5531 единицы наблюдения. Оценка текущего риска осуществлялась с использованием клинически обоснованных пороговых значений *in vitro*, отражающих функцию трансплантата и системную воспалительную активность. Для прогнозирования категории риска применялась модель анализа временных рядов.

Результаты. Прогностическая система продемонстрировала высокую точность классификации краткосрочного риска (около 90%) при наличии не менее трех последовательных дней динамического наблюдения. Формирование состояний риска определяется не изолированными отклонениями отдельных параметров, а согласованными изменениями функционально-морфологических паттернов, прежде всего, наиболее энергоемкими процессами кольцевого транспорта ионов и маркерами воспаления.

Заключение. Предложенный подход может рассматриваться как инструмент поддержки клинического решения для своевременной коррекции терапии и сохранения функции трансплантата.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: функционально-морфологический паттерн; ренальные дисфункции; оценка клинического риска; искусственный интеллект.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки.

Functional and morphological characteristics of renal allograft using artificial intelligence and machine learning technologies in post-transplant risk prediction

M. Sleiman¹, L. A. Kornoukhova^{1,2}, A. Aldarf³, V. L. Emanuel¹

¹ Pavlov First State Medical University of St. Petersburg (Pavlov University), Saint Petersburg, Russia

² Leningrad Regional Clinical Hospital, Saint Petersburg, Russia

³ ITMO University, Saint Petersburg, Russia

SUMMARY

Background. Timely clinical decision-making regarding interventional management in transplant recipients to preserve allograft function depends on the accuracy of correlating *in vitro* biomaterial characteristics with native *in vivo* intermolecular interactions.

Aim. To develop a system for short-term risk stratification and prediction in kidney transplant recipients based on the analysis of functional and morphological pattern dynamics using medical informatics methods.

Materials and methods. The analysis included data from 160 kidney transplant recipients comprising a total of 5,531 observations. Current risk assessment was performed using clinically validated *in vitro* threshold values reflecting allograft function and systemic inflammatory activity. A time-series analysis model based on Long Short-Term Memory (LSTM) recurrent neural network was employed for risk category prediction.

Results. The predictive system demonstrated high accuracy in short-term risk classification (approximately 90%) when at least three consecutive days of dynamic monitoring were available. Risk state formation is determined not by isolated deviations of individual parameters, but by coordinated changes in functional and morphological patterns, primarily the most energy-intensive cyclic ion transport processes and inflammatory markers.

Conclusion. The proposed approach may serve as a clinical decision support tool for timely therapy adjustment and allograft function preservation.

KEYWORDS: functional-morphological pattern; renal dysfunction; clinical risk assessment; artificial intelligence.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The work had no sponsorship.

Введение

Трансплантация органов существенно улучшает выживаемость и качество жизни пациентов [1]. Среди трансплантаций солидных органов трансплантация почки является наиболее часто выполняемой процедурой

в мире [2] и остается методом выбора для пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек [3]. Несмотря на широкое распространение данного метода лечения, дефицит донорских органов и ограниченная

долгосрочная выживаемость трансплантата по-прежнему представляют серьезную клиническую и социальную проблему [4]. Значительная часть трансплантаций почки сопровождается развитием дисфункции и отторжения трансплантата, процессы которых носят многофакторный и прогрессирующий характер [5]. Утрата функции трансплантата приводит к потере дефицитного донорского органа и значительным экономическим затратам, связанным с возвратом к диализу или повторным включением в лист ожидания [6]. С клинической точки зрения даже умеренное улучшение раннего выявления пациентов с повышенным риском неблагоприятного течения после трансплантации способно существенно продлить функцию трансплантата [7]. Используемые параметры, отражающие функциональное состояние трансплантата и иммунологический статус организма с чужеродным органом, при традиционной интерпретации сравнения с референтными пороговыми значениями, не всегда позволяют своевременно выявлять формирующиеся патологические изменения. Развитие вычислительных методов анализа клинических данных открыло новые возможности для более глубокого изучения продольной динамики лабораторных показателей [8].

Так, Kim и соавт. [9] провели ретроспективное когортное исследование с использованием методов машинного обучения (МО) и показали, что традиционные инструменты прогнозирования, такие как индекс донорского риска почки (Kidney Donor Risk Index, KDRI) и модели регрессии Кокса, обладают ограниченной прогностической точностью, тогда как алгоритмы машинного обучения выявляют ключевые прогностические показатели и продемонстрировали потенциал дата-ориентированных моделей для улучшения прогнозирования посттрансплантационных исходов.

