



*Эркенова А.М., Данилов Н.М., Матчин Ю.Г., Кушнир В.В., Гаман С.А., Чазова И.Е.

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ В ВЫЯВЛЕНИИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ОДНОСТОРОННИХ СТЕНОЗОВ ПОЧЕЧНЫХ АРТЕРИЙ

ФГБУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КАРДИОЛОГИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.И. ЧАЗОВА»
Минздрава России, ул. Академика Е.И. Чазова, д. 15 А, Москва 121552, Российская Федерация

*Автор, ответственный за переписку: Эркенова Асият Магомедовна, аспирант, отдел гипертонии, НИИ кардиологии им. А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России, ул. Ак. Е.И. Чазова, д. 15 А, Москва 121552, Российская Федерация, Email: erkenovaa.a@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7694-1056

Данилов Николай Михайлович, д.м.н., ведущий научный сотрудник, отдел гипертонии, НИИ кардиологии им. А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России; ORCID: 0000-0001-9853-9087

Матчин Юрий Георгиевич, д.м.н., руководитель, 2-е отделение рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, НИИ кардиологии им. А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России; ORCID: 0000-0002-0200-852X

Кушнир Вера Витальевна, к.м.н., научный сотрудник, отдел ультразвуковых методов исследования, НИИ клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России; ORCID: 0000-0001-9175-8615

Гаман Светлана Анатольевна, к.м.н., старший научный сотрудник, отдел томографии, НИИ кардиологии им. А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России; ORCID: 0000-0002-2165-3911

Чазова Ирина Евгеньевна, академик РАН, д.м.н., руководитель отдела гипертонии, НИИ кардиологии им. А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России; ORCID: 0000-0002-9822-4357

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Оценить выявляемость стенозов почечных артерий у больных с резистентной артериальной гипертензией при помощи методов неинвазивной диагностики и сопоставить полученные данные с результатами количественной ангиографии и методов физиологической оценки стенозов почечных артерий.

Материалы и методы. ННА проспективной основе в исследование было включено 156 пациентов с резистентной к медикаментозной терапии артериальной гипертензией и признаками стенозирования почечных артерий, выявленными при помощи дуплексного сканирования. Части больных (n=66) также выполнялась МСКТ-ангиография. По результатам неинвазивной диагностики 25 пациентов были исключены из исследования в связи с множественным вариантом кровоснабжения почек или двустороннего поражения почечных артерий. Оставшимся пациентам (n=131) проводилась количественная ангиография почечных артерий. При сужении артерии $\geq 90\%$ (n=27) стеноз признавался гемодинамически значимым и проводилась стентирование пораженной артерии, а при стенозе 60-90% (n=52) проводилась дополнительная оценка функциональной значимости стеноза при помощи измерения постстенотического градиента давления, фракционного резерва кровотока (ФРК), моментального резерва кровотока (МРК) и отношения Pd/Pa.

Результаты. Среди всех больных (n=131), у которых по данным дуплексного сканирования почечных артерий были получены признаки одностороннего стеноза почечных артерий, после проведения ангиографии в сочетании с дополнительными методами оценки функциональной значимости гемодинамически значимый стеноз почечных артерий подтвердился в 41% случаев

(n=54). Таким образом, чувствительность дуплексного сканирования почечных артерий в выявлении гемодинамически значимых стенозов составила 74% ($p<0,001$). По данным МСКТ-ангиографии (n=66) стеноз был подтвержден у 56 больных. Результаты МСКТ-ангиографии в 88% случаев совпали с результатами количественной ангиографии, а при использовании дополнительных функциональных методов гемодинамически значимый стеноз подтвердился у 32 (48%) больных. Чувствительность МСКТ-ангиографии в выявлении гемодинамически значимых стенозов почечных артерий составила 69%, специфичность 91%. По данным ангиографии из 131 человека у 24 пациентов стеноз выявлен не был, у 28 пациентов стеноз был $<60\%$, 27 пациентов имели стеноз $>90\%$ и 52 пациента имели стеноз 60-90%. У 27 из 52 оставшихся пациентов гемодинамическая значимость стеноза была подтверждена при помощи дополнительных методов (постстенотический градиент, ФРК, МРК, Pd/Pa), им было проведено стентирование. Высокая чувствительность и специфичность была обнаружена при использовании методов ФРК (чувствительность 92%, специфичность 93%), постстенотического градиента давления (чувствительность 96%, специфичность 100%) и отношение Pd/Pa чувствительность 70%, специфичность 69%. У метода МРК выявлена низкая чувствительность – 59% и специфичность – 59%.

Заключение. При анализе гемодинамической значимости стенозов почечных артерий при помощи количественной ангиографии в совокупности с функциональными тестами и сопоставлении их с неинвазивными данными чувствительность метода дуплексного сканирования составляет 74%, а МСКТ-ангиографии 68%.

Ключевые слова: резистентная артериальная гипертензия, стеноз почечных артерий, ангиография почечных артерий

Информация о соблюдении этических норм. Исследование было одобрено комитетом по этике ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России. Все участники исследования предоставили информированное согласие на проведение МСКТ-ангиографии, количественной ангиографии и проведение эндоваскулярного лечения почечных артерий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Не осуществлялось.

Вклад авторов. Все авторы соответствуют критериям авторства ICMJE, принимали участие в подготовке статьи, наборе материала и его обработке. Авторский вклад (по системе Credit): Эркенова А.М. – концептуализация, методоло-

гия, программное обеспечение, верификация данных, формальный анализ, проведение исследования, ресурсы, создание черновика рукописи, создание рукописи и ее редактирование, визуализация; Данилов Н.М. – концептуализация, методология, проведение исследования, визуализация, ресурсы, администрирование данных, руководство исследованием; Матчин Ю.Г. – концептуализация, методология, проведение исследования, визуализация, ресурсы, администрирование данных, руководство исследованием; Кушнир В.В. – визуализация, проведение исследования, ресурсы; Гаман С.А. – визуализация, проведение исследования, ресурсы; Чазова И.Е. – администрирование данных, руководство исследованием.

