

Роль аблятивних технологій у лікуванні малих пухлин нирки: огляд сучасного стану проблеми

С.В. Головка

Клініка урології Національного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України, м. Київ

Аблятивне лікування забезпечує мінімально інвазивну модель хірургічного вилучення малих пухлин нирок, що зменшує ризик та ускладнення, які традиційно пов'язані з відкритою або лапароскопічною парціальною нефректомією. Серед основних методів виділяють холодову радіочастотну абляцію; лапароскопічну, перкутанну абляцію; високоінтенсивний фокусований ультразвук.

Ключові слова: аблятивні технології, малі пухлини нирок.

Із впровадженням нових візуалізаційних технологій стало можливим виявляти більшість ниркових пухлин на ранніх стадіях або з низьким грейдом. Раніше опції у хворих з малими новоутвореннями нирок були обмежені активним спостереженням або парціальною (радикальною) нефректомією. Хоча пухлини з розмірами менше 3 см рідко метастазують, природа НКР є непередбачуваною, спостереження наразі не може бути актуальним за наявності ефективних сучасних технологій [1, 2]. Аблятивне лікування забезпечує мінімально інвазивну модель хірургічного вилучення малих пухлин, що зменшує ризик та ускладнення, які традиційно пов'язані з відкритою або лапароскопічною парціальною нефректомією [16, 29].

Кріоабляція

Кріоабляція полягає у деструкції клітин під впливом циклів швидкого замороження та відтанення з повним некрозом ниркової паренхіми, що виникає за температури $-19,4^{\circ}\text{C}$ та нижче [3]. M.G. Delworth та співавтори у 1996 році першими описали відкриту ренальну кріоабляцію при НКР [4]. З того часу наведене хірургічне втручання деякі фахівці стали виконувати лапароскопічно [5, 6] та перкутанно [7].

I.S. Gill та співавтори [8], а також W.B. Shingleton і P.E. Sewall [9] пізніше повідомили про виконання великих серій лапароскопічних та перкутанних ниркових кріоабляцій. Перші дослідники проаналізували результати лапароскопічного лікування 32 пацієнтів з екзофітно поширеними пухлинами нирки менше 4 см з короткими термінами спостереження. До пухлин, які розташовувались на передній поверхні, був застосований трансперитонеальний доступ. Новоутворення, які були локалізовані на задній поверхні та в латеральній ділянці, вилучались ретроперитонеальним доступом. Як тільки пухлина була локалізована та верифікована за допомогою кольорової ультразвукової доплерографії, виконували біопсію новоутворення перед проведенням кріоабляції.

Під безпосереднім лапароскопічним контролем або інтраопераційним ультразвуковим спостереженням виконували пункцію пухлини за допомогою кріозонда (4,8 мм), проводили деструкцію новоутворення під дією подвійного циклу заморожування-відтанення. Процедура призупинялась, коли утворювалась льодова сфера, яка поширювалась приблизно на 1 см за межі пухлини.

Наступне спостереження полягало у проведенні МРТ через 1 добу після операції, а також через 1, 2, 3, 6 та 12 міс. Через 3 або 6 міс виконували тонкоігольову біопсію під КТ-наведенням. Усі операції були проведені лапароскопічно, відкритих конверсій не було.

При ультразвуковому інтраопераційному дослідженні середній розмір пухлини дорівнював 2 см. Середня крововтрата становила 66,8 мл (коливалась від 10 мл до 200 мл). Не було зареєстровано жодного серйозного ускладнення, проте зафіксовано два незначних післяопераційних ускладнення, що не потребували хірургічного втручання.

Серед 20 пацієнтів, яким було проведено контрольне обстеження за допомогою МРТ, через 1 рік у 5 з них не виявлено жодного вогнища кріодеструкції, а у 15 пацієнтів відмічено зменшення розміру кріоураження у середньому на 66%. У жодного з 23 пацієнтів, яким проведена біопсія під КТ-наведенням, через 3 або 6 міс після операції не виявлено ознак резидуального раку при гістопатологічному дослідженні. Незважаючи на повідомлення щодо наявності несправжньо-негативних результатів в 11% випадків [10], відсутність онкологічного ураження в усіх 23 біопсіях є багатообіцяючою. Проте деякі автори зазначили, що необхідні довготривалі терміни спостереження для визначення реальної ефективності кріоабляції у хірургії малих ниркових пухлин.

