

МОРФОЛОГІЯ

© Герасимюк І. Є., Стравський Т. Я., Пилипко І. В.

УДК 611.136.7/8-076]-092.9

Герасимюк І. Є., Стравський Т. Я., Пилипко І. В.

ПОРІВНЯЛЬНА МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯЄЧКОВИХ ТА НИРКОВИХ АРТЕРІЙ У ЩУРІВ У НОРМІ

Тернопільський державний медичний університет

імені І. Я. Горбачевського (м. Тернопіль)

Робота виконана в рамках планової наукової роботи кафедри анатомії людини Тернопільського державного медичного університету імені І. Я. Горбачевського «Ремоделювання кровоносних русел внутрішніх органів та тканин при різних патологічних станах в експерименті», № держ. реєстрації: 0111U008026.

Вступ. На сьогоднішній день ембріологічними дослідженнями вже встановлено, що у щурів, як і у інших ссавців сечовидільна і статева системи розвиваються із спільного ембріонального зачатка. В подальшому їх топографічні взаємовідношення у різних видів також зазнають однакових змін. Нирки залишаються у заочеревинному клітковинному просторі на рівні поперекової ділянки, а сім'яники опускаються в калитку з чим і пов'язані спільні ознаки та відмінності у їх кровопостачанні, що в кінцевому результаті може мати певний вплив на забезпечення функціонального комфорту даних органів [5, 8].

Загальноновизначним є і той факт, що ремоделювання судин внутрішніх органів належить до важливих морфогенетичних ланок при різних патологічних процесах, визначаючи одночасно ефективність адаптаційних і дезадаптаційних реакцій у них [14], оскільки порушення кровотоку веде до відчутної дисфункції гемомікроциркуляції, порушення тканинного дихання і як наслідок – прогресування склеротичних змін [6]. При цьому встановлено, що регуляція руху крові, зокрема по артеріях, здійснюється за рахунок тонуусу гладкої мускулатури їх стінок [1], а також різноманітними замикальними структурами, від скорочення чи розслаблення яких залежить пропускна здатність судин [7]. Все це висуває вивчення характеру та особливостей морфофункціональної перебудови судин за умов порушення гемоциркуляції на пріоритетні позиції в морфологічних дослідженнях [11, 12].

Однак, при таких дослідженнях слід враховувати також і те, що згідно до законів гідродинаміки, вплив на інтенсивність органного кровотоку можуть мати не тільки функціонально активні морфологічні структури судинних стінок, але і геометричні параметри судин і їх гідро- та гемодинамічні характеристики.

Зокрема це стосується довжинно-діаметральних співвідношень. Проте у сучасній науковій літературі дані про дослідження таких параметрів досить обмежені.

Мета дослідження – встановити просторові і морфометричні особливості магістральних судин нирок та статевих залоз у щурів-самців і їх взаємозв'язок з особливостями функціонування даних органів та дати їм порівняльну характеристику.

Об'єкт і методи дослідження. Дослідження виконано на 18 статевозрілих щурах-самцях з масою тіла 180–200 г. Оцінку просторової організації судин нирок і статевих залоз проводили на посмертних контрастних рентгенангіограмах за методикою Шошенко К. А. та співав. [13], згідно якої в судинних трійниках (розгалуженнях) вимірювали діаметр основного стовбура (D_0), товстішої (D_1) і тоншої (D_2) гілок, сумарний кут галуження (φ_0) і його складові частини: кут відхилення товстішої (φ_1) і тоншої (φ_2) гілок наступних порядків. На підставі вимірюваних характеристик трійників розраховували:

- коефіцієнт асиметрії :

$$H_2 = D_2^2 / (D_1^2 + D_2^2), \quad (1)$$

- коефіцієнт галуження:

$$k = (D_1^2 + D_2^2) / D_0^2, \quad (2)$$

Для співставлення органів за об'ємом, його обчислення виконували за тривимірною формулою еліпсоїдних фігур [2]:

$$V = a \cdot b \cdot c \cdot 0,523 \quad (3)$$

де 0,523 – коефіцієнт, отриманий за даними ехопланометрії.

