

DOI: 10.26693/jmbs03.07.227

УДК 611.146.2

Смирнов С. В.

МСКТ АНГИОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ПОЧЕЧНОЙ АРТЕРИИ

Харьковский национальный медицинский университет, Украина

tatyana.torak@gmail.com

Анатомические варианты почечных сосудов встречаются довольно часто – как артерий, так и вен. Достоверное знание анатомии сосудов является значимым аспектом в планировании хирургических вмешательств. Целью настоящего исследования является визуализация вариантов сосудистой системы почек, представление реконструкций наиболее часто встречаемых вариантов артериального кровоснабжения почек.

Традиционная ангиография по-прежнему считается золотым стандартом при исследовании анатомии сосудов брюшной полости. Однако, развитие мультidetекторной спиральной компьютерной томографии (МСКТ) в совокупности с методиками цифровой реконструкции изображений предоставило возможности проведения ангиографии без необходимости проведения инвазивных ангиографических методик, несущих определённый риск для пациента при наличии возможности оценки анатомо-функционального состояния почки и соседних органов.

Результаты визуальных методов исследования являются важнейшим инструментом при планировании хирургических вмешательств, таких как нефрэктомия, пиелопластика, трансплантация почки и другие. Владение полной анатомической информацией может повлиять на выбор метода оперативного лечения.

С учетом возросшего количества органосохраняющих операций при образованиях почки и трансплантации почки возросла потребность более детальной визуализации анатомии регионального сосудистого русла почки и его вариантов.

В планировании резекции почки информация об анатомии сосудов жизненно необходима. Снижение времени тепловой ишемии является одним из технических факторов операции, который может улучшить функциональный результат. Различия в подобных случаях будет заключаться во временном наложении зажима на сегментарную артерию вместо главной, что улучшает функцию почек в раннем послеоперационном периоде. Возможность создания трехмерной модели сосудистого русла почки при помощи мультidetекторной спи-

ральной компьютерной томографии позволяет более точно применить хирургической техники.

При трансплантации почки от живого донора идентификация единой почечной артерии является позитивным фактором и уменьшает число осложнений. Наличие вариантов кровоснабжения повышает количество случаев тромбоза, удлиняет время тепловой ишемии, увеличивает кровопотерю, усложняет выполнение анастомоза, а также повышает риск развития свищей и образований мочеточника. Однако анатомические варианты кровоснабжения не оказывают влияния на уровень отторжения трансплантата через 1 год и 5 лет наблюдения.

Ключевые слова: почечная артерия; анатомические варианты, мультidetекторная спиральная компьютерная томография.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертационная работа выполнена как фрагмент научно-исследовательской работы кафедры радиологии и радиационной медицины Харьковского национального медицинского университета «Вивчення значення молекулярно-біологічних маркерів для прогнозу, лікування та вживання хворих з основними локалізаціями раку», № государственной регистрации 0114U003394.

Введение. Анатомические варианты типов кровоснабжения мочеполовой системы и рамификации сосудов брюшной полости встречаются очень часто, их знание так же важно, как и знание нормальной анатомии. До середины прошлого столетия обсуждение и исследование сосудистой анатомии было ограничено хирургическим и анатомическим обществом. С развитием методов визуальной диагностики МСКТ предоставляет большие возможности диагностике заболеваний, аномалий и планировании лечения, в том числе при планировании сложных оперативных вмешательств.

Цифровая ангиография остаётся золотым стандартом в сравнении с любым иным методом исследования и морфологического анализа анатомии почечных артерий. Однако компьютерная томографическая ангиография (КТА) несёт значительно

меньший риск и более точна, чем цифровая ангиография, благодаря возможности не только оценить просвет сосудов, но и сосудистую стенку и окружающие органы. В настоящее время КТА всё шире используется при планировании трансплантации почки, болезни Такаюсу, стенозах лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС) при сдавлении нижней полярной артерии [1, 5, 8]. Кроме того, КТА даёт возможность лучше оценить чашечно-лоханочную систему (ЧЛС) и анатомическую структуру почек в целом: это диагностика опухолей, гидронефроз, оценка толщины почечной паренхимы, аномалии развития почки [8, 12].

