

DOI: 10.15825/1995-1191-2017-4-27-33

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТИ И ДОСТУПНОСТИ ДОНОРСКИХ ПОЧЕК ДЛЯ ТРАНСПЛАНТАЦИИ

М.Г. Минина^{1, 3}, Н.А. Игнатов², С.Б. Трухманов³

¹ ГБУЗ «ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ», Московский координационный центр органного донорства, Москва, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Москва, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

Цель. Анализ динамики потребности и доступности донорских почек для трансплантации, построение прогнозов численности листа ожидания, ежегодного числа трансплантаций почки и показателя доступности трансплантации донорских почек. **Материалы и методы.** По данным Eurotransplant International Foundation за период с 1969-го по 2015 год построены точечные и интервальные прогнозы численности листа ожидания, количества трансплантаций почки и доступности трансплантации почки на период до 2030 года на основе методов теории случайных процессов. **Результаты.** Анализ случайного процесса количества нуждающихся в пересадке почки показал, что он характеризуется возрастающей линейной трендовой компонентой (тенденцией к росту). Физическая природа возрастающего линейного тренда обусловлена невозможностью в полной мере удовлетворить растущую потребность в пересадке почки. Неудовлетворенная потребность накапливается по времени. Это объясняет наблюдаемый линейный тренд. В рассмотренном случайном процессе выявлено наличие регулярной стохастической компоненты, обеспечивающей случайные колебания числа нуждающихся в трансплантации почки с периодом около 35–40 лет относительно возрастающего линейного тренда. Анализ случайного процесса количества трансплантаций почки от живых и умерших доноров показал, что он характеризуется (на текущий момент) экспоненциальным асимптотическим трендом, растущим к некоторой величине насыщения. Анализ оценки его автокорреляционной функции показал отсутствие в ней регулярных стохастических компонент. Сохранение наблюдавшейся в 1969–2015 гг. динамики на период с 2015-го по 2030 год позволяет качественно предположить существенный рост числа нуждающихся в пересадке и критическое снижение показателя доступности донорских почек. **Заключение.** Число трансплантаций донорских почек имеет тенденцию к пределу насыщения, причем этот теоретический предел уже сейчас существенно ниже текущей потребности в донорских почках. Увеличение количества программ по пересадке почек и улучшение организации по работе с донорами, несмотря на свою актуальность и важность, приводят лишь к некоторому увеличению абсолютных значений ежегодного количества пересадок, и возможно, предела их насыщения, но не к качественному изменению динамики снижения доступности донорских почек. Качественное изменение данной динамики в сторону увеличения доступности возможно посредством мероприятий, влияющих на факторы, обуславливающие постоянный рост количества нуждающихся в пересадке.

Ключевые слова: потребность в трансплантации почки, трансплантация почки, доступность трансплантации почки от посмертного донора, лист ожидания.

MATHEMATICAL ANALYSIS OF KIDNEY TRANSPLANT DEMAND AND AVAILABILITY

M.G. Minina^{1, 3}, N.A. Ignatov², S.B. Truhmanov³

¹ State budgetary healthcare institution «Moscow State Municipal Hospital named after S.P. Botkin», Moscow coordinating center of organ donation, Moscow, Russian Federation

² Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Moscow Aviation Institute (National Research University)», Moscow, Russian Federation

³ Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Moscow state medical stomatological University named after A.I. Evdokimov», Moscow, Russian Federation

Aim. To analyse the dynamics of the need and availability of donor kidneys for transplantation. To construct the predictions for the number of waiting lists. To analyse the annual number of kidney transplants and the availability of

Для корреспонденции: Минина Марина Геннадьевна. Адрес: 125284, г. Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 5. Тел. (919) 766-32-52. E-mail: minmar50@yahoo.com

For correspondence: Minina Marina Geunnadijevna. Address: 5, 2d Botkinskiy proezd, Moscow, 125284, Russian Federation. Tel. (919) 766-32-52. E-mail: minmar50@yahoo.com

