

МИНЮХИНА И. Е.

Индекс времени нормальной скорости пульсовой волны в аорте при ее 24-часовом мониторингировании до и после трансплантации почек

Приволжский окружной медицинский центр
603001, Россия, Нижний Новгород, Нижневолжская набережная, 2
e-mail: ira.min@gmail.com

Реферат

Введение. В последние годы оценка скорости пульсовой волны (СПВ) рекомендуется как дополнительный критерий оценки сердечно-сосудистого риска у разных категорий пациентов. Широкое распространение получают такие методы однократной оценки СПВ, как аппланационная тонометрия, многоканальная сфигмография, ультразвуковые методы. Мы поставили цель оценить эффективность анализа СПВ при его 24-часовом мониторингировании при обследовании пациентов до и после трансплантации почки с использованием одноканальной сфигмографии.

Материал и методы исследования. Обследован 41 пациент, ожидающий трансплантацию почки, в возрасте от 18 до 55 лет, с терминальной хронической почечной недостаточностью на фоне гломерулонефрита. Все измерения проводились до трансплантации почки и через 1 и 20 недель после трансплантации. Для оценки 24-часовой СПВ с помощью программы «Vasotens» (ООО «Петр Телегин», Россия) рассчитывали индекс времени нормальной скорости пульсовой волны (Pulse Time Index of Norm, PTIN), определяемый как процент от 24-часового периода, в течение которого СПВ не превышает 10 м/с.

Результаты исследования. До трансплантации почки средний PTIN в целом по группе был $56,3 \pm 18,4$. Затем, через неделю после трансплантации почки, параллельно с посттрансплантационной гипертензией, наблюдалось снижение PTIN у большинства пациентов — $27,6 \pm 11,1$. После 20 недель средний PTIN в целом по группе вновь увеличился до $52,0 \pm 23,6$. В нашем исследовании мы обнаружили, что сохранение патологических изменений артериальной жесткости после трансплантации почки является относительно предсказуемым. Мы определили пороговое значение, которое может предсказать одно из двух состояний PTIN, состояние улучшения или состояние ухудшения и без динамики. Пороговое значение PTIN на уровне 45 % имело чувствительность 69 %, специфичность 76 % и AUC 0,65. Анализ ANOVA показал, что в группе с начальным $PTIN \geq 45\%$, в отдаленном периоде после трансплантации этот индекс достоверно изменился ($p < 0,05$), тогда как в группе с начальным $PTIN < 45\%$, не было никаких существенных изменений.

Вывод. Таким образом, 24-часовое мониторингирование СПВ и расчет PTIN при ведении пациентов с трансплантацией почки можно рекомендовать в клиническую практику.

Ключевые слова: трансплантация почки, скорость пульсовой волны, 24-часовое мониторингирование, PTIN.

Введение

Структура и механизм повреждений артериальной стенки у пациентов с трансплантированной почкой до сих пор окончательно не изучены. Значимым фактором, вызывающим внекостную кальцификацию, может быть недостаток эндогенных регуляторов фосфорно-кальциевого обмена [11]. У пациентов, находящихся на гемодиализе, и пациентов с трансплантированной почкой, помимо дислипидемии, дополнительными факторами формирования атеросклероза становятся гипергидратация и нарушения кальциевого и фосфорного обмена, и это служит независимым фактором риска сердечно-сосудистой смертности [4].

Наличие кальцификации артерий является также мощным и независимым предиктором неблагоприятных исходов при терминальной хронической почечной недостаточности [10]. Учитывая все вышесказанное, оценка артериальной жесткости при терминальной почечной недостаточности представляет большой интерес. Измерение скорости

