

# КОНТРОЛЬ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПЛАНИРУЕМОГО ОБЪЕМА ОБЛУЧЕНИЯ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Трофимов А.В.

ГУ «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева  
Национальной академии медицинских наук Украины»

**РЕЗЮМЕ.** При лучевой терапии больных раком предстательной железы может возникать повышенная лучевая нагрузка на окружающие критические органы и ткани вследствие ее смещения в малом тазу, которое происходит из-за изменения объема мочевого пузыря. Для улучшения качества лечения предлагается определять смещение путем ультразвукового исследования перед каждым сеансом лучевой терапии с последующей коррекцией положения изоцентра объема облучения.

**Ключевые слова:** лучевая терапия, рак предстательной железы, объем облучения, смещение предстательной железы, объем мочевого пузыря.

Рак предстательной железы (РПЖ) — часто встречающееся онкологическое заболевание, которое имеет высокие темпы роста частоты показателей смертности. В наше время лучевая терапия является одним из основных методов лечения данной патологии независимо от стадии заболевания. Однако она сопровождается большим риском возникновения лучевых повреждений прилежащих к предстательной железе здоровых органов и тканей. Предстательная железа, как известно, может свободно смещаться относительно костей малого таза. Исследования авторов показали, что причиной этого может являться смещение органов малого таза и, в частности, изменение объема мочевого пузыря [1], в результате чего происходит сдвиг объема облучения относительно фактического расположения патологической зоны при разном объеме мочевого пузыря. Это сказывается на контроле опухоли и может привести к осложнениям в здоровых органах и тканях. Неизменность положения органа-мишени и органов риска является важным принципом лучевой терапии опухолей данной локализации. При использовании таких методов, как КТ- и МРТ-исследования, отмечалось, что предстательная железа смещалась в переднезаднем и краниально-каудальном направлениях при изменении объема органов малого таза [4]. Однако, несмотря на информативность данных методов визуализации, они проводятся в сжатые сроки и только перед этапом планирования лучевой терапии, что может повлиять на качество лечения пациента. Кроме вышеперечисленных методов сегодня применяются другие

методы визуализации предстательной железы: компьютерная томография коническим пучком [2] и имплантация в предстательную железу специальных маркеров с их последующей визуализацией посредством мегавольтовых или киловольтных методик получения изображений [3]. Недостатком этих методов является их дороговизна или полное отсутствие в техническом арсенале лечебного учреждения. Поэтому, на наш взгляд, оптимальным методом является ультразвуковое исследование, преимуществом которого есть доступность, неинвазивность и, самое главное, ежедневная воспроизводимость. В данной работе было проведено исследование влияния наполненности мочевого пузыря на соответствие объема облучения объему мишени и планируемого объема риска при ежедневных сеансах лучевой терапии.