donor kidney. **Materials and methods.** Data base of Eurotransplant International Foundation 1969–2015 has been analyzed. We built a forecast of the kidney waiting list, kidney transplants quantity and availability of kidney grafts up to 2030. **Results.** Random process analysis of kidney transplant recipients number has shown an increasing linear trend. Growing linear trend is due to the inability to fully meet the increasing need for a kidney transplant. Presence of a regular stochastic component is revealed that provides random fluctuations in the number of patients waiting for kidney transplantation with a period of 35–40 years. Random process of the number of kidney transplants showed an exponential asymptotic trend growing to a certain saturation value. Estimation of its autocorrelation function showed the absence of regular stochastic components in it. Preservation of 1969–2015 dynamics for the period 2015–2030 allows to suggest a significant increase in the number of people waiting for transplant and a decrease in the availability of donor kidneys. **Conclusion.** The number of donor kidney transplantations tends to saturation limit, and limit is already lower than the current need for donor kidneys. The increase in the number of kidney transplantation programs and the improvement of organ donation system may lead to a limited increase in annual number of transplants and, possibly, the saturation limit, but not to a qualitative change in the dynamics of reduced availability of donor kidneys. A qualitative change in this dynamics towards increasing accessibility, is possible perhaps through activities that affect factors causing a constant increase in the number of people who need a transplant.

Key words: demand for kidney transplantation, kidney transplantation, availability of cadaveric kidney for transplantation, kidney transplant waiting list.

ВВЕДЕНИЕ

Хроническая болезнь почек (ХБП) в настоящее время рассматривается как значительная проблема для системы здравоохранения [1, 2]. ХБП характеризуется высоким уровнем заболеваемости и смертности и охватывает более 20 млн взрослого населения США [3, 4]. В 2014 г. в США было зарегистрировано 120 688 новых случаев терминальной стадии ХБП, при этом уровень заболеваемости составил 370 случаев на 1 млн населения в год. Несмотря на то что скорректированная заболеваемость ХБП в период 2012–2014 гг. достигла определенной стагнации на уровне 350 случаев на 1 млн населения в год, уровень распространенности заболевания не снижается, и в 2014 г. составил 678 383 пациента с ХБП, требующих заместительной почечной терапии гемодиализом и трансплантации донорской почки [5]. Продолжительность жизни пациентов с ХБП в последние годы не снижается, что отчасти объясняет достаточно высокий уровень распространенности заболевания. Смертность составляет 136/1000 для пациентов с ХБП, 166/1000 для пациентов с терминальной формой ХБП, получающих заместительную терапию гемодиализом, и 30/1000 для пациентов, которым была выполнена трансплантация донорской почки. В 2014 г. в США было выполнено 17 914 трансплантаций почки, из которых 5574 являлись трансплантациями от живых доноров. Количество пациентов в листе ожидания на трансплантацию почки к концу 2014 г. достигло уровня 88 231. Пациенты, находившиеся в листе ожидания в активном состоянии, в 2,8 раза превышали число выполненных трансплантаций почки за год. Число трансплантаций на 100 диализных пациентов снизилось с 14 в 1997 г. до менее 4 в 2014 г., что свидетельствует о сохранении серьезного дисбаланса между постоянно увеличивающейся численностью листа ожидания и числом донорских почек, направляемых на трансплантацию. Это напрямую

сказывается на сроках ожидания донорской почки. Продолжает расти срок ожидания органа для пациентов, впервые включенных в лист ожидания – с 2 до 4 лет. Абсолютное число выполненных трансплантаций почки в США повышалось в период с 1997-го по 2007 год, но впоследствии, вплоть до настоящего времени, наблюдается стагнация в числе выполняемых трансплантаций. По данным USA Renal Data System, Россия вошла в число 10 стран, в которых зафиксирован наибольший рост заболеваемости ХБП в период с 2001-го по 2014 год. Соответственно, проблемы, которые обсуждаются в представленной статье, в полной мере актуальны и для России [3, 5].

По данным Российского диализного общества (РДО), в 2011 г. число пациентов с ХБП, получающих заместительную почечную терапию, составляло 28 548 человек, из них 20 694 получали лечение программным гемодиализом (ПГД), 5932 человека являлись реципиентами с функционирующим трансплантатом почки, и 1922 человека получали заместительную терапию перитонеальным диализом [6].

Потребность в трансплантации почки в РФ, рассчитанная по числу пациентов на диализе в 2011 г., может составить не менее 11 000 трансплантаций почки. При достижении в РФ обеспеченности населения диализом на уровне Европейского союза (650 на 1 млн нас.) число потенциальных реципиентов почки увеличится с 11 000 до 46 500 [7].

В последнее время публикуются научные исследования, авторы которых с помощью различных моделей, преимущественно построенных на марковских случайных процессах, прогнозируют дальнейший рост заболеваемости ХБП. По их прогнозам, в ближайшие 20–30 лет заболеваемость ХБП будет расти, что приведет и к соответствующему увеличению случаев терминальной ХБП.