Современные рабочие станции для проведения КТА исследований оснащены программным обеспечением для цифровой обработки данных. Подобное оснащение позволяет проведение двумерной (2D) и трехмерной (3D) реконструкции на основе «сырых» данных, полученных из плоскостных изображений. Широко применяются методики мультиплоскостной реконструкции (МПП), проекции максимальной интенсивности (MIP) и объёмного рендеринга (OP, 3D).

Метод МПП предоставляет 2D изображение в аксиальной, корональной и сагиттальной плоскостях, которые могут лежать перпендикулярно аксиальной плоскости, возможно применение косых плоскостей и даже криволинейных проекций, полезных в изучении извитых структур, таких как сосуды.

Метод MIP выделяет воксели (минимальный адресуемый объёмный элемент изображения трехмерного пространства) повышенной плотности в последовательных аксиальных, корональных или сагиттальных плоскостных срезах, суммирует и проецирует их в единое изображение, обычно в 3D. После внутривенного введения контрастирующего препарата васкулярная плотность значительно возрастает, и MIP позволяет выделить вены и артерии на фоне других, менее контрастных интраабдоминальных структур. Комбинирование последовательных срезов позволяет представить в едином изображении длинные, извилистые васкулярные сегменты. Данный эффект приводит к возникновению визуального ощущения трехмерности. Ограничивающим моментом данной техники является добавление дополнительных структур к изображению по мере оценки большего количества срезов, что может привести к ошибкам.

Метод OP присваивает числовое значение степени прозрачности от 0% (абсолютно прозрачно) до 100% (абсолютно непрозрачно) различным участкам плоскостных срезов, находящихся на воображаемой линии взгляда. Комбинируя эти значения со световыми эффектами, OP генерирует

3D изображение, представляя глубину и перспективу изображения более детально, чем MIP. Таким образом, хотя MIP и OP имеют схожие разрешение и контраст, ряд авторов отдают предпочтение методу OP, особенно для визуализации извитых сосудов, когда необходимо установить, какой участок расположен ближе или дальше от исследователя (более поверхностно или глубже в исследуемом отделе).

В работе отражены серии изображений, иллюстрирующие наиболее частые анатомические варианты сосудистого русла. Все исследования проводились на томографе Toshiba Aquilion 16. Пациентам проводилось болюсное внутривенное контрастирование неионными контрастными веществами, в объёме не превышающем 100 мл. Использовались изображения, полученные в артериальной фазе, построенные на основе аксиальных срезов толщиной 1,0 мм с применением методов МПП (2D), MIP и OP (3D).

Нормальная анатомия почечных артерий её варианты. Васкуляризация эмбриональной почки (пронефрос, мезонефрос и метанефрос) берет начало от группы латеральных ветвей брюшной аорты. Во время миграции почки вверх в поясничную область, многие артериальные ветви регрессируют, и артериальное кровоснабжение почечной паренхимы обеспечивает главная (хиллярная) почечная артерия.

Вопреки последовательной регрессии упомянутых структур, каудальные артерии, расположенные между десятым грудным сегментом и третьим поясничным сегментом, могут сохранять свою функцию при полностью сформированной почке, в дальнейшем эволюционируя в верхние и нижние полюсные артерии [12].

При варианте кровоснабжения почки, считающимся нормальным, кровоснабжение осуществляется единственной почечной артерией, отходящей от брюшной аорты на уровне L₁ – L₂. Главная почечная артерия в иностранной литературе называется хиллярной, поскольку она распадается на ветви (от двух до четырех ветвей) в непосредственной близости от почечного (**рис. 1**), обеспечивая кровоснабжение разных отделов почки. В среднем, хиллярная почечная артерия длиной 4–6 см и диаметром 5–6 мм. Однако классический тип в настоящее время встречается менее чем в 25% случаев [9, 12].

Следует отметить, что в настоящее время не существует единой стандартизированной терминологии, содержащей объективную анатомическую информацию и передающую смысл морфологии, которую описывает конкретный термин. Унификация терминологии является важной для возможности