пульсовой волны (СПВ) является надежным способом определения сосудистой жесткости [2, 22]. В настоящее время начали появляться публикации о применимости оценки пульсовой волны в амбулаторных условиях, во время суточного мониторингирования АД [16]. Существует несколько исследований, посвященных СПВ у пациентов с трансплантированной почкой [5, 6, 8, 17, 23]. Но примечательно, что 24-часовой (амбулаторный) анализ СПВ до сих пор не осуществлялся у данной группы пациентов. Между тем современные аппараты для амбулаторного мониторингирования АД позволяют оценивать некоторые индексы артериальной жесткости, и подход к анализу этих индексов может быть подобным анализу показателей СМАД и заключаться в определении индекса PTIN, отражающего время нормальной СПВ в течение суток [14, 18, 19]. Таким образом, целью нашего исследования стало оценить эффективность этого подхода при обследовании пациентов с трансплантированной почкой.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Материал и методы исследования

Был обследован 41 пациент из «листа ожидания» трансплантации почки Приволжского окружного медицинского центра (Нижний Новгород). Критерии включения были следующие: возраст от 18 до 55 лет, терминальная почечная недостаточность на фоне хронического гломерулонефрита (СКФ <15 мл/мин/1,73 м²) и ожидание первичной пересадки почки. Пациенты, уже перенесшие трансплантацию почки ранее или которым планировалась одновременная пересадка почки и поджелудочной железы, исключались из исследования.

Дополнительными критериями исключения были нарушения сердечного ритма, индекс массы тела > 35 и клинически нестабильное состояние. Исследуемая группа включала 27 (65,8 %) мужчин и 14 женщин (34,2 %) возраста в среднем 35,2 года, со средним систолическим артериальным давлением (САД) 134 мм рт. ст., средним диастолическим АД (ДАД) 86 мм рт. ст. и средней ЧСС 74 ударов в минуту. Все пациенты находились на диализе на момент включения в исследование, в том числе 40 человек на гемодиализе и 1 на перитонеальном диализе. Все измерения проводились до трансплантации почки и через 1 и 20 недель после трансплантации. Гипотензивную терапию до трансплантации на фоне программного гемодиализа получали 34 пациента. После трансплантации почки все обследуемые получали гипотензивную и иммуносупрессивную терапию.

Исследования одобрены местным этическим комитетом, и у каждого участника исследования было получено письменное информированное согласие.

Оценку СПВ проводили с использованием технологии Vasotens («Петр Телегин», Нижний Новгород), которая является инновационным методом анализа пульсовых волн при помощи автоматических измерений прибором BPLab («Петр Телегин», Нижний Новгород), являющимся автоматическим осциллометрическим монитором артериального давления.

Техника состоит в записи пульсовых волн в плечевой артерии с использованием обычной манжеты для измерения АД для взрослых.

Во время измерения артериального давления регистрируются и оцифровываются кривые пульсаций в манжете во время ступенчатого сдвигания воздуха, таким образом, метод представляет собой

также и одноканальную сфигмографию с возможностью регистрации пульсовых волн автоматически в течение суток и более.

Принцип определения аортальной СПВ в данной методике многократно описан ранее [1, 12, 19]. Разделение прямой и отраженной волн и время их прохождения (в миллисекундах) определялось автоматически, по специальному математическому алгоритму, а поверхностную морфологическую дистанцию (в метрах) для уравнивания СПВ, используемого в программе «Vasotens», измеряли в соответствии с требованиями руководства пользователя «BPLab», входящего в комплект оборудования.

«Pulse Time Index of Norm» (PTIN) автоматически рассчитывается с использованием программы «Vasotens». Принцип расчета PTIN показан на рис. 1:

Как BPLab, в качестве монитора для СМАД, так и технология Vasotens клинически валидированы и имеют высокий класс точности [1, 12, 13, 20].

Для достижения большей аккуратности измерений перед началом каждого мониторингирования проводились верифицирующие измерения артериального давления, в которых показания прибора сравнивались с данными, полученными аускультативной техникой.

Использовался также метод контроля качества измерений, осуществляемый визуальной оценкой кривых на экране отчета «Vasotens» после окончания мониторингирования.

