

УДК 616.718.19-089-06

А. А. Лойт, Е. М. Трунин, М. А. Пугачева, О. П. Боровикова

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ТАЗА ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ИНТРАОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ

Санкт-Петербургская медицинская академия последипломного образования

Операции в области малого таза у женщин — это очень сложный раздел хирургии. Операции выполняются в условиях очень близкого расположения других органов, тесного переплетения кровеносных сосудов, мочеточников, нервов и фасциальных перегородок. Сложность анатомии таза обусловлена наличием жировой клетчатки и многослойного расположения разнородных анатомических элементов [1, 2]. Выполнение больших операций на матке и придатках как правило происходит в экстренном порядке, что повышает риск оперативного вмешательства [3-5]. Риск интраоперационных осложнений при больших операциях на органах малого таза у женщин обусловлен сложностью анатомии таза, большими размерами патологических образований, резкой деформацией множества анатомических структур [6-10].

Однако сведения об интраоперационных осложнениях и их структуре недостаточно систематизированы. Многие аспекты проблемы освещены крайне поверхностно [11-14]. Большинство анатомических работ и даже атласов неадекватно передают особенности строения органов таза. В то же время визуализация анатомии и патологии является основой процесса предоперационного планирования хирургом [15-18].

Применение инструментальных методов визуализации области малого таза у женщин сопряжено со значительными трудностями: большое количество мелких анатомических элементов, тесное расположение органов, окруженных жировой клетчаткой, связками и фасциями. Экстренный характер вмешательства, наличие кровотечения исключают возможность инструментальной визуализации [19-22].

Вместе с тем трехмерные компьютерные модели сложных анатомических областей позволяют выявить наиболее опасные места возможных повреждений анатомических структур, а также проводить обучение и предоперационное планирование [23-25]. Однако трехмерная компьютерная модель женского таза с визуализацией анатомических элементов и патологических процессов отсутствует, поэтому исследования и разработки адекватных моделей таза представляются весьма актуальными [26-30]. Цель исследования заключалась в разработке метода, позволяющего уменьшить риск интраоперационных осложнений при операциях на матке и придатках матки.

Материалы и методы исследования. Анатомические исследования выполнили на 10 трупах и 40 органокомплексах. Бальзамирование трупов проводили специальным спирт-глицериновым раствором и без применения формалина. Органокомплексы хранили без фиксации, в холодильнике под водяным затвором (без доступа воздуха). Исследование осуществляли методом послойного

© А. А. Лойт, Е. М. Трунин, М. А. Пугачева, О. П. Боровикова, 2007

препарирования и морфометрии. Данные морфометрии составили основу аналитического описания анатомических структур.

Компьютерная модель таза была создана на основе аналитического описания всех анатомических структур. Трехмерное компьютерное моделирование выполнили, используя графический пакет Power SHAPE. Лицензии 4513 и 12178 получены непосредственно от фирмы DELCAM (Великобритания). Этот пакет векторной графики был выбран потому, что он обладает наибольшими возможностями моделирования и создания многослойной модели. Объем компьютерной памяти требуется минимальный, а компьютерный формат является универсальным, т. е. сохраняется в любом другом формате.

В клинический раздел вошли результаты обследования, хирургического лечения и послеоперационного анализа 300 больных. 210 операций были выполнены в экстренном порядке и 90 операций — в плановом порядке.

Обследование больных включало осмотр, ультразвуковое исследование малого таза, полное клиничко-биохимическое исследование. При хирургическом лечении в плановом порядке дополнительно производили диагностическое выскабливание полости матки и цервикального канала. Планирование каждой операции выполняли с применением трехмерной компьютерной модели. Послеоперационный анализ с применением модели таза осуществляли во всех случаях осложнений.

Статистическая обработка данных выполнена параметрическими и непараметрическими методами.