W.B. Shingleton і P.E. Sewall [9] повідомили результати лікування 20 пацієнтів, яким виконана перкутанна кріоабляція під МРТ-наведенням із середніми термінами спостереження 9,1 міс (коливались від 3 міс до 14 міс). Для виконання наведених вище абляційних втручань використовували відкрите високотеслове МРТ-обладнання. Втручання виконували під загальною анестезією (18 пацієнтів) або внутрішньовенною седацією (2 пацієнта). Хворі розміщувались у запропонованому положенні на маніпуляційному столі. Для визначення місця введення зонда та кута втручання необхідне аксіальне стійке ехо-зображення. Далі застосовували активацію кріозонда, який мав ширину від 2 мм до 3 мм у діаметрі та довжину 15 см (Galil Medical Ltd., Tel Aviv, Israel) у режимі трьох циклів замороження-відтанення.

Автори виконували періодичну ревізуалізацію з метою моніторингу за поширенням льодової кулі та забезпечення кріоділі на 5 мм далі від краю пухлини (одночасно уникаючи пошкодження збиральної системи та оточуючих структур). Після вилучення зонда по закінченню третього циклу місце доступу закривалося за допомогою абсорбованого трикотажного матеріалу або абсорбованої желатинової губки (тампону) для покращення гемостазу.

Подальше спостереження включало МРТ- або КТ-сканування через 1 тиждень та 1, 3 та 12 міс. Середня тривалість операції – 97 хв (коливалась від 56 хв до 172 хв). Не зафіксовано жодного інтраопераційного ускладнення. Єдиним післяопераційним ускладненням було нагноєння рани. При КТ-скануванні або МРТ-візуалізації тільки в 1 пацієнта з 22 виявлено підвищене накопичення контрастної речовини у зоні операції. Цей пацієнт був оперований повторно, 6 міс спостереження не виявило резидуального контрастування оперованої ділянки.

Взагалі, у 20 випадках із 22 спостерігали або повну деструкцію пухлини, або зменшення її розмірів. Автори не виконували постабляційні рутинні біопсії, хоча двом хворим з накопиченням контрастної речовини по краю зони абляції

були проведені тонкогілкові біопсії з отриманням негативних результатів. Подібно серії пацієнтів, що були описані I.S. Gill та співавторами, середній час спостереження був коротким та у середньому становив 9,1 міс (коливався від 3 міс до 14 міс). Якщо кріоабляція витримає тестування часом, то перкутанний підхід може бути найбільш оптимальним доступом до малих ниркових пухлин.

Радіочастотна абляція

Багато експериментальних робіт, що використовували РЧ-енергію для абляції, виконані під час лікування новоутворених печінок [11, 12]. A.R. Zlotta та співавтори [13] були першими, хто описав ефект РЧ-абляції на нирковій пухлині у клініці перед виконанням нефректомії. Відтоді РЧ-енергію стали використовувати як у лапароскопічних, так і в перкутанних методиках у хірургічному лікуванні малих ниркових пухлин [14, 15].

Радіочастотна енергія використовує перемінний електричний струм для активації тканинних іонів поблизу зонда, що приводить до фрікційного нагрівання тканин кругом електродів. Нагрівання тканин від 50 °C до 55 °C протягом 4–6 хв викликало незворотне пошкодження клітин, у той самий час як температура між 60 °C та 100 °C зумовлювала практично миттєву смерть клітин [13]. M.M. Walther та співавтори продемонстрували утворення некрозу 10 з 11 пухлин, що піддавались дії РЧ-абляції перед хірургічним вилученням.

D.A. Gervais та співавтори [14] першими повідомили про застосування перкутанної РЧ-абляції в експерименті у восьми пацієнтів (9 пухлин). Середній розмір пухлини становив 3,3 см (коливався від 1,2 см до 5,0 см). Усі випадки свідчили про наявність накопичення контрастної речовини в доабляційному періоді при КТ- або МРТ-дослідженні. У семи випадках із дев'яти перед проведенням абляції виконували пункційну біопсію, що підтвердила наявність нирковоклітинного раку.

Усі операції виконували під внутрішньовенною анестезією, пухлини додатково локувалися під ультразвуковим або КТ-наведенням. РЧ-абляцію виконували за допомогою генератора (Cosman Coagulator CC-1; Radionics, Burlington, MA) та одного (товщиною 2,0–3,0 см) або групи з трьох (товщиною до 2,5 см) тонкокінцевих електродів. Після коректної установки електродів проводили РЧ-абляцію пухлини перемінним струмом силою від 1500 мА до 1800 мА протягом 12 хв. За наявності пухлин великого розміру проводили переміщення позиції електродів з метою гарантованої та повноцінної абляції новоутворення.