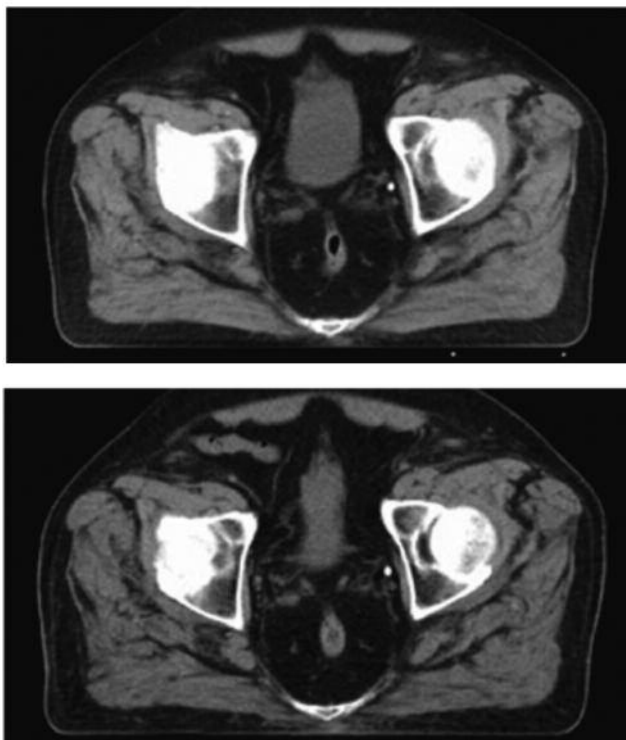
## ЦЕЛЬ

Определение вида возможной зависимости смещения предстательной железы от наполненности мочевого пузыря и, как следствие, возможности коррекции положения облучаемого объема с помощью таких методов, как ультразвуковое исследование и компьютерная томография.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось под контролем комитета по биоэтике ГУ «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева НАМН Украины». Анализ смещения объема мишени в результате наполненности мочевого пузыря проводился у 54 пациентов с раком простаты

II-III стадії з різними варіантами критеріїв T і N в віці від 46 до 73 років, які проходили підготовку до лікування в ГУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України» з 01.06.2014 г. по 01.12.2015 г. Первинна симуляція пацієнтів здійснювалась на комп'ютерному томографі Toshiba Aquilion 16 з кроком спіралі 3,0 мм, без контрастного посилення, з плоскою декою стола, в позі укладки на спині, з опорожненою прямою кишкою, з повністю наповненим сечовим бульбашкою і після його опорожнення (рис. 1).

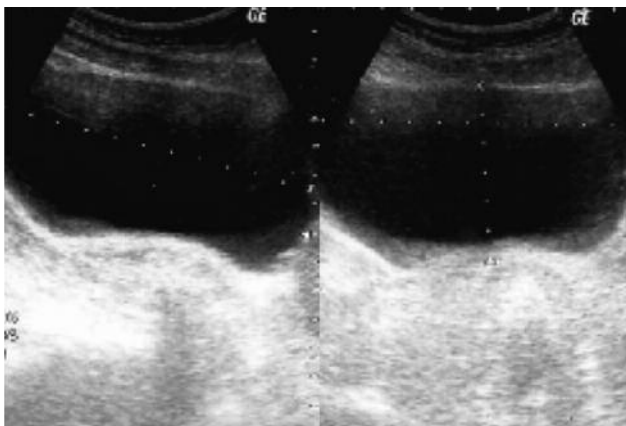


**Рис. 1.** КТ-скани пацієнта з повним і опорожненим сечовим бульбашкою

Крім цього, безпосередньо після кожного сканування, не змінюючи положення пацієнта на столі комп'ютерного томографа, проводилось вимірювання об'єму сечового бульбашкою, ультразвукове дослідження органів малого тазу на апараті Toshiba Xario, при якому визначалась об'єм сечового бульбашкою пацієнта. Всі дані вносились в плануючу систему TPS «Eclipse» версія 8,9 (Varian, США). Окреслювання об'ємів облучення і критичних органів походило з урахування отриманих результатів досліджень. По даним топографічного КТ визначалась об'єм сечового бульбашкою до і після опорожне-

ння у кожного пацієнта (дані об'єму співносились з ультразвуковим дослідженням при первинному скануванні пацієнта на КТ). За референсне зображення було прийнято КТ-дослідження при максимальному наповненні сечового бульбашкою. Первинно було проведено вимірювання зміщення передстатевої залози на контрольному зображенні (при опорожненому сечовому бульбашкою) по відношенню до референсного зображення (повний сечовий бульбашкою) з використанням додаткових опцій TPS «Eclipse» (Varian, США).

Щоденний контроль об'єму вмісту сечового бульбашкою проводився безпосередньо перед сеансами лікування з допомогою ультразвукового дослідження на апараті Toshiba Xario конвексним датчиком з частотою 3,5 МГц. Таким чином визначалась ширина, довжина, краніокаудальний діаметр (висота) сечового бульбашкою і, відповідно, його об'єм (рис. 2). Таким же чином перед кожним сеансом лікування визначалась поточний об'єм сечового бульбашкою.