Результаты исследования. В анатомическом исследовании изучали особенности и варианты расположения органных структур. Обнаружено несколько вариантов формирования задних ветвей внутренней подвздошной артерии: верхняя ягодичная артерия, нижнеягодичная артерия, внутренняя половая артерия и другие, более мелкие. Среди передних ветвей выявили 5 вариантов отхождения маточной артерии, 4 варианта пузырных артерий и 7 вариантов других передних ветвей. Из 5 вариантов отхождения маточной артерии почти в половине случаев она отходила непосредственно от внутренней подвздошной артерии, в 40 % случаев — от верхней пузырной артерии, очень редко (по 4 %) маточная артерия отходила от внутренней половой артерии, от за-пирательной артерии и от нижней пузырной артерии.

Среди анализируемого материала обнаружили только один перекрест мочеточника с маточной артерией. При этом на уровне перешейка матки мочеточник пересекал маточную артерию сзади. Во всех случаях апоневроз Денонвилье плотно прикреплялся к передней стенке прямой кишки, не прикрепляясь к стенке влагалища.

В результате анатомического исследования мы пришли к выводу, что риск оперативного вмешательства на матке зависит от сложных пространственных соотношений анатомических элементов таза и вариантов их расположения.

Основой создания трехмерной компьютерной модели таза и его внутренних структур является математическое описание всех его структурных компонентов. Этими компонентами были все органы, фасции мочеточники, кровеносные сосуды. Описание каждого компонента включило все необходимые координаты в ортогональной системе координат. Точкой начала координат (0, 0, 0) была выбрана точка, соответствующая месту деления аорты на общие подвздошные артерии.

Все органы малого таза, кровеносные сосуды и связки таза представили в аналитической цифровой форме в соответствии с их размерами и положением в пространстве.

Компьютерная модель была построена на аналитическом описании органов и анатомических элементов малого таза. Наиболее существенно, что в модель внесли изображения различных патологических процессов. Смоделировали различные типы расположения миоматозных узлов, несимметричные смещения элементов малого таза. Кроме

того, смоделировали различные степени увеличения матки при миоме (рис. 1). Полученная компьютерная модель приобрела особые свойства. Она содержала множество анатомических слоев, которые можно убирать, моделируя ход операции. В модели воспроизводили осложнения, повреждение структур. Пространственная модель могла вращаться относительно произвольной оси и увеличиваться в необходимое число раз.

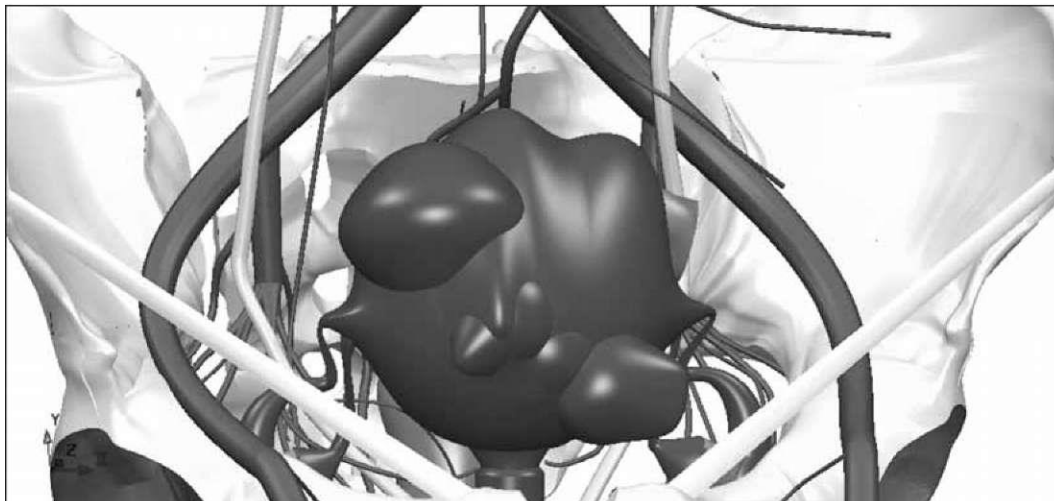


Рис. 1. Модель с индивидуальными особенностями миомы.

Таким образом, трехмерное компьютерное моделирование пространственных соотношений анатомических структур таза способствовало улучшению ориентации в анатомических и патологических образованиях таза (рис. 2).