Повторне хірургічне втручання із застосуванням окремого обладнання проведено у 4 пацієнтів (усього виконано 14 операцій). На відміну від методики кріоабляції не було необхідним та доцільним виконання інтраопераційного ультразвукового моніторингу під час проведення РЧ-абляції та контролю деструкції пухлини [18]. Тому коректне оцінювання успішності наведеної малоінвазивної абляції включає постійне післяопераційне спостереження. Візуалізація зони деструкції може проводитись з виконанням або без виконання контрольної біопсії. D.A. Gervais та співавтори [14] застосовували КТ або МРТ через 1, 3 та 6 міс після операції та далі кожні 6 міс.

Перкутанна РЧ-абляція добре переносилась пацієнтами, тому у 12 з 14 пацієнтів хірургічне лікування було проведено в амбулаторних умовах, про що повідомляють D.A. Gervais та співавтори [14]. Було зафіксовано одне ускладнення після проведення РЧ-абляції у пацієнта – утворення паранефральної та тазової гематоми, що потребувало встановлення сечовідного стенту та гемотрансфузії.

Проведене через 6 міс спостереження продемонструвало відсутність рецидиву пухлини у жодному з 5 екзофітних но-

воутворень або інших пухлин менше 3 см. Проте у випадках центральних пухлин розмірами від 4,4 см до 5,0 см у двох хворих з трьох констатували накопичення контрастної речовини у ділянці операції, що потребувало повторної операції. Незважаючи на те, що результати лікування з короткими термінами спостереження (у середньому 10,3 міс) були багатообіцяючими, автори рекомендували застосовувати наведену вище методику виключно для екзофітних пухлин менше 3 см.

S.P. Pavlovich та співавтори [15] провели експериментальне дослідження в U.S. National Cancer Institute щодо застосування перкутанної абляції пухлини нирки у пацієнтів з хворобою von Hippel-Lindau або спадковим папілярним нирково-клітинним раком. Пацієнти, у яких КТ-скани демонстрували наявність солідних пухлин нирки діаметром 3 см та менше, що не збільшувались протягом останнього року, розглядались як кандидати для проведення абляційної терапії.

Спільно з інтервенційними радіологами автори детально розташували пухлини ультразвуковим або КТ-наведенням. Далі під внутрішньовенною або загальною анестезією RITA-зонд підводили до пухлини з подальшою активацією електродів у режимі повного покриття пухлини. Виконували деструкцію пухлини із застосуванням цільної температури до 70 °C з використанням двох або трьох 12-хвилинних циклів залежно від розмірів та локалізації пухлини.

Усього було виконано 24 РЧ-абляції у 21 пацієнта. Середній діаметр пухлини дорівнював 2,4 см (коливався від 1,5 см до 3,0 см). Усі пацієнти перенесли хірургічне втручання задовільно та були стабільними протягом усього терміну перебування в стаціонарі (24 год). Автори не відмітили жодного серйозного післяопераційного ускладнення, хоча два пацієнта скаржились на наявність тупого болю під час згинання іпсилатерального стегна. В інших двох хворих зафіксовано оніміння шкіри по іпсилатеральному фланку. КТ-спостереження не виявило накопичення контрастної речовини у 19 (79%) з 24 пацієнтів. Під час аналізу результатів лікування 5 пацієнтів, у яких виявлено накопичення контрастної речовини в ділянці операції, у 4 хворих спостерігали недостатній рівень цільної температури кожного електрода протягом усього періоду операції.

Незважаючи на обнадійливі результати, 79% успішних абляцій не є ідеальним показником. При використанні такого самого обладнання з використанням підвищеної температури (до 105 °C) вдалось досягнути позитивних результатів в 93% випадків (неопубліковані дані).

Лапароскопічна РЧ-абляція може також бути виконана з приводу пухлин нирки пацієнтам, яким не можна застосовувати перкутанну абляцію або лапароскопічну нефректомію внаслідок складної локалізації новоутворення [17, 28]. P. Johannes та співавтори [19] першими описали застосування ретроперитонеальної абляції солідної пухлини нирки. Хірургічне втручання проведено пацієнту 83 років, розмір пухлини дорівнював 2,0 см. Новоутворення розташовувалось на передній поверхні нирки. Враховуючи важку супутню патологію та наявність ниркової недостатності, було вирішено, що виконання лапароскопічної РЧ-абляції мало більший профіль безпеки, ніж парціальна нефректомія.

