

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 612 616.1

DOI 10.21510/3034-266X-2025-2-23-32

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОЧЕЧНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

Денис Николаевич Дроздов¹, Анна Александровна Суднеко²

^{1,2}Гомельский государственный медицинский университет,

Гомель, Республика Беларусь

¹ dndrosdow@mail.ru

² sudneko.a@yandex.ru

Аннотация. Динамика почечной фильтрации является важной составляющей водно-солевого обмена, изменение которого может находить свое выражение в развитии артериальной гипертензии. Водный обмен в организме человека представляет собой сложный и жизненно важный процесс, обеспечивающий поддержание стабильного гомеостаза. Он включает множество взаимосвязанных механизмов, которые позволяют организму адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды, а так же поддерживать оптимальный уровень жидкости в организме. Важнейшую роль в водно-солевом обмене играют почки, которые функционируют как фильтры, очищая кровь от лишней воды и токсинов, формируют мочу. Основным гормоном, регулирующим функцию почек, является антидиуретический гормон (АДГ), который вырабатывается в гипоталамусе и секретируется из задней доли гипофиза. При обезвоживании организма уровень АДГ повышается, что усиливает реабсорбцию воды в почечных канальцах и приводит к уменьшению объема выделяемой мочи и сохранению жидкости в организме. Целью работы явилось важность оценить характер зависимости между показателями артериального давления и фильтрационной способностью почек у людей смешанного возрастного состава. В ходе исследования установлено, что с возрастом происходит повышение артериального давления, наблюдается снижение минутного диуреза и почечной фильтрации. Прирост систолического давления в среднем составляет 5,3 мм рт. ст., для диастолического давления это показатель составляет 2,4 мм рт. ст., увеличение градиента верхнего давления в среднем отмечено в 17%, нижнего давления – в 20%. Между значениями показателей почечной фильтрации и артериального давления имеет место низкая степень связи ($p < 0,01$). Увеличение

градиента давления не дает линейного роста скорости кровотока, что позволяет поддерживать стабильный уровень фильтрации в диапазоне давления 60-180 мм рт. ст. Математическим выражением отклика системы кровообращения нефрона, как структурно-функциональной единицы почки, является логистическая кривая с точкой перегиба 75 мм. рт. ст. и плато насыщения 1 л/мин.

Ключевые слова: почечная фильтрация, артериальное давление, минутный диурез

Для цитирования: Дроздов Д.Н., Суднеко А.А. Анализ динамики почечной фильтрации и артериального давления в возрастном аспекте // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмиллы. Серия: Естественные науки. 2025. №2. С. 23-32.

BIOLOGICAL SCIENCES

Original article

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF RENAL FILTRATION AND BLOOD PRESSURE IN THE AGE ASPECT

Denis Nikolaevich Drozdov¹, Anna Alexandrovna Sudneko²

^{1,2}Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

¹dndrosdow@mail.ru

²sudneko.a@yandex.ru

Abstract. The kidneys, which function as filters, purify the blood from excess water and toxins, and form urine, play an important role in water-salt metabolism. The main hormone regulating kidney function is antidiuretic hormone (ADH), which is produced in the hypothalamus and secreted from the posterior pituitary gland. When the body is dehydrated, the level of ADH increases, which increases the reabsorption of water in the renal tubules and leads to a decrease in the volume of urine secreted and the preservation of fluid in the body. The aim of the study was to assess the nature of the relationship between blood pressure and kidney filtration capacity in people of mixed age composition. The study found that with age there is an increase in blood pressure, there is a decrease in minute diuresis and renal filtration. The increase in systolic pressure averages 5.3 mmHg, for diastolic pressure this indicator is 2.4 mmHg, an increase in the gradient of upper pressure is noted on average at 17%, lower pressure – at 20%. There is a low degree of correlation between the values of renal filtration and blood pressure ($p < 0.01$). An increase in the pressure gradient does not give a linear increase in blood flow velocity, which allows maintaining a stable filtration level in the pressure range of 60-180 mmHg. The mathematical expression of the response of the circulatory system of the

nephron, as a structural and functional unit of the kidney, is the logistic curve with an inflection point of 75 mmHg and a saturation plateau of 1 l/min.