Рост интереса к методам МО отражен в обзоре Connor и соавт. [10], посвященном эволюции роли МО в трансплантации солидных органов. Было показано, что модели МО демонстрируют точность, сопоставимую или превосходящую традиционные статистические методы. Вместе с тем авторы указали на существующие проблемы, связанные с интерпретируемостью моделей, клинической интеграцией и этическими аспектами, которые необходимо решить до их широкого внедрения в практику.

Vivek и Paralois [11] представили комплексный обзор применения ИИ и МО на всех этапах трансплантационной помощи и отметили, что многие ИИ-ориентированные системы остаются трудно реализуемыми вследствие ограниченной интерпретируемости и недостаточного уровня клинического доверия.

Hong и соавт. [12] сосредоточили внимание на прогнозировании снижения функции почечного трансплантата и показали, что расчетная скорость клубочковой фильтрации через один год после трансплантации является предиктором долгосрочной выживаемости трансплантата, а методы МО, в частности алгоритмы градиентного бустин-

га, превосходят традиционные статистические модели в прогнозировании раннего функционального ухудшения.

Более широкий взгляд на эволюцию ИИ в трансплантации почки был представлен He и соавт. [13], выполнившими библиометрический анализ публикаций за 30-летний период, в котором отметили необходимость разработки клинически обоснованных, интерпретируемых моделей и проведения строгой валидации для обеспечения реального клинического эффекта.

Большинство существующих моделей на основе МО и технологий ИИ в трансплантации почки ориентированы на прогнозирование долгосрочных исходов трансплантата, а не краткосрочных, клинически интерпретируемых сигналов риска [14].

Целью исследования является улучшение раннего выявления риска и поддержка принятия клинических решений информативными базами знаний, сформированными анализом временных рядов, отражающих индивидуальные особенности посттрансплантационного течения.

Материалы и методы

Исследование выполнено в виде ретроспективного наблюдательного анализа. В анализ включены рутинные клиничко-лабораторные данные пациентов с трансплантацией почки, находившихся на лечении в Областной клинической больнице Ленинградской области: 160 реципиентов почечного трансплантата, наблюдавшихся в динамике после операции с продолжительностью наблюдений до 1941 дней. Итоговый массив данных включал 5531 единицу наблюдения. В исследуемую когорту вошли 100 мужчин и 60 женщин в возрасте от 18 до 72 лет на момент трансплантации. Распределение пациентов по возрастным группам представлено на *рисунке 1*.

Методы: в исследовании использовались рутинные лабораторные показатели, отражающие различные аспекты функции трансплантата и системного состояния организма, представленные в *таблице 1*.

Схема предобработки данных и формирования продольной базы наблюдений представлена на *рисунке 2*.

Для оценки текущего клинического состояния реципиента почечного трансплантата была реализована правил-ориентированная функция классификации риска (Rule-Based Risk Classification Function) для стратификации наблюдений на три категории риска: низкий, умеренный



Рисунок 1. Распределение пациентов по возрасту

и высокий. Часть численных значений применяемых порогов, приведенные в *таблице 2*, сформированы на основе клинических рекомендаций и данных литературы по ведению реципиентов почечного трансплантата [7, 15–18].

Таблица 1
Лабораторные показатели и их клиническое значение

Функциональная категория	Лабораторные показатели
Функция почечного трансплантата	Креатинин, мочевины, натрий, калий, магний, кальций, фосфаты, хлориды, осмоляльность в крови и моче, расчётные параметры, характеризующие клубочковую фильтрацию и кальциевой транспорт ультрафильтрата (EF)
Воспалительная активность и инфекционная нагрузка	С-реактивный белок (СРБ), количество лейкоцитов (WBC), вирусная нагрузка EBV, CMV
Параметры метаболизма	Аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, общий билирубин, общий белок, глюкоза
Система гемостаза	Международное нормализованное отношение (МНО), активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), фибриноген
Система газообмена	Показатели кислотно-основного состояния и газообмена
Система крови	Гемоглобин, эритроциты, тромбоциты и другие показатели

Таблица 2
Пороговые значения лабораторных биомаркеров, используемые в правил-ориентированной функции классификации текущего риска