T.J. Hoerger с соавт. (2015) пришли к заключению, что в 2030 году в США среди 225 млн амери-

канцев старше 30 лет заболеваемость ХБП может наблюдаться у 38 млн (16,7%) [10].

В работе австралийского Института здоровья [11] подробно описаны разработка и реализация модели, основанной на марковских случайных процессах. Входной поток модели основан на продолжении тенденций статистики ANZDATA (Регистра диализных пациентов и трансплантаций почки в Австралии и Новой Зеландии). Использовались показатели численности пациентов, находящихся на терапии гемодиализом, и после трансплантации почки в Австралии за период с 1991-го по 2011 год. Изменение состояния пациентов в рамках марковской модели, и соответственно, выходные потоки (смерть или трансплантация донорской почки) определялись множеством управляемых факторов (возраст, наличие и продолжительность диализа и т. д.). Базовый моделируемый сценарий предполагает рост количества нуждающихся в лечении в период с 2011-го по 2020 год на 60% – с 19 780 до 31 589 при прогнозируемом росте населения Австралии на 13%. Количество пересадок при этом увеличивается на 73% – с 8782 до 15 227, что соответствует росту доступности трансплантации почки с 44 до 48% [11].

David T. Gilbertson с соавт. (2005) представили исследование, в котором построен интервальный прогноз количества пациентов с заболеваниями почек в США в период с 2005-го по 2015 год. Авторами использовались показатели статистики заболеваний почек с 1991-го по 2000 год, демонстрирующие рост случаев заболевания со 196 000 до 382 000 человек с ежегодным приростом количества заболевших с 53 000 до 93 000. Прогнозируемое количество заболеваний в 2015 году составило 136 166 (в вероятном диапазоне от 110 989 до 164 550), а количество больных (распространенность заболевания) – 719 290 (в вероятном диапазоне от 595 046 до 842 761) [12].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящей работе выполнен содержательный и статистический анализ случайных процессов численности листа ожидания и ежегодного количества трансплантаций почки на примере исходных данных организации Eurotransplant, построены точечные и интервальные прогнозы данных случайных процессов.

Анализ и прогнозирование основаны на принципах, методах и моделях, изложенных и описанных в [13–16].

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 и 2 представлены данные о соотношении потребности в пересадке донорской почки и количестве таких операций в год в США и Европе.

Помимо показателей потребности в донорских почках и ежегодного количества операций по пересадке почки актуальным, на наш взгляд, явля-

ется введение показателя доступности донорских почек для пересадки. Показатель доступности рассчитывается как отношение ежегодного количества нуждающихся в пересадке (численность листа ожидания) и ежегодного количества операций по пересадке почки и измеряется в процентах.

При анализе рис. 1 и 2 видно, что доступность донорских почек во всех случаях неуклонно снижается с течением времени.

Мы полагаем, что превышение потребности в донорских почках над их доступным количеством станет понятным, если мы дадим этим процессам другое содержательное, и как следствие, математическое определение. Потребность в донорских почках развивается по законам эпидемии. Количество доступных для пересадки почек развивается по законам частично возобновляемых природных ресурсов и имеет тенденцию к замедлению роста и конечную предельную величину насыщения.

Физическая природа насыщения обусловлена существованием некоторого максимального теоретически возможного предела количества трансплантаций в год.

Этот предел, в первую очередь, обусловлен существующей в настоящее время мировой тенденцией снижения количества органов от доноров, умерших от травматических повреждений головного мозга, связанной с уменьшением общего числа случаев травматизма, повышением безопасности на транспорте и производстве, повышением эффек-