Key words: renal filtration, blood pressure, minute diuresis

For citing: Drozdov D.N., Sudneko A.A. Analysis of the dynamics of renal filtration and blood pressure in the age aspect // Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University named after M.Akmully. Series: Natural Sciences. 2025. No2. pp. 23-32.

Введение. Водный обмен в организме человека представляет собой сложный и жизненно важный процесс, обеспечивающий поддержание стабильного гомеостаза [1]. Он включает множество взаимосвязанных механизмов, которые позволяют организму адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды и поддерживать оптимальный уровень жидкости в организме. Известно, что более 20% жидкости в организме взрослого человека находится внутри клеток тела, остальная часть находится в интерцеллюлярном пространстве, кровеносном и лимфатическом русле, в полостях тела [2, 3].

Помимо АДГ, важную роль в регуляции водного обмена играет ренин-ангиотензин-альдостероновая система (РААС) [4]. Когда уровень жидкости в организме снижается, активируется РААС, что приводит к выработке альдостерона. Этот гормон способствует увеличению реабсорбции натрия и воды в почках, что, в свою очередь, повышает объем жидкости в организме. Таким образом, гормональная регуляция является ключевым механизмом, позволяющим организму поддерживать водный баланс [5-6].

Потребление воды и потеря жидкости через потоотделение также оказывают значительное влияние на водный баланс. В условиях высокой температуры или физической активности потоотделение увеличивается, что ведет к дегидратации, если не восполнять потерю жидкости. На контроле состояния водного баланса в организме человека в составе гипоталамуса функционирует центр жажды – латеральное ядро, которое активируется при увеличении осмолярности крови при обезвоживании и отвечает за ощущение жажды и мотивацию к потреблению воды [7]. В ответ на активацию этого центра организм начинает искать и восполнять недостаток жидкости, что помогает поддерживать водный баланс.

Состояние водного баланса в организме человека находит свое выражение в различных физиологических показателях, в том числе и в показателях гемодинамики. Исследования [8] показывают, что нарушения водного баланса оказывают характерное влияние на регуляцию артериального давления и способствуют развитию состояния артериальной гипертензии. Нарушение функции почек ведет

к задержке жидкости в организме, увеличению объема циркулирующей жидкости в кровяном русле, росту минутного объема крови. Ответной реакцией на эти изменения является запуск местных механизмов регуляции, в том числе повышение уровня альдостерона, миогенное сужение артериол, повышение периферического сопротивления сосудов [9].

Цель работы: оценить характер зависимости между показателями артериального давления и фильтрационной способностью почек у людей смешанного возрастного состава.

Теоретико-методологические основы и методы исследования

Исследование проводилось на базе кафедры анатомии человека с курсом оперативной хирургии и топографической анатомии УО «ГомГМУ» и ГУЗ ГКБ Скорой медицинской помощи. В ходе исследования были обследованы 80 человек в возрасте от 30 до 75 лет, в т.ч. 50 женщин и 30 мужчин. Определяли уровень артериального давления, проводился забор венозной крови и суточной мочи для определения содержания креатинина в плазме и моче. Креатинин постоянно находится в плазме в концентрации (P_k) 60 – 130 мкмоль/л, он фильтруется вместе с плазмой в клубочках, совершенно не реабсорбируется и, не секретирясь в канальцах. В ходе реабсорбции моча сгущается, а концентрация креатинина оказывается равной U_k . Поэтому, выделенная за единицу времени моча, содержит столько креатинина, сколько за это время фильтруется в первичной моче [10]. Исходя из установленной закономерности, произведен расчет величины концентрации креатинина в моче (1) и скорости клубочковой фильтрации (2):

$$U_k \cdot Y = P_k \cdot F, (1)$$

где Y – диурез мл/мин, F – клубочковая фильтрация, мл/мин, P_k – концентрация креатинина в плазме, ммоль/л, U_k – концентрация креатинина в моче, ммоль/л

$$F = U_k / P_k \cdot Y (2)$$

Для статистической обработки и анализа результатов исследования применялись стандартные методы описательной и вариационной статистики. Проведена проверка однородности, осуществлена проверка на нормальность распределения с использованием теста Колмогорова-Смирнова [11]. Оценены параметры центральной тенденции и меры разброса, статистическая мощность тестов оценена для подтверждения надежности полученных данных. В ходе статистического анализа установлено, что данные артериального давления не соответствуют нормальному

распределению, имеет место левостороннее смещение распределения, близкое к логнормальному виду. Это указывает на наличие большего количества значений, сосредоточенных в верхней части шкалы распределения – значения показателей артериального давления у людей старше 50 лет оказывают значимое влияния на смещение распределения. Обработка статистических данных выполнена с помощью программного обеспечения Statistica for Windows 10.0.