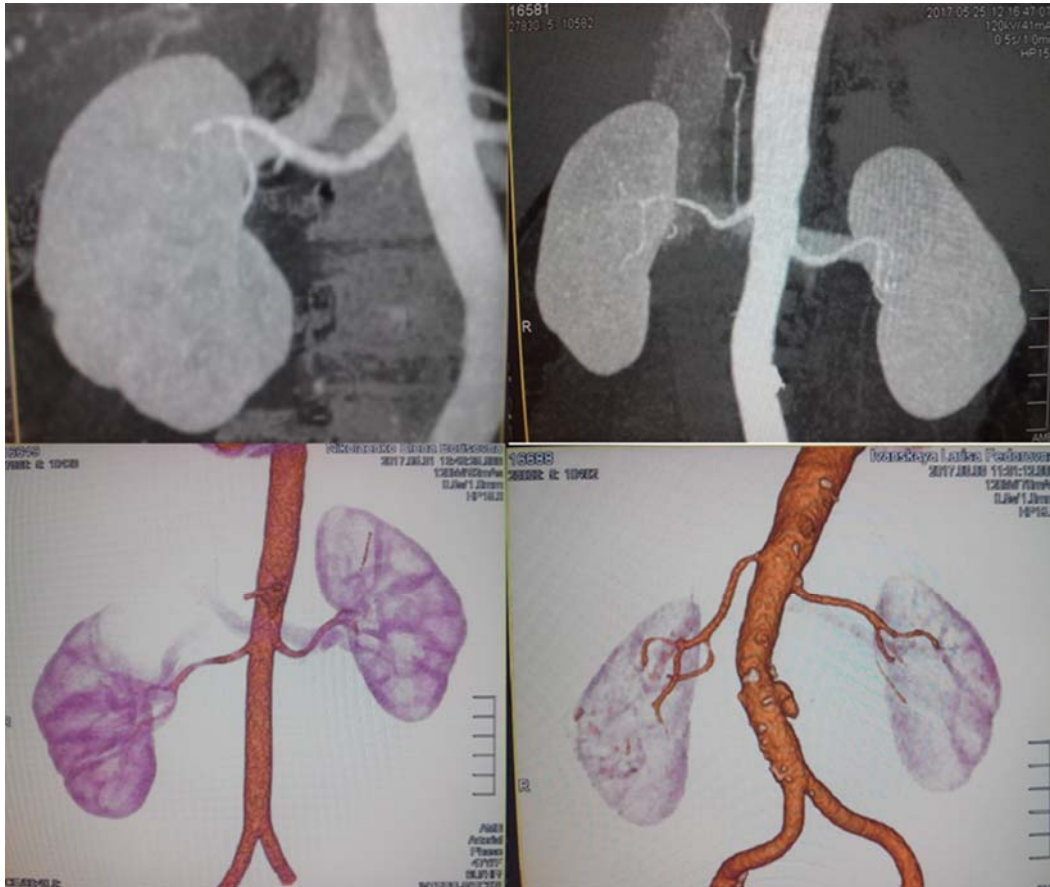


Рис. 1. МСКТ. ОР реконструкции. Представлены хиллярные артерии

гомогенизации данных и проведения статистического анализа. Например, термины «дополнительная», «аберрантная», «множественная» артерия не несут объективного морфологического смысла и не позволяют оценить важность таких сосудов. В качестве примера можно привести классификацию *Sampaio et al.* [12].

Варианты артериального кровоснабжения почек описаны далее с соответствующими иллюстрациями.

Хиллярная артерия (рис. 1) – ветвь аорты, входящая в ворота почки, и только на уровне ворот или синуса распадается на терминальные ветви. Данный вариант наблюдается в 62,49% случаев для правой почки и в 72,5% случаев для левой почки.

Верхняя и нижняя экстрахиллярные артерии (рис. 2) – ветви, отходящие от хиллярной артерии и входящие в почечную паренхиму за пределами ворот почки (выше или ниже). Верхняя экстрахиллярная артерия встречается в 28,6% и 11,6% для правой и левой почки соответственно, тогда как нижняя экстрахиллярная артерия наблюдается в 0% и 1,4% соответственно.

Верхняя полярная артерия (рис. 3) – ветвь аорты, которая входит в верхний полюс почки. Частота верхней полярной артерии составляет 7,14% для правой почки и 11,6% для левой почки.