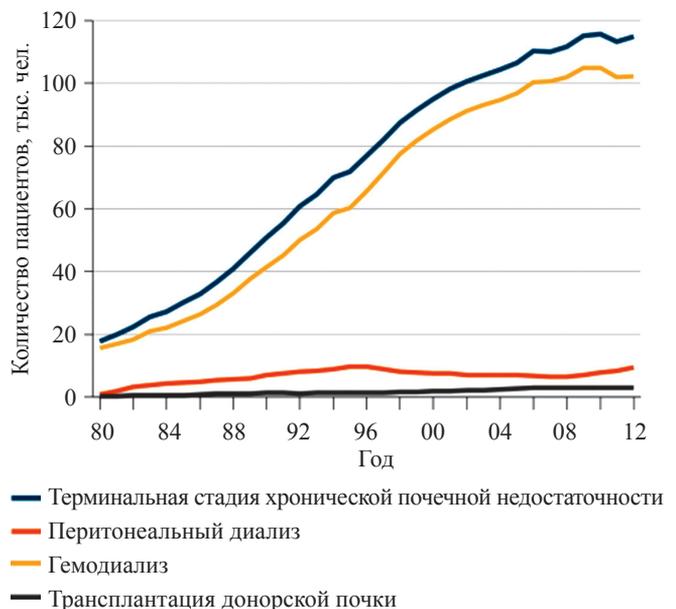


Рис. 1. Динамика численности пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек на гемо- и перитонеальном диализе и трансплантации донорской почки в США в 1980–2012 гг. [5]

Fig. 1. The dynamics of the number of patients with terminal stage of chronic kidney disease hemo- and peritoneal dialysis and donor kidney transplantation in the USA (1980–2012) [5]

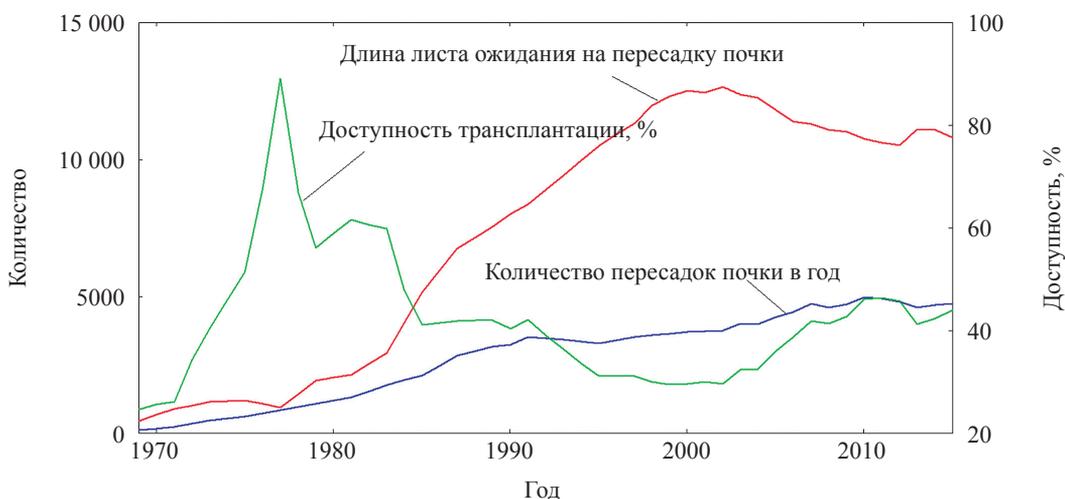


Рис. 2. Динамика листа ожидания на трансплантацию почки и числа трансплантаций донорской почки по данным Eurotransplant International Foundation [8]

Fig. 2. The dynamics of the waiting list for kidney transplantation and the number of donor kidney transplants according to the Eurotransplant International Foundation [8]

тивности лечения тяжелых повреждений головного мозга и инсультов, этическими и организационными трудностями получения органов от лиц, умерших скоропостижно, повышением общей продолжительности жизни населения.

Примером достижения предела численности трансплантаций органов может служить динамика числа трансплантаций в Испании (рис. 3) за последние 24 года при использовании модели органного донорства, разработанной и внедренной в практику Национальной организацией по трансплантации (ONT) под руководством R. Matesanz [17]. В результате внедрения «испанской модели» донорства органов удалось увеличить число центров трансплантации и расширить перечень реанимационных

отделений, участвующих в донорских программах. «Испанская модель» позволила обеспечивать государственное субсидирование донорства органов и трансплантации, а главное – внедрить в работу отделений реанимации так называемых трансплантационных координаторов, обеспечивающих инициацию и координацию донорского процесса в целом. Благодаря внедрению этой системы в Испании стал быстро увеличиваться показатель эффективных доноров органов на 1 млн населения в год – с 14,3 в 1989 г. до 33,6 в 1999 г. В дальнейшем, начиная с 2000 г., быстрый прирост органов от умерших доноров практически прекратился, и в течение последующих 16 лет произошло увеличение примерно на 3 донора на 1 млн населения в год. Такое замедление можно