Іншою перевагою лапароскопічного підходу є те, що зазначена методика дозволяла виконати біпсію нирки та оточуючої паранефральної клітковини до проведення абляції, а також дозволяла виконати безпосередній огляд оточуючих структур та зменшити їхнє потенційне пошкодження.

Cadeddu та співавтори (неопубліковані дані) виконали лапароскопічну трансперитонеальну РЧ-абляцію восьми пухлин у п'яти пацієнтів. Середній розмір пух-

лини становив 1,75 см (коливався від 1,0 см до 2,7 см). Середня крововтрата не перевищувала 71 мл (коливалась від 20 мл до 400 мл). Біопсія пухлини, що виконувалась до проведення абляції, виявила НКР у трьох пацієнтів, гостру мієлоклітинну лейкемію – в одного пацієнта та чотири онкоцити – в одного хворого, якому виконували множинні абляції. Єдиним ускладненням було транзиторне підвищення креатиніну сироватки крові до 1,8 мл у пацієнта, якому виконувались множинні абляції. Дані КТ-спосереження, проведеного через 6 міс після операції, продемонстрували значне зменшення або відсутність накопичення контрастної речовини у всіх прооперованих пацієнтів.

Переваги лапароскопічного доступу полягають у тому, що наведений підхід забезпечує безпечне хірургічне втручання у випадку переднього розташування пухлини, дає можливість виконати адекватну ревізію оточуючих тканин (за необхідності – вилучити патологічні вогнища), а також отримати достатню кількість матеріалу для проведення гістологічного дослідження [30].

Високоінтенсивний фокусований ультразвук

Високоінтенсивний фокусований ультразвук (HIFU) є малоінвазивною технікою з направленням ультразвукової енергії на необхідну ділянку всередині організму пацієнта. Енергія може бути сфокусована всередині малого об'єму тканини (1 см³) таким чином, що температура у патологічному вогнищі досягає 90 °С, у той самий час, як тканини, що знаходяться між трансдуктором та ділянкою-мішенню, залишаються теоретично інтактними. Подібно іншим аблятивним технологіям, клітини в місці операції підлягають коагуляційному некрозу та смерті.

Наведена техніка була вперше досліджена в якості нехірургічного методу лікування пухлин печінки в експерименті на кроликах [20]. Далі R.S. Forster та співавтори [21] застосували трансректальне використання HIFU для лікування уражень передміхурової залози (ПЗ) у собак. У подальшому HIFU впроваджене в клінічну практику для лікування доброякісних [22] та злоякісних [23] захворювань ПЗ.

J.Y. Chapelon та співавтори [24] першими вивчали транскутанне застосування HIFU під час операцій на нирках та його тканевий ефект в експерименті на собаках. J.V. Adams та співавтори [25] досліджували можливість лікування пухлин нирки методом HIFU в моделі на кроликах. У цьому експерименті автори індукували виникнення пухлини нирки з

подальшим застосуванням HIFU. При цьому трансдуктор розміщували або безпосередньо на нирці, або використовували транскутанний підхід. У першому випадку трансдуктор розташовувався на поверхні нирки, протилежній локалізації пухлини. Далі дія HIFU викликала чіткі зони некрозу пухлини та ниркової паренхіми.

Транскутанне направлення ультразвукової енергії приводило до менш визначених зон некрозу, а саме: тільки у семи кроликів з дев'яти виявлена повна абляція пухлини. Крім того, у чотирьох кроликів відбувалося формування опікових вогнищ в ділянках, де зонд контактував зі шкірою. Проте авторами не було відмічено пошкодження інших сусідніх органів. Подібні проблеми, що пов'язані з недостатньо ефективним впливом ультразвукової дії на зони пухлинного ураження та пошкодження шкіри, були відмічені при використанні транскутанного HIFU в експерименті на свинях [26].

У першій фазі клінічного дослідження G. Vallancien та співавтори [27] застосували піротерапію (HIFU) у чотирьох пацієнтів з раком нирки T 2,3 за 2, 6, 8 та 15 діб перед виконанням нефректомії. У всіх випадках гістологічні результати підтвердили наявність коагуляційного некрозу в таргетних пухлинних ділянках. Подібно попереднім дослідженням на тваринах автори повідомляють про один випадок поверхневого опіку шкіри, що пояснювалось помилкою у розрахунку дози піротерапії.