Все данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения. Мы использовали BPStat, версию программного обеспечения 05.00.04 («Петр Телегин», Нижний Новгород), для внесения в таблицу всех показателей каждой автоматически измеренной за 24 часа кривой пульсовой волны. Затем использовались ANOVA, и U-тест Манна–Уитни программы «Statistica» (StatSoft, США) и ROC-анализ программы «Medcalc» (MedCalc Software bvba, Бельгия).

Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы принят равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Значения PTIN в разные периоды до и после трансплантации почки при анализе Friedman ANOVA показаны на рис. 2.

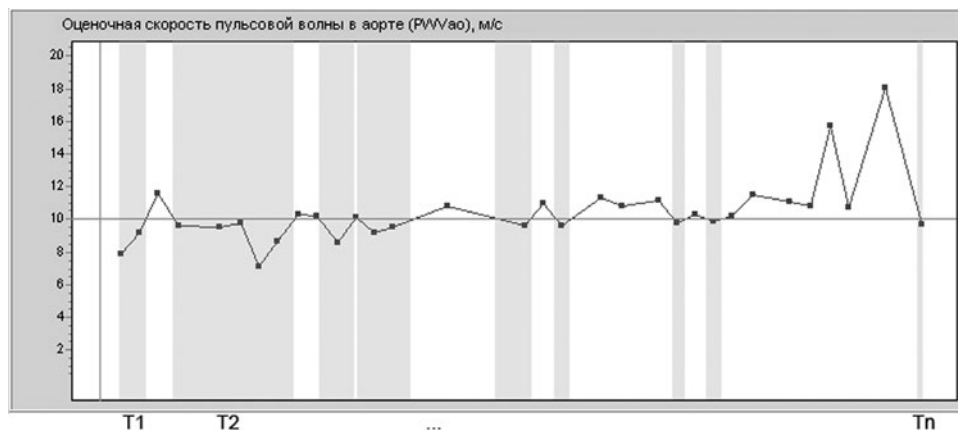


Рис. 1. Принцип расчета PTIN. $PTIN, \% = (T_1 + T_2 + \dots + T_n) / T_m \cdot 100$, где T_m — весь период мониторинга и T_1, T_2 и T_n — периоды, в течение которых СПВ не превышает порогового значения в 10 м/с [18]

Как видно из рис. 2, до трансплантации почки у пациентов регистрировался широкий диапазон значений РТИН. Средний РТИН в группе составил $56,3 \pm 18,4$ %. Как показал наш анализ, это значение не зависело от длительности истории болезни или сессии диализа, во время которой выполнялся мониторинг.

Затем, через неделю после трансплантации почки, мы наблюдали снижение РТИН у большинства обследуемых. Средний РТИН во всей группе в этот период составлял $27,6 \pm 11,1$. После 20 недель средний РТИН во всей группе вновь увеличился до $52,0 \pm 23,6$.

Дальнейший детальный анализ показал, что те пациенты, которые имели более высокое значение РТИН перед трансплантацией, в дальнейшем имели и более высокий рост этого показателя.

С помощью ROC-анализа мы определили пороговое значение РТИН, которое могло бы предсказать два состояния РТИН: состояние улучшения или состояние снижения либо отсутствия изменения.

Значение РТИН на уровне 45 % имело чувствительность 69 %, специфичность 76 % и площадь под кривой (AUC) 0,65. Значение РТИН на уровне 45 % имело чувствительность 69 %, специфичность 76 % и площадь под кривой (AUC) 0,65, что позволяет достоверно ($p < 0,05$) предсказывать вышеупомянутые состояния.

Характеристика групп пациентов, разделенных в соответствии с этим пороговым значением, представлена в табл. 1.