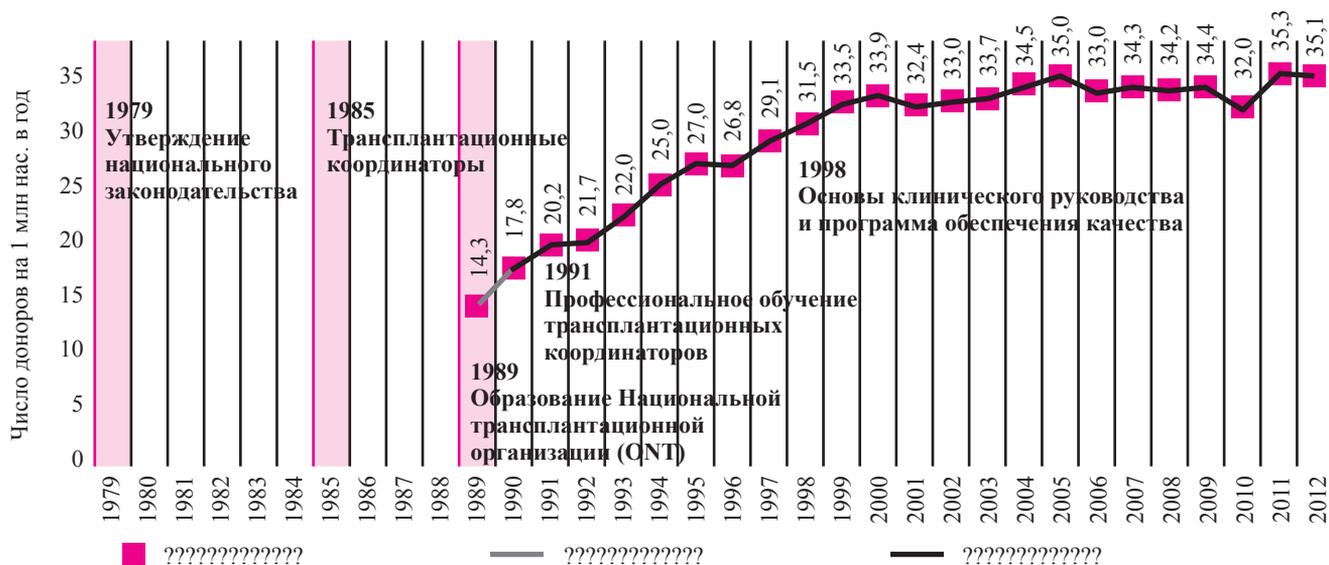


Рис. 3. Динамика количества эффективных доноров на миллион населения в год в Испании по данным ONT [9]

Fig. 3. Dynamics of the number of effective donors pmp / year in Spain according to ONT [9]

расценивать как практически полное исчерпание резерва органов от умерших доноров в Испании.

С высокой степенью вероятности можно предположить, что в дальнейшем в Испании начнется этап снижения числа доступных органов от умерших людей и количества выполняемых трансплантаций.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЕГО РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрены два случайных процесса – динамика численности листа ожидания на трансплантацию почки и динамика количества трансплантаций почки от живых и умерших доноров. Выполнен статистический анализ и математический прогноз указанных случайных процессов по их реализациям, полученным по данным Eurotransplant International Foundation за период с 1969-го по 2015 год. Реализации приведены на рис. 4. Обработка реализаций осуществлялась с интервалом дискретизации 1 год, отсутствующие значения наблюдений восстановлены линейной интерполяцией.

Анализ случайного процесса количества нуждающихся в пересадке показал, что он характеризуется возрастающей линейной трендовой компонентой (тенденцией к росту).

Физическая природа возрастающего линейного тренда обусловлена, на наш взгляд, низкой доступностью органов для трансплантации, то есть невозможностью в полной мере удовлетворить растущую потребность в пересадке. Неудовлетворенная потребность интегрируется (накапливается) по времени за счет относительно постоянного действия факто-

ров, провоцирующих заболевания почек. Это в конечном итоге и объясняет именно линейный тренд.

Анализ оценки автокорреляционной функции случайного процесса количества нуждающихся в пересадке показал также наличие регулярной стохастической периодической компоненты. Данная компонента обеспечивает случайные колебания с периодом около 35–40 лет (более точная оценка периодичности затруднительна вследствие ограниченности интервала наблюдения) относительно возрастающего линейного тренда. Физическая природа регулярной стохастической компоненты обусловлена фактом поддержания жизни людей, нуждающихся в пересадке почки, какое-то ограниченное время до момента трансплантации или смерти при наличии неудовлетворенной потребности в пересадке и частичной доступности трансплантации.