В клинический раздел вошли результаты лечения 300 больных, которые включали выполнение больших операций на матке и придатках со следующими заболеваниями: миома матки, воспалительные заболевания матки и придатков, эндометриоз, опухоли яичников и таза. Показания к операции были следующие: опухоли яичника и таза, эндометриоз с осложнениями, пиосальпинкс, пиовар, миома матки больших размеров, локализация узла миомы в шейке матки и перешейке матки; маточное кровотечение или нарушение питания миоматозного узла.

Из всех операций было выполнено 218 надвлагалищных ампутаций матки и 79 экстирпаций матки. Больше всего экстирпаций матки произведено при миоме — 51 операция.

Надвлагалищная ампутация матки у всех больных осуществлялась лапаротомным доступом. Перевязку маточной артерии проводили не доходя 1 см от верхнего края влагалища с тем, чтобы сохранить

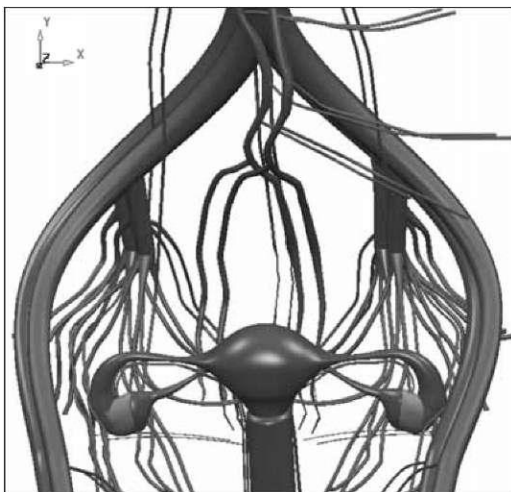


Рис. 2. Компьютерная модель артерий и вен женского таза.

нисходящие влагалищные ветви маточной артерии. Мочеточник обычно располагался ниже, чем намеченный уровень перевязки маточной артерии. Матку отсекали на уровне внутреннего зева. Культю шейки матки формировали узловыми капроновыми швами.

Экстирпацию матки с придатками производили лапаротомным доступом. Удаление матки становится возможным только после выделения и лигирования круглых связок, воронко-тазовых связок, широких связок, маточно-крестцовых связок. Уровень перевязки маточной артерии начиная с уровня перешейки вниз с перевязкой периферических ветвей до места расположения наружного зева, пальпаторно определяемого через стенку влагалища. Этот этап характеризует максимальный риск пересечения мочеточника. Заключительный ответственный этап — отсечение матки на уровне наружного маточного зева в верхней трети влагалища.

Послеоперационное ведение определялось характером патологии и оперативного пособия.

Обсуждение. Мы изучили структуру осложнений и провели их анализ. Перед каждой операцией проводили предоперационное планирование на компьютерной модели, содержащей особенности патологического процесса. В случае возникновения осложнения на компьютерной модели осуществляли детальный анализ анатомической предрасположенности повреждения, особенностей патологического процесса, для которых такие осложнения характерны, и, наконец, устанавливали момент оперативного вмешательства, сопровождающийся повреждением анатомических структур.

Общее количество осложнений—17, из которых наибольшее число (7) — повреждение нервов. Семь женщин предъявляли жалобы на тазовые боли различного характера, из которых у 5 отмечалась диспареуния. Их лечение проводили в амбулаторных условиях. Считаем такие повреждения менее опасными (таблица).

В 6 случаях в ходе операции были повреждены артерии. Анализ на компьютерной модели показал, что причиной всех повреждений явились значительные анатомические сложности. При этом возникшее кровотечение может быть остановлено вследствие сокращения сосудов вниз в пределах прямой досягаемости. Повреждение артерии возникает в различные моменты разделения спаек и выделения шейки матки. Предоперационное использование компьютерной модели улучшило опознавание артерий в любом слое и с любого угла обзора, включая анатомические варианты.

Остальные 4 повреждения встретились по одному разу.