У той самий час як неінвазивний шлях доставки HIFU робить його майже ідеальною технологією в лікуванні малих пухлин нирки, проблеми неточного наведення фокусованого ультразвуку та термальні опіки шкіри обмежують більш широке впровадження наведеного методу.

ВИСНОВКИ

У хірургії малих ниркових пухлин радикальна нефректомія поступово заміщується нирковозберігаючими методиками. Відкрита парціальна нефректомія вимушена конкурувати з новітніми лапароскопічними та аблятивними технологіями. У той самий час як довготривалі результати малоінвазивних технологій не є повністю дослідженими, ранні результати є досить обнадійливими.

Аблятивне лікування забезпечує мінімально інвазивну модель хірургічного вилучення малих пухлин нирок, що зменшує ризик та ускладнення, які традиційно пов'язані з відкритою або лапароскопічною парціальною нефректомією. Серед основних методів виділяють холододову радіочастотну абляцію; лапароскопічну, перкутанну абляцію; високоінтенсивний фокусований ультразвук.

Роль аблятивних технологій в ліченні малих опухолей почки: обзор современного состояния проблемы

С.В. Головки

Аблятивное лечение обеспечивает минимально инвазивную модель хирургического удаления малых опухолей почек, уменьшает риск и осложнения, которые традиционно связаны с открытой или лапароскопической парциальной нефрэктомией. Среди основных методов выделяют холододовую радиочастотную абляцию; лапароскопическую, перкутанную абляцию; высокоинтенсивный фокусованный ультразвук.

Ключевые слова: аблятивные технологии, малые опухоли почек.

The role of ablative technologies in the treatment of small kidney tumors: an overview of the current state of the problem

S.V. Golovko

The ablative treatment provides a minimally invasive model for the surgical removal of small kidney tumors, which reduces the risk and complications that are traditionally associated with open or laparoscopic partial nephrectomy. Among the main methods, the cold radiofrequency ablation is isolated; laparoscopic, percutaneous ablation; high intensity focused ultrasound.

Key words: ablative technologies, small kidney tumors.

Сведения об авторе

Головки Сергей Викторович – Клиника урологии Национального военного-медицинского клинического центра «ГВКГ» МО Украины, 02000, г. Киев, ул. Госпитальная, 16; тел.: (044) 521-84-13