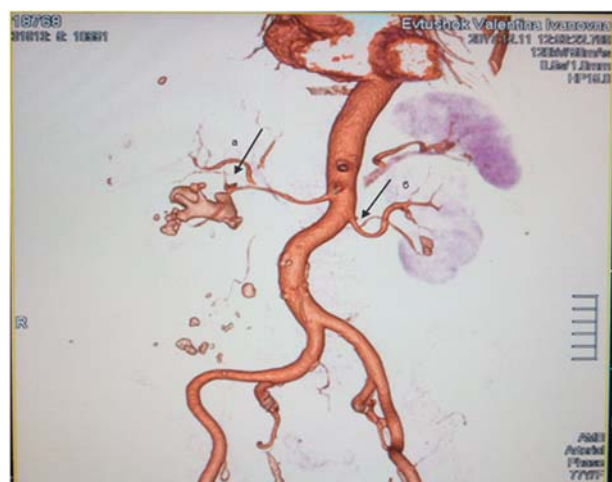


Рис. 2. МСКТ. ОР реконструкции. Представлены экстрахиллярные артерии, а – правая верхнеполярная, б – левая нижнеполярная, в полостной системе почек определяются конкременты



Рис. 3. МСКТ. ОР реконструкція. Стрелками обозначены артерии: слева – левая верхнеполярная, справа – левая нижнеполярная

Нижняя полярная артерия (рис. 3) – ветвь аорты или общей подвздошной артерии, которая входит в нижний полюс почки. Частота нижней полярной артерии составляет 3,57% для правой почки и 2,9% для левой почки.

Аномалии и анатомические варианты строения почечных артерий нередко сочетаются, представляя собой очень сложную картину. В случае двух и более хилярных артерий, главной считается артерия с наибольшим диаметром.

Клиническое и хирургическое применение результатов. Результаты визуальных методов исследования являются важнейшим инструментом при планировании хирургических вмешательств, таких как нефрэктомия, пиелопластика, трансплантация почки и др. [11, 13] Владение полной анатомической информацией может повлиять на выбор метода оперативного лечения.

Многими исследованиями доказана сопоставимость онкологических результатов резекции почки с опухолью и радикальной нефрэктомии, при этом резекция демонстрирует статистически более низкую вероятность развития хронической болезни почек и сердечно-сосудистых осложнений. В планировании резекции почки информация об анатомии

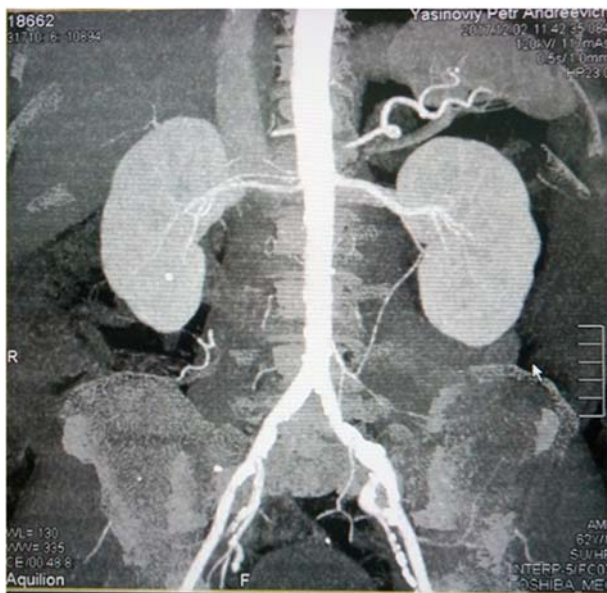


Рис. 4. МСКТ. ОР реконструкція. Представлены правая главная хилярная артерия, добавочная хилярная артерия и верхняя полярная артерия, являющиеся ветвями аорты



Рис. 5. МСКТ. ОР реконструкція. Представлены: правая главная хилярная артерия, ранняя бифуркация левой хилярной артерии, с длиной главного ствола менее 1 см до ветвления (такой тип наблюдается в 1 случае из 200), левая добавочная нижняя полярная артерия



Рис. 6. МСКТ. ОР реконструкція. Представлены: левая главная хиллярная артерия, добавочная хиллярная артерия, отходящая от аорты выше главной, ранняя бифуркация левой добавочной артерии, отходящей от инфраренального отдела брюшной аорты, с длиной главного ствола менее 1 см до ветвления и наличием хиллярной и нижнеполярной ветви

сосудов жизненно необходима [3]. Снижение времени теплой ишемии является одним из технических факторов операции, который может улучшить функциональный результат. Различия в подобных случаях будет заключаться во временном наложении зажима на сегментарную артерию вместо главной, что улучшает функцию почек в раннем послеоперационном периоде [7, 15]. Возможность создания трехмерной модели сосудистого русла почки при помощи МСКТ позволяет более точно применение хирургической техники [3].