Биомаркер	Умеренный риск	Высокий риск
Сывороточный креатинин (Srea)	>150 мкмоль/л	>250 мкмоль/л
Мочевина (Urea)	>10 ммоль/л	>20 ммоль/л
Калий (K)	Гипокалиемия: 3,0–3,4 ммоль/л	Гипокалиемия: <3,0 ммоль/л
	Гиперкалиемия: 5,2–5,9 ммоль/л	Гиперкалиемия: >6,0 ммоль/л
EF Na [норма: 0,4–1,2%]	Гипонатриемия: <1,3% Гипернатриемия: >1,9%	Гипернатриемия: ≥2%
Магний (Mg)	<0,7 ммоль/л	<0,5 ммоль/л
Фосфаты (P)	>1,5 ммоль/л	>2,0 ммоль/л
ΔСРБ (динамика СРБ за сутки)	≤20 мг/л/сут	>20 мг/л/сут
ΔОсм (ΔOsm) (динамика дискриминанты осмоляльности за сутки)	9–15 мОсм/кг/сут	>15 мОсм/кг/сут

Таблица 3
Сопоставление фактических и прогнозируемых категорий риска в динамике

Дни после операции	Фактический риск	Прогнозируемый риск
0	Высокий риск	
1	Высокий риск	
2	Высокий риск	
3	Умеренный риск	Умеренный риск
5	Умеренный риск	Умеренный риск
7	Низкий риск	Низкий риск
9	Низкий риск	Низкий риск
12	Низкий риск	Низкий риск
14	Низкий риск	Низкий риск
16	Низкий риск	Низкий риск
28	Умеренный риск	Умеренный риск
56	Умеренный риск	Умеренный риск
98	Умеренный риск	Низкий риск
140*	-	Низкий риск

Примечание. На 140-й день прогноз уровня риска сформирован моделью в автономном режиме при отсутствии фактических лабораторных наблюдений, на основе предшествующей временной динамики данных.



Рисунок 2. Схема предобработки рутинных лабораторных данных и формирования продольной базы наблюдений, используемой для анализа временных рядов и прогнозирования риска

Для прогнозирования будущих состояний риска была разработана модель анализа временных рядов на основе рекуррентной нейронной сети типа Long Short-Term Memory (LSTM). Обучение и оценка прогностической эффективности модели проводились с использованием разделения данных на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80:20 на уровне пациентов с применением стратифицированного разбиения для сохранения пропорционального представления категорий риска. Устойчивость модели дополнительно оценивалась с помощью стратифицированной k-кратной перекрестной проверки с учетом временной структуры данных, что позволило снизить риск переобучения и предотвратить утечку информации между наблюдениями одного пациента.

Результаты и обсуждение

Правил-ориентированная функция классификации текущего риска представлена ограниченным набором ключевых биомаркеров, прогностическая модель МО опирается на расширенный набор из 90 лабораторных признаков для прогнозирования будущих уровней риска. Модель была обучена на основе продольных исторических данных пациентов, что позволяет ей выявлять устойчивые закономерности изменения биомаркеров во времени, предшествующие переходу между категориями риска.

Как показано на *рисунках 3–4*, вклад отдельных лабораторных признаков в прогнозирование риска является неоднородным и изменяется во времени, отражая динамическую роль биомаркеров на различных этапах формирования состояния риска.

Прогностичность модели на основе архитектуры LSTM была оценена путем сопоставления предсказанных категорий риска с фактически наблюдаемыми значениями. В рамках исследуемой когорты модель продемонстрировала высокую точность классификации краткосрочного риска (ассигасу), при этом доля корректно классифицированных наблюдений составила около 90%.

В качестве иллюстрации практической применимости системы представлен клинический случай пациента (ID пациента: 1102844/A18), мужчина, 35 лет, у которого сопоставлены