✉ ERKENOVAAA@MAIL.RU

Для цитирования: Эркенова А.М., Данилов Н.М., Матчин Ю.Г., Кушнир В.В., Гаман С.А., Чазова И.Е. Оценка чувствительности методов диагностики в выявлении гемодинамически значимых односторонних стенозов почечных артерий. Евразийский кардиологический журнал. Май 2024;(2):78-85. <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2024-2-78-85>

Рукопись получена: 08.04.2024 | **Рецензия получена:** 06.05.2024 | **Принята к публикации:** 13.05.2024

© Эркенова А.М., Данилов Н.М., Матчин Ю.Г., Кушнир В.В., Гаман С.А., Чазова И.Е., 2024

Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike»/ «Атрибуция-Некоммерчески-СохранениеУсловий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>



*Asiyat M. Erkenova, Nikolay M. Danilov, Yuriy G. Matchin, Vera V. Kushnir,
Svetlana A. Gaman, Irina E. Chazova

ASSESSMENT OF THE SENSITIVITY OF DIAGNOSTIC METHODS IN DETECTING HEMODYNAMICALLY SIGNIFICANT RENAL ARTERY STENOSES

E.I. CHAZOV NATIONAL MEDICAL RESEARCH CENTER OF CARDIOLOGY; ST. ACADEMICIAN CHAZOVA, 15A, MOSCOW 121552, RUSSIAN FEDERATION

*Corresponding author: Asiyat M. Erkenova, postgraduate, Hypertension Department, A.L. Myasnikov Research Institute of Cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology; st. Academician Chazova, 15a, Moscow 121552, Russian Federation, Erkenovaa.a@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7694-1056

Nikolay M. Danilov, Dr. of Sci. (Med.), Leading Researcher, the Hypertension Department, A.L. Myasnikov Research Institute of Cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-9853-9087

Yuriy G. Matchin, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head, the laboratory of x-ray endovascular methods of diagnostics and treatment in outpatient settings, 2nd department of x-ray surgical methods of diagnostics and treatment, A.L. Myasnikov Research Institute of Cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-0200-852X

Vera V. Kushnir, Cand. Of Sci (Med.), Researcher, Department of Ultrasound diagnostic methods, A.L. Myasnikov Scientific Research Institute of Cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-9175-8615

Svetlana A. Gaman, Cand. Of Sci (Med.), Senior Researcher, Department of Tomography, A.L. Myasnikov Scientific Research Institute of Cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2165-3911

Irina E. Chazova, Dr. of Sci. (Med.), Academician of RAS, Deputy General Director for Scientific and Expert Work, Head of Hypertension Department, A.L. Myasnikov Research Institute of Cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9822-4357

SUMMARY

Objective. Assessment of renal artery stenosis significance in patients with resistant arterial hypertension using non-invasive diagnostic methods and to compare them with the results of selective angiography and methods of physiological assessment of renal artery stenoses.

Materials and methods. Prospectively, 156 patients with drug-resistant arterial hypertension and signs of renal artery stenosis detected by doppler ultrasonography of renal arteries were included in the study. Subsequently, 25 patients were excluded from the study due to multiple variant renal blood supply and bilateral renal artery stenosis. The remaining patients (n=131) underwent selective angiography of renal arteries, and 66 of them additionally underwent CTA of renal arteries with intravenous contrast. If the artery narrowing was 90% or more (n=27) in diameter, the stenosis was considered hemodynamically significant and further stenting of the affected artery was performed, and in case of 60-90% stenosis (n=52) additional assessment of functional significance of the stenosis was performed by measuring translesional pressure gradient, fractional blood flow reserve, instantaneous blood flow reserve (iFR) and Pd/Pa ratio.

Results. Among all patients (n=131), in whom the doppler ultrasonography of renal arteries showed signs of unilateral renal artery stenosis, after angiography combined with additional methods of functional significance assessment, hemodynamically significant renal artery stenosis was confirmed in 41% of cases (n=54). Thus, the sensitivity of doppler ultrasonography of renal arteries in detection of hemodynamically significant stenoses was 74%, prognostic value of positive 78% and negative result 64% (p<0.001). According to CTA (n=66) renal artery stenosis was confirmed in 56 patients. The results of CTA of renal arteries in 88% of cases coincided with the results of selective angiography, and using additional functional methods hemodynamically significant stenosis was confirmed in 32 (48%) patients. The sensitivity of CTA in detection of hemodynamically significant stenoses of renal arteries was 69%, specificity 91%, prognostic value of positive and negative results was 91 and 68% respectively. According to selective angiography, out of 131 patients, 24 patients had no renal artery stenosis, 28 patients had stenosis <60%, 27 patients had renal artery stenosis >90% and 52 patients had stenosis 60-90%. Patients with stenosis <60% were not considered candidates for renal artery stenting.

Key words: Resistant arterial hypertension, renal artery stenosis, renal artery angiography

Ethical Compliance Information. The study was approved by the ethics committee of the E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology. All study participants provided informed consent for MSCT angiography, quantitative angiography, and endovascular treatment of the renal arteries.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding for the article: none.

Authors' contributions. All authors confirm the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. CRediT author statement: Asiyat

M. Erkenova – conceptualization, methodology, validation, formal analysis, investigation, resources, writing – review & editing, visualization; Nikolay M. Danilov – conceptualization, methodology, investigation, visualization, resources, data curation, supervision; Yuriy G. Matchin – conceptualization, methodology, investigation, visualization, resources, data curation, supervision; Vera V. Kushnir – visualization, investigation, resources; Svetlana A. Gaman – visualization, investigation, resources; Irina E. Chazova – data curation, supervision.