Полярные и экстрахиллярные артерии обнаруживаются в 29–65% случаев стеноза ЛМС. Предварительное знание анатомического расположения этих сосудов может оказать влияние на выбор метода операции, поскольку они могут затруднить эндоскопическое вмешательство и снизить результативность лечения. Таким образом, МСКТ демонстрирует явное преимущество над ультразвуковым исследованием или внутривенной урографией в оценке стеноза ЛМС, особенно в идентификации полярных артерий.

При трансплантации почки от живого донора идентификация единой почечной артерии является позитивным фактором и уменьшает число осложнений [1]. Наличие вариантов кровоснабжения повышает количество случаев тромбоза, удлиняет время теплой ишемии, увеличивает кровопотерю, усложняет выполнение анастомоза, а также повышает риск развития свищей и образований мочеочника. Однако анатомические варианты кровоснабжения не оказывают влияния на уровень отторжения трансплантата через 1 год и 5 лет наблюдения [5].

Если говорить о вариативности числа ветвей и бифуркаций, очень важным является описание в радиологическом заключении ещё двух аспектов: а) ортогонального диаметра почечных артерий, учитывая сложность выполнения анастомоза артерий диаметром менее 3 мм, и повышенный риск тромбоза; б) длины артерии от начала до первой бифуркации (**рис. 8**), поскольку для обеспечения надежного анастомоза рекомендуется длина артерии не менее 20 мм.

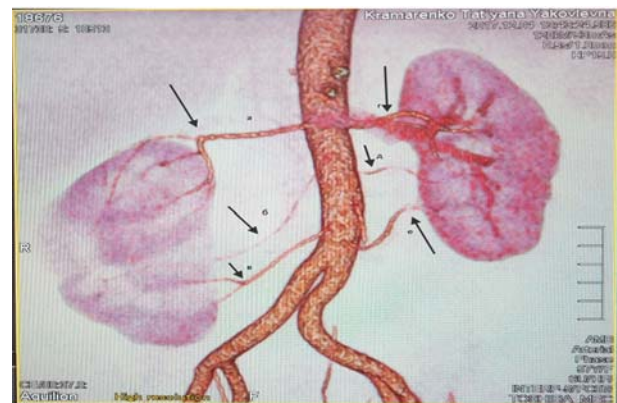


Рис. 7. МСКТ. ОР реконструкція. Представлены почечные артерии:

а) правая главная экстрахиллярная (верхнеполярная), б) правая добавочная хиллярная, отходящая от инфраренального отдела брюшной аорты, в) добавочная нижнеполярная отходящая от аорты на уровне бифуркации, г) левая главная хиллярная, д) левая добавочная хиллярная, отходящая от инфраренального отдела брюшной аорты, е) добавочная нижнеполярная отходящая от аорты на уровне бифуркации

Практические рекомендации по интерпретации результатов КТА. Аксиальные изображения по-прежнему являются основой диагностики. Однако, МПР, МПР и ОР предоставляют важную дополнительную информацию. При КТА рекомендуется прямое управление рабочей станцией оператором. В практических условиях динамическое применение возможностей реконструкции имеет преимущества в сравнении с использованием фиксированных снимков.

Идентификация артериальных кальцинов возможна в преконтрастную фазу. В артериальную фазу обе почечные артерии необходимо отслеживать от момента появления до контрастирования

почечного синуса для идентификации ранней бифуркации и экстрахиллярных артерий, после чего следует проверить наличие полярных артерий.

Заключение. Варианты артериального кровоснабжения почек широко распространены. Низкий риск в совокупности с высокой точностью делает МСКТ практической альтернативой цифровой ангиографии во многих ситуациях.

Перспективы дальнейших исследований. Учитывая важность сосудистой анатомии для планирования при различных клинических и хирургических ситуациях, существует необходимость разработки стандартизированной терминологии для описания анатомии почечной артерии и ее вариантов.