В ходе анализа данных установлены средние значения артериального давления, разброс значений скорости клубочковой фильтрации и минутного диуреза. В табл. 1 представлены параметры центральной тенденции и мер разброса (стандартное отклонение и коэффициент вариации) анализируемых показателей.

Таблица 1.

Показатели распределения анализируемых данных

| Показатель | $M \pm m_x$ | SD | C, % |
|--------------------------------|-------------|-------|------|
| Минутный диурез, мл/мин | 75,0±5,6 | 50,1 | 67 |
| Клубочковая фильтрация, мл/мин | 115,6±8,7 | 77,8 | 68 |
| САД, мм.рт.ст. | 156,5±10,8 | 141,3 | 102 |
| ДАД, мм.рт.ст | 94,5±15,8 | 96,6 | 90 |

Из таблицы видно, что выборка наиболее однородна по показателям минутного диуреза и скорости клубочковой фильтрации. В данном случае это наиболее устойчивые показатели, которые менее других подвержены влиянию возрастных изменений. Вместе с тем, скорость клубочковой фильтрации в возрастном аспекте может быть подвержена возрастным изменениям, которые связаны со снижением числа нефронов, ригидностью кровеносных сосудов, утолщением стенок сосудов, развитию различных хронических заболеваний, которые могут негативно влиять на функцию почек и возрастное изменение гормонального фона.

Данные распределения показателей артериального давления свидетельствуют о том, что систолическое и диастолическое давление имеет более чем в 1,5 раза больший разброс значений, чем показатели почечной фильтрации. Это можно объяснить тем, что показатели артериального давления регулируется разными системами и механизмами, которые могут быть менее эффективными с возрастом [12]. Это может приводить к повышению давления, в то время как почечная фильтрация напрямую не реагирует на такие изменения. В

почках срабатывает механизм автономной регуляции, позволяющий адаптироваться к изменениям в артериальном давлении и поддерживать фильтрацию в нужных границах. Анализ возрастных данных групп показал, что снижение суточного диуреза в разных возрастных группах составляет менее 5%, на такую же величину происходит снижение скорости клубочковой фильтрации.

Средняя скорость увеличения давления в популяции европейцев значительно варьирует в зависимости от множества факторов, по данным Всемирной организации здравоохранения среднее артериальное давление увеличивается на 2-3 мм рт. ст. в год [13]. Исходя из данных табл.1 видно, что показатели систолического давления у данной группы в среднем выше верхней границы нормы, что указывает на присутствие в выборке лиц с артериальной гипертензией. Анализ возрастных данных групп показал, что прирост систолического давления составляет 5,3 мм рт. ст., диастолического давления 2,4 мм рт. ст. за 5 лет. С возрастом отмечается увеличение градиента верхнего давления в среднем на 17%, нижнего давления – на 20%.

В результате оценки корреляционной связи [14] между показателями минутного диуреза и скорости клубочковой фильтрации показателей артериального давления установлено, что между значением минутного диуреза и систолическим давлением зависимость составляет $-0,32$ ($p=0,003$), диастолическим давлением $-0,36$ ($p=0,001$). Между скоростью клубочковой фильтрации и систолическим давлением $-0,21$ ($p=0,061$), диастолическим давлением $-0,18$ ($p=0,11$). Имеет место низкая степень связи между показателями артериального давления и почечной фильтрации. Увеличение градиента системного давления не приводит к увеличению кровотока в фильтрующем аппарате почек из-за механизма автогеморегуляции, позволяющему поддерживать стабильный уровень фильтрации в широком диапазоне давления от 60 до 180 мм рт. ст. В данном случае только лица старше 70 лет имели давление выше 180 мм рт. ст. Повышение давления в диапазоне 140-150 мм. рт. ст. незначительно отразилось на процессе фильтрации.