Розрахунок перепаду тисків на початку і в кінці судин проводили згідно закону Пуазейля, який встановлює для ламінарної течії зв'язок між середньою швидкістю протікання рідини (або її витратою) через капіляр певної довжини та діаметра і в'язкістю флюїду у залежності від перепаду тиску [4]:

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\eta L}, \quad (4)$$

де Q – об'єм крові, що протікає в одиницю часу (об'ємна витрата) через судину,

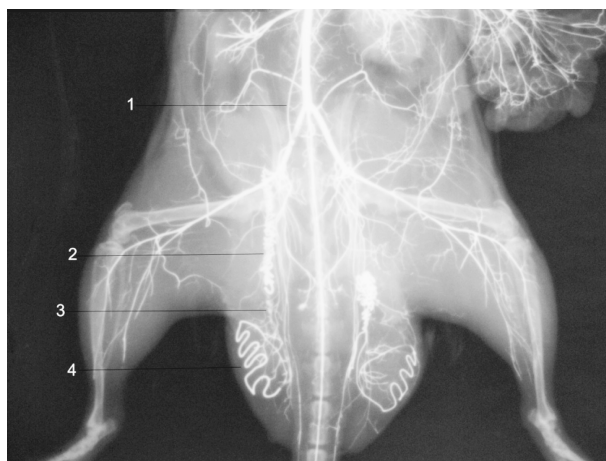


Рис. 1 Фото з рентгенангіограми. 1 – черевний; 2 – пахвинний; 3 – калитковий; 4 – органний відділи яєчкової артерії щура-самця в нормі.

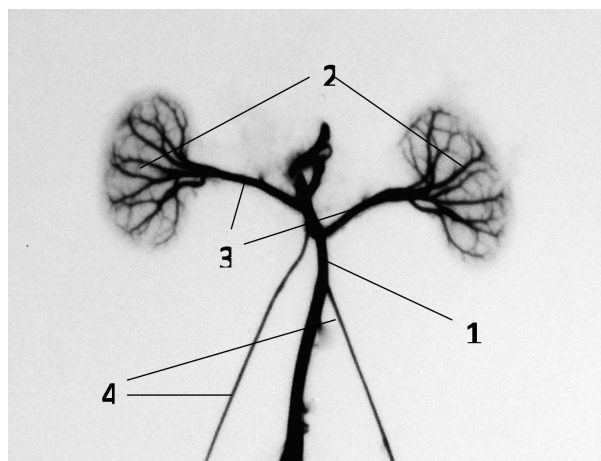


Рис. 2. Фото з рентгенангіограми. 1 – черевний відділ аорти; 2 – гілки ниркових артерій; 3 – ниркові артерії; 4 – яєчкові артерії.

R – радіус судини,

L – довжина судини,

Δp – різниця тисків на кінцях судини в умовних одиницях,

□ – коефіцієнт динамічної в'язкості крові (за даними наукової літератури у щурів 1,44 – 1,96; в середньому – 1,70 мПа·с [5]).

При порівнянні об'ємної швидкості магістрального кровотоку у двох судинах з різними радіусами просвіту і рівними іншими умовами різниця в кратності цього показника буде рівна різниці кратності площі їх перерізу. В наших дослідженнях в артерії яєчка ми взяли за $Q = 1$ умовно.

Для гістологічного дослідження кусочки тканини із сім'яників та нирок фіксували в 10%-му розчині нейтрального формаліну, рідині Карнуа і в 96° спирті. Парафінові зрізи товщиною 7 – 10 мкм фарбували гематоксиліном і еозином, резорцин-фуксином за Вейгертом, а також за Ван Гізон і за Малорі.

З експерименту тварин виводили шляхом внутрішньоочеревинного введення великих доз концентрованого розчину тіопенталу натрію. Усі експерименти та забій тварин проводили з дотриманням положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених на Першому національному конгресі з біоетики (Київ, 2001), Гельсінської декларації Генеральної асамблеї Всесвітньої медичної асоціації (2000).

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали методом варіаційної статистики з використанням програми «Microsoft Excel». Визначали середнє значення (M), стандартне відхилення (δ) та похибку середнього (m).

Результати досліджень та їх обговорення.