References

1. Apisarnthanarak P, Suvannarerg V, Muangsomboon K, Taweemonkongsap T, Hargrove NS. Renal vascular variants in living related renal donors: evaluation with CT angiography. *J Med Assoc Thai.* 2012 Jul; 95(7): 941-8. PMID: 22919990
2. Dăescu E, Zăhoi DE, Motoc A, Alexa A, Baderca F, Enache A. Morphological variability of the renal artery branching pattern: a brief review and an anatomical study. *Rom J Morphol Embryol.* 2012; 53(2): 287-91. PMID: 22732797
3. Gill IS, Patil MB, Abreu AL, Ng C, Cai J, Berger A, et al. Zero ischemia anatomical partial nephrectomy: a novel approach. *J Urol.* 2012; 187: 807-14. PMID: 22248519. DOI: 10.1016/j.juro.2011.10.146
4. Gümüş H, Bükte Y, Ozdemir E, Cetinçakmak MG, Tekbaş G, Ekici F, et al. Variations of renal artery in 820 patients using 64-detector CT-angiography. *Ren Fail.* 2012; 34(3): 286-90. PMID: 22251313. doi: 10.3109/0886022X.2011.647295
5. Kawamoto S, Montgomery RA, Lawler LP, Horton KM, Fishman EK. Multidetector CT angiography for preoperative evaluation of living laparoscopic kidney donors. *AJR Am J Roentgenol.* 2003 Jun; 180(6): 1633-8. PMID: 12760934. DOI: 10.2214/ajr.180.6.1801633
6. Kang WY, Sung DJ, Park BJ, Kim MJ, Han NY, Cho SB, et al. Perihilar branching patterns of renal artery and extrarenal length of arterial branches and tumour-feeding arteries on multidetector CT angiography. *Br J Radiol.* 2013 Mar; 86(1023): 20120387. PMID: 23418206. PMID: PMC3608057. doi: 10.1259/bjr.20120387
7. Meng X, Mi Q, Fang S, Zhong W. Preoperative evaluation of renal artery anatomy using computed tomography angiography to guide the superselective clamping of renal arterial branches during a laparoscopic partial nephrectomy. *Exp Ther Med.* 2015 Jul; 10(1): 139-44. PMID: 26170925. PMID: PMC4487048. DOI: 10.3892/etm.2015.2500
8. Natsis K, Piagkou M, Skotsimara A, Protogerou V, Tsitouridis I, Skandalakis P. Horseshoe kidney: a review of anatomy and pathology. *Surg Radiol Anat.* 2014 Aug; 36(6): 517-26. PMID: 24178305. doi: 10.1007/s00276-013-1229-7
9. Palmieri BJ, Petroianu A, Silva LC, Andrade LM, Alberti LR. Study of arterial pattern of 200 renal pedicle through angiotomography. *Rev Col Bras Cir.* 2011; 38: 116-21. PMID: 21710050
10. Rocco F, Cozzi LA, Cozzi G. Study of the renal segmental arterial anatomy with contrast-enhanced multi-detector computed tomography. *Surg Radiol Anat.* 2015 Jul; 37(5): 517-26. PMID: 25307353. doi: 10.1007/s00276-014-1382-7
11. Reginelli A, Somma F, Izzo A, Urraro F, D'Andrea A, Grassi R, Cappabianca S. Renovascular anatomic variants at CT angiography. *Int Angiol.* 2015 Dec; 34(6 Suppl 1): 36-42. PMID: 26498890
12. Sampaio FJB, Passos MARF. Renal arteries: anatomic study for surgical and radiological practice. *Surg Radiol Anat.* 1992; 14: 113-7. PMID: 1641734
13. Shetty A, Adiyat KT. Comparison between helical computed tomography angiography and intraoperative findings. *Urol Ann.* 2014 Jul; 6(3): 192-7. PMID: 25136246. PMID: PMC4127853. DOI: 10.4103/0974-7796.134256
14. Verma P, Arora AK, Sharma P, Mahajan A. Variations in branching pattern of renal artery and arrangement of hilar structures in the left kidney: clinical correlations, a case report. *Ital J Anat Embryol.* 2012; 117(2): 118-22. PMID: 23420999
15. Xu Y, Shao P, Zhu X, Lv Q, Liu W, Xu H, et al. Three-dimensional renal CT angiography for guiding segmental renal artery clamping during laparoscopic partial nephrectomy. *Clin Radiol.* 2013 Nov; 68(11): e609-16. PMID: 23916549. doi: 10.1016/j.crad.2013.06.002

УДК 611.146.2

МСКТ АНГІОГРАФІЯ В ОЦІНЦІ АНАТОМІЧНИХ ВАРІАНТІВ НИРКОВОЇ АРТЕРІЇ

Смирнов С. В.