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Rendon RA, Stanietzky N, Panzarella T, Robinette M, Klotz LH, Thurston W, Jewett MA. The natural history of small renal masses. *J Urol* 2000; 164: 1143–1147.
- Bosniak MA. Observation of small incidentally detected renal masses. *Semin Urol Oncol* 1995; 13: 267–272.
- Chosy SG, Nakada SY, Lee FT Jr, Warner TF. Monitoring renal cryosurgery: Predictors of tissue necrosis in swine. *JUrol* 1998; 159: 1370–1374.
- Delworth MG, Pisters LL, Fornage BD, von Eschenbach AC. Cryotherapy for renal cell carcinoma and angiomyolipoma. *J Urol* 1996; 155: 252–254; discussion 254–255.
- Gill IS, Novick AC, Soble JJ, Sung GT, Remer EM, Hale J, O'Malley CM. Laparoscopic renal cryoablation: Initial clinical series. *Urology* 1998; 52: 543–551.
- Bishoff JT, Chen RB, Lee BR, et al. Laparoscopic renal cryoablation: Acute and long-term clinical, radiographic, and pathologic effects in an animal model and application in a clinical trial. *J Endourol* 1999; 13: 233–239.
- Uchida M, Imaide Y, Sugimoto K, Uchara H, Watanabe H. Percutaneous cryosurgery for renal tumors. *Br J Urol* 1995; 75: 132–136; discussion 136–137.
- Gill IS, Novick AC, Meraney AM, et al. Laparoscopic renal cryoablation in 32 patients. *Urology* 2000; 56: 748–753.
- Shingleton WB, Sewell PE Jr. Percutaneous renal tumor cryoablation with magnetic resonance imaging guidance. *J Urol* 2001; 165: 773–776.
- Lechevallier E, Andre M, Barriol D, et al. Fine-needle percutaneous biopsy of renal masses with helical CT guidance. *Radiology* 2000; 216: 506–510.
- Curley SA, Izzo F, Ellis LM, Nicholas Vauthery J, Vallone P. Radiofrequency ablation of hepatocellular cancer in 110 patients with cirrhosis. *Ann Surg* 2000; 232: 381–391.
- Wood TF, Rose DM, Chung M, Allegra, Foshag LJ, Bilchic AJ. Radiofrequency ablation of 231 unresectable hepatic tumors: Indications, limitations, and complications. *Ann Surg Oncol* 2000; 7: 593–600.
- Zlotta AR, Wildschutz T, Raviv G, Peny MO, van Gensbeke D, Noel JC, Shulman CC. Radiofrequency interstitial tumor ablation (RITA) is a possible new modality for treatment of renal cancer: Ex vivo and in vivo experience. *J Endourol* 1997; 11: 251–258.
- Gervais DA, McGovern FG, Wood BJ, Goldberg SN, McDougal WS, Mueller PR. Radio-frequency ablation of renal cell carcinoma: Early clinical experience. *J Radiology* 2000; 217: 665–672.
- Pavlovich CP, Walther MM, Choyke PL, Paulter SE, Chang R, Lineham WM, Wood BJ. Percutaneous radiofrequency ablation of small renal tumors: Initial results. *J Urol* 2002; 167: 10–15.
- Benjamin L, Taylor MD, S. William Stavropoulos, MD, Thomas J. Guzzo, MD. Ablative Therapy for Small Renal Masses. *Urologic Clinics of North America* Volume 44, Issue 2, May 2017, Pages 223–231.
- Homayoun Zargar, Dinesh Samarasekera, Ali Khalifeh, et al. Laparoscopic vs Percutaneous Cryoablation for the Small Renal Mass: 15-Year Experience at a Single Center. *Urology* Volume 85, Issue 4, April 2015, Pages 850–855.
- Dupuy DE, Goldberg SN. Image-guided radiofrequency tumor ablation: Challenges and opportunities-Part II. *J Vasc Interv Radiol* 2001; 12: 1135–1148.
- Yohannes P, Pinto P, Rotariu P, Smith AD, Lee BR. Retroperitoneoscopic radiofrequency ablation of a solid renal mass. *J Endourol* 2001; 15: 845–849.
- Yang R, Reilly CR, Rescorla FJ, et al. High-intensity focused ultrasound in the treatment of experimental liver cancer. *Arch Surg* 1991; 126: 1002–1009; discussion 1009–1010.
- Foster RS, Bihle R, Sanghvi NT, Donohue JP, Hood PJ. Production of prostatic lesions in canines using transrectally administered high-intensity focused ultrasound. *Eur Urol* 1993; 23: 330–336.
- Bihle R, Foster RS, Sanghvi NT, Donohue JP, Hood PJ. High intensity focused ultrasound for the treatment of benign prostatic hyperplasia: Early United States clinical experience. *J Urol* 1994; 151: 1271–1275.
- Gelet A, Chapelon JY, Bouvier R. Treatment of organ confined prostatic cancer by high intensity ultrasound (HIFU) delivered by transrectal route: Pilot study (abstract). *J Urol* 1995; 153: 629A.
- Chapelon JY, Margonary J, Theillere Y, Gorry F, Vernier F, Blanc E, Gelet A. Effects of high-energy focused ultrasound on kidney tissue in the rat and the dog. *Eur Urol* 1992; 22: 147–152.
- Adams JB, Moore RG, Anderson JH, Stranberg JD, Marshall FF, Kavoussi LR. High-intensity focused ultrasound ablation of rabbit kidney tumors. *J Endourol* 1996; 10: 71–75.
- Watkin NA, Morris SB, Rivens IH, ter Haar GR. High-intensity focused ultrasound ablation of the kidney in a large animal model. *J Endourol* 1997; 11: 191–196.
- Vallancien G, Chartier-Kastler E, Harouni M, Chopin D, Bougaran J. Focused extracorporeal pyrotherapy: Experimental study and feasibility in man. *Semin Urol* 1993; 11: 7–9.
- Eric H. Kim, Youssef S. Tanagho, Nael E. Saad, et al. Comparison of Laparoscopic and Percutaneous Cryoablation for Treatment of Renal Masses. *Urology* Volume 83, Issue 5, May 2014, Pages 1081–1087.
- Katsanos K., Mailli L., Krokidis M., et al. Systematic Review and Meta-Analysis of Thermal Ablation Versus Surgical Nephrectomy for Small Renal Tumours. *CardioVascular and Interventional Radiology*. April 2014, Volume 37, Issue 2, pp. 427–437
- Saied Froghi, Kamran Ahmed, Mohammad S. Khan, et al. Evaluation of robotic and laparoscopic partial nephrectomy for small renal tumours (T1a). *BJUI International* Volume 112, Issue 4, August 2013, Pages 322–333.

Статья поступила в редакцию 30.01.2018