

DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2018-22(4)-30

УДК: 612.46:616.61-089.878:611

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ЄДИНОЇ НИРКИ, ЩО ЗАЛИШИЛАСЯ ПІСЛЯ НЕФРЕКТОМІЇ КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Монастирський В. М., Півторак В. І.

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

Відповідальний за листування:
e-mail: vova.monastirskiy@gmail.com

Статтю отримано 22 серпня 2018 р.; прийнято до друку 28 вересня 2018 р.

Анотація. Дослідження структурно-функціональної основи компенсаторно-приспосувальних процесів в нирках є однією з фундаментальних проблем біології і медицини. Мета роботи - висвітлити сучасні погляди на питання компенсації структури та функції при втраті однієї нирки. У науковій літературі йде дискусія про механізми і закономірності розвитку компенсаторних процесів при оперативному видаленні однієї нирки, а також при народженні дитини з агенезією нирки. Раніше вважалося, що нирка, після того як вона сформувалася і виросла, не регенерує й є статичним органом, а заміна відмерлих клітин відбувається тільки за рахунок збільшення інших клітин у розмірі. Як з'ясували тепер вчені, до ділення здатні не тільки стовбурові клітини нирок, а й звичайні клітини епітелію й інших ниркових тканин. Нирка відновлюється протягом усього життя людини. В статті наведені також власні дослідження авторів щодо змін топографічної анатомії нирки після радикальних нефректомії контралатеральної нирки. За допомогою математичного моделювання доведено, що при збільшенні маси нирки за умови, що ширина, довжина та товщина нирки збільшується пропорційно, рух нирки відбувається за рахунок її повороту в площині матеріальної симетрії за годинниковою стрілкою. Наведено характеристики положення єдиної нирки, після нефректомії контралатеральної, у фронтальній, сагітальній і горизонтальній площинах у пацієнтів різних соматотипів на основі магнітно-резонансної томографії.

Ключові слова: єдина нирка, компенсаторно-приспосувальні реакції, структура нирки, топографія нирки.

Компенсаторні та пристосувальні реакції єдиної нирки, після видалення з організму контралатеральної, становлять частину загальної системи пристосування організму у випадках його пошкодження. Відомо, що одностороння нефректомія призводить до збільшення нирки, що залишилася, так званої компенсаторної гіпертрофії. Незважаючи на досить велику кількість робіт, які висвітлюють морфологічні зміни у нирці, що залишилася, єдиної думки про закономірності морфогенезу - компенсаторної гіпертрофії до теперішнього часу немає.

Мета роботи - висвітлити сучасні погляди на питання компенсації структури та функції при втраті однієї нирки.

Питання компенсації структури та функції при втраті однієї нирки представляють інтерес для клінічної практики.

Хворі з єдиною ниркою після нефректомії, перебувають у групі ризику, оскільки зростає небезпека розвитку хронічної хвороби нирок [37], виникнення нирковокам'яної хвороби [43], а це може бути пов'язано з компенсаторною гіпертрофією, структурними та фізіологічними змінами, які призводять до утворення каменів [32]. Збільшення маси часто приводить до нефроптозу. Яке положення займе нирка при цьому, важливо знати для оцінки механізмів розвитку ускладнень. Детальне дослідження анатомії нирки необхідне для оптимізації передопераційного планування та вибору певної оперативної техніки [41].

Провідною ланкою в механізмі компенсаторної гіпертрофії нирки ряд дослідників [1] вважають збільшен-

ня ємності судинної системи. Певною мірою воно відбувається пасивно, в результаті посилення кровотоку масою крові, що призначалася для протилежної нирки. Останнім часом виявлений вплив ендотелію судин та ангіопоетину на інші клітини клубочка [31].

У розвитку компенсаторної гіпертрофії нирки дослідники [21] виділяють три періоди. I період - період після-операційних змін. II період - період відновлення, в якому починається розвиток компенсаторної гіпертрофії та посилення функції єдиної нирки. III період - період максимально вираженої компенсаторної гіпертрофії. Величина об'єму ниркової паренхіми часто визнається як найбільш важливий фактор, що визначає функцію нирки після операції [56, 60].

Однак в останні роки погляди дослідників з даної проблеми стали змінюватися. Оптимістичне ставлення до прояву компенсаторної гіпертрофії змінилося прямо протилежною думкою. Пієлонефрит, уrolітіаз, нефропатія, нефрогенна гіпертонія, складаючи переважну більшість патологій єдиної нирки, в 82% ведуть до розвитку хронічної ниркової недостатності [2, 3]. Обґрунтуванням для цього стали повідомлення низки дослідників, які виявили в тканині гіпертрофічно зміненої нирки ознаки запально-дегенеративного процесу, венозного застою, погіршення умов кровопостачання, зниження швидкості клубочкової фільтрації [29, 42].

Дослідження структурно-функціональної основи компенсаторно-приспосувальних процесів в нирках є однією з фундаментальних проблем біології і медицини. Цій проблемі присвячені численні дослідження клініцистів

і експериментаторів [35]. У науковій літературі йде дискусія про механізми і закономірності розвитку компенсаторних процесів при оперативному видаленні однієї нирки, а також при народженні дитини з агенезією нирки [17, 62]. Питання компенсаторних і пристосувальних реакцій єдиної нирки, після нефректомії контралатеральної, складає частину проблеми пристосування організму при його пошкодженні. На сьогодні кількість нефректомії не зменшується та продовжує залишатися значним як у зрілому віці [59], так і в молодому, тому проблема компенсаторних реакцій організму в періоді до статевого зрілості залишається однією з актуальних [38].

Оцінка адаптаційних механізмів, структурно-функціонального стану єдиної нирки у дітей при вродженій її відсутності або в результаті контралатеральної нефректомії викликає значний науковий інтерес через широкий спектр компенсаторних змін і неоднозначне трактування [31]. Одні дослідники стверджують, що компенсація втрачених функцій єдиної нирки поступово призводить до дегенеративних змін гіпертрофованих нефронів. Інші вважають, що єдина нирка за рахунок резервних нефронів і гіпертрофії органу відносно швидко справляється з новим функціональним режимом [30]. У дітей велику роль у компенсації на першому етапі грають так звані резервні нефрони, завдяки яким стабілізуються функціональні показники єдиної нирки. Однак цей елемент компенсації поступово зникає, тому в наступні роки зростання і розвитку дитячого організму можна розраховувати, як у дорослих пацієнтів, тільки на гіпертрофію нефронів. Це один з етапів пристосувально-компенсаторного процесу, підтверджений морфологічними дослідженнями. У клінічних умовах це підтверджується збільшенням паренхіми нирки [22].

Прогноз для пацієнтів з єдиною вродженою ниркою та після односторонньої нефректомії в дитячому віці є спірним. Експериментальні дослідження на тваринах показують, що компенсаторне збільшення клубочкової фільтрації може привести до прогресуючого пошкодження ниркової тканини і може викликати гіпертонію [39]. Функціональний стан єдиної нирки у дітей нерідко значно порушується, і хронічна ниркова недостатність може наступити вже в дитячому або підлітковому віці [8]. У нирці, що залишилася після нефректомії у дітей, встановлено з допомогою реносонографії [13] нерівномірність проліферативних і фібротично-склеротичних процесів, наявність дисметаболических порушень, тривалі порушення природного пасажу сечі, з віком виникнення клубочкової гіперфільтрації може погіршити наявний гломерулосклероз і привести до ниркової недостатності [55].

У фізіологічних умовах у нирках переважає клітинний тип регенерації. Проте в експериментах на гризунах показано, що вже через 48 годин після часткової нефректомії відбувається різке збільшення мітотичного індексу канальцевих епітеліоцитів [36]. Видалення нирки розвиває компенсаторні пристосування нирки,

що залишилася, (збільшення кровотоку та клубочкової гіперфільтрації), які підтримують функцію на підвищених рівнях і призводять спочатку до гіпертрофії клубочків і канальців нефрону [34, 49], в подальшому відбувається зниження показників швидкості клубочкової фільтрації та кліренсу креатиніну, які у більш віддалені періоди після операції залишаються на 15-25% менше вихідних величин [14].