Ранение мочевого пузыря — осложнение редкое. Повреждение носит случайный характер при очевидных анатомических соотношениях матки и мочевого пузыря. Соразмерность усилия, прикладываемого к матке, снижает риск разрыва мочевого пузыря.

Совершенно другой характер носит повреждение мочеточника (рис. 3). Фактором риска повреждения мочеточника является особенность патологического процесса, а именно, расположение миоматозного узла в области шейки матки, вследствие чего существенно изменяются топографо-анатомические соотношения мочеточника с другими анатомическими структурами в области перешейки матки. Момент повреждения мочеточника—выделение шейки матки.

Распределение осложнений оперативных вмешательств по степени тяжести

№ п/п	Осложнение	Абс. число (%)
1	Разрыв прямой кишки	1 (0,33)
2	Кровотечение из вен таза	1 (0,33)
3	Ранение мочеточников	1 (0,33)
4	Кровотечение из маточной артерии	6 (2,0)
5	Повреждение мочевого пузыря	1 (0,33)
6	Повреждение нервов	7 (2,33)

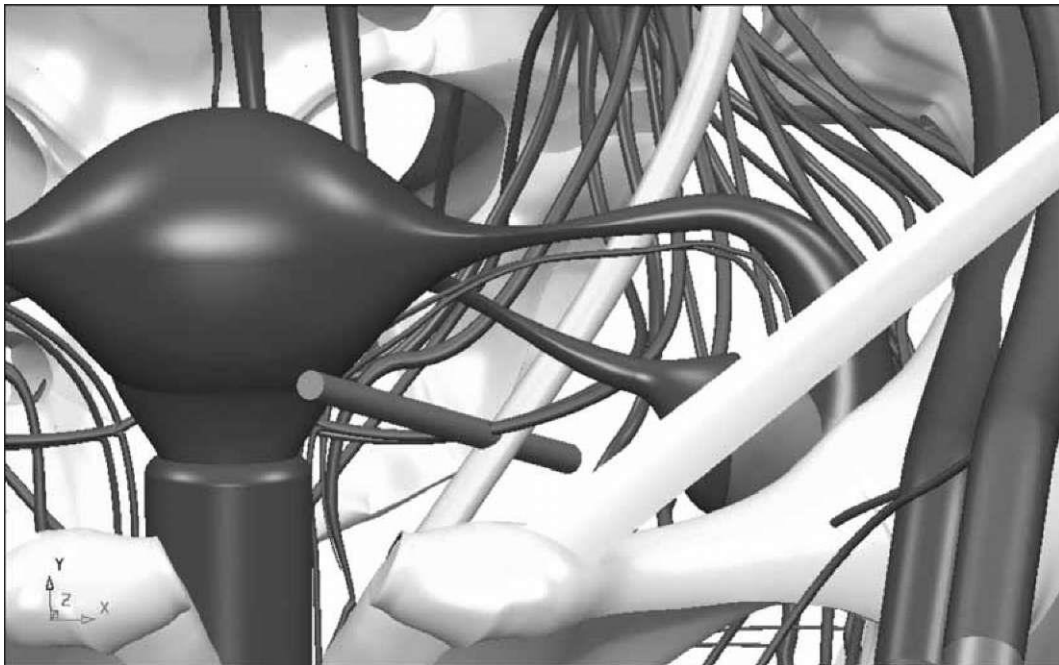


Рис. 3. Повреждение мочеточника.

В нашем исследовании одно осложнение закончилось летальным исходом — это разрыв тазовых вен. Последующий анализ на компьютерной модели показал, что разрыв вен случается в конце основного этапа операции. Факторами риска являются варикозно расширенные вены промежности и нижних конечностей, значительный размер образования и предшествующие операции в области таза.

Последнее осложнение, характеризующее операцию на матке, — это разрыв прямой кишки (рис. 4). Анализ повреждения показал, что разрыв кишки происходит натяжением апоневроза Денонвилье в момент тракции матки с одновременной фиксацией кишки. Риск разрыва сохраняется на всем протяжении основного этапа операции в отличие от всех остальных осложнений.