**Рис. 2.** Розрахунок об'єму сечового бульбашкою при ультразвуковому дослідженні

Для обробки даних і репрезентації даних дослідження використовувався редактор електронних таблиць Microsoft Excel 2007 і програма для наукових обчислень Microsoft Origin 2008. На першому етапі роботи, в ході встановлення можливого виду залежності, для кожного пацієнта в кожній проекції проводилась інтерполяція поліномами 1-ї ступені і, виходячи з загального розташування точок на графіку, було проведено інтерполювання показальною функцією для встановлення можливої нелінійної залежності. При порівнянні якості інтерполяції в кожній з відомих точок про-

дили вычисление ошибки между данными положения, вычисленными с помощью интерполяционной функции, и реальными измерениями. За основу определения качества был выбран критерий минимальности максимальной ошибки.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе проведения исследований было установлено, что при изменении объема мочевого пузыря не происходит значительного изменения объема других органов малого таза, имеет место только их смещение. Оценка смещения предстательной железы проводилась путем наложения на референсный набор КТ-сканов (при полном мочевом пузыре), проведенных после его опорожнения. Соответственно, положение предстательной железы на серии изображений с полным мочевым пузырем было принято за референсное. Смещение железы измерялось относительно первичного ее положения путем измерений с помощью программного обеспечения компании Varian [5]. Смещение рассчитывалось для каждого пациента в отдельности.

По данным топометрического КТ, для каждого пациента был определен объем полного и опорожненного мочевого пузыря (табл. 1). За референсный набор сканов было принято КТ-исследование с полным мочевым пузырем.

При анализе данных общего смещения железы было установлено, что существенное смещение железы происходит в антральном направлении при опорожнении мочевого пузыря. Латеральные смещения были незначительными. В целом отмечалось значительное различие в наполненности мочевого пузыря при первичной симуляции (компьютерная томография) в сравнении с его состоянием непосредственно перед сеансами лучевой терапии. Соответственно смещалась сама мишень и планируемый объем риска.

В табл. 2 представлены абсолютные значения смещений крайних точек при максимальном наполнении мочевого пузыря в соответствующих направлениях.

Для всех значений объемов и сдвигов для анализа зависимости сдвига в антральном направлении проводилось, как указано выше, интерполирование полиномами первой степени и экспоненциальной функцией.

Качественный анализ данных графиков показал, что экспоненциальная зависимость является более точной лишь в случае постоянной выпуклости функции. Явной нелинейности зависимости в диапазоне относительной наполненности от 0,25 до 1 обнаружено не было, для непостоянно выпуклой функции возможно резкое увеличение межзельной ошибки. Полученные выше результаты гово-

Таблица 1

### Значения объемов простаты и мочевого пузыря

Пациент	Объем простаты, см <sup>3</sup>	Объем полного мочевого пузыря, см <sup>3</sup>	Объем опорожненного мочевого пузыря, см <sup>3</sup>
1	19,8	535,6	124,3
2	33,1	438,4	98,6
3	34,2	169,6	45,3
4	18,6	401,8	101,4
5	44,3	324,4	132,2
6	28,7	188,6	51,8
7	23,2	589,3	189,3
8	34,6	364,8	111,3
9	30,8	321,3	116,8
10	27,3	455,7	151,6
11	19,6	501,8	178,4

Значения смещений предстательной железы

Пациент	Влево, мм	Вправо, мм	Антрально, мм	Дорсально, мм	Краниокаудально, мм
1	1	0,5	7,8	2,8	0,7
2	0,8	0,2	7,3	1,8	1,2
3	0,7	0,9	8,5	1,5	1,4
4	1,1	0,1	9,8	2,2	0,6
5	0	1,2	8,5	1,7	1,8
6	1	0,5	7,9	0,5	0,2
7	0,4	0,6	9,1	1,1	0,4
8	0,8	0,1	7,8	1,9	0,9
9	0,1	0,9	7,6	0,5	1,3
10	0,4	1	8,3	0,7	0,1
11	1	0	7,9	1,4	0,3