Статеві залози, або яєчка, чи сім'яники у щурів-самців є парним органом, який розташований у калитці. Їх об'єм у статевозрілих особин з масою тіла 180–200 г в середньому складає $(943,58 \pm 24,09)$ мм³.

Кровообіг сім'яників здійснюється, переважно, за рахунок яєчкових артерій, які відходять від черевного відділу аорти відразу ж під устями ниркових артерій. Діаметр яєчкових артерій біля устя складає в середньому $(0,30 \pm 0,02)$ мм і майже не змінюється на своєму протязі аж до входу в білкову оболонку. Довжина цих артерій сягає в середньому $(87,83 \pm 0,98)$ мм. Причому по їх проходженні можна виділити чотири відділи: два прямолінійних (черевний та калитковий) і один звивистий (пахвинний), а також частину, що безпосередньо огинає яєчко (рис. 1). Довжина черевного відділу яєчкової артерії в середньому складає 37-41 мм, пахвинного – 36-39 мм і калиткового – 9-11 мм. Пахвинний і калитковий відділи розташовані у товщі сім'яного канатика поряд із артерією сім'яної протоки.

Нирки щура – це також парні органи бобовидної форми, розташовані на рівні поперекової ділянки з обох боків від хребта. Вони досить щільно прилягають до дорзальної поверхні черевної стінки. Права нирка заходить у праве підребер'я та дещо нахилена до переду і по відношенню до лівої розташована на 1 см вище на відміну від людей, у яких права нирка розташована нижче, ніж ліва за рахунок розміщення у правому підребер'ї печінки. На присередньому краї органа містяться ниркові ворота, через які виходить сечовід і воходять судини та нерви. Об'єм нирок у статевозрілих щурів-самців з масою тіла 180–200 г справа і зліва дещо відрізняється і складає відповідно $(407,11 \pm 22,15)$ мм³ та $(459,24 \pm 16,42)$ мм³, тобто ліва нирка більша за розмірами від правої. Відповідно до цього були виявлені відмінності і у їх масі. Маса лівої нирки становила $(709,5 \pm 68,54)$ мг, правої – $(699,33 \pm 71,81)$ мг. Коефіцієнт співвідношення між ними складав $1,01 \pm 0,95$, тобто ліва нирка дещо переважає над правою також і за масою.

Кровообіг нирок здійснюється переважно за рахунок ниркових артерій, які відходять від черевного відділу аорти (рис. 2). Довжина правої

ниркової артерії від аорти до входження у паренхіму органа сягає $(8,25 \pm 0,09)$ мм, лівої – $(5,72 \pm 0,12)$ мм, а їх діаметр в середньому складає $(0,53 \pm 0,07)$ мм.

При співставленні геометричних параметрів інтраорганних відділів судинних русел обох нирок було встановлено, що рівень коефіцієнта H_2 вищий зліва, ніж справа з різницею між ними в 4%. Одночасно з цим, більша величина кутів галуження артерій у лівій нирці свідчить про вищу просторову резистентну здатність її судин, що може бути обумовлене більшим гемодинамічним навантаженням. Визначення аналогічних параметрів у інтраорганних яєчкових артеріях дозволило встановити, що порівняно з нирковими артеріями у них рівень показника H_2 і величина кутів галуження були на 10-15% меншими, ніж у інтраорганних ниркових артеріях, що також може бути свідченням меншого судинного опору при нижчому гемодинамічному навантаженні.

Проведення математичних обчислень дозволило виявити також відмінності в інтенсивності кровопостачання як між правою і лівою ниркою, так і між нирками та сім'яниками. Для цього першочергово нами було встановлено співвідношення між площею поперечного перерізу ниркових і яєчкових артерій, яке склало близько 3,12. Тому, при умовно прийнятому для артерій яєчка $Q_a = 1$, аналогічний показник для ниркових артерій склав $Q_n = 3,12$.

Проведення подальших підрахунків дало наступні результати. Перепад тиску у правій нирковій артерії склав 53,19 умовних одиниць, в лівій – 36,88 умовних одиниць, що корелює з різницею у об'ємі та масі цих органів. Тобто ліва нирка перебуває в умовах більш інтенсивного кровопостачання у порівнянні з правою, так як перепад тиску у її магістральній артерії в 1,44 рази менший, ніж у відповідності до переважання маси і об'єму лівої нирки над масою в об'ємі правої. Перепад тиску у яєчкової артерії складав при цьому 2242,25 умовних одиниць, тобто він був у 42,15 разів більший ніж у правій і в 60,80 разів більший ніж у лівій нирковій артеріях.