Таким образом, при обширных операциях на матке возможен целый ряд осложнений. Наиболее опасные из них: разрыв прямой кишки, кровотечение из тазовых вен, ранение мочеточников. Эти опасные осложнения случаются в 1,0 % операций. Менее опасные осложнения — кровотечение из маточной артерии, повреждение мочевого пузыря, пересечение нервов таза случаются в 4,7 % операций. Риск оперативного вмешательства определяется сложными анатомическими соотношениями таза, особенностями патологии и техники оперативного вмешательства.

Важную роль в снижении риска операции играло предоперационное планирование, в процессе которого производилась детальная оценка интраоперационного риска. Для подсчета интраоперационного риска был разработан специальный алгоритм. Согласно ему величина интраоперационного риска R является суммой четырех параметров: анатомических сложностей ($X1$), технических трудностей ($X2$), хирургических опасностей ($X3$) и ошибок ($X4$):

$$R = X1 + X2 + X3 + X4.$$

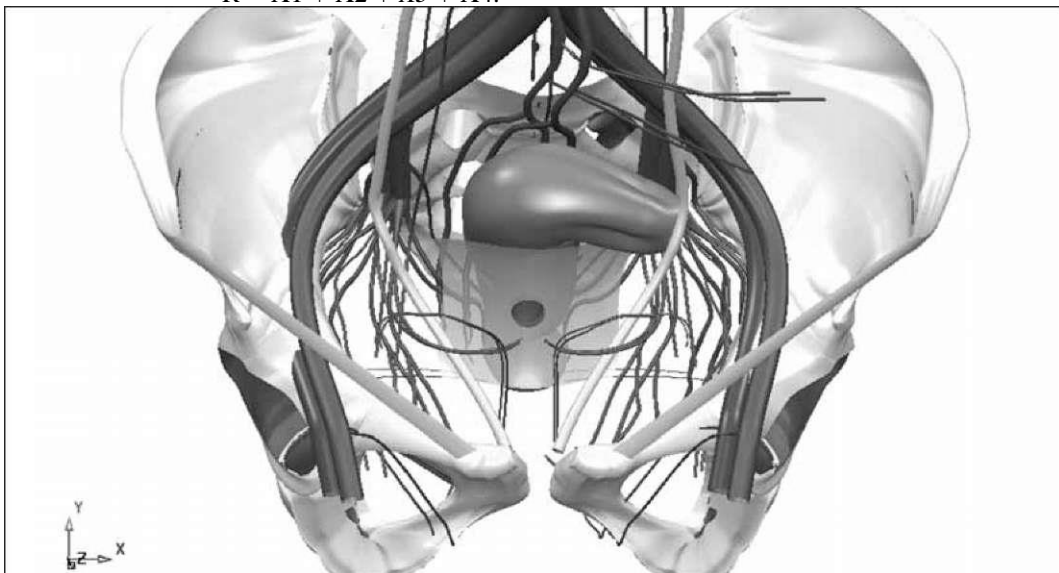


Рис. 4. Разрыв прямой кишки прикрепленным апоневрозом Денонвилье.

Существенным в нашем подходе явилось то, что мы вычисляли все компоненты, формирующие риск операции. Показатель $X1$ характеризовал анатомию во всех вариантах и особенностях. Показатель $X2$ характеризовал оперативную хирургию во всех ее технических аспектах. Показатель $X3$ характеризовал клинический аспект операции и ее последствий. Показатель $X4$ характеризовал хирурга, объем его знаний.

В результате проведения оценки интраоперационных рисков получали структурное представление всех особенностей предстоящей операции. После вычисления параметров риска операции с помощью алгоритма следующим в процессе

планирования было воспроизведение этапов операции, содержащей максимальный риск осложнений на интерактивной трехмерной компьютерной модели. Это и позволило добиться желаемого результата снижения риска оперативных вмешательств на матке.