✉ ERKENOVAA.A@MAIL.RU

For citation: Asiyat M. Erkenova, Nikolay M. Danilov, Yuriy G. Matchin, Vera V. Kushnir, Svetlana A. Gaman, Irina E. Chazova. Assessment of the sensitivity of diagnostic methods in detecting hemodynamically significant renal artery stenosis. Eurasian heart journal. May 2024;(2):78-85 (In Russ.). <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2024-2-78-85>

Received: 08.04.2024 | **Revision Received:** 06.05.2024 | **Accepted:** 13.05.2024

© Asiyat M. Erkenova, Nikolay M. Danilov, Yuriy G. Matchin, Vera V. Kushnir, Svetlana A. Gaman, Irina E. Chazova, 2024

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ВВЕДЕНИЕ

Артериальная гипертония (АГ) является одним из самых распространенных хронических заболеваний. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения АГ встречается у 1,28 млрд населения во всем мире [1]. Резистентная к медикаментозной терапии АГ является актуальной проблемой современной кардиологии. На сегодняшний день термин «резистентная АГ» подразумевает невозможность достижения целевых значений артериального давления, несмотря на прием трех и более антигипертензивных препаратов, включая диуретик [2]. Одной из наиболее частых причин резистентной АГ является вазоренальная АГ. Встречаемость вазоренальной АГ в общей популяции пациентов с АГ достигает 1-8%, а в группе больных с резистентной АГ их число увеличивается до 24,2% [3]. Атеросклеротический стеноз почечных артерий является основной причиной вазоренальной АГ (90% случаев вазоренальной АГ) [4].

В настоящее время наиболее доступным скрининговым методом диагностики вазоренальной АГ является дуплексное сканирование почечных артерий. К неинвазивным методам диагностики также относятся магнитно-резонансная и мультиспиральная компьютерная томография почечных артерий с внутривенным контрастированием [5]. «Золотым стандартом» диагностики и определения показаний к оперативному лечению остается рентгенконтрастная количественная ангиография, которая используется при получении положительных результатов скрининговых методов [6]. Преимуществом ангиографии является возможность дополнительного использования методов функциональной оценки значимости стенозов, таких как измерение постстенотического градиента давления, фракционного резерва кровотока (ФРК) и определения отношения Pd/Pa .

Единичные крупные рандомизированные контролируемые исследования, такие как CORAL, STAR и ASTRAL, сравнивающие результаты стентирования с консервативным лечением, не продемонстрировали преимущества реваскуляризации почечных артерий перед оптимальной медикаментозной терапией [7,8,9]. Каждое из этих исследований имело свои ограничения и было подвержено критике специалистов. В частности, в эти исследования не включались пациенты с неконтролируемой АГ, кроме того, часть пациентов, включенных в исследование, имели степень стеноза почечных артерий не более 70% и степень стеноза почечных артерий оценивалась только на основании данных количественной ангиографии [10]. Результаты менее крупных клинических исследований, посвященных оценке эффективности реваскуляризации почечных артерий у пациентов с гемодинамически значимыми стенозами, также неоднозначны [11,12]. В этих исследованиях с целью определения значимости стенозов в дополнение к количественной ангиографии использовались такие методы, как измерение постстенотического градиента давления, отношения Pd/Pa и ФРК. Так, например, результаты одного из исследований, проведенного в 2013 году продемонстрировали статистически значимое снижение АД в отдаленном периоде после стентирования в группе пациентов с постстенотическим градиентом >22 мм рт. ст. ($p<0,001$). Кроме того, была выявлена тесная корреляционная связь между значениями постстенотического градиента, Pd/Pa , ФРК со снижением АД ($p<0,005$). При этом, степень стеноза по данным количественной ангиографии не коррелировала со степенью снижения АД ($p>0,510$) [11].

Таким образом, на сегодняшний день, в целом, показания для стентирования почечных артерий четко не определены. Роль неинвазивных методов диагностики в выявлении гемодинамически значимых стенозов почечных артерий требует дополнительных исследований.

Цель

Оценить значимость стенозов почечных артерий у больных с резистентной артериальной гипертонией при помощи методов неинвазивной диагностики и сопоставить их с результатами количественной ангиографии и методов физиологической оценки стенозов почечных артерий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе отдела гипертонии ФГБУ «НМИЦ кардиологии имени академика Е. И. Чазова» Минздрава России. В период с 2020 по 2023 год в исследовании участвовало 156 пациентов с резистентной АГ и выявленным стенозом почечных артерий по данным дуплексного сканирования. Средний возраст пациентов, включенных в исследование, составлял 69 ± 10 из них 67 (51%) – мужчины. Все пациенты, включенные в исследование, принимали не менее трех антигипертензивных препаратов, включая диуретик, в максимальных допустимых либо максимально переносимых дозах. Всем пациентам проводилась оценка АД по данным клинического измерения и суточного мониторирования АД (СМАД). На момент вступления в исследование среднее САД и ДАД по данным клинического измерения АД составляло – 155 ± 8 мм рт. ст. и ДАД 93 ± 7 мм рт. ст. соответственно.

Всем пациентам ($n=156$) проводилось ультразвуковое исследование почек и дуплексное сканирование почечных артерий на аппарате VOLUSON E8 конвексным датчиком 3.5 МГц в режимах цветовой (ЦДК) и импульсно-волновой доплерографии. Основные этапы исследования включали качественную оценку цветowych картограмм почечных артерий, количественную оценку кровотока при доплерографии в виде измерения пиковой систолической скорости кровотока (ПСК) в почечной артерии, определение почечно-аортального коэффициента (ПАК), как отношения ПСК в почечной артерии к ПСК в аорте и выявление вторичных постстенотических спектральных изменений.