Співставляючи отримані результати і порівнюючи інтенсивність кровопостачання нирок та яєчок у шурів у нормі можна констатувати наступне. Якщо об'єм сім'яника у щура-самця практично майже у 2

рази (1,91 рази) більший ніж об'єм нирки, то артерія, що його кровопостачає, навпаки, має майже у 2 рази (1,77 рази) менший діаметр просвіту, що в сукупності із її значно більшою довжиною (у 10,65 разів більшою у порівнянні з правою нирковою артерією, та у 15,35 разів більшою у порівнянні з лівою ниркою) сприяє відчутному зниженню об'ємної і лінійної швидкості кровотоку за рахунок збільшення різниці тисків у початковому та кінцевому відділах, що узгоджується із законом Пуазейля. Про різну інтенсивність органного кровообігу свідчать також відмінності у геометричних параметрах внутрішньоорганних галужень артерій: вони свідчать про менше гемодинамічне навантаження у судинах сім'яників порівняно із судинами нирок.

Встановлені особливості морфометричних показників та їх співвідношень можуть бути відображеннями інтенсивності кровоплину в різних органах і мати значення для підтримання відповідного температурного режиму у сім'яниках, необхідного для нормального сперматогенезу в них [9, 10, 15]. Одним із опосередкованих підтверджень сповільнення кровотоку у органному кровоносному руслі яєчок може бути виражене повнокров'я у його як артеріальному, так і венозному відділах, що систематично виявлялося при гістологічному дослідженні.

Висновки.

1. Магістральні артерії нирок щура у порівнянні з магістральними артеріями сім'яників мають значно більшу пропускну здатність і меншу опірність, при цьому ліва нирка перебуває в дещо кращих умовах кровопостачання, ніж права.

2. Зниження інтенсивності органного кровоплину у сім'яниках може бути одним із факторів підтримання оптимального для сперматогенезу температурного режиму і у значній мірі визначається особливостями просторово-геометричних параметрів яєчкової артерії та її галужень.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження дозволять дати обґрунтовані залежності інтенсивності органного кровоплину різних органів у залежності від структурно-просторових особливостей магістральних артерій, що їх кровопостачають.

Література

1. Александрин В. В. Возможности линейной зависимости между напряжением сосудистой стенки и объемным кровотоком на уровне прекаротикальных артериол / В. В. Александрин, П. Н. Александров // Бюл. экспер. биол. – 2002. – Т. 133, Вып. 4. – С. 399–401.
2. Гриценко С. І. Спосіб вимірювання об'єму біологічних об'єктів / С. І. Гриценко, О. О. Вільцянук // Вісник морфології. – 2000. – № 2. – С. 333–334.
3. Кнорре А. Г. Краткий очерк эмбриологии человека с элементами сравнительной, экспериментальной и патологической эмбриологии / А. Г. Кнорре. – Л.: Медицина, 1967. – 222 с.
4. Колчунов В. І. Теоретична та прикладна гідромеханіка: Навч. Посібник. – К.: НАУ, 2004. – 336 с.
5. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте / И. П. Западнюк, В. И. Западнюк, Е. А. Захария, В. В. Западнюк. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 383 с.
6. Люлько О. В. Патоморфологічні зміни нирок під час ішемії / О. В. Люлько, Я. М. Підгірний і ін. // Медичні перспективи. – 2006. – Т. 11, № 3. – С. 16 – 25.
7. Новиков Ю. В. Регуляторные структуры артерий головного мозга и почек при экспериментальной гипо- и гипертензии / Ю. В. Новиков, А. В. Яльцев // Бюл. эксперим. биол. – 2002. – Т. 133, № 2. – С. 219 – 221.
8. Ноздрачев А. Д. Анатомия крысы / А. Д. Ноздрачев, Е. Л. Поляков. – СПб: Издательство «Лань», 2001. – 464 с.