Неотъемлемой частью нашей работы являлось применение трехмерной компьютерной модели в процессе обучения. Со всеми слушателями сертификационных циклов по хирургии кафедры оперативной хирургии, циклов усовершенствования хирургического факультета проводили занятия по предотвращению интраоперационных ошибок и преодоления опасностей операций. Обучение проводили в интерактивном режиме.

Слушатель имел возможность воспроизвести любой элемент строения таза представляющий для него основную сложность. При этом слушатель мог рассмотреть все элементы строения с необходимого для него угла обзора и в необходимом увеличении. Моделируя ход операции, слушатель мог удалить любую структуру и увидеть, что находится позади. Такой возможностью не обладает ни одна трехмерная модель, не говоря уже об иллюстрациях в атласах. 30 слушателям предложили разработанный тест из 10 вопросов. Без нашего обучения на 300 вопросов мы получили 60 правильных ответов. После интерактивной учебы на 300 вопросов получили 250 правильных ответов, т. е. в 4 раза лучше. Можно констатировать, что трехмерная компьютерная модель многократно эффективнее любого изображения в атласе, а процесс обучения оперативной хирургии органов таза должен производиться с использованием трехмерной компьютерной модели, содержащей объемное изображение органов и других структур таза и различных патологических процессов.

Summary

Loit A. A., Trunin E. M., Pugacheva M. A., Borovikova O. P. The application of the 3-dimensional computer model of the pelvis for prevention of intraoperative complications.

On the base of anatomical preparation we created a 3-d computer model of the pelvis. The model was made with the help of 3-d graphic package PowerSHAPE (Delcam, Great Britain), especially for surgeons in accordance with their needs and requests. In this model we reproduced organs, ligaments and bones of the pelvis, blood vessels and lymphatic nodes. Urgent operations on uterus result from the different complications. Very dangerous complication is the false cutting of the ureter and further urinary peritonitis or hydronephrosis after ligation of a urinary tract. Another problem in the pelvic surgery is the complications connected with the ligaments between the uterus and the rectum. The model allowed to perform operations more correctly after computer training, allowed to insert the individual features of the process. In the model we can see almost twenty anatomical structures of the pelvis and we know that each anatomical element may lead to complications, for example, severe bleeding. All anatomical elements of the pelvis play the important role in the reproductive function and for the woman's health in general.

Key words: surgical operations, complications, pelvis.

Литература

1. *Cooperman A.* Complications of Laparoscopic Surgery // Principles of laparoscopic surgery: Basic and advanced techniques. New York, 1995. P. 71-77.
2. *Dean D., Herberen Th.* Cross-Sectional Human Anatomy. New York, 1999. 244 p.
3. *Баскаков В. П., Цвелев Ю. В., Кира Е. Ф.* Эндометриозная болезнь. СПб., 2002. 45 с.
4. *Краснова И. А., Бреусенко В. Г., Катусева Л. М. и др.* Современные принципы диагностики и оперативного лечения миомы матки // Акуш. и гинек. 2003. № 2. С. 45-50.
5. Миома матки (современные проблемы этиологии, патогенеза, диагностики и лечения) / Под ред. И. С. Сидоровой. М., 2002. 256 с.
6. *Бохман Я. В.* Руководство по онкогинекологии. СПб., 2002. 464 с.
7. *Кулаков В. И., Адамян Л. В.* Гистерэктомия и здоровье женщины. М., 1999. 312 с.
8. *Сазонова Е. О., Азиев О. В.* Осложнения лапароскопической гистерэктомии и возможность их профилактики // Акуш. и гинек. 2002. № 3. С. 7-11.
9. *Barbieri R. L.* Etiology and epidemiology of endometriosis // Amer. J. Obstet. Gynecol. 2000. Vol. 162. № 2. P. 565-567.
10. *Conde Agudelo A.* Intrafascial abdominal hysterectomy: outcomes and complications of 867 operations // Int. J. Gynaecol. Obstet. 2000. Vol. 68. N 3. P. 233-239.
11. *Довлатян А. А., Рябов М. А.* Хирургическая тактика при травмах мочевых путей в акушерско-гинекологической практике // Акуш. и гинек. 2005. № 4. С. 32-35.
12. *Комяков Б. К., Гулиев Б. Г., Дорофеев С. Я. и др.* Урологические осложнения лапароскопических операций в гинекологии // Журн. акуш. и жен. болезней. 2006. Т. LV, Спецвыпуск. С. 124.
13. *Bouda J., Bouda J. J.* Neurological complications during gynecological pelvic surgery // Ceska Gynecol. 2005. Vol. 70. N 5. P. 388-391.
14. *Szpakowski M., Kaminski T., Wilczynski J. R. et al.* Analysis of urinary tract Injury during gynecological surgery performed with preoperative ureter catheterization or intraoperative ureter control // Ginekol. Pol. 2001. Vol. 72. N 12A. P. 1507-1512.
15. *Гайворонский И. В., Берлев И. В., Кузнецов С. В.* Варианты кровоснабжения матки в различные возрастные периоды у взрослых женщин // Журн. акуш. и жен. болезней. 2006. Т. LV. Спецвыпуск. С. 63.
16. *Краснопольский В. И., Ищенко А. И., Кудрина Е. А. и др.* Принципы хирургического лечения распространенных форм генитального эндометриоза с поражением соседних органов // Акуш. и гинек. 2000. № 3. С. 31-35.