В работе [15] R.N. Sladen и D. Landry показали, что почечный кровоток остается постоянным в ответ на изменения среднего почечного давления в приносящих артериях с диапазоном колебания от 85 до 200 мм рт. ст. Это явление объясняется динамикой резистентности приносящих и выносящих клубочковых артериол. Однако при артериальном давлении ниже 70 мм рт. ст. динамика резистентности клубочковых артериол зависит от комбинации вазодилатации и констрикции, которые обуславливают простагландины, оксид азота (II) и ангиотензин II. Используя зависимость почечного кровотока и артериального давления, согласно

Stein J.H. (Regulation of the renal circulation. *Kidney Int.* 1990; 38:571), а также данные нашего исследования, получена логистическая кривая оценки скорости кровотока в связи с динамикой систолического артериального давления (рис. 1).

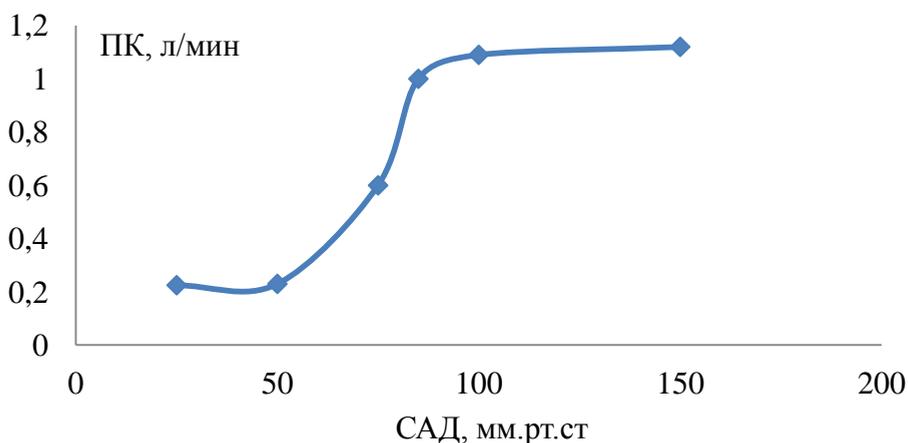


Рис.1. Логистическая кривая

Из рис. 1 видно, что динамика почечного кровотока принимает нелинейный логистический характер с плато насыщения в области 1 л/мин. Точка перегиба, где кривая скорости кровотока меняется с ускорения на замедление роста, соответствует 75 мм рт. ст. Максимальный темп роста наблюдается на отрезке 50–80 мм рт. ст., затем происходит резкое замедление скорости кровотока, включается механизм авторегуляции, который, прежде всего, обусловлен спазмом эфферентных артериол почечного клубочка.

Закключение. Таким образом, в ходе исследования установлено, что с возрастом происходит повышение артериального давления, снижается минутный диурез и почечная фильтрация. Прирост систолического давления в среднем составляет 5,3 мм рт. ст., диастолического давления 2,4 мм рт. ст., увеличение градиента верхнего давления в среднем составляет 17%, нижнего давления – 20%. Между значениями показателей почечной фильтрации и артериального давления имеет место низкая степень связи ($p < 0,01$). Увеличение градиента давления не дает линейного роста скорости кровотока, что позволяет поддерживать стабильный уровень фильтрации в диапазоне давления 60–180 мм рт. ст. Математическим выражением отклика системы кровообращения нефрона почки является логистическая кривая с точкой перегиба 75 мм. рт. ст и плато насыщения 1 л/мин.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексина Ю.В. Возрастная динамика артериального давления и почечной фильтрации // Творчество молодых, 2017. Ч. 1. С. 7-10.
2. Манак Н.А. Руководство по кардиологии. Минск: Беларусь, 2003. С. 546
3. Зерчанинова Е.И. Физиология мочевыделительной системы // Медицинский Вестник. 2010. №2. 56 с.
4. Голышенков С.П. Физиология крови. Система гомеостаза и при мышечной деятельности и в покое. Саранск, 2004.
5. Физиология и нарушения водно-солевого обмена: метод. мат. к практ. и сем. зан. / Н.М. Батырханова [и др.]. КазМУНО.
6. Шалыгин Л.Д. Современные представления о механизмах регуляции артериального давления // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова, 2015. т.10. №2.
7. Попова М.Г., Лущик М.В., Дугушева В.А. Зависимость уровня скорости клубочковой фильтрации от возраста пациента // European Journal of Natural History. 2023. № 6. С. 9-12.
8. Гайтон А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл; под ред. В.И. Кобрин. М.: Логосфера, 2008. 1296 с.
9. Вандер А. Физиология почек / А. Вандер. СПб: Издательство «Питер», 2000. 256 с.
10. Камышников В.С. Клинико-биохимическая лабораторная диагностика: Справочник: В 2 т. Т.1. Мн.: Интерпрессервис, 2003. С. 308-316
11. Крохалев В.Я. Статистика: учеб. пособие / Екатеринбург: Изд-во УГМУ, 2018. 114 с.
12. Праскурничий Е.А. Артериальные гипертензии при хронической болезни почек: пособие / М.: ФГБУ ГНЦ, 2020.
13. Чазова И.Е., Чихладзе Н.М. Евразийские клинические рекомендации по диагностике и лечению вторичных (симптоматических) форм артериальной гипертонии// Евразийский Кардиологический Журнал, 2023. Выпуск 1. С. 6-65.
14. Банерджи А. Медицинская статистика понятным языком: вводный курс / М.: Практическая медицина, 2014. 287 с.
15. Chobanian A.V., Bakris G.L., Black H.R., et al. Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. Seventh Report of the Joint National Committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure. Hypertension 42:1206, 2003.

REFERENCES

1. Aleksina Yu.V. Age-related dynamics of blood pressure and renal filtration // Creativity of the young, 2017. Part 1. pp. 7-10.
2. Manak N.A. Manual of Cardiology. Minsk: Belarus, 2003. p. 546
3. Zerchaninova E.I. Physiology of the urinary system // Medical Bulletin. 2010. No. 2. 56 p.
4. Golyshenkov S.P. Physiology of blood. The system of homeostasis both during muscular activity and at rest. Saransk, 2004.
5. Physiology and disorders of water-salt metabolism: method. mat. to practice. and this. zan. / N.M. Batyrkhanova [et al.]. KazMUNO.
6. Shalygin L.D. Modern ideas about the mechanisms of blood pressure regulation // Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov, 2015, vol. 10, No. 2.
7. Popova M.G., Luschik M.V., Dugusheva V.A. The dependence of the glomerular filtration rate on the patient's age // European Journal of Natural History. 2023. No. 6. pp. 9-12.
8. Gaiton A.K. Medical physiology / A.K. Gaiton, J.E. Hall; edited by V.I. Kobrin. Moscow: Logosphere, 2008. 1296 p .
9. Vander A. Physiology of kidneys / A. Vander. St. Petersburg: Peter Publishing House, 2000. 256 p .
10. Kamyshnikov V.S. Clinical and biochemical laboratory diagnostics: Reference book: In 2 vols. Vol. 1. Mn.: Interpresservice, 2003. pp. 308-316
11. Krokhaliev V.Ya. Statistics: textbook. manual / Yekaterinburg : Publishing house of UGMU, 2018. 114 p.
12. Praskurnichy E.A. Arterial hypertension in chronic kidney disease: a manual / M.: FGBI SSC, 2020.
13. Chazova I.E., Chikhladze N.M. Eurasian clinical guidelines for the diagnosis and treatment of secondary (symptomatic) forms of arterial hypertension // Eurasian Journal of Cardiology, 2023. Issue 1. pp. 6-65.
14. Banerjee A. Medical statistics in an understandable language: an introductory course.
15. Chobanian A.V., Bakris G.L., Black H.R., et al. Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. Seventh Report of the Joint National Committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure. Hypertension 42:1206, 2003.

Информация об авторах

Д.Н. Дроздов – кандидат биологических наук, доцент;

А.А. Суднеко – старший преподаватель кафедры анатомии человека с курсом оперативной хирургии и топографической анатомии.

Information about the authors

D.N. Drozdov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;

A.A. Sudneko – Senior Lecturer, Department of Human Anatomy with a Course in Operative Surgery and Topographic Anatomy.

Статья поступила в редакцию 03.03.2025; принята к публикации 01.04.2025.

The article was submitted 03.03.2025; accepted for publication 01.04.2025.