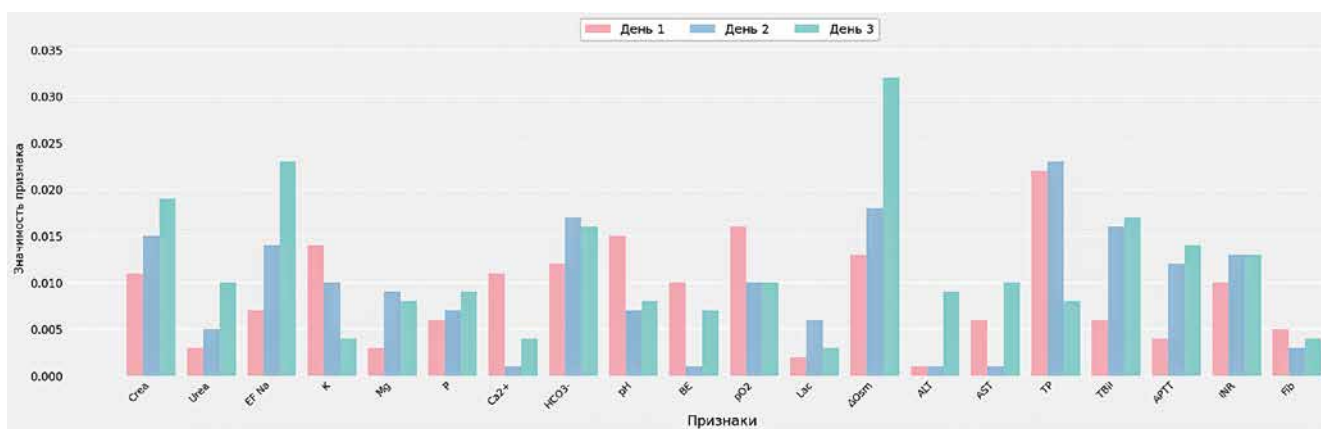


Рисунок 3. Карта значимости признаков во времени, отражающая вклад ряда параметров, характеризующих функциональное состояние трансплантата и метаболома организма в прогнозирование будущего уровня риска на последовательных временных шагах модели

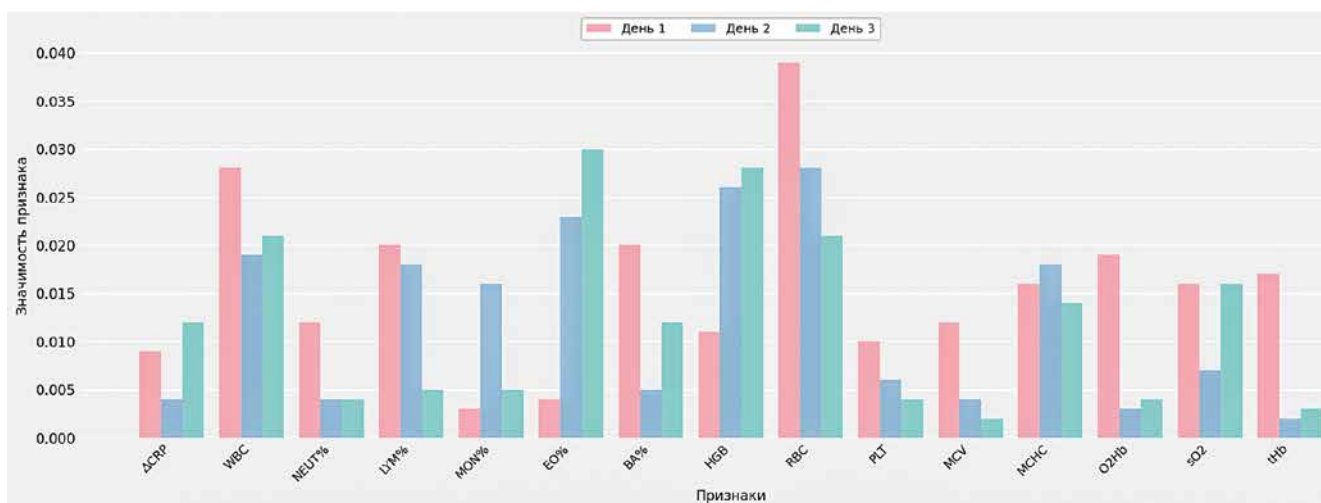


Рисунок 4. Карта значимости признаков во времени, отражающая вклад ряда параметров, характеризующих активность воспаления в организме и системы кроветворения (клеточные кооперации) в прогнозирование будущего уровня риска на последовательных временных шагах модели