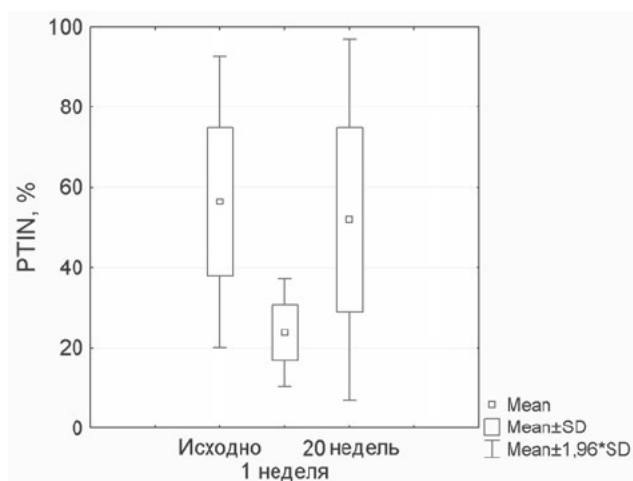


Рис. 2. РТИН до и после трансплантации почки, %

Как показано в табл. 1 существенное различие между группами отмечалось по артериальному давлению в отдаленный период после трансплантации почки (для САД $p = 0,0327$, для ДАД $p = 0,0422$).

Следует отметить некоторую тенденцию к различию в возрасте ($p = 0,0590$). Значения РТИН в разные периоды до и после трансплантации почки в группах с РТИН \geq или < 45 % проиллюстрированы на рис. 3.

Анализ ANOVA показал, что в первой группе (РТИН ≥ 45 %) РТИН изменился значительно ($p < 0,05$), тогда как во второй группе РТИН достоверно не отличался.

Характеристика исследованных пациентов в зависимости от исходного РТИН

Таблица 1

Показатель	РТИН перед трансплантацией ≥ 45 %, (n=24)	РТИН перед трансплантацией < 45 %, (n=17)	P (по Манну–Уитни)
Мужчин, n (%)	16 (66,6)	11 (64,7)	
Возраст, лет, ср.±ст. откл.	33 ± 9	38 ± 11	0,0590
Рост, см, ср.±ст. откл.	168 ± 12	168 ± 11	0,5
ЧСС, в мин, ср.±ст. откл.	74 ± 8	76 ± 9	0,4584
Вес, кг, ср.±ст. откл.	76 ± 6	75 ± 7	0,6264
Длительность диализа, лет, ср.±ст. откл.	$2,5 \pm 0,3$	$3,8 \pm 3,0$	0,0505
Кальций сыворотки, мг/дл, ср.±ст. откл.	$9,3 \pm 0,9$	$9,2 \pm 0,8$	0,7915
Фосфор сыворотки, мг/дл, ср.±ст. откл.	$4,9 \pm 0,9$	$5,1 \pm 1,3$	0,5632
Бляшки в сонной артерии, n (%)	4 (16,7)	3 (17,6)	
Исходное САДср, мм рт. ст., ср.±ст. откл.	132 ± 15	138 ± 16	0,2270
САДср, 1 нед. после трансплантации, мм рт. ст., ср.±ст. откл.	143 ± 16	147 ± 17	0,0691
САДср, 20 недель после трансплантации, мм рт. ст., ср.±ст. откл.	136 ± 15	145 ± 18	0,0327
Исходное ДАДср, мм рт. ст., ср.±ст. откл.	86 ± 7	87 ± 8	0,9905
ДАДср, 1 нед. после трансплантации, мм рт. ст., ср.±ст. откл.	95 ± 7	97 ± 8	0,0797
ДАДср, 20 недель после трансплантации, мм рт. ст., ср.±ст. откл.	86 ± 7	98 ± 9	0,0422

Примечание: САД и ДАД — систолическое и диастолическое артериальное давление по данным суточного мониторинга.

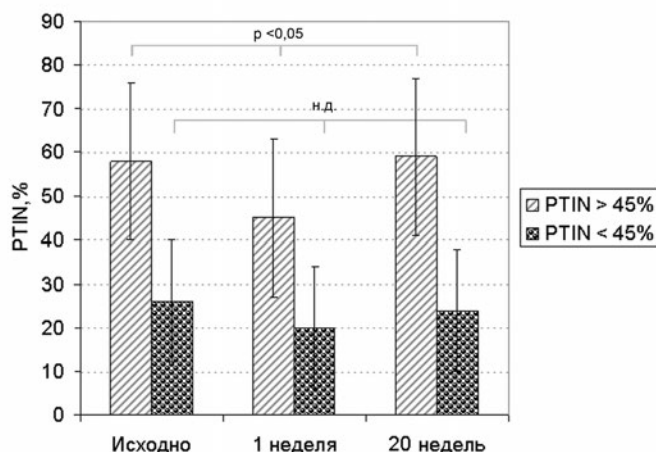


Рис. 3. PTIN до и после трансплантации почки в зависимости от исходного значения, %