На этапе скрининга, после проведения дуплексного сканирования почечных артерий, из исследования было исключено 4 пациента с множественным вариантом кровоснабжения почек и 21 пациент с двусторонним стенозом почечных артерий.

Принимая во внимание сниженную функцию почек, риск развития контрастиндуцированной нефропатии, МСКТ-ангиография почечных артерий была выполнена 66 (50%) из 131 больного с односторонним стенозом почечных артерий. Исследование выполняли на компьютерном томографе с 64 рядами детекторов Aquilion 64 с внутривенным введением неионного йодсодержащего рентгеноконтрастного препарата препарата (Йогексол, концентрация йода 350 мг/дл) в нативную и артериальную фазы контрастирования. С целью определения зоны исследования выполняли топограмму. Оценивалась степень стеноза почечных артерий, определялись типы и параметры атеросклеротической бляшки.

После подтверждения наличия одностороннего стеноза почечных артерий по результатам одного или обоих скрининговых методов диагностики больным проводилась количественная ангиография, по результатам которой принималось решение о необходимости эндоваскулярного лечения. Схема отбора пациентов представлена на рисунке 1.

Ангиография почечных артерий проводилась левым радиальным или феморальным доступом. Первым этапом выполнялась количественная оценка степени стенозирования почечных артерий, в случае стенозирования 90% и более по диаметру, стеноз признавался гемодинамически значимым и одномоментно проводилось стентированием пораженной артерии, а в случае стеноза $<90\%$, подтверждалась функци-

ональная значимость стеноза при помощи дополнительных методов, таких как измерение постстенотического градиента, соотношения Pd/Pa, моментального резерва кровотока и фракционного резерва кровотока (ФРК).

Постстенотический градиент давления – представляет собой разницу между давлением проксимальнее стеноза к давлению дистальнее стеноза. Диагностически значимым считают градиент ≥ 20 мм рт. ст. Отношение Pd/Pa — это отношение давления дистальнее стеноза к давлению в аорте на протяжении всего сердечного цикла, при значении Pd/Pa $< 0,9$ стеноз почечной артерии является значимым. Фракционный резерв кровотока – рассчитывается как отношение давления дистальнее стеноза к давлению в аорте во время медикаментозной индуцированной гиперемии, которая достигается путем интраартериального введения вазодилатора (папаверин). Измерения проводятся на протяжении всего сердечного цикла. Моментальный резерв кровотока (МРК) является модификацией метода ФРК и основан также на оценке отношения давления дистальнее стеноза к проксимальному постстенотическому давлению. В отличие от метода ФРК, измерение метода МРК происходит не на всем протяжении сердечного цикла а в «безволновой» период диастолы. Данный период начинается по завершении первых 25% времени диастолы и заканчивается за 5 мс до конца диастолы. ФРК $< 0,8$ и МРК $< 0,89$ указывают на наличие гемодинамически значимого стеноза.

Статистика: статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 2.8.8 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет

соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ. Статистически значимым считались различия при $p < 0,05$. Для оценки диагностической значимости количественных признаков при прогнозировании определенного исхода, применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование был включен 131 пациент с резистентной АГ и односторонним стенозом почечных артерий, диагностированным при помощи дуплексного сканирования почечных артерий. 66 (51%) больным была проведена МСКТ-ангиография почечных артерий с внутривенным контрастированием. При проведении МСКТ-ангиографии стеноз почечных артерий был подтвержден у 56 (85%) больных. У 10 (15%) больных стеноз почечных артерий по данным МСКТ-ангиографии диагностирован не был, что было также в дальнейшем подтверждено результатами количественной ангиографии. У 10 (15%) пациентов степень стеноза по данным МСКТ-ангиографии почечных артерий составила 60-69%, у 22 (34%) пациентов – от 70 до 79%, у 12 (18%) пациентов 80-89% и у 12 (18%) пациентов $> 90\%$. 32 (57%) пациента из 56, после подтверждения гемодинамической значимости стеноза, по результатам количественной ангиографии, были подвергну-