Анализ случайного процесса количества трансплантаций почки от живых и умерших доноров показал, что он характеризуется (на текущий момент) экспоненциальным асимптотическим трендом, растущим к некоторой величине насыщения.

Анализ оценки его автокорреляционной функции показал отсутствие в ней регулярных периодических стохастических компонент.

Динамика соотношения процессов количества нуждающихся и количества выполняемых трансплантаций почки, определяющих их доступность, исходя из вышеизложенного, на наш взгляд, следующая.

1. До 1980 г. наблюдается некоторый рост доступности почек для трансплантации и сдержанный

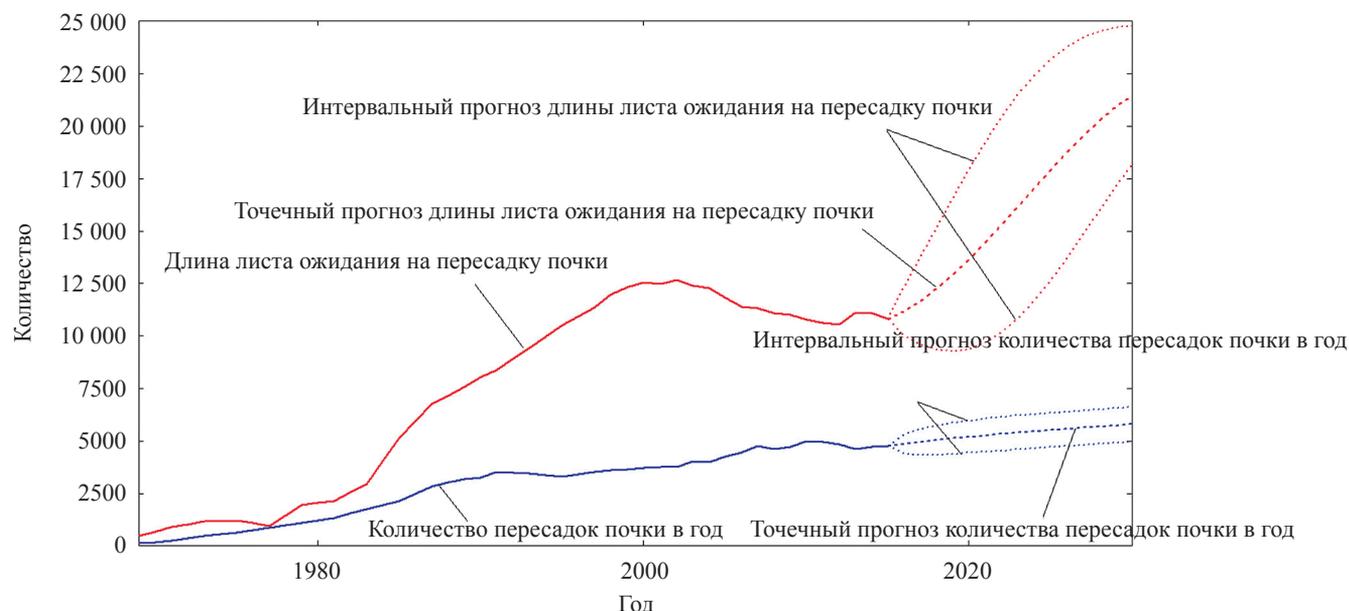


Рис. 4. Точечный и интервальный прогнозы численности листа ожидания и числа трансплантаций почки в год (использованы данные Eurotransplant International Foundation 1969–2015 гг.) [8]

Fig. 4. Point and interval forecasts of the number of waiting list and the number of kidney transplants per year (using the data of Eurotransplant International Foundation 1969–2015) [8]

Таблица

Значения прогнозов на 2030 год
Values of the forecasts for 2030

Показатель	Нижняя граница интервального прогноза	Точечный прогноз	Верхняя граница интервального прогноза
Численность листа ожидания, чел.	18 150	21 460	24 770
Количество трансплантаций почки в год	4947	5770	6593
Доступность трансплантации	20%	26,8%	36,3%

рост количества нуждающихся (доступность позволяет сдерживать рост).