Некоторые авторы отмечают улучшение показателей артериальной жесткости после трансплантации почки [5, 6, 17]. Однако в ряде исследований показано, что после трансплантации почки нарушения фосфорно-кальциевого метаболизма в целом уменьшились, но кальцификация меди, структурные изменения артериальной стенки и нарушенные механические свойства сосудистой стенки часто сохранялись [3, 8, 15, 22, 23].

В нашем исследовании мы обнаружили, что сохранение этих изменений после трансплантации почки может быть предсказуемым. У пациентов, которые имели значения СПВ, не превышающие порог в 10 м/с в большом проценте периода мониторинга, по

сравнению с пациентами, имеющими большой процент превышения этого порога, имелись существенные различия в клиническом статусе и в динамике заболевания. Величина $PTIN \geq 45\%$ до трансплантации почки указывает на хороший шанс того, что и жесткость аорты, и артериальное давление улучшатся в отдаленном периоде после трансплантации.

Это улучшение особенно важно для ведения пациентов в начальном периоде после имплантации, когда потенциально увеличиваются повреждения артериальной стенки, проявляющиеся в снижении PTIN и, следовательно, и ее жесткости в среднем за сутки, на фоне посттрансплантационного увеличения артериального давления.

Необходимо отметить исследования влияния гемодиализа на изменчивость СПВ; в них измерения проводились однократно, непосредственно перед и через 1 час после каждого сеанса диализа. Циклические изменения СПВ были схожи в течение трех сессий диализа, все «пост-диализные» значения СПВ были ниже по отношению к «преддиализным» уровням [7, 9].

Мы не обнаружили зависимости PTIN от периода в этих сессиях. На наш взгляд, такое несовпадение связано со «сглаживающим» эффектом ночного уровня СПВ в PTIN, который объединяет значения СПВ в течение 24 часов.

Таким образом, 24-часовое мониторирование СПВ и расчет PTIN при ведении пациентов с трансплантацией почки можно рекомендовать в клиническую практику для оптимизации ведения пациентов с посттрансплантационной гипертензией.