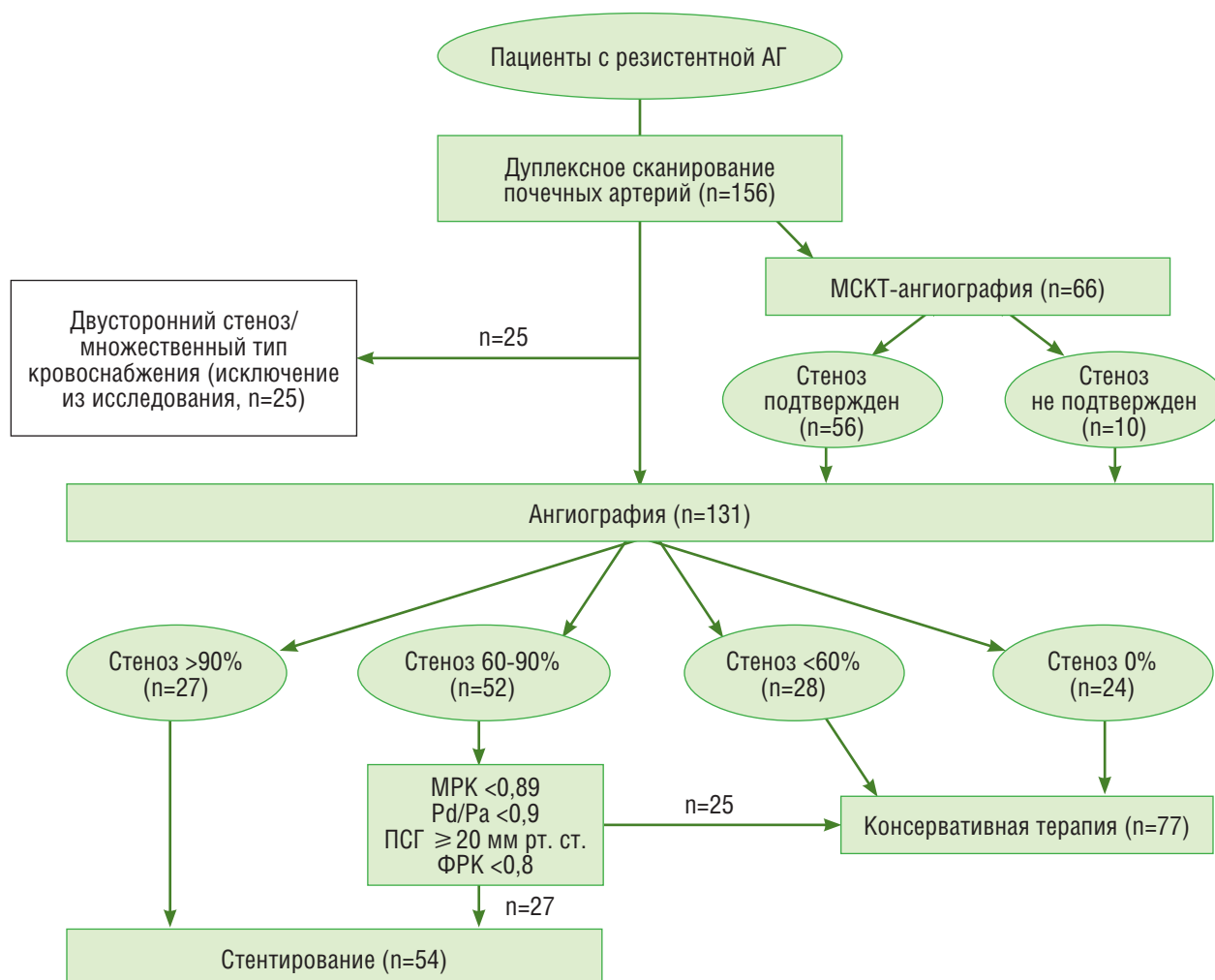


Рисунок 1. Дизайн исследования [составлено авторами]

Figure 1. Research design [compiled by the authors]

ты стентированию почечных артерий (рис. 2). У 3 пациентов со стенозом 60% и 2 пациентов со стенозом 70% по данным МСКТ-ангиографии в дальнейшем при проведении количественной ангиографии стеноз почечных артерий выявлен не был (табл. 1).

При выполнении количественной ангиографии у 97 (74%) из 131 исходных больных стеноз почечных артерий был подтвержден. У 27 (20%) пациентов стеноз почечных артерий был 90% и более, у 52 (40%) пациентов от 60-90%, у 28 (21%) пациентов <60% и у 34 (26%) пациентов стеноз почечных артерий выявлен не был, распределение больных по степени стеноза представлено на рисунке 3.

Пациентам со стенозом ≥90% (n=27) одномоментно был имплантирован стент в пораженную почечную артерию.

52 (40%) пациентам со стенозом почечных артерий от 60 до 89% проводилась дополнительная оценка функциональной значимости стенозов при помощи использования физиологических методов.

Было произведено измерение МРК исследуемых стенозов. У 8 (15%) пациентов показатели указывали на гемодинамическую значимость стеноза (МРК<0,89), при этом средний процент стенозирования почечной артерии по данным количественной ангиографии у пациентов с МРК<0,89 – 69,7±5,6%. Среднее значение МРК составило 0,91±0,05.

По результатам измерений отношения Pd/Pa 13 (25%) пациентов имели значения <0,9, средний процент ангиографического стеноза у этой группы пациентов составлял 74,5±4,2%. Среднее значение Pd/Pa составляло 0,91±0,03. Из 13 пациентов у 5 (38%) пациентов значения МРК также отражали функциональную значимость стеноза – <0,89. При измерении постстенотического градиента у 26 (50%) больных градиент давления был ≥20 мм рт. ст. Среднее значение постстенотического градиента составило 29,5±8,17 мм рт. ст.

После измерения постстенотического градиента давления 52 больным, проводилось измерение фракционного резерва кровотока, с этой целью внутриартериально вводилось 40 мг папаверина, среднее полученное значение составляло 0,81±0,03.

У 16 (31%) больных уровень ФРК был <0,8, что отражало функциональную значимость стеноза почечных артерий. У 6 (38%) пациентов из 16 МРК<0,89, у 12 (75%) пациентов Pd/Pa<0,9. И у всех 16 (100%) пациентов постстенотический градиент был >20 мм рт. ст.

При подтверждения гемодинамической значимости стеноза, хотя бы при использовании одного функционального метода, 27 больным было проведено стентирование пораженной почечной артерии. У оставшихся 25 пациентов гемодинамическая значимость стеноза почечных артерий не была подтверждена ни одним из предложенных методов, вследствие чего им эндоваскулярное лечение не проводилось.