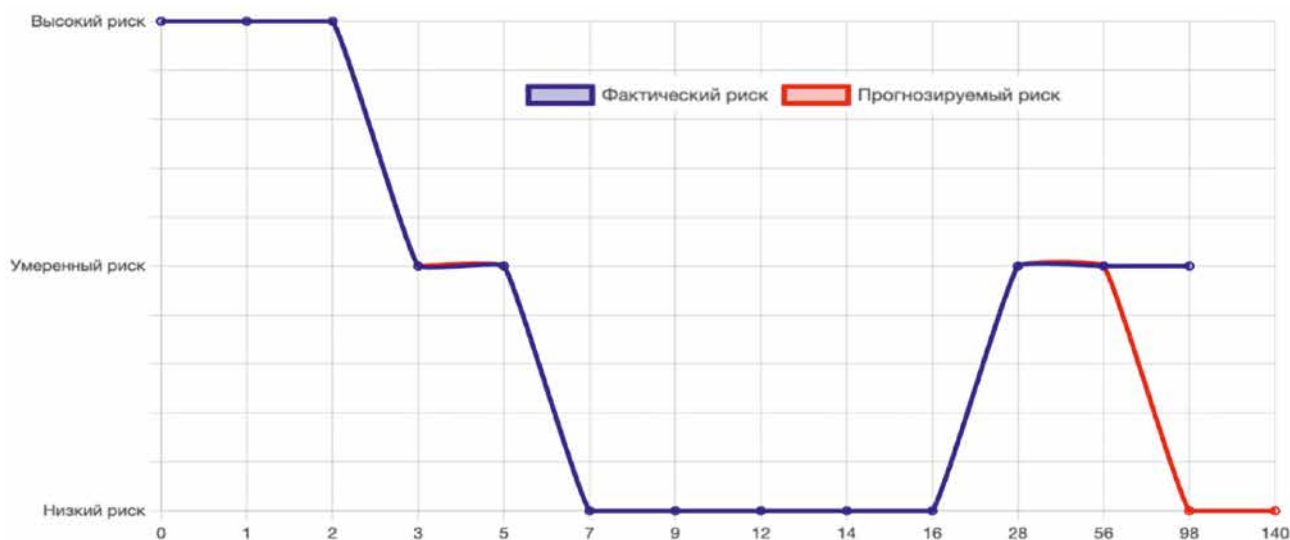


Рисунок 5. Пример динамики фактического и прогнозируемого уровней риска у реального пациента

фактические категории риска и прогнозируемые моделью значения в динамике наблюдения. Показатель ассигасы рассчитывался на уровне категориальной классификации риска и отражал долю корректно предсказанных категорий относительно фактически наблюдаемых состояний. Как показано на рисунке 5, прогностическая модель позволяет заблаговременно выявлять изменения категории риска, опираясь

на предшествующую временную динамику лабораторных показателей, еще до их клинически выраженной манифестации.

Для наглядного представления работы прогностической модели в табличной форме ниже приведено сопоставление фактических и прогнозируемых категорий риска для данного пациента на различных этапах посттрансплантационного наблюдения (табл. 3).

Прогноз формируется на основе динамики лабораторных показателей и отражает способность модели заблаговременно выявлять переходы между категориями риска.

Достиженные показатели отражают преимущество учета временных зависимостей и межпараметрических взаимодействий. Анализ последовательностей лабораторных измерений позволял выявлять формирующиеся паттерны риска до клинически манифестных проявлений дисфункции трансплантата, что имеет принципиальное значение для раннего клинического вмешательства. Несмотря на относительно ограниченное число пациентов (160), продольный характер наблюдения обеспечил значительный объем аналитической информации – 5531 единицу наблюдения. Такая структура данных позволила учитывать внутриапациентскую вариабельность и динамическую эволюцию лабораторных показателей, что существенно повышало информативность анализа. В отличие от моделей, требующих больших когорт пациентов при использовании единичных временных срезов, временной анализ позволил выявлять устойчивые закономерности при сравнительно меньшем размере выборки. Применение стратифицированного разбиения и перекрестной проверки дополнительно снизило риск переобучения и повысило устойчивость модели.

Поведение модели подтверждает концепцию организменного ответа на посттрансплантационную патологию. Формирование состояний риска определялось не отдельными лабораторными отклонениями, а согласованными изменениями функции почек, воспалительных маркеров, электролитного баланса и системной регуляции. Ограничением исследования является одноцентровый характер выборки и отсутствие внешней валидации на независимых когортах, что ограничивает экстраполяцию результатов и требует дальнейшего межцентрового подтверждения. Используя веб-приложение <http://pred.lspbgmu.com/kidney/> можно, введя лабораторные данные пациента, получить прогноз риска, по нашим данным с вероятностью не менее 85%. Будем признательны коллегальному обсуждению оценке воспроизводимости и целесообразности для клинической практики.

Заключение

В настоящем исследовании представлена Kidney Transplant Risk Prediction System – интеллектуальная экспертная система краткосрочной стратификации риска у реципиентов почечного трансплантата, предназначенная для оценки и прогнозирования риска дисфункции трансплантата на основе продольной динамики лабораторных показателей и классифицирующая пациентов на клинически интерпретируемые группы низкого, умеренного и высокого риска.

Показано, что посттрансплантационный риск определяется не изолированными отклонениями отдельных лабораторных параметров, а согласованными изменениями показателей функции почек, воспалительной активности, электролитного баланса и системной физиологической регуляции. Интеграция интерпретируемой правил-ориентированной классификации с прогностической моделью временных рядов обеспечивает клинически понятную оценку состояния пациента и эффективное краткосрочное прогнозирование риска.