Литература

1. Ageenkova O. A., Purygina M. A. Central aortic blood pressure, augmentation index, and reflected wave transit time: reproducibility and repeatability of data obtained by oscillometry // *Vasc. Health Risk Manag.* 2011. № 7. P. 649–656.
2. Asmar R., Benetos A., Topouchian J. et al. Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement. Validation and clinical application studies // *Hypertension.* 1995. № 26. P. 485–490.
3. Barenbrock M., Hausberg M., Kosch M. et al. Effect of hyperparathyroidism on arterial distensibility in renal transplant recipients // *Kidney Int.* 1998. № 54 (1). P. 210–215.
4. Blacher J., Guerin A. P., Pannier B. et al. Arterial calcifications, arterial stiffness, and cardiovascular risk in end-stage renal disease // *Hypertension.* 2001. № 38 (4). P. 938–942.
5. Covic A., Goldsmith D., Gusbeth-Tatomir P. et al. Successful renal transplantation decreases aortic stiffness and increases vascular reactivity in dialysis patients // *Transplantation.* 2003. № 76. P. 1573–1577.
6. DeLima J. J., Vieira M. C. C., Viviani F. et al. Long-term impact of renal transplantation on carotid artery properties and on ventricular hypertrophy in end-stage renal failure patients // *Nephrol. Dial. Transplant.* 2002. № 17. P. 645–651.
7. Di Iorio B., Nazzaro P., Cucciniello E., Bellizzi V. Influence of haemodialysis on variability of pulse wave velocity in chronic haemodialysis patients // *Nephrol. Dial. Transplant.* 2010. № 25 (5). P. 1579–1583.
8. Elsurur R., Afsar B. Serum uric acid and arterial stiffness in hypertensive chronic kidney disease patients: sex-specific variations // *Blood. Press. Monit.* 2014 № 19 (5). P. 271–279.
9. Kasiske B. L., Anjum S., Shah R. et al. Hypertension after kidney transplantation // *Am. J. Kidney Dis.* 2004. № 43 (6). P. 1071–1081.
10. Ketteler M., Bongartz P., Westenfeld R. et al. Association of low fetuin-A (AHSG) concentrations in serum with cardiovascular mortality in dialysis: a cross-sectional study // *Lancet.* 2003. № 361 (9360). P. 827–833.
11. Ketteler M., Wanner C., Metzger T. et al. Deficiencies of calcium-regulatory proteins in dialysis patients: a novel concept of cardiovascular calcification in uremia // *Kidney Int.* 2003. № 84. P. S84–S87.
12. Kotovskaya Y. V., Kobalava Z. D., Orlov A. V. Validation of the integration of technology that measures additional «vascular» indices into an ambulatory blood pressure monitoring system // *Med. Devices (Auckl).* 2014. № 7. P. 91–97.
13. Koudryavtsev S. A., Lazarev V. M. Validation of the BPLab® 24-hour blood pressure monitoring system according to the European standard BS EN 1060-4:2004 and British Hypertension Society protocol // *Med. Devices (Auckl).* 2011. № 4. P. 193–196.
14. Kuznetsova T. Y., Korneva V. A., Bryantseva et al. BPLab-Vasotens registry collaborators. The 24-hour pulse wave velocity, aortic augmentation index, and central blood pressure in normotensive volunteers // *Vasc. Health Risk.*

Manag. 2014. № 10. P. 247–251.

15. Leskinen Y., Salenius J. P., Lehtimäki T. et al. The prevalence of peripheral arterial disease and medial arterial calcification in patients with chronic renal failure: requirements for diagnostics // *Am. J. Kidney Dis.* 2002. № 40 (3). P. 472–479.

16. Omboni S., Posokhov I. N., Rogoza A. N. Evaluation of 24-Hour Arterial Stiffness Indices and Central Hemodynamics in Healthy Normotensive Subjects versus Treated or Untreated Hypertensive Patients: A Feasibility Study // *Int. J. of Hypertension*. 2015. Vol. 2015. 10 p.

17. Posadzy-Malaczynska A., Kosch M., Hausberg M. et al. Arterial distensibility, intima-media thickness, and pulse wave velocity after renal transplantation and in dialysis normotensive patients // *Int. Angiol.* 2005. № 24. P. 89–94.

18. Posokhov I. N., Konradi A. O., Shlyakhto E. V. et al. Day-to-day repeatability of the Pulse Time Index of Norm //

Med. Devices (Auckl). 2014. № 7. P. 29–33.

19. Posokhov I. N. Pulse wave velocity 24-hour monitoring with one-site measurements by oscillometry // *Medical Devices: Evidence and Research*. 2013. № 6. P. 11–15.

20. Rogoza A. N., Kuznetsov A. A. Central aortic blood pressure and augmentation index: comparison between Vasotens® and SphygmoCor® technology // *Res. Rep. Clin. Cardiol.* 2012. № 3. P. 27–33.

21. Safar M. E., O'Rourke M. F. *Arterial Stiffness in Hypertension*. Amsterdam: Elsevier, 2006.

22. Salvi P., Lio G., Labat C. et al. Validation of a new non-invasive portable tonometer for determining arterial pressure wave and pulse wave velocity: the PulsePen device // *J. Hypertens.* 2004. № 22. P. 2285–2293.

23. Zoungas S., Kerr P., Chadban S. et al. Arterial function after successful renal transplantation // *Kidney Int.* 2004. № 65. P. 1882–1889.