Чувствительность дуплексного сканирования почечных артерий в выявлении гемодинамически значимых стенозов почечных артерий, по результатам ROC-анализа составила 74% (p<0,001). При проведении ROC-анализа, МСКТ-ангиография выявляла гемодинамически значимые стенозы с чувствительностью и специфичностью 69% и 91%, соответственно (p<0,001) (рис. 4). Высокая чувствительность и специфичность

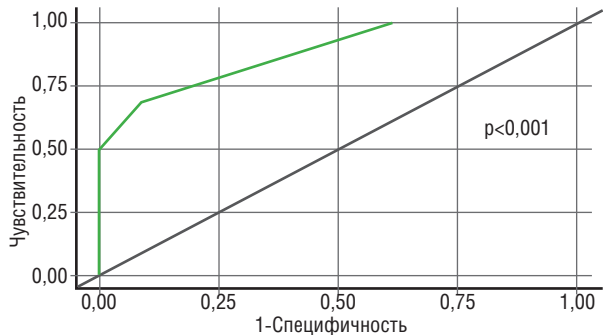


Рисунок 4. ROC-кривая диагностической ценности метода МСКТ-ангиографии почечных артерий [составлено авторами]

Figure 4. ROC curve of diagnostic value of renal artery CTA method [compiled by the authors]

Таблица 1. Сопоставимость наличия стеноза почечных артерий по данным количественной ангиографии с результатами неинвазивной диагностики [составлено авторами]

Table 1. Comparability of the presence of renal artery stenosis based on selective angiography with the results of non-invasive diagnostics [compiled by the authors]

Тип исследования	Стеноз есть	Стеноза нет
Дуплексное сканирование почечных артерий	131 (100%)	0 (0%)
МСКТ-ангиография (n=66)	56 (85%)	10 (15%)
Количественная ангиография	97 (74%)	34 (26%)

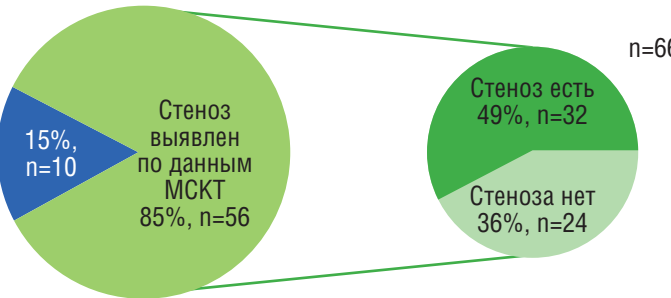


Рисунок 2. Соотношение пациентов с наличием гемодинамически значимого стеноза по данным МСКТ-ангиографии почечных артерий с наличием стеноза по данным количественной ангиографии [составлено авторами]

Figure 2. The ratio of patients with hemodynamically significant stenosis based on CT angiography of the renal arteries to those with stenosis based on selective angiography [compiled by the authors]

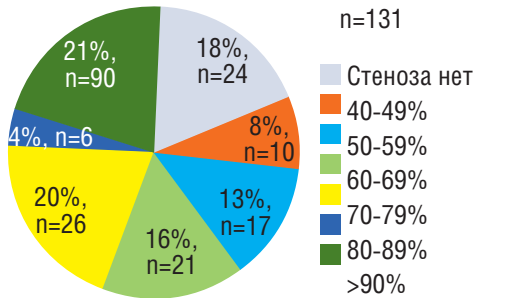


Рисунок 3. Распределение больных по степени стеноза по результатам количественной ангиографии [составлено авторами]

Figure 3. Distribution of patients by degree of stenosis based on the results of selective angiography [compiled by the authors]

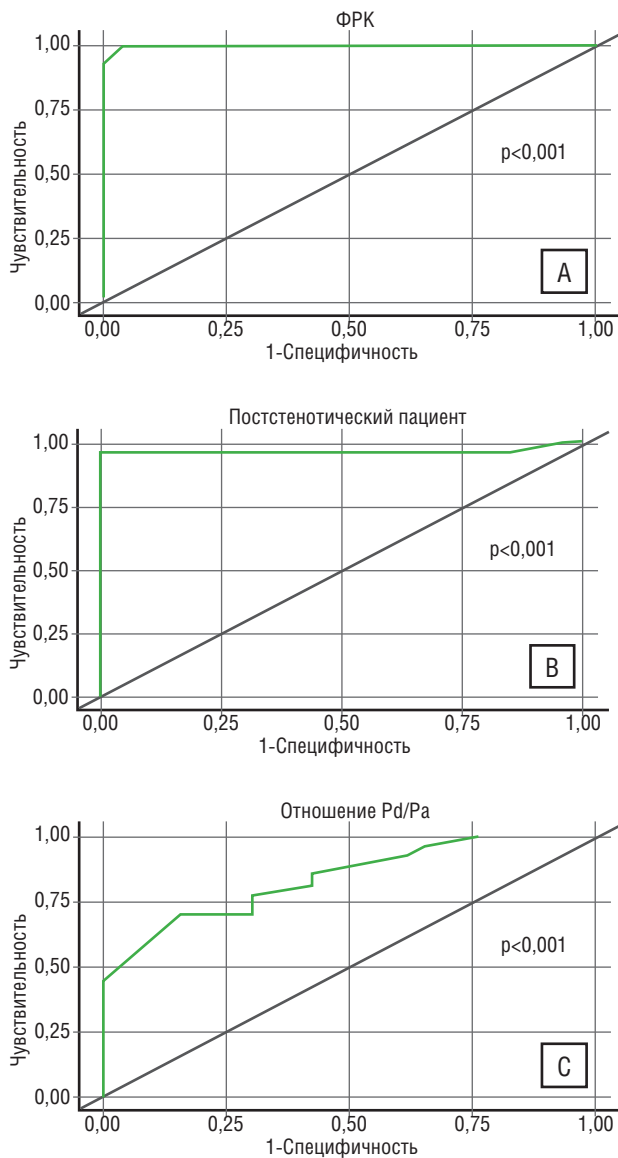


Рисунок 5. ROC-кривые диагностической ценности методов ФРК (А) и постстенотического градиента (В) и отношения Pd/Pa (С) [составлено авторами]

Figure 5. ROC curves of the diagnostic value of the FFR (A) and translesional gradient (B) and the Pd/Pa ratio (C) [compiled by the authors]

была обнаружена при использовании методов ФРК (чувствительность 92%, специфичность 93%) и постстенотического градиента давления (чувствительность 96%, специфичность 100%). По данным ROC-анализа у метода МРК выявлена низкая чувствительность и специфичность – 59% и 58% соответственно ($p=0,026$). Чувствительность метода отношение Pd/Pa составила 70%, специфичность 69% ($p<0,001$) (рис. 5). Результаты представлены в таблице 2.

В ходе исследования были получены статистически значимые прямые корреляционные связи степени стенозирования почечных артерий по результатам МСКТ-ангиографии с результатами количественной ангиографии: $r=0,87$. Выявленные связи имели высокую тесноту по шкале Чеддока (рис. 6).

Таким образом несмотря на то, что все включенные в исследование пациенты имели признаки гемодинамически значимого стенозирования почечной артерии, подтвержденные при помощи дуплексного сканирования, только у 54 (41%) пациентов, в результате детального исследования были выявлены показания для реваскуляризации. Что касается МСКТ-ангиографии, даже такой точный метод, который выявил гемодинамически значимый стеноз почечных артерий в 85% случаев, только 49% ($n=32$) больным было выполнено стентирование пораженной артерии.

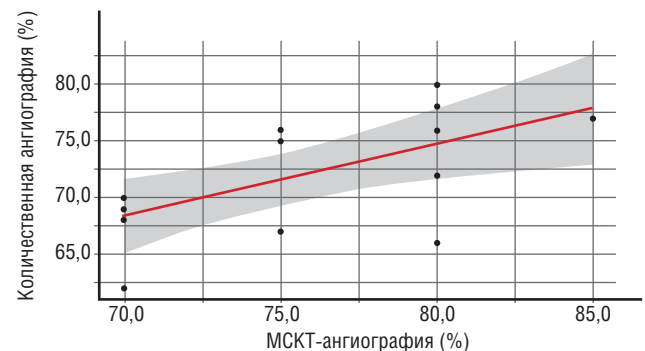


Рисунок 6. Корреляционная связь между результатами количественной ангиографии и МСКТ-ангиографией почечных артерий ($r=0,87$, $p<0,001$) [составлено авторами]

Figure 6. Correlation between selective angiography and renal artery CTA ($r=0,87$, $p<0,001$) [compiled by the authors]

Таблица 2. Диагностическая точность дуплексного сканирования, МСКТ-ангиографии, количественной ангиографии и дополнительных методов оценки функциональной значимости стенозов, % [составлено авторами]

Table 2. Diagnostic accuracy of duplex scanning, CTA, selective angiography and additional methods for assessing the functional significance of stenoses, % [compiled by the authors]

Тип исследования	Чувствительность	Специфичность	ПЦПР	ПЦОР	P
Дуплексное сканирование: ПСК	74	—	78	64	<0,001
МСКТ-ангиография	69	91	92	68	<0,001
МРК	59	58	57	61	0,026
Отношение Pd/Pa	70	69	67	71	<0,001
ФРК	92	93	90	91	<0,001
Постстенотический градиент	96	100	88	89	<0,001

Примечание/Note: ПЦПР – прогностическая ценность положительного результата (PPV – prognostic value of a positive result), ПЦОР – прогностическая ценность отрицательного результата (NPV – prognostic value of negative result), ПСК – пиковая скорость кровотока (PSC – peak blood flow velocity), МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография (CTA – multispiral computed tomography), МРК – моментальный резерв кровотока (iFR – instantaneous blood flow reserve), ФРК – фракционный резерв кровотока (FFR – fractional blood flow reserve.)

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании проводилась оценка диагностической точности инвазивных и неинвазивных методов диагностики стенозов почечных артерий с использованием таких методов как дуплексное сканирование, МСКТ-ангиография и количественная ангиография с дополнительными методами определения функциональной значимости стенозов почечных артерий.

В реальной клинической практике с целью выявления стенозов почечных артерий чаще всего используются неинвазивные методы, преимущественно дуплексное сканирование почечных артерий. Это обусловлено доступностью, возможностью избежать проведения инвазивного исследования, а также низкой лучевой нагрузкой. Недостатками метода являются технические ограничения, связанные с артефактами визуализации и большой зависимостью метода от опыта оператора. В нашем исследовании дуплексное сканирование почечных артерий в сравнении с «золотым стандартом» ангиографией продемонстрировало достаточно высокую чувствительность 74%. По данным многих авторов, чувствительность и специфичность дуплексного сканирования почечных артерий составляет 90 и 69% соответственно [12].

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с внутривенным контрастированием имеет возможность построения трехмерного изображения аорты и почечных артерий, что дает достоверные данные о состоянии этих артерий. Согласно данным зарубежных источников, чувствительность МСКТ-ангиографии почечных артерий в сравнении с рентгенконтрастной ангиографией может варьировать от 56% до 96%, а специфичность от 82-99%. Данные МСКТ хорошо коррелируют с результатами традиционной ангиографии в обнаружении стеноза почечных артерий и могут конкурировать с ангиографией почечных артерий, однако данный метод может переоценивать степень стенозов почечных артерий и давать ложноположительные результаты [13,14]. Схожие данные были получены в нашей работе – чувствительность метода оказалась относительно невысокой 69%, в то время как специфичность метода достигала 91%.

На сегодняшний день «золотым стандартом» диагностики стенозов почечных артерий остается количественная ангиография. Именно это исследование наиболее точно позволяет установить наличие стеноза и определить дальнейшую тактику лечения [15]. Недостатком количественной ангиографии является невозможность определения истинной гемодинамической значимости стеноза при наличии умеренно выраженного стеноза – 60-90%. В таких случаях рекомендуется дополнить количественную ангиографию методами функциональной оценки значимости стенозов, такими как ФРК, постстенотический градиент и отношение Pd/Pa, что и было выполнено в нашей работе. Основываясь на результатах многочисленных исследований, в качестве гиперемического агента в исследовании использовался папаверин [16,17].

В настоящем исследовании впервые была продемонстрирована чувствительность выявления гемодинамически значимого стеноза почечных артерий неинвазивными методами при сравнении не только с количественной ангиографией, но и с методами функциональной оценки степени сужения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование продемонстрировало высокую ценность дополнительных методов инвазивной оценки значимости стенозов в структуре мероприятий по выявлению гемодинамически значимого поражения почечных артерий.

Проанализированы результаты комплексной оценки гемодинамической значимости стенозов почечных артерий, определена чувствительность общепринятых скрининговых методов в выявлении данного вида поражения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/ REFERENCES:

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants. *Lancet*. 2021 Sep 11;398(10304):957-980. Epub 2021 Aug 24. Erratum in: *Lancet*. 2022 Feb 5;399(10324):520. PMID: 34450083; PMCID: PMC8446938. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01330-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01330-1)
2. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J*. 2018 Sep 1;39(33):3021-3104. PMID: 3016551. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>
3. Benjamin MM, Fazel P, Filardo G, Choi JW, Stoler RC. Prevalence of and risk factors of renal artery stenosis in patients with resistant hypertension. *Am J Cardiol* 2014; 113:687-90. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.10.046>
4. Dobrek L. An Outline of Renal Artery Stenosis Pathophysiology-A Narrative Review. *Life (Basel)*. 2021 Mar 7;11(3):208. PMID: 33799957. <https://doi.org/10.3390/life11030208>
5. Aboyans V, Ricco J-B, Bartelink M-L, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J*. 2018 Mar 1;39(9):763-816. PMID: 28886620. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx095>
6. Щелкова Г.В., Данилов Н.М., Эркенова А.М., Яровой С.Ю., Матчин Ю.Г., Миронова О.Ю., Бобкова И.Н., Швецов М.Ю., Кисляк О.А., Чазова И.Е. Консенсус по диагностике и лечению реноваскулярной артериальной гипертензии. Системные гипертензии. 2023;20(2):5-20. <https://doi.org/10.38109/2075-082X-2023-2-5-20> [Shchelkova G.V., Danilov N.M., Erkenova A.M., Yarovoy S.Yu., Matchin Yu.G., Mironova O.I., Bobkova I.N., Shvetsov M.Yu., Kislyak O.A., Chazova I.E. Consensus on renovascular hypertension: diagnosis and treatment. *Systemic Hypertension*. 2023;20(2):5-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.38109/2075-082X-2023-2-5-20>]
7. Bax L, Woittiez AJ, Kouwenberg HJ, et al. Stent placement in patients with atherosclerotic renal artery stenosis and impaired renal function: a randomized trial. *Ann Intern Med*. 2009;150:840-848 W150-1. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-150-12-200906160-00119>
8. Investigators A, Wheatley K, Ives N, et al. Revascularization versus medical therapy for renal-artery stenosis. *N Engl J Med*. 2009; 361:1953-1962. <https://doi.org/10.1056/nejmoa0905368>
9. Cooper CJ, Murphy TP, Cutlip DE, et al. Stenting and medical therapy for atherosclerotic renal-artery stenosis. *N Engl J Med*. 2014;370:13-22. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1310753>
10. Arab, Sadiq F.1; Alhumaid, Ahmed A.2, 3;; Abu Alnasr, Mahmoud Tawfiq4; Altuwaijri, Talal A.2; Al-Ghofili, Hesham2; Al-Salman, Mussaad M.2; Altojiry, Abdulmajeed2. Review of Renal Artery Stenosis and Hypertension: Diagnosis, Management, and Recent Randomized Control Trials. *Saudi J Kidney Dis Transpl*. 2022 Jan-Feb;33(1):147-159. <https://doi.org/10.4103/1319-2442.367807>
11. Protasiewicz, M., Kądziała, J., Początek, K., Poręba, R., Podgórski, M., Derkacz, A., Witkowski, A. (2013). Renal Artery Stenosis in Patients With Resistant Hypertension. *The American Journal of Cardiology*, 112(9), 1417–1420. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.06.030>
12. Fananapazir G., McGahan J. P., Corwin M. T., Stewart S. L., Vu C. T., Wright L., Troppmann C. Screening for Transplant Renal Artery Stenosis: Ultrasound-Based Stenosis Probability Stratification. *American Journal of Roentgenology*. 2017 Nov;209(5):1064-1073. <https://doi.org/10.2214/ajr.17.17913>
13. Tafur-Soto JD, White CJ. Renal artery stenosis. *Cardiol Clin*. 2015 Feb;33(1):59-73. PMID: 25439331. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2014.09.006>
14. AbuRahma, A. F., & Yacoub, M. Renal imaging: duplex ultrasound, computed tomography angiography, magnetic resonance angiography, and angiography. *Seminars in Vascular Surgery*. 2013 Dec;26(4):134-43. <https://doi.org/10.1053/j.semvasc Surg.2014.06.001>

15. Hillman BJ. *Imaging advances in the diagnosis of renovascular hypertension. AJR Am J Roentgenol.* 1989 Jul;153(1):5-14. PMID: 2660537.
16. Protasiewicz M, Początek K, Poreba R, et al. *Comparison of the renal hyperemic effects of papaverine and dopamine in patients with renal artery stenosis. J. Am. Soc. Hypertens* 2015; 9:9–14. <https://doi.org/10.2214/ajr.153.1.5>
17. Van Brussel P. M., van de Hoef T. P., de Winter R. J., Vogt L., & van den Born B.-J. (2017). *Hemodynamic Measurements for the Selection of Patients With Renal Artery Stenosis. JACC: Cardiovascular Interventions.* 2017 May 22;10(10):973-985. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.02.046>