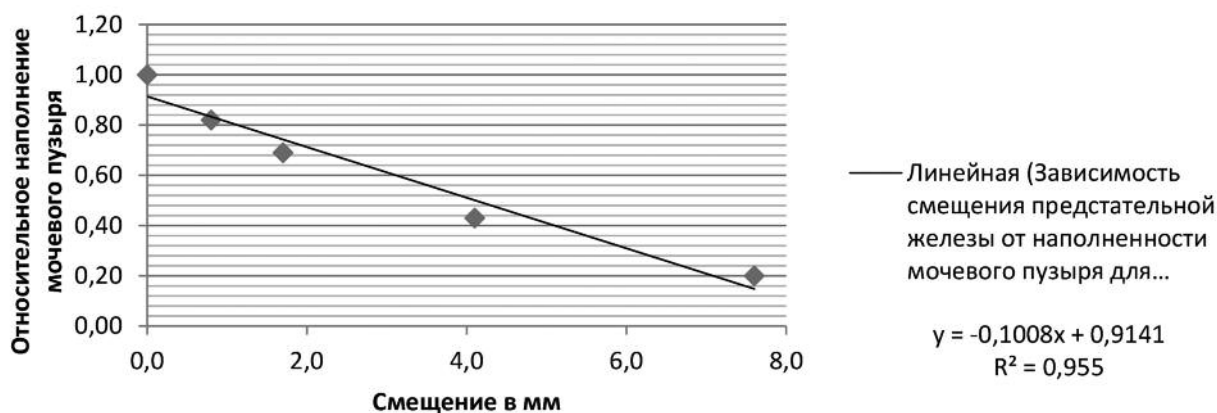


Рис. 3. График линейной зависимости смещения предстательной железы от наполненности мочевого пузыря для пациента 1

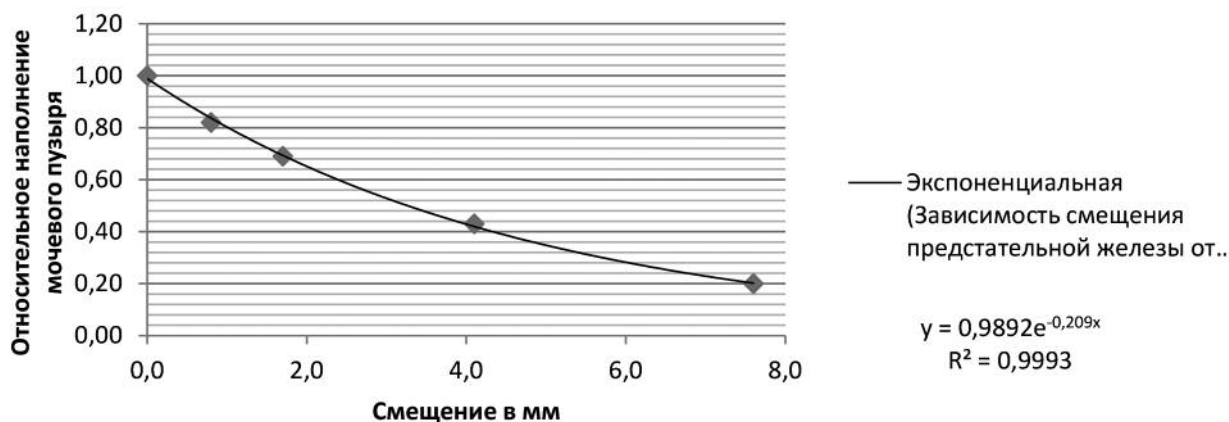


Рис. 4. График экспоненциальной зависимости смещения предстательной железы от наполненности мочевого пузыря для пациента 1

рят в пользу применения линейной функции для определения смещения простаты при заданной наполненности мочевого пузыря. Для оценки погрешности определения длины по линейной функции вычислялась ошибка при объеме наблюдения и сравнивалась с экспериментальными данными (рис. 5). Максимальная ошибка для всех пациентов в точке не превышала 0,5 мм.

На заключительном этапе данного исследования определялась возможность применения прямой, построенной по двум точкам: полное наполнение и полное опорожнение.

Уравнение прямой, вычисленной по двум точкам, имеет вид:

$$y = -\frac{V_{max} - V_{min}}{l_{min}}x + 1,$$

где  $V_{max}$ ,  $V_{min}$  – объемы при полном наполнении, а  $l_{min}$  – смещение при опорожненном мочевом пузыре относительно полностью наполненного.

Таким образом, учитывая незначительность возникающей погрешности, показана возможность использования графиков, полученных при помощи лишь двух достаточно отстоящих друг от друга значений.