UDK [616.61–089.843:612.134.2]:621.385.2

Minyukhina I. E.

«Pulse Time Index of Norm» in aorta during 24-h monitoring in patients with renal transplantation

*Volga District Medical Center
603001, Nizhnevolskaya Naberezhnaya 2
Nizhniy Novgorod, Russia
e-mail: upa.min@gmail.com*

Abstract

Background. In recent years, pulse wave velocity (PWV) is recommended as additional test for the evaluation of cardiovascular risk in various patients. The most widely employed methods for evaluating pulse waveforms are those based on applanation tonometry; multi-channel pletysmography, sonography etc. The aim of our study was to assess the feasibility of using an approach to 24-hour pulse wave velocity (PWV) analysis with single-channel sphygmography in the management of patients with renal transplantation.

Methods. Overall, 41 patients aged between 18 and 55 years who had end-stage renal disease resulting from glomerulopathy were recruited from the kidney transplant waiting list. All the measurements were performed before kidney transplantation and at 1 and 20 weeks after transplantation. The Pulse Time Index of Norm (PTIN) was calculated with the Vasotens technology for the estimation of the 24-hour PWV, defined as the percentage of the 24-hour period during which the PWV does not exceed 10 m/second.

Results. Before kidney transplantation, the mean PTIN in the whole group was 56.3 (standard deviation, 18.4). Then, a week after the renal transplantation, a blood pressure increase and a decrease in the PTIN were observed in most cases, going to 27.6 (standard deviation, 11.1). After 20 weeks, the mean PTIN in the whole group increased again to 52.0 (standard deviation, 23.6). In our study, we found that the persistence of arterial stiffness disturbances after kidney transplantation appears to be relatively predictable. We determined the cutoff value of PTIN that could predict the two states of PTIN: a state of improvement or a state of decline/without change. The cutoff value of PTIN at 45 % had a sensitivity of 69 %, specificity of 76 %, and area under the curve of 0.65. The analysis of variance showed that in the group with an initial PTIN of 45 % or higher, the PTIN in the remote period after transplantation changed significantly ($P < 0.05$), whereas in the group with an initial PTIN lower than 45 %, there were no significant changes.

Conclusion. Thus, the analysis of 24-hour pulse wave velocity in the management of patients with renal transplantation using PTIN is feasible in clinical practice.

Keywords: renal transplantation, pulse wave velocity, 24-hour monitoring, PTIN.

References

1. Ageenkova O.A., Purygina M.A. Central aortic blood pressure, augmentation index, and reflected wave transit time: reproducibility and repeatability of data obtained by oscillometry // *Vasc Health Risk Manag.* 2011. V.7. P.649–656.

2. Asmar R., Benetos A., Topouchian J. et al. Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement. Validation and clinical application studies // *Hypertension* 1995. V. 26. P.485–490.

3. Barenbrock M., Hausberg M., Kosch M., Kisters K., Hoeks A.P., Rahn K.H. Effect of hyperparathyroidism on

arterial distensibility in renal transplant recipients. *Kidney Int* 1998. V.54.1. P.210–215.

4. Blacher J., Guerin A.P., Pannier B., Marchais S.J., London G.M. Arterial calcifications, arterial stiffness, and cardiovascular risk in end-stage renal disease // *Hypertension* 2001. V.38. N.4. P.938–942.

5. Covic A., Goldsmith D., Gusbeth-Tatomir P. et al. Successful renal transplantation decreases aortic stiffness and increases vascular reactivity in dialysis patients // *Transplantation* 2003. V.76. P. 1573–1577.