При этом вычислительные методы применяются исключительно как аналитический инструмент структурирования клиничко-лабораторных данных, а концептуальная основа и клиническое мышление остаются основной методологией медицинской деятельности.

Иначе говоря, предложенный подход может рассматриваться как инструмент поддержки клинического решения в рамках рутинного посттрансплантационного наблюдения.

Список литературы / References

1. Ferreira, L.D., Goff, C., Kamepalli, S., et al. Survival Benefit of Solid-Organ Transplantation: 10-Year Update. *Dig Dis Sci* 68, 3810–3817 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10620-023-08012-1>
2. Global Observatory on Donation and Transplantation (GODT). WHO-ONT collaboration. International Report on Organ Donation and Transplantation Activities 2023. Madrid: Global Observatory on Donation and Transplantation; 2024. Available from: <https://www.transplant-observatory.org>
3. Abecassis M, Barlett ST, Collins AJ, Davis CL, Delmonico FL, Friedewald JJ, Hays R, Howard A, Jones E, Leichtman AB, Merion RM, Metzger RA, Pradef, Schweitzer EJ, Velez RL, Gaston RS. Kidney transplantation as primary therapy for end-stage renal disease: a National Kidney Foundation/Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (NKF/KDOQI) conference. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2008 Mar; 3 (2): 471–80. DOI: 10.2215/CJN.05021107. Epub 2008 Feb 6. PMID: 18256371; PMCID: PMC2390948
4. David B, Olawade, Sheila Marinze, Nabeel Qureshi, Kusal Weerasinghe, Jennifer Teke, Transforming organ donation and transplantation: Strategies for increasing donor participation and system efficiency, *European Journal of Internal Medicine*, Volume 133, 2025, Pages 14–24, ISSN 0953–6205, <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2024.11.010>
5. Zingraf G. Transplant 101: Post-Kidney Transplant Complications. *Nephrol Nurs J*. 2025 Sep-Oct; 52 (5): 515–522. PMID: 41223327
6. Anita Marie Slominska, Elizabeth Anne Kinsella, Saly El-Wazze, Kathleen Gaudio, M. Khaled Shamseddin, Ann Bugeja, Marie-Chantal Fortin, Mireille Farkouh, Amanda Vinson, Julie Ho, Shaifali Sandal, Losing Much More Than a Transplant: A Qualitative Study of Kidney Transplant Recipients' Experiences of Graft Failure. *Kidney International Reports*, Volume 9, Issue 10, 2024, Pages 2937–2945, ISSN 2468–0249, <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2024.07.011>
7. Josephson MA, Becker Y, Budde K, Kasiske BL, Kiberd BA, Loupy A, Matyszko J, Mannon RB, Tönshoff B, Cheung M, Jadoul M, Winkelmayer WC, Zeier M; for Conference Participants. Challenges in the management of the kidney allograft: from decline to failure: conclusions from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Controversies Conference. *Kidney Int*. 2023 Dec; 104 (6): 1076–1091. DOI: 10.1016/j.kint.2023.05.010. Epub 2023 May 24. PMID: 37236423.
8. Mizera, J.; Pondek, M.; Kepinska, M.; Jerzak, P.; Banasik, M. Advancements in Artificial Intelligence for Kidney Transplantation: A Comprehensive Review of Current Applications and Predictive Models. *J. Clin. Med.* 2025, 14, 975. <https://doi.org/10.3390/jcm14030975>
9. Kim JM, Jung H, Kwon HE, Ko Y, Jung JH, Kwon H, Kim YH, Jun TJ, Hwang SH, Shin S. Predicting prognostic factors in kidney transplantation using a machine learning approach to enhance outcome predictions: a retrospective cohort study. *Int J Surg*. 2024 Nov 1; 110 (11): 7159–7168. DOI: 10.1097/JS9.0000000000002028. PMID: 39116448; PMCID: PMC11573070.
10. Connor KL, O'Sullivan ED, Marson LP, Wigmore SJ, Harrison EM. The Future Role of Machine Learning in Clinical Transplantation. *Transplantation*. 2021 Apr 1; 105 (4): 723–735. DOI: 10.1097/TP.0000000000003424. PMID: 32826798.
11. Vivek, K.; Papalois, V. AI and Machine Learning in Transplantation. *Transplantation* 2025, 6, 23. <https://doi.org/10.3390/transplantation6030023>
12. Hong MS, Lee YH, Kong JM, Kwon OJ, Jung CW, Yang J, Kim MS, Han HW, Nam SM, Korean Organ Transplantation Registry Study Group. Personalized Prediction of Kidney Function Decline and Network Analysis of the Risk Factors after Kidney Transplantation Using Nationwide Cohort Data. *J Clin Med*. 2022 Feb 25; 11 (5): 1259. DOI: 10.3390/jcm11051259. PMID: 35268350; PMCID: PMC8911006.
13. He YJ, Liu PL, Wei T, Liu T, Li YF, Yang J, Fan WX. Artificial intelligence in kidney transplantation: a 30-year bibliometric analysis of research trends, innovations, and future directions. *Ren Fail*. 2025 Dec; 47 (1): 2458754. DOI: 10.1080/0886022X.2025.2458754. Epub 2025 Feb 5. PMID: 39910843; PMCID: PMC11803763.
14. Li Y, Yan L, Li Y, Wan Z, Bai Y, Wang X, Hu S, Wu X, Yang C, Fan J, Xu H, Wang L, Shi Y. Development and validation of routine clinical laboratory data derived marker-based nomograms for the prediction of 5-year graft survival in kidney transplant recipients. *Aging (Albany NY)*. 2021 Mar 26; 13 (7): 9927–9947. DOI: 10.18632/aging.202748. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33795527; PMCID: PMC8064213.
15. Melloni C, Crook ED, Jones WS, Washam JB, Johnson JK, Smith PK, Alexander JH. Electrolyte and acid–base disorders after kidney transplantation. *Front Med (Lausanne)*. 2023; 10: 1253991. DOI: 10.3389/fmed.2023.1253991
16. Kwon Y, Kim YS, Kim MS, Kim YO, Jin DC, Song HC. Serum C-reactive protein surge in renal transplant recipients and its clinical implications. *Transplant Proc*. 2019 Aug; 51 (6): 1886–1890. DOI: 10.1016/j.transproceed.2019.03.022. Epub 2019 Apr 12. PMID: 30979527.
17. Brunet M, van Gelder T, Åsberg A, Hautfroid V, Hesselink DA, Langman L, Lemaître F, Marquet P, Seger C, Shipkova M, Vinks AA, Wallemacq P. Therapeutic drug monitoring of tacrolimus – personalized therapy: second consensus report. *Ther Drug Monit*. 2019 Jun; 41 (3): 261–307. DOI: 10.1097/FTD.0000000000000640. PMID: 31021920
18. Heldal TF, Åsberg A, Ueland T, Reisaeter AV, Pischke SE, Molnes TE, Aukrust P, Reinhold F, Hartmann A, Heldal K, Jenssen TG. Systemic inflammation early after kidney transplantation is associated with long-term graft loss: a cohort study. *Front Immunol*. 2023 Oct 2; 14: 1253991. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1253991. PMID: 37810425; PMCID: PMC10560421.