## ВЫВОДЫ

Данное исследование показало, что учет наполненности мочевого пузыря имеет большое влияние на положение органа-мишени – предстательной железы и планируемого объема риска. С помощью такого простого метода, как ультразвуковое исследование, можно контролировать состояние наполненности мочевого пузыря с целью корректировки положения объема облучения перед сеансами лучевой терапии для улучшения локального контроля опухоли и уменьшения лучевой нагрузки на здоровые органы и ткани.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Biston M.-C., Guillet L., Fargier-Voiron M., Sarut D. Evaluation of intrafraction motions with a

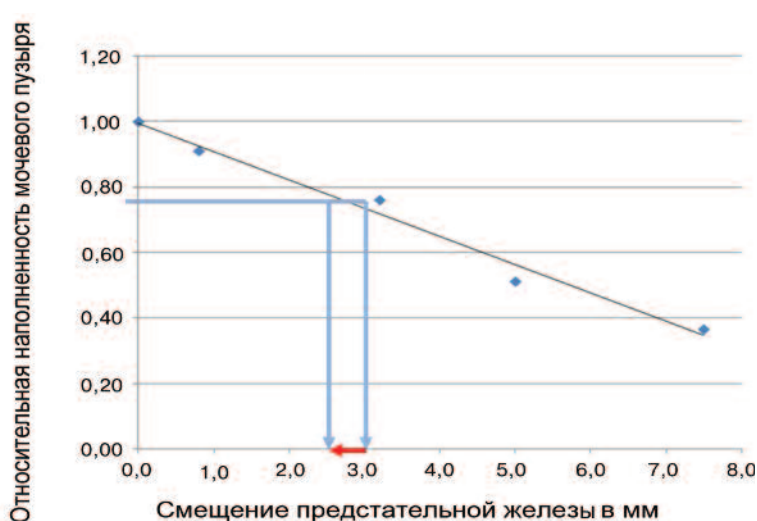


Рис. 5. График погрешности, возникающей из-за аппроксимации

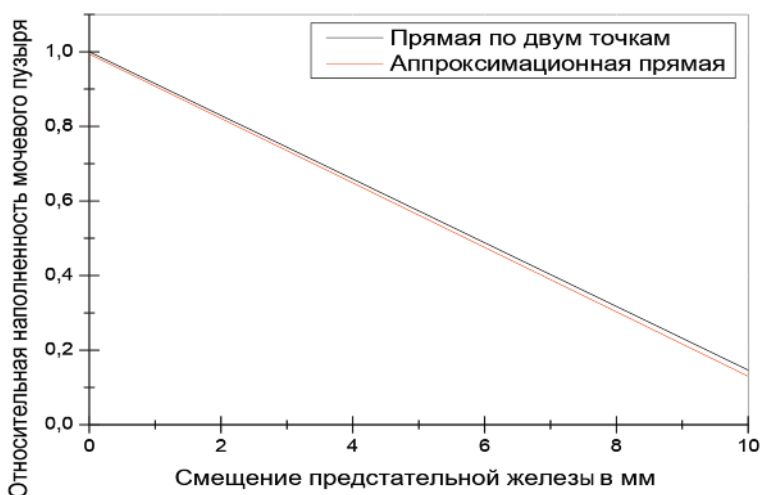


Рис. 6. График погрешности, возникающей из-за аппроксимации

transperineal ultrasound imaging system: Dosimetric impact for prostate cancer // *Physica Medica*. – 2015. – Vol. 31 (Suppl. 2). – P. e25-e26.  
 2. Letourneau D., Martinez A.A., Lockman D., Yan D., Vargas C., Ivaldi G. et al. Assessment of residual error for online cone-beam CT guided treatment of prostate cancer patients // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* – 2005. – 62. – P. 1239-46.  
 3. Litzenberg D., Dawson L.A., Sandler H., Sanda M.G., McShan D.L., Ten Haken R.K., Lam K.L., Brock K.K., Balter J.M. Daily prostate targeting using implanted radiopaque markers // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* – 2002. – 52. – P. 699-703.  
 4. Per Munck af Rosenschuld et al. Modeling positioning uncertainties of prostate cancer

external beam radiation therapy using pre-treatment data // *Radiotherapy and Oncology*. – 2014. – Vol. 110, Issue 2. – P. 251-255.