9. Пішак В. П. Ембріогенез чоловічих статевих органів у нормі та патології / [В. П. Пішак, Т. В. Хмара, М. М. Козуб]. – Чернівці: Медуніверситет, 2006. – 368 с.
10. Пташник Г. І. Кровоносні судини оболонки яєчка у чоловіків репродуктивного віку / Г. І. Пташник // Клінічна та експериментальна патологія. – 2009. – Т. 8, № 4 (30). – С. 62–64.
11. Шорманов І. С. Сосудистая система почек при стенозе легочного ствола с различным уровнем компенсации кровообращения / И. С. Шорманов // Бюлетень экспериментальной биологии и медицины. – 2004. – Т. 137, № 3. – С. 332–335.
12. Шорманов С. В. Полипвидные подушки артериального русла и их роль в регуляции регионального кровообращения / С. В. Шорманов, А. В. Яльцев, И. С. Шорманов [и др.] // Морфология. – 2007. – Т. 131, № 1. – С. 44–49.
13. Шошенко К. А. Архитектоника кровеносного русла / Шошенко К. А., Голуб А. С., Брод В. И. – Новосибирск: Наука, 1982. – 123 с.
14. Cooper C.J Is renal artery stenting the correct treatment of renal artery stenosis? The case for renal artery stenting for treatment of renal artery stenosis / C.J Cooper, TP Murphy // Circulation. – Jan 16, 2007. – Vol. 115(2). – P. 263–9; discussion 270.
15. Wright E. J. Reduction in testicular temperature after varicocelelectomy in infertile men / E. J. Wright, G. P. Yong, M. Goldstein // Urology. – 1997. – № 50. – P. 257–259.

УДК 611. 136. 7/8-076]-092. 9

ПОРІВНЯЛЬНА СТРУКТУРНО-ПРОСТОРОВА І МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НИРКОВИХ ТА ЯЄЧКОВИХ АРТЕРІЙ У ЩУРІВ У НОРМІ

Герасимюк І. Є., Стравський Т. Я., Пилипко І. В.

Резюме. В експерименті на щурах вивчено особливості кровопостачання статевих залоз і нирок у щурів-самців у нормі. Встановлено, що об'єм сім'яника у щура-самця у 1,91 рази більший ніж об'єм нирки, а артерія, що його кровопостачає, навпаки, має в 1,77 рази менший діаметр просвіту, що в сукупності із її значною довжиною (у 10,65 разів більшою у порівнянні з правою нирковою артерією, та у 15,35 разів більшою у порівнянні з лівою) сприяє відчутному зниженню інтенсивності кровоплину за рахунок збільшення різниці тисків у початковому та кінцевому відділах. При цьому згідно до закону Пуазейля встановлено, що ліва нирка перебуває в кращих умовах кровопостачання у порівнянні з правою, так як перепад тиску у її магістральній артерії в 1.44 рази менший, ніж у правій. Перепад тиску у яєчкової артерії при цьому у 42,15 разів більший ніж у правій і в 60,80 разів більший ніж у лівій нирці.

Ключові слова: яєчкові артерії, ниркові артерії, діаметр, довжина, об'єм.

УДК 611. 136. 7/8-076]- 092. 9

СРАВНИТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧЕЧНЫХ И ЯИЧКОВЫХ АРТЕРИЙ КРЫС В НОРМЕ

Герасимюк И. Е., Стравский Т. Я., Пилипко И. В.

Резюме. В эксперименте на крысах изучены особенности кровоснабжения половых желез и почек у крыс-самцов в норме. Установлено, что объем семенника у крысы-самца в 1,91 раза больше, чем объем почки, а кровоснабжающая его артерия напротив, имеет в 1,77 раза меньший диаметр просвета, что в совокупности с ее значительной длиной (в 10,65 раз больше в сравнении с правой почечной артерией, и в 15,35 раз больше в сравнении с левой) способствует ощутимому снижению интенсивности кровотока за счет увеличения разницы давлений в начальном и конечном отделах. При этом согласно закона Пуазейля установлено, что левая почка находится в лучших условиях кровоснабжения по сравнению с правой, так как перепад давления в ее магистральной артерии в 1.44 раза меньше, чем в правой. Перепад давления в яичковой артерии при этом в 42,15 раз больше, чем в правой и в 60,80 раз больше, чем в левой почке.