Вклад авторов. Слейман М. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи; Корноухова Л. А. – сбор материала, проведение измерений; Альдарф А. – написание статьи; Эмануэль В. Л. – научное редактирование текста. **Authors' contributions.** Sleiman M. – idea, collection of material, processing of material, writing the article; Kornoukhova L. A. – collection of material, making measurements; Aldarf A. – article writing; Emanuel V. L. – scientific editing of the text.

Статья поступила / Received 13.02.2026
Получена после рецензирования / Revised 5.03.2026
Принята в печать / Accepted 10.03.2026

Сведения об авторах

Слейман Малака, аспирант кафедры клинической лабораторной диагностики с курсом молекулярной медицины¹. E-mail: malakahsleiman2020@gmail.com. ORCID: 0009-0000-7449-9244

Корноухова Любовь Александровна, к.м.н., зав. клинико-диагностической лабораторией², доцент кафедры клинической лабораторной диагностики с курсом молекулярной медицины¹. E-mail: kornouchova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3840-1032

Альдарф Алаа, аспирант факультета программной инженерии и компьютерной техники³. E-mail: aaldarf@itmo.ru. ORCID: 0000-0001-7249-5071

Эмануэль Владимир Леонидович, д.м.н., профессор, зав. кафедрой клинической лабораторной диагностики с курсом молекулярной медицины¹. E-mail: vladimirem1@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2079-0439