6. DeLima J.J., Vieira M.C.C., Viviani F. et al. Long-term impact of renal transplantation on carotid artery properties and on ventricular hypertrophy in end-stage renal failure patients // *Nephrol Dial Transplant* 2002. V 17. P. 645–651.
7. Di Iorio B., Nazzaro P., Cucciniello E., Bellizzi V. Influence of haemodialysis on variability of pulse wave velocity in chronic haemodialysis patients // *Nephrol Dial Transplant*. 2010. V.25.N.5. P.1579–1583.
8. Elsurer R., Afsar B. Serum uric acid and arterial stiffness in hypertensive chronic kidney disease patients: sex-specific variations // *Blood Press Monit.* 2014. V.19. N.5. P.271–9.
9. Kasiske B.L., Anjum S., Shah R. et al. Hypertension after kidney transplantation // *Am J Kidney Dis.* 2004. V.43. N.6. P.1071–1081.
10. Ketteler M., Bongartz P., Westenfeld R., Wildberger JE, Mahnken AH, Bohm R, et al. Association of low fetuin-A (AHSG) concentrations in serum with cardiovascular mortality in patients on dialysis: a cross-sectional study. *Lancet* 2003;361(9360):827–833.
11. Ketteler M., Wanner C., Metzger T., Bongartz P., Westenfeld R., Gladziwa U. et al. Deficiencies of calcium-regulatory proteins in dialysis patients: a novel concept of cardiovascular calcification in uremia // *Kidney Int Suppl* 2003. V.84. P.S84–S87.
12. Kotovskaya Y.V., Kobalava Z.D., Orlov A.V. Validation of the integration of technology that measures additional «vascular» indices into an ambulatory blood pressure monitoring system // *Med Devices (Auckl)*. 2014. V. 27. P.91–7.
13. Koudryavtsev S.A., Lazarev V.M. Validation of the BPLab® 24-hour blood pressure monitoring system according to the European standard BS EN 1060-4:2004 and British Hypertension Society protocol // *Med Devices (Auckl)*. 2011. V.4. P.193–196.
14. Kuznetsova T.Y., Korneva V.A., Bryantseva et al. BPLab-Vasotens registry collaborators. The 24-hour pulse wave velocity, aortic augmentation index, and central blood pressure in normotensive volunteers // *Vasc Health Risk Manag.* 2014. V.2810. P.247–51.
15. Leskinen Y., Salenius J.P., Lehtimäki T., Huhtala H., Saha H. The prevalence of peripheral arterial disease and medial arterial calcification in patients with chronic renal failure: requirements for diagnostics // *Am J Kidney Dis* 2002. V.40. N.3, P.472–479.
16. Omboni S. Posokhov I.N., Rogoza A.N. “Evaluation of 24-Hour Arterial Stiffness Indices and Central Hemodynamics in Healthy Normotensive Subjects versus Treated or Untreated Hypertensive Patients: A Feasibility Study” // *International Journal of Hypertension*. 2015. 10 p.
17. Posadzy-Malaczynska A., Kosch M., Hausberg M. et al. Arterial distensibility, intima-media thickness, and pulse wave velocity after renal transplantation and in dialysis normotensive patients // *Int Angiol* 2005. V.24. P.89–94.
18. Posokhov I.N., Konradi A.O., Shlyakhto E.V. et al. Day-to-day repeatability of the Pulse Time Index of Norm. Med Devices // *Auckl*. 2014. V.27. N.7. P.29–33.
19. Posokhov I.N. Pulse wave velocity 24-hour monitoring with one-site measurements by oscillometry. *Medical Devices // Evidence and Research*. 2013. V.6. P.11–15.
20. Rogoza A.N., Kuznetsov A.A. Central aortic blood pressure and augmentation index: comparison between Vasotens® and SphygmoCor® technology. *Res Rep Clin Cardiol*. 2012. V.3. P.27–33.
21. Safar M.E., O'Rourke M.F. *Arterial Stiffness in Hypertension*. Amsterdam: Elsevier; 2006.
22. Salvi P., Lio G., Labat C. et al. Validation of a new non-invasive portable tonometer for determining arterial pressure wave and pulse wave velocity: the PulsePen device // *J Hypertens* 2004. V.22. P. 2285–2293.
23. Zoungas S., Kerr P., Chadban S. et al. Arterial function after successful renal transplantation // *Kidney Int* 2004. V.65. P.1882–1889.