5. *Varian. Eclipse Contouring Refence Guide*. N.p. – 2008.

### КОНТРОЛЬ ВІДТВОРЮВАНОСТІ ПЛАНОВАНОГО ОБ'ЄМУ ОПРОМІНЕННЯ РАКУ ПЕРЕДМІХУРОВОЇ ЗАЛОЗИ

Трофімов А.В.

ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»

### PLANNING TARGET VOLUME REPRODUCIBILITY CONTROL DURING RADIATION THERAPY OF PROSTATE CANCER

Trofimov A. V.

SI "Institute of Medical Radiology S.P. Grigoriev National Academy of Medical Sciences of Ukraine"

**РЕЗЮМЕ.** Під час променевої терапії хворих на рак передміхурової залози може виникати підвищене променеве навантаження на навколишні критичні органи і тканини внаслідок її зміщення в малому тазу, яке відбувається через зміну об'єму сечового міхура. Для поліпшення якості лікування пропонується визначати зміщення шляхом ультразвукового дослідження перед кожним сеансом променевої терапії з подальшим коригуванням положення ізоцентру об'єму опромінення.

**Ключові слова:** променева терапія, рак передміхурової залози, об'єм опромінення, зміщення передміхурової залози, об'єм сечового міхура.

**SUMMARY.** There can be increased radiation exposure on surrounding critical organs and tissues when undergoing radiation therapy sessions of patients with prostate cancer due to movement of prostate gland which at the same time is caused by changes in bladder volume. In order to improve treatment quality it's proposed to define displacement with ultrasound technique before each radiation therapy session with further correction of target volume's isocenter location.

**Keywords:** radiation therapy, prostate cancer, target volume, prostate displacement, bladder volume.

## НОВІ КНИГИ



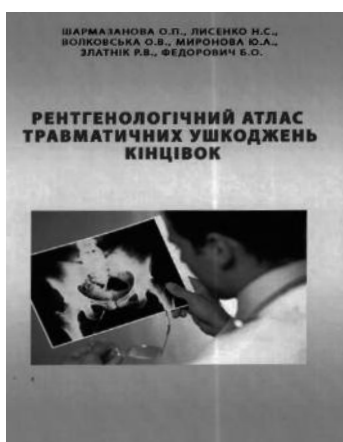
УДК 616.728.4 -073.7+617.586-073.7  
ББК 53.6  
ISBN 978-966-97495-1-2

Лисенко Н.С.

**Стопа і над'ятково-гомільковий суглоб. Вікова променева анатомія, рентгенодіагностика вроджених та набутих захворювань: навчальний посібник / Н.С. Лисенко, О.П. Шармазанова, І.О. Вороньжєв та ін. – Х.: Видавель Рожко С.Г., 2016. – 183 с.**

У навчальному посібнику наведено дані про вікову рентгенанатомію, методи рентгенологічного дослідження стопи та над'ятково-гомількового суглоба, висвітлені питання рентгенодіагностики вроджених та набутих захворювань даного відділу опорно-рухової системи в дітей та дорослих.

Видання розраховано на лікарів-рентгенологів, ортопедів-травматологів, педіатрів тощо.



УДК 616.7 -073.75  
ББК 54.181-4  
ISBN 978-966-2445-95-4

Шармазанова О.П.

**Рентгенологічний атлас травматичних ушкоджень кінцівок: навчальний посібник / О.П. Шармазанова, Н.С. Лисенко, О.В. Волковська та ін. – Х.: ФОП Бровін О.В., 2015. – 158 с.**

У даному посібнику подана рентгенологічна картина та протоколи опису рентгенограм різних травматичних пошкоджень кісток кінцівок у дорослих, представлені особливості травматичних пошкоджень кісток у дітей.

Навчальний посібник розраховано для самостійної роботи лікарів-рентгенологів, інтернів-рентгенологів та ортопедів-травматологів.

Замовити книгу можна за телефоном: +038 057 751-11-81