- В 1980–1990 гг. отмечается быстрый рост количества нуждающихся в трансплантации почки и снижение доступности пересадки.
- В 1990–2000 гг. – дальнейшее снижение доступности органов для трансплантации, при этом замедление роста (вплоть до остановки) количества нуждающихся в трансплантации, преимущественно за счет смерти или медицинских противопоказаний к трансплантации тех пациентов, кто не получил пересадки до 1980 г.
- В 2000–2015 гг. мы видим некоторый рост доступности почек для трансплантации и некоторое снижение количества нуждающихся за счет смерти или медицинской нецелесообразности трансплантации среди тех пациентов, которым не была выполнена пересадка в конце предшествующего периода – с 1980-го по 2000 год.

Сохранение наблюдавшейся в 1969–2015 гг. динамики на период с 2015-го по 2030 год позволяет качественно предположить (по аналогии со второй половиной предшествующего периода) существенный рост числа нуждающихся в пересадке и критическое снижение показателя доступности органов.

На основе математических моделей случайных процессов $X(t)$ и $Y(t)$ построены их долгосрочные (до 2030 г.) точечные и интервальные (доверительная вероятность 0,9973) прогнозы (рис. 4) в предположении нормального закона распределения ошибки прогноза. Значения прогнозов на 2030 год приведены в таблице.

Ориентировочное значение насыщения количества пересадок, то есть максимальное ежегодное количество пересадок, при текущих условиях составило 7900 операций в год, что делает заведомо невозможным удовлетворить даже текущую потребность в донорских почках.

Прогнозируемое количество нуждающихся в пересадке к 2030 г. увеличивается от 18 150 до 24 770 человек (в среднем – 21 460), при этом прогнозируемое количество пересадок в год к 2030 г.

увеличивается от 4947 до 6593 (в среднем – 5770). Показатель доступности к 2030 г., таким образом, может находиться в диапазоне от 36,3% – в лучшем случае до 20% – в худшем.

При этом видно, что нижняя граница доверительного интервала прогноза количества нуждающихся в пересадке не пересекается с верхней границей доверительного интервала прогноза количества пересадок даже при доверительной вероятности 0,9973 с расходящейся динамикой. Это говорит не только о ничтожно малой вероятности удовлетворить текущие и будущие потребности в пересадке почек, но и об устойчивой тенденции к ухудшению показателя обеспеченности почками для трансплантации в будущем.

Изменение данной динамики возможно, в первую очередь, при воздействии каких-либо факторов, фундаментально влияющих на закономерности в количестве нуждающихся или количестве трансплантаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Как уже говорилось выше, количество пересадок донорских почек как частично возобновляемого ресурса имеет тенденцию к пределу насыщения, причем этот теоретический предел уже сейчас существенно ниже текущей потребности в органах, что в целом подтверждается результатами данного исследования и других работ. Поэтому такие мероприятия, как увеличение количества медицинских центров по пересадке почек и улучшение организации по работе с донорами, несмотря на свою актуальность и важность, приведут лишь к некоторому увеличению абсолютных значений ежегодного количества пересадок, и возможно, предела их насыщения, но не к качественному изменению динамики снижения доступности донорских почек.

Качественное изменение данной динамики в сторону увеличения доступности, на наш взгляд, исходя из этого, возможно только посредством мероприятий, влияющих на факторы, обуславливающие постоянный рост количества нуждающихся в пересадке, в противном случае обеспечить всех

нуждающихся донорскими почками будет в принципе невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Schieppati A, Remuzzi G. Chronic renal diseases as a public health problem: epidemiology, social, and economic implications. *Kidney Int. Suppl.* 2005; 98: 7–10. doi:10.1111/j.1523-1755.2005.09801.x. PMID:16108976.
2. Schoolwerth AC, Engelgau MM, Hostetter TH. Chronic kidney disease: a public health problem that needs a public health action plan. *Preventing Chronic Disease.* 2006; 3 (2): A57.
3. Coresh J, Selvin E, Stevens LA. Prevalence of chronic kidney disease in the United States. *JAMA.* 2007; 298 (17): 2038–2047. doi:10.1001/jama.298.17.2038. PMID:17986697.
4. Go AS, Chertow GM, Fan D. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *N. Engl. J. Med.* 2004; 351 (13):1296–1305. doi: 10.1056/NEJMoa04103. PMID:15385656.
5. www.usrds.org [Internet]. United States Renal Data System. Annual data report 2016. Available from: <https://www.usrds.org/adr.aspx>.
6. Бикбов БТ, Томилина НА. Заместительная терапия больных с хронической почечной недостаточностью в Российской Федерации в 2008–2011 гг. *Нефрология и диализ.* 2014; 16 (1): 11–127. Renal replacement therapy for ESRD patients in Russian Federation, 1998–2011. Report of Russian RRT Registry. Part 1. *Bikbov BT, Tomilina NA. Zamestitel'naya terapiya bol'nykh s khronicheskoy pochechnoy nedostatochnost'yu v Rossiyskoy Federatsii v 2008–2011 gg. Nefrologiya i dializ.* 2014; 16 (1): 11–127. [English abstract].
7. Готье СВ, Хомяков СМ. Оценка потребности населения в трансплантации органов, донорского ресурса и планирование эффективной сети медицинских организаций (центров трансплантации). *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2013; 15 (3): 11–24. *Gautier SV, Khomyakov SM. Assessment of requirement of the population in the organ transplantation, the donor resource and planning of the effective network of the medical organizations (The centers of transplantation). Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov.* 2013; 15 (3): 11–24.
8. www.eurotransplant.org [Internet]. Eurotransplant International Foundation. Available from: <http://statistics.eurotransplant.org>.
9. www.ont.es [Internet]. Organization Nationale de Transplantés. Database. Available from: <http://www.ont.es/infesp/Paginas/DatosdeDonacionyTrasplante.aspx>.
10. Hoerger TJ, Simpson SA, Yarnoff BO. The Future Burden of CKD in the United States: A Simulation Model for the CDC CKD Initiative. *Am. J. Kidney Dis.* 2015; 65 (3): 403–411. doi: 10.1053/j.ajkd.2014.09.023. PMID:25468386.
11. www.aihw.gov.au [Internet]. Projection of the prevalence of treated end-stage kidney disease in Australia 2012–2020. Australian Institute of Health and Welfare, Canberra, 2014. Available from: <https://www.aihw.gov.au>.
12. Gilbertson DT, Liu J, Xue JL. Projecting the number of patients with end-stage renal disease in the United States to the year 2015. *JASN.* 2005; 16 (12): 3736–3741. doi:10.1681/ASN.2005010112. PMID:16267160.
13. Булыгин ВС, Игнатов НА. Автоматизированная система прогнозирования динамических процессов. *Обеспечение качества на всех этапах жизненного цикла.* Под ред. Б.В. Бойцова, Ю.Ю. Комарова. М.: МАИ-ПРИНТ, 2008: 452. *Bulygin VS, Ignatov NA. Avtomatizirovannaya sistema prognozirovaniya dinamicheskikh protsessov. Obespechenie kachestva na vseh etapakh zhiznennogo tsikla.* Pod red. B.V. Boytsova, Yu.Yu. Komarova. M.: MAI-PRINT, 2008: 452.
14. Игнатов НА. Метод прогнозирования временных рядов с регулярными периодическими компонентами на основе модели периодически коррелированных случайных процессов [диссертация]. М.: Московский авиационный институт, 2011. *Ignatov NA. Metod prognozirovaniya vremennykh ryadov s regulyarnymi periodicheskimi komponentami na osnove modeli periodicheskii korrelirovannykh sluchaynykh protsessov [dissertatsiya].* M.: Moskovskiy aviatsionnyy institut, 2011.
15. Игнатов НА. Применение численного решения интегрального уравнения Винера в задачах прогнозирования. *Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации.* Труды XVII Международного научно-технического семинара. Тезисы докладов. 2008. Алушта. СПб.: ГУАП, 2008. *Ignatov NA. Primenenie chislennogo resheniya integral'nogo uravneniya Vinera v zadachakh prognozirovaniya. Sovremennye tekhnologii v zadachakh upravleniya, avtomatiki i obrabotki informatsii.* Trudy XVII Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo seminar. Tezisy dokladov. 2008. Alushta. SPb.: GUAP, 2008.
16. Игнатов НА. Прогнозирование временных рядов с регулярными циклическими компонентами с помощью модели периодически коррелированных случайных процессов. Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2011; 9: 461–477. *Ignatov NA. Prognozirovanie vremennykh ryadov s regulyarnymi tsiklicheskimii komponentami s pomoshch'yu modeli periodicheskii korrelirovannykh sluchaynykh protsessov. Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN.* 2011; 9: 461–477.
17. Matesanz R. Factors That Influence the Development of an Organ Donation Program. *Transplantation Proceedings.* 2004; 36 (3): 739–741. doi: 10.1016/j.transproceed.2004.03.025.

Статья поступила в редакцию 18.09.2017 г.
The article was submitted to the journal on 18.09.2017