17. Максимов А. С., Кузнецов С. В., Ниаури Д. А., Гайворонский И. В. К вопросу о топографии маточной артерии и тазового отдела мочеочника у женщин репродуктивного и пост-менопаузального возраста // Журн. акуш. и жен. болезней. 2006. Т. LV. Спецвыпуск. С. 64.
18. Хири Х., Кезер О, Икле Ф. Оперативная гинекология: Атлас. М., 1999. 649 с.
19. Адамян Л. В., Макаренко В. Н., Козлов В. В. и др. Компьютерная томография в диагностике патологии матки и придатков // Матер. Межд. конгр. по эндометриозу с курсом эндоскопии. М., 1996. С. 191-197.
20. Коков Л. С., Ситкин И. И., Самойлова Т. Е. Артериальное кровоснабжение матки и ее придатков в норме, в различные возрастные периоды и при патологических состояниях применительно к эндоваскулярной окклюзии маточной артерии // Гинекология. 2004. Т. 6. № 5. С. 259-262.
21. Benassi L, Rossi T, Kaihura C. T. et al. Abdominal or vaginal hysterectomy for enlarged uteri: a randomized clinical trial // Amer. J. Obstet Gynecol. 2002. Vol. 187. N 6. P.1561-1565.
22. Erkonen W., Smith W. Radiology 101: Basics and Fundamentals of Imaging. New York, 1998. 416 p.
23. Kim D. G., Constantinou P. S., Glasgow E. F. Clinical Anatomy Interactive Lab Practical. Mosby-Year Book, 1996. CD-ROM. Win/Mac.
24. Schneider J., Decker R., Kalender W. A. Accuracy in Medical Modeling // Phidias. 2002. № 8. P. 5-14.
25. WulfJ., Vitt K. D., Gehl H. B., Bush L. C. Anatomical Accuracy in Medical 3D Modeling // Studies in health technology and informatics. 2001. Vol. 81. P. 584-586.
26. Байтингер В. Ф. Компьютерные технологии и хирургии: фантазии или необходимость? // Вопр. реконструктивной и пластической хирургии. 2006. № 5. С. 29-31.
27. Симбирцев С.А., Лойт А. А., Трунин Е. М. и др. 3D-компьютерное моделирование анатомических объектов для подготовки хирургов // Информационные технологии в здравоохранении. 2001. № 8-9. С. 30-31.
28. Стрельченя В. Н. Обзор рынка СИ/САМ систем // READ. ME. 1997. № 3. С. 24-25.
29. Abrahams P. H. McMinn's Interactive Clinical Anatomy. Mosby-Year Book, 1996. SD- ROM. Win/Mac.
30. Amirrezvani A. Body Voyage (Time Warner Electronic Publishing) // Comput. Life. 1997. № 4. P. 110.

Статья принята к печати 20 июня 2007 г.