У ході компенсаторної реакції нирки, що залишилася після нефректомії у статевонезрілих щурів, нами встановлено достовірне зростання показників усіх структурних компонентів нефрону кіркової речовини вже на 7-му добу. В подальшому темп приросту структурних компонентів нефрону: площі ниркового тільця, площі судинного клубочка, площі просвіту капсули, площі проксимального звивистого канальця, площі просвіту проксимального звивистого канальця, площі дистального звивистого канальця, зменшувались зі зростанням строку післяопераційного періоду [18].

Фундаментальні дослідження клітинного циклу та клітинної загибелі стають невід'ємною частиною експериментальних робіт. В останні роки дослідники приділяли увагу в основному цитокінам і ростовим факторам, що синтезуються макрофагами [45]. Оскільки фінальний етап формування таких фізіологічних механізмів канальцевого відділу нефрону у ссавців різних біологічних видів співпадає зі становленням репродуктивної системи організму, важливо дослідити клітинний цикл та фрагментацію ДНК клітин єдиної нирки у статевонезрілих щурів.

При постійно високій захворюваності на нирково-клітинну карциному щороку кількість радикальних нефректомії збільшується [44]. В даний час показаннями до лапароскопічної нефректомії є також всі доброякісні захворювання нирок і сечовивідних шляхів, реноваскулярна гіпертензія з дисплазією нирок, конкременти сечоводу різної локалізації, вдруге зморщена нирка, полікістоз нирки та інші захворювання.

В єдиній нирці відбуваються процеси поетапного розвитку компенсаторної гіпертрофії органу [21]. Досі остаточно не встановлені морфологічні зміни нирки після нефректомії контралатеральної, без чого неможливо визначити терміни становлення механізмів компенсації та критичні періоди їх розвитку, уточнити механізми розвитку функціональної неповноцінності нирки для спрямованої медикаментозної терапії, прогнозувати стан органа тощо [10]. В отриманих даних багаточисленних експериментальних і клінічних спостережень, котрі були спрямовані на визначення закономірностей перебігу компенсаторної гіпертрофії єдиної після нефректомії нирки до цих пір відсутня єдина думка про її морфофункціональний стан.

Пацієнти, яким проведена резекція нирки, страждають від погіршення функції нирок в залежності від обсягу ниркової втрати паренхіми. Деякі дослідники

пропонують переглянути гіпотезу про гіперфункцію контралатеральної нирки, оскільки вона не є клінічно та статистично значущою [27].

Дані літератури з цих питань спірні. Ряд дослідників вважає, що організм з єдиною ниркою ні в чому функціонально не поступається такому, що має дві нирки [53, 57]. Інші вчені доводять, що навіть при відсутності ознак ураження єдиної нирки, пацієнти після нефректомії мають обмежені резерви компенсаторних можливостей [48, 52], особливо після нефректомії з приводу пухлини нирки [35, 38]. Доведений високий ризик розвитку сечокам'яної хвороби у пацієнтів, яким виконали радикальну нефректомію. При експериментальних дослідженнях, темпи утворення каменів після односторонньої нефректомії у щурів на літогенній дієті були вище в порівнянні з контрольними групами з двостороннім функціонуванням нирок. [28]. Оскільки проблема морфофункціонального аналізу компенсаторних реакцій організму мало вивчена та вимагає подальшої розробки [47], нами проведено ультрамікроскопічне дослідження стану єдиної нирки після нефректомії.

Раніше вважалося, що нирка, після того як вона сформувалася і виросла, не регенерує й є статичним органом, а заміна відмерлих клітин відбувається тільки за рахунок збільшення інших клітин в розмірі [46, 54]. Як з'ясували тепер вчені, до ділення здатні не тільки стовбурові клітини нирок, а й звичайні клітини епітелію й інших ниркових тканин [63]. Нирка відновлюється протягом усього життя людини.

За даними клініцистів [4] найбільш загрозливу групу з розвитку хронічної ниркової недостатності представляють пацієнти з єдиною ниркою, а серед них – діти, яким проведена нефректомія з приводу аномалій сечової системи та вторинно зморщеної нирки. Для дітей, які перенесли нефректомію, характерні мікросоматичний соматотип, дисгармонійний фізичний розвиток, що свідчить про недосконалість механізмів специфічного захисту дитини, які не забезпечують функціональну адаптацію організму при змінах зовнішнього середовища [7]. У дітей виявляються хронічні захворювання нирки, обструктивна уропатія та інші розлади, що в прогностичному плані є вкрай несприятливими та вимагають активної нефропротективної терапії даної категорії пацієнтів [5].

Вивчення стану парціальних функцій єдиної нирки у дитини спонукає більшість авторів до висновку про поступове перевантаження єдиної "здорової" нирки, виснаження її компенсаторних можливостей [33, 61]. Вирішальна роль у формуванні компенсаторно-приспосувальної реакції нирки після односторонньої нефректомії належить рівню фізіологічної регенерації органу [58]. Функціональні можливості нирок у дітей до пубертатного віку значно відрізняються як від статево розвинутих юнаків та дівчат, так і від дорослих [6]. Змінюється співвідношення між кірковою та мозковою речовиною, збільшується маса та об'єм нирки.

У ході компенсаторної реакції нирки, що залишилася після нефректомії у статевонезрілих щурів, нами встановлено достовірне зростання показників структурних компонентів нефрону кіркової речовини [19]. Найбільший темп зростання відбувається у семиденний строк після видалення нирки.

Наші дослідження морфометрії кутів нирок у трьох площинах підтверджують висновок прижиттєвого дослідження пацієнтів С.М. Лященко [11] про відсутність статистично значущих відмінностей просторового положення нирок у віковому та статевому аспектах. Разом з тим, ми виявили, що у фронтальній і сагітальній площинах кути нахилу лівої та правої нирки у представників усіх соматотипів статистично значуще відрізнялися.

Нами на основі магнітно-резонансної томографії визначені характеристики положення єдиної нирки, після нефректомії контралатеральної, у фронтальній, сагітальній та горизонтальній площинах у пацієнтів різних соматотипів [20]. У хворих через 2-5 років після видалення контралатеральної нирки нами спостерігалися статистично значуще менші кути нахилу правої єдиної нирки у фронтальній площині порівняно параметрами у осіб з двома нирками, які не мали захворювань нирок та сечових шляхів [51]. Кути нахилу правої та лівої єдиних нирок хворих усіх соматотипів у горизонтальній площині статистично значуще більші порівняно параметрами у осіб з двома нирками, які не мали захворювань нирок та сечових шляхів. Кути нахилу лівої єдиної нирки хворих усіх соматотипів у сагітальній площині статистично значуще менші, ніж параметри правої єдиної нирки.

Більші значення кутів нахилу правої нирки дослідники пояснюють тиском правої частки печінки на верхній полюс правої нирки [12].

Дослідження взаємозв'язків топографоанатомічного положення нирки з типами статури людини представляють клінічний інтерес. Опущення нирки в поєднанні з патологічною ротацією внаслідок топографоанатомічних особливостей супроводжується гемодинамічними порушеннями [26] та розвитком сечокам'яної хвороби. Яке положення займе нирка при цьому, важливо знати для оцінки механізмів розвитку ускладнень. Проведене нами математичне моделювання показало, що збільшення ваги нирки приводить до її переміщення вниз вздовж осі нирки та зменшення кута у фронтальній проекції нирки, причому змінюються і фізичні властивості середовища в якому знаходиться нирка [50]. Доведено, що при збільшенні маси нирки за умови, що ширина, довжина та товщина нирки збільшується пропорційно, рух нирки відбувається за рахунок її повороту в площині матеріальної симетрії за годинниковою стрілкою.

Єдина функціонуюча нирка компенсаторно збільшується, так як бере на себе роль втраченого органу: це пояснює збільшення частоти запальних процесів та інших ускладнень, які супроводжують перебіг хворо-

би. Нефроптоз єдиної нирки після нефректомії частіше всього спостерігається у жінок екоморфного соматотипу. Як у жінок, так і у чоловіків частіше виникає опущення правої нирки [15]. У залежності від стадії опущення нирки погіршується її азотовидільна функція та підвищується рівень артеріального тиску [9].

Застосування комп'ютерної томографії для вивчення заочеревинного простору після нефректомії показало, що при видаленні лівої нирки найбільше змінює своє положення хвіст підшлункової залози, а після видалення правої - печінковий вигин ободової кишки [16]. Встановлено, що після нефректомії основним вектором зміщення органів дорсальний і медіальний напрямок, а також переміщення деяких органів краніально [11]. Визначено також просторове положення нирок у заочеревинному просторі у нормі. Нирки утворюють кути в трьох площинах: фронтальній, горизонтальній та сагітальній, при цьому вісь нирки спрямована вниз назовні і вперед [12]. На сьогодні залишаються невивченими зміни топографічної анатомії нирки після радикальних нефректомії контралатеральної нирки. Як показали попередні дослідження, розміри нирки, що залишилася, значно відрізняються у людей різних соматотипів та статтю, але не залежать від віку [40].

Кількісний аналіз положення ЄН у трьох координатних площинах дає можливість прогнозування виникнення хвороб нирки [24]. Проведено дослідження, які підтвердили взаємозв'язок гемодинамічних порушень

при нефроптозі з розподілом хворих за ступенем опущення нирки. Результати кореляційного, кластерного і дискримінантного аналізу показали, що більш тісний взаємозв'язок спостерігається між гемодинамічними порушеннями і ступенем ротації нирки [26]. Ряд вчених вважає, що ротація нирки є більш суттєвим фактором, що впливає на стан хворого, ніж її опущення [23].

Висновки та перспективи подальших розробок

1. Більшість авторів схиляється до висновку про поступове перевантаження єдиної "здорової" нирки, виснаження її компенсаторних можливостей.

2. Найбільш часто вторинні захворювання нирки розвиваються через 1-4 роки після нефректомії з контралатерального боку.

3. Доведено, що при збільшенні маси нирки за умови, що ширина, довжина та товщина нирки збільшуються пропорційно, рух нирки відбувається за рахунок її повороту в площині матеріальної симетрії за годинниковою стрілкою.

4. Експериментально встановлено достовірне зростання показників усіх структурних компонентів нефрону кіркової речовини вже на 7-му добу після видалення нирки.

У подальшому перспективно дослідити кореляційну залежність між зміною положення нирки та виникненням сечокам'яної хвороби єдиної нирки.

Список посилань

- Аляев, Ю. Г., Варшавский, В. А. & Ахведиани, Н. Д. (2010). Современные аспекты гистоморфологических методов исследования при заболеваниях почек. *Материалы Пленума Российского Общества урологов*, 11-14.
- Бажина, О. В., Иванов, А. П. & Тюзиков, И. А. (2010). Роль нефропатии в нарушении функции единственной почки. *Инфекции мочевых путей у взрослых и детей: сб. материалов V Межрегиональной научно-практ. конференции*, 10-11 июня 2010 г. (с. 9-10). Ярославль: [б.и.].
- Иванов, А. П. & Тюзиков, И. А. (2011). Нефрэктомия в современных условиях: причины и дальнейшая судьба больных с единственной почкой. *Фундаментальные исследования*, 7, 64-66. Взято с <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=26725>.
- Иванова, И. Е., Родионов, В. А., Трефилов, А. А. & Лаврентьева, И. Н. (2010). Региональные особенности хронической болезни почек у детей Чувашии. *Вестник Чувашского университета*, 3, 109-114. Взято с <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnye-osobennosti-hronicheskoy-bolezni-pochek-u-detey-chuvashii>.
- Игнатова, М. С., Лебеденкова, М. В., Длин, В. В., & Турпитко, О. Ю. (2009). Хронические болезни почек в детском возрасте. *Нефрология и диализ*, 11 (4), 315-319.
- Квятковский, Е. А. & Квятковская, Т. А. (2005). *Ультрасонография и доплерография в диагностике заболеваний почек*. Днепропетровск: Новая идеология. ISBN 966-8050-15-0.
- Красных, Л. В. (2008). Исследование физического развития детей с единственной почкой. *Вестник новых медицинских технологий*, XV (4), 77-79. ISSN 1609-2163.
- Кундин, В. Ю. (2014) Комплексна радіонуклідна оцінка структурно-функціонального стану єдиної нирки в дітей. *Український журнал нефрології та діалізу*, 2 (42), 19-24. Взято з http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uzhn_2014_2_5.
- Купрін, Д. І., Бобрик, М. І. & Комісаренко, Ю. І. (2018) Оцінка фільтраційно-екскреторної функції єдиної нирки у пацієнтів із сечокам'яною хворобою на тлі цукрового діабету 2-го типу. *International Journal of Endocrinology*, 14 (4), 334-338. DOI: <http://dx.doi.org/10.22141/2224-0721.14.4.2018.140186>.
- Лазарев, К. Л., Сатаева, Т. П. & Захарова, А. Н. (2009). Сравнительные биохимические аспекты состояния компенсаторных процессов при нефрэктомии в условиях моделирования хронической алкогольной нефропатии. *Актуальные проблемы современной медицины: Вісник української медичної стоматологічної академії*, 9 (4), 77-80. ISSN 2077-1096; ISSN 2077-1126.
- Лященко, С. Н., Чемезов, С. В., Лященко, Д. Н. & Сафронова, Ю. В. (2017). Компьютерно-томографическая анатомия брюшного пространства в норме и после нефрэктомии. *Морфология*, 5, 74-79. Взято с <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=362122>.
- Лященко, С. Н. (2014). Клиническая анатомия и особенности топографии фасций брюшного пространства и почек. *Наука молодых*, 3, 30-38. Взято с <http://naukamolod.rzgm.ru/art/92>.
- Максєва, Н. І. & Підвальна, Н. А. (2015). Ультразвукова характеристика структурно-тканинних змін єдиної нирки в дітей. *Педіатрія*, 2, 40-42. Взято з http://nbuv.gov.ua/UJRN/appatg_2015_2_12.
- Марченко, Т. В., Морозов, Ю. А. & Долецкая, Л. Г. (2014). Функциональное состояние единственной почки после нефрэктомии у живых доноров родственной почки: так

- ли все просто? *Почки*, 1 (07), 14-17. Взято с http://nbuv.gov.ua/UJRN/nirku_2014_1_7.
15. Монастирський, В. М., Півторак, В. І. & Суходоля, С. А. (2018). Компенсаторні та пристосувальні реакції єдиної нирки після нефректомії контралатеральної. *Світ медицини та біології*, 3 (65), 170-173. doi: 10.26724/2079-8334-2018-3-65-170-173.
 16. Моница, Ю. В. & Чemezov, С. В. (2014). Особенности компьютерно-томографической анатомии забрюшинного пространства после нефректоми. *Креативная хирургия и онкология*, 3, 52-54. Взято с <https://www.surgonco.ru/jour/article/view/28/29#>.
 17. Опарин, А. А., Федченко, Ю. Г., Кореновский, И. П. & Новохатня, А. Е. (2016). Ультразвуковое исследование почек в норме и патологии. *Східноєвропейський журнал внутрішньої та сімейної медицини*, 1, 57-67. Взято з <http://www.internalmed-journal.in.ua/en/archives/590>.
 18. Півторак, В. І. & Монастирський, В. М. (2015). Електронно-мікроскопічні зміни єдиної нирки, що залишилися після нефректомії контралатеральної, у статевозрілих щурів. *Вісник проблем біології і медицини*, 2 (4), 250-254. Взято з http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpbm_2015_2%284%29_58.
 19. Півторак, В. І. & Монастирський, В. М. (2015). Особливості структурних компонентів нефрона кіркової речовини єдиної нирки у нестатевозрілих щурів. *Галицький лікарський вісник*, 22, 3 (2), 43-46. ISSN print 2306-4285; ISSN online 2414-1518 (укр), 2306-4285 (англ).
 20. Півторак, В. І. & Монастирський, В. М. (2018). Особливості топографії єдиної нирки після видалення контралатеральної. *Патологія*, 15(2), 236-241. doi: 10.14739/2310-1237.2018.2.141369.
 21. Сатаева, Т. П., Лазарев, К. Л., Захарова, А. Н., & Житова, В. А. (2009). Состояние компенсаторных процессов в единственной почке и уровень перекисного окисления в плазме крови в эксперименте. *Таверический медико-биологический вестник*, 12 (3), 110-113. Взято с <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/25319>.
 22. Стахурлова, Л. И., Ситникова, В. П., Красных, Л. В. & Швырев, А. П. (2008). Исследование функционального почечного резерва у больных с единственной почкой. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*, 7 (4), 865-868. ISSN 1682-6523.
 23. Татевосян, А. С., Тонян, А. Г., Халафян, А. А. & Шарпан, М. В. (2005). Статистический анализ критериев оценки патологической подвижности почки. *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества*, 1, 85-91. ISSN 1729-5459.
 24. Татевосян, А. С., Тонян, А. Г. & Халафян, А. А. (2013). Патогенетические аспекты осложненного течения патологической подвижности почки. *Урология*, (2), 24-27. Взято с <https://urologyjournal.ru/ru/archive/article/11617>.
 25. Тонян, А. Г., Медведев, В. Л., Татевосян, А. С., Тонян, С. А. & Бутаева, С. Г. (2015). Зависимость систолического артериального давления от позиционных изменений магистрального венозного кровотока почки. *Артериальная гипертензия*, 21 (5), 477-486. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-5-477-486>.
 26. Тонян, А. Г., Татевосян, А. С., Халафян, А. А., Медведев, В. Л. & Поморцев, А. В. (2015). Функциональные лучевые методы исследований в диагностике патологической подвижности почки. *Исследования и практика в медицине*, 2 (3), 43-50. DOI: 10.17709/2409-2231-2015-2-3-43-50.
 27. Antoniewicz, A. A., Poletajew, S., Borowka, A., Pasierski, T., Rostek, M. & Pikto-Pietkiewicz, W. (2012). Renal function and adaptive changes in patients after radical or partial nephrectomy. *International urology and nephrology*, 44 (3), 745-751. doi: 10.1007/s11255-011-0058-z.
 28. Bagrodia, A., Malcolm, J. B., DiBlasio, C. J., Mehrazin, R., Patterson, A. L., Wake, R. W. ... Derweesh, I. H. (2010). Variation in the incidence of and risk factors for the development of nephrolithiasis after radical or partial nephrectomy. *BJU international*, 106 (8), 1200-1204. doi: 10.1111/j.1464-410X.2010.09246.x.
 29. Chapman, D., Moore, R., Klarenbach, S. & Braam, B. (2010). Residual renal function after partial or radical nephrectomy for renal cell carcinoma. *Canadian Urological Association Journal*, 4 (5), 337. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2950769/>.
 30. Chen, J. K., Chen, J., Thomas, G., Kozma, S. C. & Harris, R. C. (2009). S6 kinase 1 knockout inhibits uninephrectomy-or diabetes-induced renal hypertrophy. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 297 (3), F585-F593. doi:10.1152/ajprenal.00186.2009.
 31. Chiang, W. C., Lai, C. F., Su, C. T., Peng, W. H., Wu, C. F., Chang, F. C. ... Lu, K. S. (2013). Angiopoietins modulate endothelial adaptation, glomerular and podocyte hypertrophy after uninephrectomy. *PLoS one*, 8 (12), e82592. doi.org/10.1371/journal.pone.0082592.
 32. Cleper, R. (2018). Solitary kidney - is it too little? *Harefuah*, 157 (1), 58-62. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29374876>.
 33. Cozzi, D. A. & Zani, A. (2006). Nephron-sparing surgery in children with primary renal tumor: indications and results. *Seminars in pediatric surgery*, 15 (1), 3-9. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2005.11.002.
 34. Donckerwolcke, R. M. & Coppes, M. J. (2001). Adaptation of renal function after unilateral nephrectomy in children with renal tumors. *Pediatric nephrology*, 16 (7), 568-574. doi.org/10.1007/s004670100615.
 35. Etafy, M., Saleh, F., Aal, M. A., Gawish, M. & Morsy, G. (2015). Comparison of renal function following donor nephrectomy versus radical nephrectomy for renal tumor. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*, 26 (2), 238-242. <http://www.sjkd.org/text.asp?2015/26/2/238/152401>.
 36. Fujigaki, Y. (2012). Different modes of renal proximal tubule regeneration in health and disease. *World journal of nephrology*, 1 (4), 92-99. doi: 10.5527/wjn.v1.i4.92.
 37. Godron-Dubrasquet, A., Didaiier, C., Harambat, J., & Llanas, B. (2017). Solitary kidney: Management and outcome. *Archives de pediatrie: organe officiel de la Societe francaise de pediatrie*, 24 (11), 1158-1163. doi: 10.1016/j.arcped.2017.08.016.
 38. Huang, W. C., Levey, A. S., Serio, A. M., Snyder, M., Vickers, A. J., Raj, G. V. ... & Russo, P. (2006). Chronic kidney disease after nephrectomy in patients with renal cortical tumours: a retrospective cohort study. *The lancet oncology*, 7 (9), 735-740. doi: 10.1016/S1470-2045(06)70803-8.
 39. Inui, Y., Mochida, H., Yamairi, F., Okada, M., Ishida, J., Fukamizu, A. & Arakawa, K. (2013). Effects of aging and uninephrectomy on renal changes in Tsukuba hypertensive mice. *Biomedical reports*, 1 (3), 359-364. doi.org/10.3892/br.2013.74.
 40. Johnson, S., Rishi, R., Andone, A., Khawandi, W., Al-Said, J., Gletsu-Miller, N., ... O'Neill, W. C. (2011). Determinants and functional significance of renal parenchymal volume in adults. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 6 (1), 70-76. doi: 10.2215/CJN.00030110.
 41. Klatte, T., Ficarra, V., Gratzke, C., Kaouk, J., Kutikov, A., Macchi, V. ... Russo, P. (2015). A literature review of renal surgical anatomy and surgical strategies for partial nephrectomy. *European urology*, 68 (6), 980-992. doi: 10.1016/j.eururo.2015.04.010.
 42. Krebs, R. K., Andreoni, C. & Ortiz, V. (2014). Impact of radical and partial nephrectomy on renal function in patients with renal cancer. *Urologia internationalis*, 92(4), 449-454. doi.org/10.1159/000355609.

43. Kupajski, M., Tkocz, M. & Ziaja, D. (2012). Modern management of stone disease in patients with a solitary kidney. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*, 7 (1), 1-7. doi: 10.5114 / witm.2011.25641.
44. Li, W., Cheng, Y., Cheng, Y., Ren, H. & Han, N. (2014). Clinical efficacy of radical nephrectomy versus nephron-sparing surgery on localized renal cell carcinoma. *European journal of medical research*, 19 (1), 58-64. doi: 10.1186/s40001-014-0058-4.
45. Lin, S. L., Li, B., Rao, S., Yeo, E. J., Hudson, T. E., Nowlin, B. T. ... Pollard, J. W. (2010). Macrophage Wnt7b is critical for kidney repair and regeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (9), 4194-4199. doi: 10.1073 / pnas.0912228107.
46. Little, M. H. (2006). Regrow or repair: potential regenerative therapies for the kidney. *Journal of the American Society of Nephrology*, 17 (9), 2390-2401. doi: 10.1681 / ASN.2006030218.
47. Mahmoud, H., Buchanan, C., Francis, S. T. & Selby, N. M. (2016). Imaging the kidney using magnetic resonance techniques: structure to function. *Current opinion in nephrology and hypertension*, 25 (6), 487-493. doi: 10.1097 / MNH.0000000000000266.
48. Malcolm, J. B., Bagrodia, A., Derweesh, I. H., Mehrazin, R., Diblasio, C. J., Wake, R. W., Wan, J. Y. & Patterson, A. L. (2009). Comparison of rates and risk factors for developing chronic renal insufficiency, proteinuria and metabolic acidosis after radical or partial nephrectomy. *B.J.U. Int.*, 104 (4), 476-481. doi: 10.1111 / j.1464-410X.2009.08376.x.
49. Mavinkurve-Groothuis, A. M., van de Kracht, F., Westland, R., van Wijk, J. A., Loonen, J. J. & Schreuder, M. F. (2016). Long-term follow-up of blood pressure and glomerular filtration rate in patients with a solitary functioning kidney: a comparison between Wilms tumor survivors and nephrectomy for other reasons. *Pediatric Nephrology*, 31 (3), 435-441. doi:10.1007 / s00467-015-3215-2.
50. Monastirskiy, V. M., Pivtorak, V. I. & Fedotov, V. A. (2017). Modeling of possible movements of a single human kidney. *Deutscher Wissenschaftsherald*, 5, 31-33. doi://dwherald.de/onewebmedia/2017/5-2017/Monastirskiy%2031-33.pdf.
51. Monastirskiy, V. M. & Pivtorak, V. I. (2018). Somatotypological features of topographic kidney anatomy of patients without any kidney and urinary tract diseases. *Biomedical and biosocial anthropology*, 30, 56-61. doi: 10.31393 / bba30-2018-08.
52. Orsic, V., Mihalj, M., Mogus, M., Mihalj, H., Jakic, M., Heffer-Lauc, M. ... Zibar, L. (2011). Impaired kidney function in rats six months after unilateral nephrectomy - an old story, a new perspective. *Medicinski Glasnik*, 8 (2), 185-191. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21849937>.
53. Reddy, S. K. V., Guleria, S., Okechukwu, O., Sagar, R., Bhowmik, D. & Mahajan, S. (2011). Live related donors in India: Their quality of life using world health organization quality of life brief questionnaire. *Indian journal of urology: IJU: journal of the Urological Society of India*, 27 (1), 25-29. doi: 10.4103 / 0970-1591.78411.
54. Rosenblum, N. D. (2008). Developmental biology of the human kidney. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 13 (3), 125-132. doi: 10.1016 / j.siny.2007.10.005.
55. Saxena, A. B., Myers, B. D., Derby, G., Blouch, K. L., Yan, J., Ho, B. & Tan, J. C. (2006). Adaptive hyperfiltration in the aging kidney after contralateral nephrectomy. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 291 (3), F629-F634. doi:10.1152/ajprenal.00329.2005.
56. Sharma, N., O'Hara, J., Novick, A. C., Lieber, M., Remer, E. M., & Herts, B. R. (2008). Correlation between loss of renal function and loss of renal volume after partial nephrectomy for tumor in a solitary kidney. *The Journal of urology*, 179 (4), 1284-1288. doi: 10.1016 / j.juro.2007.11.071.
57. Shrestha, A., Vallance, C., McKane, W. S., Shrestha, B. M., & Raftery, A. T. (2008). Quality of life of living kidney donors: a single-center experience. *Transplantation proceedings*, 40(5), 1375-1377. doi: 10.1016/j.transproceed.2008.03.132.
58. Su, M. Y. M., Huang, K. H., Chang, C. C., Wu, V. C., Wu, W. C., Liu, K. L. & Tseng, W. Y. I. (2015). MRI evaluation of the adaptive response of the contralateral kidney following nephrectomy in patients with renal cell carcinoma. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 41 (3), 822-828. doi: 10.1002 / jmri.24596.
59. Tan, H.-J., Norton, E. C., Ye, Z., Hafez, K. S., Gore, J. L. & Miller, D. C. (2012). Long-term survival following partial versus radical nephrectomy among older patients with early-stage kidney cancer. *JAMA*, 307 (5), 1629-1635. doi: 10.1001 / jama.2012.475.
60. Thompson, R. H., Lane, B. R., Lohse, C. M., Leibovich, B. C., Fergany, A., Frank, I. ... Campbell, S. C. (2012). Renal function after partial nephrectomy: effect of warm ischemia relative to quantity and quality of preserved kidney. *Urology*, 79 (2), 356-360. doi: 10.1016 / j.urol.2011.10.031.
61. Timsit, M. O., Nguyen, K. N., Rouach, Y., Elie, C., Loupy, A., Fournier, C. ... Mejean, A. (2012). Kidney function following nephrectomy: similitude and discrepancies between kidney cancer and living donation. *Urol. Oncol.*, 30 (4), 482-486. doi: 10.1016 / j.urolonc.2010.04.005.
62. van Vuuren, S. H., Sol, C. M., Broekhuizen, R., Lilien, M. R., Oosterveld, M. J., Nguyen, T. Q. ... de Jong, T. P. (2012). Compensatory growth of congenital solitary kidneys in pigs reflects increased nephron numbers rather than hypertrophy. *PLoS One*, 7 (11), e49735. doi: 10.1371 / journal.pone.0049735.
63. Yang, L., Besschetnova, T. Y., Brooks, C. R., Shah, J. V. & Bonventre, J. V. (2010). Epithelial cell cycle arrest in G2/M mediates kidney fibrosis after injury. *Nature medicine*, 16 (5), 535-543. doi: 10.1038 / nm.2144.

References

1. Alyaev, Yu. G., Varshavskiy, V. A. & Ahvlediani, N. D. (2010). Sovremennyye aspekty gistomorfologicheskikh metodov issledovaniya pri zabolevaniyah pochek [Modern aspects of histomorphological research methods for kidney diseases]. *Materialy Plenuma Rossiyskogo Obschestva urologov - Materials of the Plenum of the Russian Society of Urology*, 11-14.
2. Bazhina, O. V., Ivanov, A. P., & Tyuzikov, I. A. (2010). Rol nefropatii v narushenii funktsii edinstvennoy pochki [The role of nephropathy in the violation of the function of a single kidney]. *Infektsii mochevyih putey u vzroslykh i detey: sb. materialov v Mezhrregionalnoy nauchno-prakt. konferentsii* (Yaroslavl, 10-11 iyunya 2010 g.). (pp. 9-10). Yaroslavl: [w. publ.].
3. Ivanov, A. P. & Tyuzikov, I. A. (2011). Nefrektomiya v sovremennykh usloviyakh: prichiny i dalneyshaya sudba bolnykh s edinstvennoy pochkoy [Nephrectomy in modern conditions: causes and further fate of patients with a single kidney]. *Fundamentalnye issledovaniya - Basic research*, (7), 64-66. Vzyato s <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=26725>.
4. Ivanova, I. E., Rodionov, V. A., Trefilov, A. A., & Lavrenteva, I. N. (2010). Regionalnye osobennosti hronicheskoy bolezni pochek u detey Chuvashii [Regional features of chronic kidney disease in children of Chuvashia]. *Vestnik Chuvashskogo universiteta - Bulletin of the Chuvash University*, (3), 109-114. Vzyato s <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnye-osobennosti-hronicheskoy-bolezni-pochek-u-detey-chuvashii>.

5. Ignatova, M. S., Lebedenkova, M. V., Dlin, V. V. & Turpitko, O. Yu. (2009). Hronicheskie bolezni pochek v detskom vozraste [Chronic kidney disease in childhood]. *Nefrologiya i dializ - Nephrology and dialysis*, 11 (4), 315-319.
6. Kvyatkovskiy, E. A. & Kvyatkovskaya, T. A. (2005). *Ultrasonografiya i dopplerografiya v diagnostike zabolevaniy pochek [Ultrasonography and Doppler in the diagnosis of kidney disease]*. Dnepropetrovsk: Novaya ideologiya - Dnepropetrovsk: New Ideology. ISBN 966-8050-15-0.
7. Krasnyih, L. V. (2008). Issledovanie fizicheskogo razvitiya detey s edinstvennoy pochkoy [Study of the physical development of children with a single kidney]. *Vestnik novykh meditsinskih tekhnologiy - Bulletin of new medical technologies*, XV (4), 77-79. ISSN 1609-2163.
8. Kundin, V. Yu. (2014). Kompleksna radionuklidna otsinka strukturno-funktsionalnogo ctanu yedynoi nyrky v ditei [Comprehensive radionuclide evaluation of the structural-functional cetana of a single kidney in children]. *Ukrainskyi zhurnal nefrologii ta dializu - Ukrainian Journal of Nephrology and Dialysis*, 2(42), 19-24. Vzyato z http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uzhn_2014_2_5.
9. Kuprin, D. I., Bobryk, M. I. & Komisarenko, Y. I. (2018). Otsinka filtratsiino-ekskretornoj funktsii yedynoi nyrky u patsiiientiv iz sechokamianoju khvoroboju na tli tsukrovoho diabetu 2-ho typu [Evaluating the excretory function of solitary kidney in patients with urolithiasis on a background of type 2 diabetes mellitus]. *International Journal of Endocrinology*, 14 (4), 334-338. doi: <http://dx.doi.org/10.22141/2224-0721.14.4.2018.140186>.
10. Lazarev, K. L., Sataeva, T. P. & Zaharova, A. N. (2009). Sravnitelnyie biohimicheskie aspektyi sostoyaniya kompensatornykh protsessov pri nefrektomii v usloviyah modelirovaniya hronicheskoy alkogolnoy nefropatii [Comparative biochemical aspects of the state of compensatory processes in nephrectomy in terms of modeling chronic alcoholic nephropathy]. *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny: Visnyk ukrainskoi medychnoi stomatolohichnoi akademii - Actual problems of modern medicine: Bulletin of the Ukrainian Medical Stomatological Academy*, 9(4-3 (28)), 77-80. ISSN 2077-1096; ISSN 2077-1126.
11. Lyashchenko, S. N., Chemezov, S. V., Lyashchenko, D. N. & Safronova, Yu. V. (2017). Kompyuterno-tomograficheskaya anatomiya zabryushinnogo prostranstva v norme i posle nefrektomii [Computer-tomographic anatomy of retroperitoneal space in norm and after nephrectomy]. *Morfologiya - Morphology*, 5, 74-79. Vzyato s <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=362122>.
12. Lyaschenko, S.N. (2014). Klinicheskaya anatomiya i osobennosti topografii fastsiy zabryushinnogo prostranstva i pochek [Clinical anatomy and features of topography of the retroperitoneal space and kidney fascia]. *Nauka molodyh - Eruditio Juvenium*, 3, 30-38. Vzyato s <http://naukamolod.rzgmu.ru/art/92>.
13. Makieieva, N. I., & Pidvalna, N. A. (2015). Ultrazvukova kharakterystyka strukturno-tkanyynykh zmin yedynoi nyrky v ditei [Ultrasound characteristic of structural and tissue changes of a single kidney in children]. *Pediatrica - Pediatrics*, 2, 40-42. Vzyato z http://nbuv.gov.ua/UJRN/appatg_2015_2_12.
14. Marchenko, T. V., Morozov, Yu. A., & Doletskaya, L. G. (2014). Funktsionalnoe sostoyanie edinstvennoy pochki posle nefrektomii u zhiviyh donorov rodstvennoy pochki: tak li vse prosto? [The functional state of a single kidney after nephrectomy in living donors of a related kidney: is it all so simple?]. *Pochki - Kidney*, 1 (07), 14-17. Vzyato s http://nbuv.gov.ua/UJRN/nirku_2014_1_7.
15. Monastirskiy, V.M., Pivtorak, V.I., & Suxodolya, S.A. (2018). Kompensatori ta prystosovalni reakciyi yedynoyi nyrky pislya nefrektomiyi kontralateralnoyi [Compensatory and adaptive reactions of a single kidney after contralateral nephrectomy]. *Svit medycyny ta biologiyi - World of Medicine and Biology*, 3 (65), 170-173. doi: 10.26724/2079-8334-2018-3-65-170-173.
16. Monina Yu.V. & Chemezov S.V. (2014). Osobennosti kompyuterno-tomograficheskoy anatomii zabryushinnogo prostranstva posle nefrektomiy [Features of computer tomographic anatomy of retroperitoneal space after nephrectomy]. *Kreativnaya hirurgiya i onkologiya - Creative Surgery and Oncology*, 3, 52-54. Vzyato s <https://www.surgonco.ru/jour/article/view/28/29#>.
17. Oparin, A. A., Fedchenko, Yu. G., Korenovskiy, I. P. & Novohatnyaya, A. E. (2016). Ultrazvukovoe issledovanie pochek v norme i patologii. [Ultrasound examination of the kidneys in norm and pathology]. *Skhidnoevropeyskiy zhurnal vnutrishnoi ta simeinoi medytsyny - Eastern European Journal of Internal and Family Medicine*, 1, 57-67. Vzyato z <http://www.internalmed-journal.in.ua/en/archives/590>.
18. Pivtorak, V. I. & Monastirskiy, V. M. (2015). Elektronno-mikroskopichni zminy yedynoyi nyrky, shho zalyshylasya pislya nefrektomiyi kontralateralnoyi, u statevonezrylykh shhuriv [Electron Microscopic Changes Only Kidney, Remaining after the Contralateral Nephrectomy, in Immature Rats]. *Visnyk problem biologii i medytsyny - Bulletin of Biology and Medicine*, 2 (4), 250-254. Vzyato z http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpbm_2015_2%284%29_58.
19. Pivtorak, V. I., & Monastirskiy, V. M. (2015). Osoblyvosti strukturnykh komponentiv nefrona kirkovoi rechovyny yedynoi nyrky u nestatevozrylykh shhuriv [Features of Structural Components of the Nephron of Renal Cortex of the Solitary Kidney in Immature Rats]. *Halytskyi likarskyi visnyk - Galician Medicinal Herald*, 22, 3 (2), 43-46. ISSN print 2306-4285; ISSN online 2414-1518 (ukr), 2306-4285 (engl).
20. Pivtorak, V. I. & Monastirskiy, V. M. (2018). Osoblyvosti topografiyi yedynoyi nyrky pislya vydalennya kontralateralnoyi [Features of the topography of a single kidney after removal of contralateral one]. *Patologiya - Pathology*, 15 (2), 236-241. doi: 10.14739/2310-1237. 2018.2.141369.
21. Sataeva, T. P., Lazarev, K. L., Zaharova, A. N., & Zhitova, V. A. (2009). Sostoyanie kompensatornykh protsessov v edinstvennoy pochke i uroven perekisnogo okisleniya v plazme krovi v eksperimente [The state of compensatory processes in a single kidney and the level of peroxidation in the blood plasma in the experiment]. *Tavrcheskiy mediko-biologicheskii vestnik - Tauride Medical-Biological Herald*, 12 (3), 110-113. Vzyato s <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/25319>.
22. Stahurlova, L. I., Sitnikova, V. P., Krasnyih, L. V. & Shvyirev, A. P. (2008). Issledovanie funktsionalnogo pochechnogo rezerva u bolnykh s edinstvennoy pochkoy [Study of the functional renal reserve in patients with a single kidney]. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskih sistemah - System analysis and management in biomedical systems*, 7(4), 865-868. ISSN 1682-6523.
23. Tatevosyan, A. S., Tonyan, A. G., Halafyan, A. A. & Sharpan, M. V. (2005). Statisticheskii analiz kriteriev otsenki patologicheskii podvizhnoy pochki [Statistical analysis of evaluation criteria for pathologically motile kidney]. *Ekologicheskii vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva - Ecological Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation*, 1, 85-91. ISSN 1729-5459.
24. Tatevosyan, A.S., Tonyan, A.G. & Halafyan, A. A. (2013). Patogeneticheskie aspektyi oslozhnennogo techeniya patologicheskoy podvizhnosti pochki [Pathogenetic aspects of the complicated course of the pathological mobility of the kidney]. *Urologiya - Urology*, 2, 24-27. Vzyato s <https://urologyjournal.ru/ru/archive/article/11617>.

25. Tonyan, A. G., Medvedev, V. L., Tatevosyan, A. S., Tonyan, S. A. & Butaeva, S. G. (2015). Zavisimost sistolicheskogo arterialnogo davleniya ot pozitsionnykh izmeneniy magistralnogo venoznogo krovotoka pochki [The association between systolic blood pressure and positional changes of the main renal venous blood flow]. *Arterialnaya gipertenziya - Arterial Hypertension*, 21 (5), 477-486. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-5-477-486>.
26. Tonyan, A. G., Tatevosyan, A. S., Khalapyan, A. A., Medvedev, V. L. & Pomortsev, A. V. (2015). Funktsionalnye luchevye metody issledovaniy v diagnostike patologicheskoy podvizhnosti pochki [Functional beam research methods in the diagnosis of abnormal mobility of kidney]. *Issled. prakt. Med. - Research and practice in medicine*, 2 (3), 43-50. DOI: 10.17709/2409-2231-2015-2-3-43-50.
27. Antoniewicz, A. A., Poletajew, S., Borowska, A., Pasierski, T., Rostek, M. & Pikto-Pietkiewicz, W. (2012). Renal function and adaptive changes in patients after radical or partial nephrectomy. *International urology and nephrology*, 44 (3), 745-751. doi: 10.1007/s11255-011-0058-z.
28. Bagrodia, A., Malcolm, J. B., DiBlasio, C. J., Mehrazin, R., Patterson, A. L., Wake, R. W. ... Derweesh, I. H. (2010). Variation in the incidence of and risk factors for the development of nephrolithiasis after radical or partial nephrectomy. *BJU international*, 106 (8), 1200-1204. doi: 10.1111/j.1464-410X.2010.09246.x.
29. Chapman, D., Moore, R., Klarenbach, S. & Braam, B. (2010). Residual renal function after partial or radical nephrectomy for renal cell carcinoma. *Canadian Urological Association Journal*, 4 (5), 337. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2950769/>.
30. Chen, J. K., Chen, J., Thomas, G., Kozma, S. C. & Harris, R. C. (2009). S6 kinase 1 knockout inhibits uninephrectomy-or diabetes-induced renal hypertrophy. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 297 (3), F585-F593. doi:10.1152/ajprenal.00186.2009.
31. Chiang, W. C., Lai, C. F., Su, C. T., Peng, W. H., Wu, C. F., Chang, F. C. ... Lu, K. S. (2013). Angiopoietins modulate endothelial adaptation, glomerular and podocyte hypertrophy after uninephrectomy. *PLoS one*, 8 (12), e82592. doi.org/10.1371/journal.pone.0082592.
32. Cleper, R. (2018). Solitary kidney - is it too little? *Harefuah*, 157 (1), 58-62. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29374876>.
33. Cozzi, D. A. & Zani, A. (2006). Nephron-sparing surgery in children with primary renal tumor: indications and results. *Seminars in pediatric surgery*, 15 (1), 3-9. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2005.11.002.
34. Donckerwolcke, R. M. & Coppes, M. J. (2001). Adaptation of renal function after unilateral nephrectomy in children with renal tumors. *Pediatric nephrology*, 16 (7), 568-574. doi.org/10.1007/s004670100615.
35. Eftay, M., Saleh, F., Aal, M. A., Gawish, M. & Morsy, G. (2015). Comparison of renal function following donor nephrectomy versus radical nephrectomy for renal tumor. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*, 26 (2), 238-242. <http://www.sjkdt.org/text.asp?2015/26/2/238/152401>.
36. Fujigaki, Y. (2012). Different modes of renal proximal tubule regeneration in health and disease. *World journal of nephrology*, 1 (4), 92-99. doi: 10.5527/wjn.v1.i4.92.
37. Godron-Dubrasquet, A., Didailler, C., Harambat, J., & Llanas, B. (2017). Solitary kidney: Management and outcome. *Archives de pediatrie: organe officiel de la Societe francaise de pediatrie*, 24 (11), 1158-1163. doi: 10.1016/j.arcped.2017.08.016.
38. Huang, W. C., Levey, A. S., Serio, A. M., Snyder, M., Vickers, A. J., Raj, G. V. ... & Russo, P. (2006). Chronic kidney disease after nephrectomy in patients with renal cortical tumours: a retrospective cohort study. *The lancet oncology*, 7 (9), 735-740. doi: 10.1016/S1470-2045(06)70803-8.
39. Inui, Y., Mochida, H., Yamairi, F., Okada, M., Ishida, J., Fukamizu, A. & Arakawa, K. (2013). Effects of aging and uninephrectomy on renal changes in Tsukuba hypertensive mice. *Biomedical reports*, 1 (3), 359-364. doi.org/10.3892/br.2013.74.
40. Johnson, S., Rishi, R., Andone, A., Khawandi, W., Al-Said, J., Gletsu-Miller, N., ... O'Neill, W. C. (2011). Determinants and functional significance of renal parenchymal volume in adults. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 6 (1), 70-76. doi: 10.2215/CJN.00030110.
41. Klatte, T., Ficarra, V., Gratzke, C., Kaouk, J., Kutikov, A., Macchi, V. ... Russo, P. (2015). A literature review of renal surgical anatomy and surgical strategies for partial nephrectomy. *European urology*, 68 (6), 980-992. doi: 10.1016/j.eururo.2015.04.010.
42. Krebs, R. K., Andreoni, C. & Ortiz, V. (2014). Impact of radical and partial nephrectomy on renal function in patients with renal cancer. *Urologia internationalis*, 92(4), 449-454. doi.org/10.1159/000355609.
43. Kupajski, M., Tkocz, M. & Ziada, D. (2012). Modern management of stone disease in patients with a solitary kidney. *Videosurgery and Other Minimally Invasive Techniques*, 7 (1), 1-7. doi: 10.5114/wiitm.2011.25641.
44. Li, W., Cheng, Y., Cheng, Y., Ren, H. & Han, N. (2014). Clinical efficacy of radical nephrectomy versus nephron-sparing surgery on localized renal cell carcinoma. *European journal of medical research*, 19 (1), 58-64. doi: 10.1186/s40001-014-0058-4.
45. Lin, S. L., Li, B., Rao, S., Yeo, E. J., Hudson, T. E., Nowlin, B. T. ... Pollard, J. W. (2010). Macrophage Wnt7b is critical for kidney repair and regeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (9), 4194-4199. doi: 10.1073/pnas.0912228107.
46. Little, M. H. (2006). Regrow or repair: potential regenerative therapies for the kidney. *Journal of the American Society of Nephrology*, 17 (9), 2390-2401. doi: 10.1681/ASN.2006030218.
47. Mahmoud, H., Buchanan, C., Francis, S. T. & Selby, N. M. (2016). Imaging the kidney using magnetic resonance techniques: structure to function. *Current opinion in nephrology and hypertension*, 25 (6), 487-493. doi: 10.1097/MNH.0000000000000266.
48. Malcolm, J. B., Bagrodia, A., Derweesh, I. H., Mehrazin, R., DiBlasio, C. J., Wake, R. W., Wan, J. Y. & Patterson, A. L. (2009). Comparison of rates and risk factors for developing chronic renal insufficiency, proteinuria and metabolic acidosis after radical or partial nephrectomy. *B.J.U. Int.*, 104 (4), 476-481. doi: 10.1111/j.1464-410X.2009.08376.x.
49. Mavinkurve-Groothuis, A. M., van de Kracht, F., Westland, R., van Wijk, J. A., Loonen, J. J. & Schreuder, M. F. (2016). Long-term follow-up of blood pressure and glomerular filtration rate in patients with a solitary functioning kidney: a comparison between Wilms tumor survivors and nephrectomy for other reasons. *Pediatric Nephrology*, 31 (3), 435-441. doi:10.1007/s00467-015-3215-2.
50. Monastirskiy, V. M., Pivtorak, V. I. & Fedotov, V. A. (2017). Modeling of possible movements of a single human kidney. *Deutscher Wissenschaftsberichter*, 5, 31-33. doi://dwherold.de/onewebmedia/2017/5-2017/Monastirskiy%2031-33.pdf.
51. Monastirskiy, V. M. & Pivtorak, V. I. (2018). Somatotypological features of topographic kidney anatomy of patients without any kidney and urinary tract diseases. *Biomedical and biosocial anthropology*, 30, 56-61. doi: 10.31393/bba30-2018-08.
52. Orsic, V., Mihalj, M., Mogus, M., Mihalj, H., Jakic, M., Heffer-Lauc, M. ... Zibar, L. (2011). Impaired kidney function in rats

- six months after unilateral nephrectomy - an old story, a new perspective. *Medicinski Glasnik*, 8 (2), 185-191. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21849937>.
53. Reddy, S. K. V., Guleria, S., Okechukwu, O., Sagar, R., Bhowmik, D. & Mahajan, S. (2011). Live related donors in India: Their quality of life using world health organization quality of life brief questionnaire. *Indian journal of urology: IJU: journal of the Urological Society of India*, 27 (1), 25-29. doi: 10.4103 / 0970-1591.78411.
 54. Rosenblum, N. D. (2008). Developmental biology of the human kidney. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 13 (3), 125-132. doi: 10.1016 / j.siny.2007.10.005.
 55. Saxena, A. B., Myers, B. D., Derby, G., Blouch, K. L., Yan, J., Ho, B. & Tan, J. C. (2006). Adaptive hyperfiltration in the aging kidney after contralateral nephrectomy. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 291 (3), F629-F634. doi:10.1152/ajprenal.00329.2005.
 56. Sharma, N., O'Hara, J., Novick, A. C., Lieber, M., Remer, E. M., & Herts, B. R. (2008). Correlation between loss of renal function and loss of renal volume after partial nephrectomy for tumor in a solitary kidney. *The Journal of urology*, 179 (4), 1284-1288. doi: 10.1016 / j.juro.2007.11.071.
 57. Shrestha, A., Vallance, C., McKane, W. S., Shrestha, B. M., & Raftery, A. T. (2008). Quality of life of living kidney donors: a single-center experience. *Transplantation proceedings*, 40(5), 1375-1377. doi: 10.1016/j.transproceed.2008.03.132.
 58. Su, M. Y. M., Huang, K. H., Chang, C. C., Wu, V. C., Wu, W. C., Liu, K. L. & Tseng, W. Y. I. (2015). MRI evaluation of the adaptive response of the contralateral kidney following nephrectomy in patients with renal cell carcinoma. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 41 (3), 822-828. doi: 10.1002 / jmri.24596.
 59. Tan, H.-J., Norton, E. C., Ye, Z., Hafez, K. S., Gore, J. L. & Miller, D. C. (2012). Long-term survival following partial versus radical nephrectomy among older patients with early-stage kidney cancer. *JAMA*, 307 (5), 1629-1635. doi: 10.1001 / jama.2012.475.
 60. Thompson, R. H., Lane, B. R., Lohse, C. M., Leibovich, B. C., Fergany, A., Frank, I. ... Campbell, S. C. (2012). Renal function after partial nephrectomy: effect of warm ischemia relative to quantity and quality of preserved kidney. *Urology*, 79 (2), 356-360. doi: 10.1016 / j.urology.2011.10.031.
 61. Timsit, M. O., Nguyen, K. N., Rouach, Y., Elie, C., Loupy, A., Fournier, C. ... Mejean, A. (2012). Kidney function following nephrectomy: similitude and discrepancies between kidney cancer and living donation. *Urol. Oncol.*, 30 (4), 482-486. doi: 10.1016 / j.urolonc.2010.04.005.
 62. van Vuuren, S. H., Sol, C. M., Broekhuizen, R., Lilien, M. R., Oosterveld, M. J., Nguyen, T. Q. ... de Jong, T. P. (2012). Compensatory growth of congenital solitary kidneys in pigs reflects increased nephron numbers rather than hypertrophy. *PLoS One*, 7 (11), e49735. doi: 10.1371 / journal.pone.0049735.
 63. Yang, L., Besschetnova, T. Y., Brooks, C. R., Shah, J. V. & Bonventre, J. V. (2010). Epithelial cell cycle arrest in G2/M mediates kidney fibrosis after injury. *Nature medicine*, 16 (5), 535-543. doi: 10.1038 / nm.2144.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЕДИНСТВЕННОЙ ПОЧКИ, ОСТАВШЕЙСЯ ПОСЛЕ НЕФРЕКТОМИИ КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

Монастирський В. Н., Півторак В. І.

Аннотация. Исследование структурно-функциональной основы компенсаторно-приспособительных процессов в почках является одной из фундаментальных проблем биологии и медицины. Цель работы: осветить современные взгляды на вопросы компенсации структуры и функции при потере одной почки. В научной литературе идет дискуссия о механизмах и закономерностях развития компенсаторных процессов при оперативном удалении одной почки, а также при рождении ребенка с агенезией почки. Ранее считалось, что почка, после того как она сформировалась и выросла, регенерирует и является статическим органом, а замена отмерших клеток происходит только за счет увеличения других клеток в размере. Как выяснили теперь ученые, к делению способны не только стволовые клетки почек, но и обычные клетки эпителия и других почечных тканей. Почка восстанавливается в течение всей жизни человека. В статье приведены также собственные исследования авторов относительно изменений топографической анатомии почки после радикальных нефрэктомий контралатеральной почки. С помощью математического моделирования доказано, что при увеличении массы почки при условии, что ширина, длина и толщина почки увеличивается пропорционально, движение почки происходит за счет ее поворота в плоскости материальной симметрии по часовой стрелке. Приведены характеристики положения единственной почки, после нефрэктомии контралатеральной, в фронтальной, сагитальной и горизонтальной плоскостях у пациентов различных соматотипов на основе магнитно-резонансной томографии.

Ключевые слова: единственная почка, компенсаторно-приспособительные реакции, структура почки, топография почки.

MORPHOFUNCTIONAL STATE OF A SINGLE KIDNEY REMAINING AFTER CONTRALATERAL NEPHRECTOMY (LITERATURE REVIEW AND OWN RESEARCH)

Monastirskiy V.M., Pivtorak V.I.

Annotation. The study of the structural and functional basis of compensatory and adaptive processes in the kidneys is one of the fundamental problems of biology and medicine. The purpose of the work: to highlight modern views on the question of compensation of structure and function in the loss of one kidney. There is a discussion about the mechanisms and patterns of development of compensatory processes in the surgical removal of one kidney, as well as at the birth of a child with kidney agenesis in the scientific literature. Previously, it was believed that the kidney, after it was formed and grown, does not regenerate and is a static organ, and the replacement of dead cells occurs only by increasing other cells in size. As scientists have now found out that not only stem cells of the kidneys, but also ordinary cells of the epithelium and other renal tissues are able to divide. The kidney is restored throughout human life. Also, authors' own research concerning changes of topographic anatomy of the kidney after radical nephrectomies of the contralateral kidney is given in the article. With the help of mathematical modelling, it is proved that with increasing the mass of the kidney, provided that the width, length and thickness of the kidney increases proportionally, the movement of the kidney is due to its rotation in the plane of material symmetry in a clockwise direction. The characteristics of the position of a single kidney, after contralateral nephrectomy, in the frontal, sagittal and horizontal planes in patients of various somatotypes based on magnetic resonance imaging, are presented.

Keywords: single kidney, compensatory-adaptive reactions, kidney structure, kidney topography.