Ключевые слова: яичковые артерии, почечные артерии, диаметр, длина, объем.

UDC 611. 136. 7/8-076]-092. 9

Comparative Structural Spatial And Morphofunctional Characteristics Of Rats Renal And Testicular Arteries In Norm

Herasymyuk I. E., Stravskyy T. Y., Pylypko I. V.

Abstract. At present embryological studies found that in rats, as in other mammals, the urinary and genital systems develop from common embryonic germ. Later their topographical relationship were similarly changed. The kidneys occupy lumbar region situated behind the peritoneum on posterior abdominal wall, and the testes descend into the scrotum according that their common features and differences in blood supply are related, what ultimately can may effects on providing functional comfort of this organs. According to the laws of fluid dynamics, affect on the organ blood flow intensity may have vessels geometrical parameters. In particular, this may relate to their length- diametric ratios.

Objective: to learn the spatial and morphometric features of the big kidneys and gonads vessels of male rats and their correlation with functioning features of these organs and give them a comparative description.

Experiments carried out on 12 mature male rats weighing 180-200 g, the assessment of the spatial organization of kidneys and gonads blood vessels performed on postmortem contrast X-ray picture. We determined the volume

of the studied organs. Calculation of the pressure difference at the beginning and end of the vessel was made according to Poiseuille law.

Gonads or testes in male rats are paired organs, located in the scrotum. In mature 180-200 g rats their volume is average $(943,58 \pm 24,09)$ mm³. Blood supply of the testes provides mainly by testicular arteries, branch from the abdominal aorta immediately below the orifice of renal arteries. Testicular artery diameter at the orifice is from 0.25 to 0.35 mm (mean $(0,30 \pm 0,02)$ mm) and almost unchanged up its entrance to the tunica albuginea. The length of these arteries ranges from 84 to 91 mm (mean $(87,83 \pm 0,98)$ mm). In mature male 180-200 g rats kidney volume average 494.24 mm³. Blood supply provides mainly through the renal arteries the branch from the abdominal aorta. The length of the right renal artery from aorta to the organ parenchyma entrance reaches $(8,25 \pm 0,09)$ mm, left – $(5,72 \pm 0,12)$ mm and the diameter average $(0,53 \pm 0,07)$ mm. Mathematical calculations revealed differences in the intensity of blood flow between right and left kidney, and between the kidneys and testes. Primarily, we found the relation between cross-sectional area of the renal and testicular arteries, which was 3.12. Therefore, for testicular artery was conventionally accept $Q_t = 1$, the same indicator for renal artery was $Q_k = 3.12$. Further calculations gave the following results. Pressure drop in the right renal artery was 53.19 and in left – 36.88 arbitrary units. Its mean that the left kidney has more intense blood flow compared to the right, as the pressure drop in her big arteries at 1.44 times smaller than the right. Thus pressure drop in the testicular artery was 2242.25 arbitrary units or pressure drop it in 42.15 times bigger than in the right kidney and 60.80 times higher than in the left one. Comparing the obtained results and comparing the intensity of rat's kidneys and testes blood flow in norm we can stated follows. If the volume of male rats testis in practically 2 times (1.91 times) bigger than the volume of the kidney, the artery that supplies blood to it, almost in 2 times (1.77 times) has less diameter of the lumen, which together with its much bigger length (at 10.65 times higher compared to the right renal artery, and 15.35 times more than in the left kidney) contributes to a significant reduction of volume and linear speed of blood flow by increasing the pressure difference in the initial and final vessel sections, which is consistent with the Poiseuille law. The peculiarities of morphometric parameters and their correlations may reflect the intensity of blood flow in various organs and can be relevant to maintain testes proper temperature mode that is required for their normal spermatogenesis [12, 13, 14]. One of evidence that shows the testicle blood flow slowing is expressed its arterial and venous parts hyperemia that systematically detected by histological examination.

Key words: testicular artery, renal artery, diameter, length, volume.

Рецензент – проф. Проніна О. М.

Стаття надійшла 15. 05. 2014 р.