¹ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

² ГБУЗ «Ленинградская областная клиническая больница», Санкт-Петербург, Россия

³ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, Россия

Автор для переписки: Эмануэль Владимир Леонидович.
E-mail: vladimirem1@gmail.com

Для цитирования: Слейман М., Корноухова Л.А., Альдарф А., Эмануэль В.Л. Функционально-морфологические характеристики почечного трансплантата технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения в прогнозировании посттрансплантационного риска. *Медицинский алфавит*. 2026; (7): 32–37. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-7-32-37>

About authors

Sleiman Malaka, postgraduate student at Dept of Clinical Laboratory Diagnostics with a Course in Molecular Medicine¹. E-mail: malakahsleiman2020@gmail.com. ORCID: 0009-0000-7449-9244

Kornouchova Lyubov A., PhD Med Sci, head of the Clinical Diagnostic Laboratory², associate professor at Dept of Clinical Laboratory Diagnostics with a Course in Molecular Medicine¹. E-mail: kornouchova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3840-1032

Aldarf Alaa, postgraduate student at Faculty of Software Engineering and Computer Systems³. E-mail: aaldarf@itmo.ru. ORCID: 0000-0001-7249-5071

Emanuel Vladimir L., Dr Med Sci (habil.), professor, head of Dept of Clinical Laboratory Diagnostics with a Course in Molecular Medicine¹. E-mail: vladimirem1@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2079-0439

¹ Pavlov First State Medical University of St. Petersburg (Pavlov University), Saint Petersburg, Russia

² Leningrad Regional Clinical Hospital, Saint Petersburg, Russia

³ ITMO University, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Emanuel Vladimir L. E-mail: vladimirem1@gmail.com

For citation: Sleiman M., Kornouchova L. A., Aldarf A., Emanuel V. L. Functional and morphological characteristics of renal allograft using artificial intelligence and machine learning technologies in post-transplant risk prediction. *Medical alphabef*. 2026; (7): 32–37. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-7-32-37>

DOI: 10.33667/2078-5631-2026-7-37-43

Референтные интервалы для специфических параметров гемостаза, определяемых на автоматическом коагулометре

Л. А. Горгидзе, С. Ю. Мамлеева, Д. В. Камельских, Г. М. Галстян

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр гематологии» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Важное значение для клинической практики имеют референтные интервалы активности фактора Виллебранда, ристоцетин-кофакторной активности фактора Виллебранда, антигена фактора Виллебранда, активности фактора свертывания VIII, определяемой хромогенным методом, Д-димера и активности ингибитора активатора плазминогена урокиназного типа. Однако эти референтные интервалы варьируют в зависимости от типа аналитической системы и используемых для диагностики реагентов.

Цель исследования. Определить референтные интервалы параметров системы гемостаза.

Материалы и методы. После получения информированного добровольного согласия донора на медицинское обследование и донацию крови и (или) ее компонентов, образцы крови были получены от 100 доноров крови и (или) ее компонентов обоих полов: 51 мужчины (51 %) и 49 женщин (49 %). Использовали анализатор гемостаза *Systemex CS-2000i* (*Systemex Corporation*, Япония) и реагенты компании *Siemens* (*Healthcare GmbH*, Германия).

Результаты. Полученные референтные интервалы для активности фактора Виллебранда (46,65–181,45 %), ристоцетин-кофакторной активности фактора Виллебранда (16,77–164,37 %), антигена фактора Виллебранда (52,11–169,27 %), активности FVIII, определяемой хромогенным методом (45,08–158,35 %), Д-димера (17,69–368,13 мкг/л) и активности ингибитора активатора плазминогена урокиназного типа (–2,54–4,48 Ед/мл) были сопоставлены с данными литературы и данными, представленными в инструкциях к используемым реагентам. Полученные результаты для антигена фактора Виллебранда (48,11–174,12 %) и Д-димера (17,69–368,13 мкг/л) сопоставимы с имеющимися в литературе данными, данных по другим исследуемым параметрам гемостаза для анализатора *Systemex CS-2000i* и используемых в работе реагентов нет. Полученные референтные интервалы согласуются с рекомендациями компании-производителя.

Заключение. Референтные значения могут различаться в зависимости от используемых аналитических систем и наборов реагентов, что подтверждает необходимость локального выведения или валидации референтных интервалов для каждой конкретной лаборатории.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: референтные интервалы, специфические параметры гемостаза, коагулометр *Systemex CS-2000i*.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Reference values for specific parameters of hemostasis determined with the automated analyzer

L. A. Gorgidze, C. Yu. Mamleeva, D. V. Kamel'skih, G. M. Galstyan

National Medical Research Center for Hematology, Moscow, Russia