Резюме. Анатомічні варіанти ниркових судин - як артерій, так і вен, зустрічається досить часто. Досвідне знання анатомії судин є значущим аспектом у плануванні хірургічних втручань. Метою даного

дослідження є візуалізація варіантів судинної системи нирок, уявлення реконструкцій варіантів артеріального кровопостачання нирок, що найчастіше зустрічаються. Традиційна ангіографія, як і раніше, вважається золотим стандартом при дослідженні анатомії судин черевної порожнини. Однак, розвиток мультидетекторної спіральної комп'ютерної томографії у сукупності з методиками цифрової реконструкції зображень надало можливості проведення ангіографії без необхідності проведення інвазивних ангіографічних методик, які несуть певний ризик для пацієнта при наявності можливості оцінки анатомо-функціонального стану нирки і сусідніх органів. Результати візуальних методів дослідження є найважливішим інструментом при плануванні хірургічних втручань, таких як нефректомія, пієлопластика, трансплантація нирки та інші. Володіння повною анатомічною інформацією може вплинути на вибір методу оперативного лікування. З урахуванням збільшення кількості органозберігаючих операцій при новоутвореннях нирки і трансплантації нирки зростає потреба більш детальної візуалізації анатомії регіонального судинного русла нирки і його варіантів. У плануванні резекції нирки інформація про анатомію судин життєво необхідна. Зниження часу теплової ішемії є одним з технічних факторів операції, який може поліпшити функціональний результат. Різниця в подібних випадках буде полягати у тимчасовому накладенні затиску на сегментарну артерію замість головної, що покращує функцію нирок у ранньому післяопераційному періоді. Можливість створення тривимірної моделі судинного русла нирки за допомогою мультidetекторної спіральної комп'ютерної томографії дозволяє більш точно застосування хірургічної техніки. При трансплантації нирки від живого донора ідентифікація єдиної ниркової артерії є позитивним фактором і знижує число ускладнень. Наявність варіантів кровопостачання підвищує кількість випадків тромбозу, подовжує час теплової ішемії, збільшує кровотрату, ускладнює виконання анастомозу, а також підвищує ризик розвитку нориць і утворень сечоводу. Однак, анатомічні варіанти кровопостачання не впливають на рівень відторгнення трансплантата через 1 рік і 5 років спостереження.

Ключові слова: ниркова артерія; анатомічні варіанти, мультidetекторна спіральна комп'ютерна томографія.

UDC 611.146.2

MSCT Angiography in Estimation of Anatomic Variants of Kidney Artery

Smirnov S. V.

Abstract. Anatomical variants of the renal vessels both arteries and veins occur quite often. Reliable knowledge of vascular anatomy is a significant aspect in the planning of surgical interventions.

The purpose of this study was visualization of variants of kidneys vascular systems, and presentation of reconstructions of variants of arterial blood supply of the most frequently occurring kidneys. Traditional angiography is still considered the golden standard for the study of anatomy of the abdominal cavity vessels. However, the development of multidetector spiral computed tomography (MSCT), in combination with the methods of digital image reconstruction, provided the possibility of angiography without the need for invasive angiographic techniques that present a certain risk to the patient together with an opportunity to assess the anatomical and functional status of kidneys and adjacent organs. The results of visual research methods are the most important tool in planning surgical interventions such as nephritis, pyeloplastics, kidney transplantation, and others. Possession of complete anatomical information may influence the choice of the surgical treatment method. Taking into account the increase in the number of organ-saving operations in neonates and kidney transplants, the need for a more detailed visualization of the anatomy of the regional vascular bed of the kidney and its variants has increased. In the planning of renal resection, information about anatomy of the vessels is vital. Reducing the time of warm ischemia is one of the technical factors of the operation, which can improve the functional outcome. The difference in such cases will be the temporary imposition of the clamping on the segmental artery instead of the main, which improves the function of the kidneys in the early postoperative period. The possibility of creating a three-dimensional model of the vascular bed of the kidney with the help of MSCT allows a more precise application of a surgical technique. When a kidney transplant is from a living donor, the identification of a single renal artery is a positive factor and reduces the number of complications. The blood supply variants increase the number of thrombosis, prolong the time of warm ischemia, increase blood loss, complicate the implementation of anastomosis. They also increase the risk of fistulas and ureter formations development. However, the anatomical variants of blood supply do not affect the level of rejection of the graft after 1 year and 5 years of observation.

Keywords: renal artery; anatomical variants, multidetector spiral computed tomography.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 03.09.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування