

ВОЗМОЖНОСТИ УЗИ И ДОПЛЕРОГРАФИИ ПРИ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ

Проф. Р. Я. АБДУЛЛАЕВ, проф. В. Г. МАРЧЕНКО, Ю. В. МАЦАК

CAPABILITIES OF ULTRASONOGRAPHY AND DOPPLER ULTRASOUND IN ERECTILE DYSFUNCTION

R. Ya. ABDULLAYEV, V. G. MARCHENKO, Yu. V. MATSAK

Харьковская медицинская академия последипломного образования, Украина

Представлены возможности ультразвукового исследования в изучении анатомии полового члена и доплерометрические параметры эректильной дисфункции.

Ключевые слова: ультрасонография, доплерометрия, эректильная дисфункция.

The capabilities of ultrasonography in investigation of the penis anatomy and Doppler parameters of erectile dysfunction are shown.

Key words: ultrasonography, Doppler ultrasound, erectile dysfunction.

С каждым годом увеличивается количество пациентов с эректильной дисфункцией среди лиц молодого возраста. В числе основных причин этой патологии существенную роль играет нарушение кровотока в сосудах полового члена, обусловленное как органическими, так и функциональными факторами. Появление новых поколений ультразвуковых приборов, датчиков, работающих в широком частотном диапазоне, развитие различных видов доплеровских методик позволили усовершенствовать исследование полового члена и его сосудов. Визуализация мельчайших структур полового члена и его сосудов с помощью высокочастотных линейных датчиков не представляет труда. Знание нормальной анатомии полового члена, особенностей его кровоснабжения делает метод успешным.

Половой член состоит из корня, тела и головки. В нем различают парные пещеристые (кавернозные) тела и лежащее между ними непарное губчатое (спонгиозное) тело. Губчатое тело в проксимальном отделе расширено и образует луковицу полового члена, а дистальный утолщенный его отдел формирует головку органа. Через губчатое тело на всем протяжении проходит передняя часть мочеиспускательного канала. Кавернозные и губчатое тела окружены глубокой и поверхностной фасцией. Кавернозные тела срастаются медиальными поверхностями и покрыты плотной фиброзной капсулой — общей белочной оболочкой пещеристых тел, образующей между ними перегородку полового члена, в которой существуют многочисленные просветы. Губчатое тело покрыто белочной оболочкой, содержащей большое количество эластических волокон. В процессе эрекции участвуют все три тела полового члена, при этом каверны заполняются кровью, тела полового

члена набухают, становятся плотными. Большое количество эластических волокон, содержащееся в ткани губчатого тела, обеспечивает растяжение и сокращение мочеиспускательного канала при осуществлении функций мочеиспускания и семяизвержения [1, 2].

Кровоснабжение полового члена осуществляется парной внутренней и наружной половой артериями (бассейн внутренней и наружной подвздошной артерий соответственно). Отдав ветви к прямой кишке, мочевому пузырю и промежности, внутренняя половая артерия становится артерией полового члена, которая в свою очередь разветвляется на уретральную, глубокую и тыльную артерию, а также на артерию луковицы полового члена. Кавернозные тела полового члена снабжаются кровью одноименными артериями. В центральных отделах кавернозных тел они отдают множественные спиралевидные ветви, обеспечивающие приток крови к синусам. Просвет спиралевидных артерий узкий, вне эрекции они находятся в скрученном состоянии, при эрекции же становятся прямыми и широкими. Связь между кавернозными артериями осуществляется через срединную перегородку полового члена. Под глубокой фасцией полового члена на дорсальной поверхности кавернозных тел располагаются одноименные артерии, анастомозирующие с кавернозными и уретральными артериями.

Венозный дренаж от кавернозных и губчатого тела полового члена начинается в венах, отходящих от периферических синусов, образующих в свою очередь подоболочечное венозное сплетение, которое дренируется эмиссарными венами [3]. Венозные бассейны полового члена делятся на три коллектора, первый из которых дренирует головку, губчатое тело и дистальные 2/3 кавернозных

тел. Эмиссарные вены кавернозных и губчатого тел впадают в глубокую дорсальную вену, которая является главным венозным коллектором полового члена. Глубокая дорсальная вена располагается по линии соединения кавернозных тел на дорсальной поверхности полового члена, под глубокой его фасцией, между двумя дорсальными артериями и впадает в перипростатическое венозное сплетение [4]. Второй венозный коллектор дренирует проксимальную треть кавернозных тел и луковичный отдел губчатого тела. Третий венозный коллектор обеспечивает венозный отток от кожи полового члена и его фасций. Множество поверхностных вен, расположенных под кожей полового члена между его фасциями, объединяются и образуют поверхностную дорсальную вену, которая, раздваиваясь у корня полового члена, через наружную половую вену впадает в большую подкожную вену бедра или прямо в бедренную вену.

Эрекция является одной из фаз полового цикла мужчины и связана с расширением артерий и синусов кавернозных и губчатого тел полового члена. Расширение вызывается возбуждением постганглионарных и парасимпатических нейронов, медиатором которых могут быть ацетилхолин и вазоактивный интестинальный пептид. Нейроны возбуждаются как рефлекторным, так и психогенным путем, при этом артериальный приток значительно усиливается, синусы кавернозных и губчатого тел наполняются кровью, давление в них повышается. Венозный отток в начальных стадиях сохраняется, и набухание полового члена происходит главным образом за счет усиленного артериального притока. Во время полной эрекции эмиссарные вены сдавливаются между расширенными кавернами и белочной оболочкой, отток крови из кавернозных тел прекращается [5].

Успешность ультразвукографии прежде всего определяется тщательным соблюдением некото-

рых методических приемов [6]. Процедура ультразвукового исследования проводится в положении пациента лежа на спине без специальной подготовки в спокойной психологической атмосфере. Ультрасонография осуществляется в продольной и поперечной плоскостях на уровне проксимальной, средней и дистальной трети полового члена. На серошкальной двумерной эхограмме в состоянии покоя губчатое и кавернозные тела имеют однородную, гипоэхогенную, мелкозернистую экоструктуру (рис. 1).

При эрекции эхогенность синусов кавернозных тел резко снижается. По периферии кавернозных тел визуализируется тонколинейная гиперэхогенная структура белочной оболочки толщиной 1–2 мм в покое и 0,5–1,0 мм при эрекции. По центру полового члена между кавернозными телами определяется срединная перегородка. В продольном сечении в структуре кавернозных тел с обеих сторон визуализируются кавернозные артерии в виде анэхогенных трубчатых структур диаметром 0,4–0,9 мм, а при эрекции 0,8–1,7 мм (рис. 2). В покое при энергетическом доплере кровотока в кавернозных артериях определяется лучше, чем при цветном.

Для эрекции характерны циклические изменения артериального притока и венозного оттока, связанные в первую очередь с динамикой внутрикавернозного давления [7–9]. Эти циклические изменения носят фазовый характер и имеют специфичный доплеровский спектр [10]. *Фаза покоя* — характеризуется постоянным объемом крови в половом члене, высоким сосудистым сопротивлением. Кавернозные артерии при цветном доплеровском исследовании визуализируются не всегда, но лучше определяются большие спиральные артерии. На доплеровском спектре кровотока в кавернозных артериях характеризуется невысокой систолической скоростью (13–25 см/с),

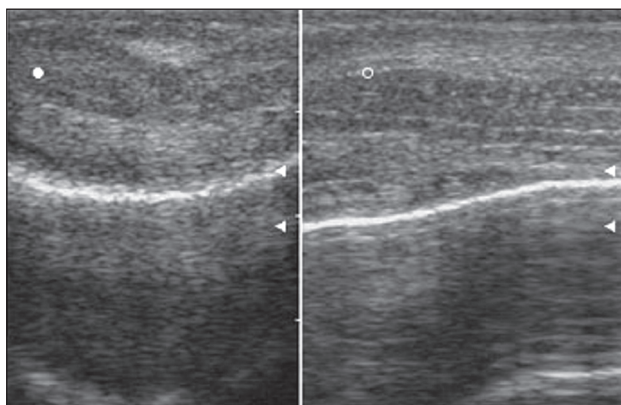


Рис. 1. Поперечная и продольная эхограммы полового члена, вид спереди. Гиперэхогенная зона между гипоэхогенными, мелкозернистыми кавернозными телами по середине полового члена

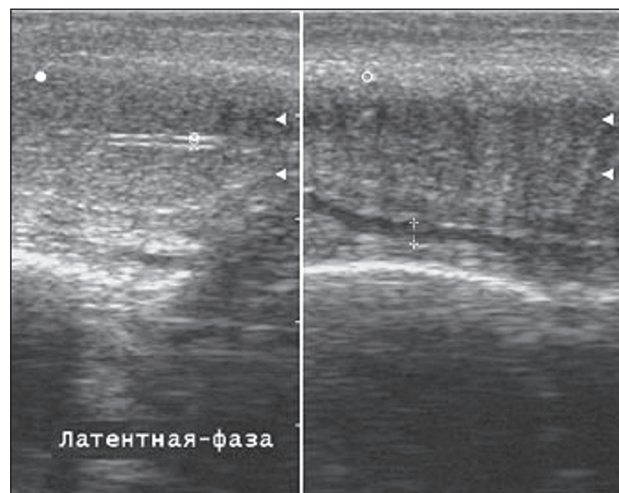


Рис. 2. Продольная эхограмма полового члена, вид спереди. Визуализация кавернозной артерии и глубокой дорсальной вены пениса

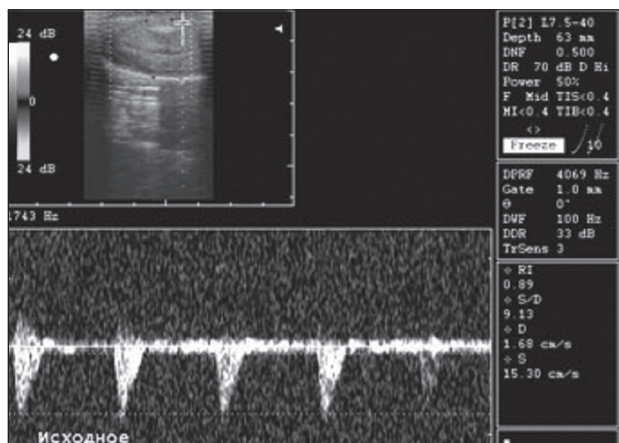


Рис. 3. Фаза покоя. Пиковая систолическая скорость кровотока в кавернозной артерии — 15 см/с, индекс резистентности — 0,89

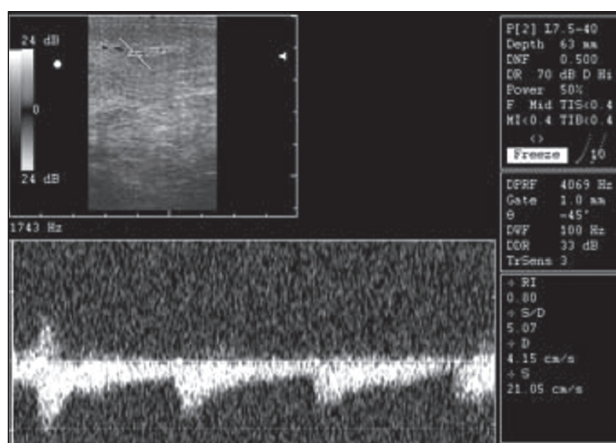


Рис. 4. Латентная фаза. Увеличились пиковая и диастолическая скорости, снизилось периферическое сопротивление

сглаженным антеградным, незначительным ретроградным компонентом и высоким индексом периферического сопротивления (рис. 3).

Латентная фаза — усиливается артериальный приток на фоне расслабления гладкой мускулатуры артериол и синусов, снижается сосудистое сопротивление. Приток крови в кавернозные тела значительно превышает отток, половой член остается мягким, при цветном доплере хорошо визуализируются кавернозные и спиральные артерии. На доплеровском спектре пиковая систолическая скорость превышает 30 см/с, несколько снижается периферическое сосудистое сопротивление за счет наибольшего увеличения диастолической скорости (рис. 4). В глубокой дорсальной вене также усиливается кровоток.

Фаза набухания (тумесценция) — характеризуется повышением внутрикавернозного давления, увеличением объема полового члена в связи со сдавливанием эмиссарных вен расширенными кавернами и уменьшением венозного оттока. Импульсная доплерография выявляет

увеличение пиковой систолической скорости до 35–46 см/с, появление трехфазного кровотока, повышение индекса периферического сопротивления (рис. 5).

Полная эрекция — продолжается артериальный приток, отсутствует венозный отток по эмиссарным венам. При цветном доплере хорошая визуализация кавернозных артерий сохраняется, хуже видны спиралевидные артерии. Отмечается узкий доплеровский спектр, максимальная пиковая скорость и высокий индекс сосудистого сопротивления (рис. 6). Кровоток в дорсальной вене не определяется.

Ригидная фаза — упругость и объем полового члена сохраняются стабильно, временно может прекращаться артериальный приток (скорее всего в связи с сокращением седалищно-пещеристых мышц значительно повышается внутрикавернозное давление). При доплеровском исследовании сохраняется трехфазный кровоток, но визуализация и регистрация кровотока в кавернозных артериях несколько затрудняется, иногда также отсутствует

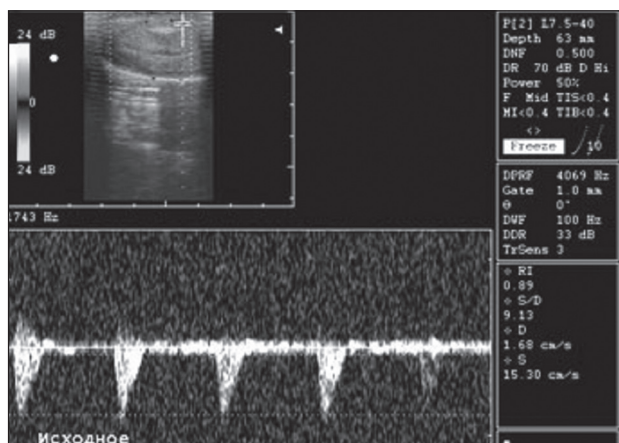


Рис. 5. Фаза тумесценции. Пиковая систолическая скорость повышена до 54 см/с

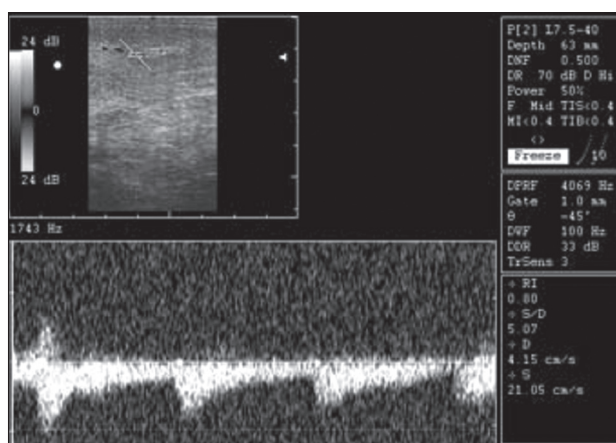


Рис. 6. Фаза полной эрекции. Пиковая систолическая скорость повышена до 65 см/с. Кровоток трехфазный

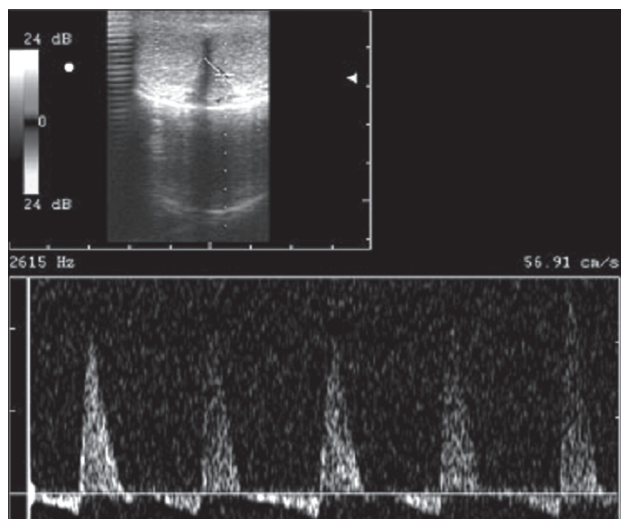


Рис. 7. Ригидная фаза. Кровоток трехфазный. Пиковая систолическая скорость остается высокой (57 см/с), но чуть снизилась

(рис. 7). В дорсальной вене изредка регистрируется небольшой ретроградный кровоток.

Фаза детумесценции характеризуется уменьшением объема полового члена, усилением кровотока в дорсальной вене, снижением пиковой систолической скорости и периферического сосудистого сопротивления на доплеровском спектре (рис. 8).

К артериальной недостаточности полового члена приводят различные патологические процессы, такие как врожденные аномалии развития артериального русла, травматические поражения артерий, атеросклероз и др. Гемодинамические нарушения при артериальной недостаточности сводятся к снижению притока артериальной крови к половому

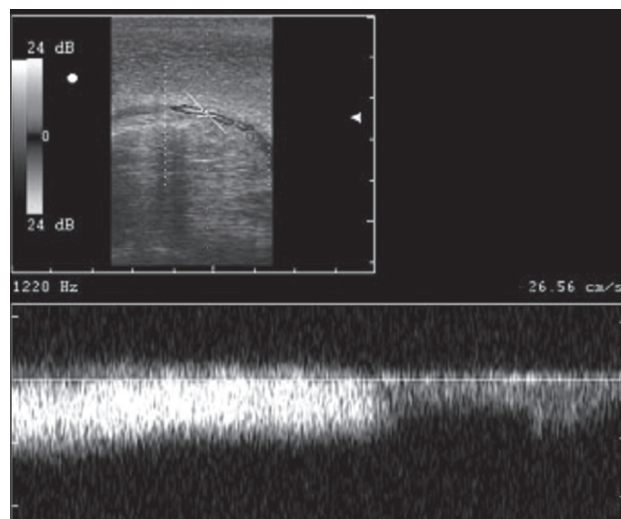


Рис. 8. Фаза детумесценции. Усилен кровоток по глубокой дорсальной вене

члену в целом и к его кавернозным телам в частности. У больных артериальной эректильной дисфункцией пиковая систолическая скорость кровотока в кавернозных артериях в покое не превышает 12 см/с. Наличие мощной коллатеральной сети между бассейнами артерий различного калибра позволяет в ряде случаев врожденных аномалий избежать развития эректильной дисфункции. Отсутствие кровотока на одной стороне при эрекции может свидетельствовать об аплазии кавернозной артерии. В таких случаях односторонняя аплазия кавернозной артерии без адекватного анастомоза может приводить к артериогенной эректильной дисфункции полового члена.

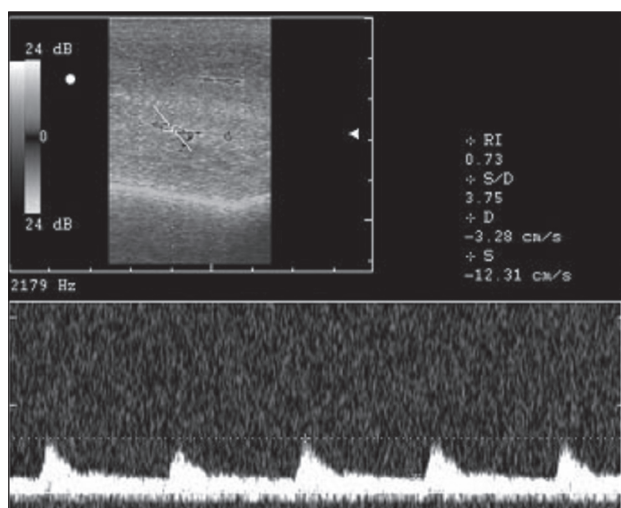


Рис. 9. Артериальная эректильная дисфункция. Увеличение объема пениса без повышения пиковой систолической скорости (12 см/с) кровотока в кавернозной артерии после введения 10 мг алпростадилла

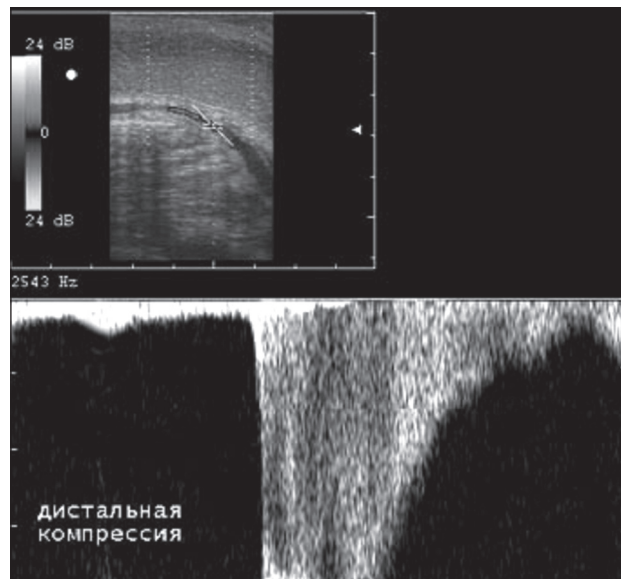


Рис. 10. Венозная эректильная дисфункция. Усиленный обратный кровоток в глубокой дорсальной вене при дистальной компрессии

Для определения артериальной эректильной дисфункции используют фармакологические пробы — введение вазоактивного вещества в кавернозные тела. Отсутствие или недостаточное увеличение диаметра сосудов свидетельствует о нейрогенном нарушении регуляции кровотока или о потере эластичности стенок артерий [11]. Низкая величина пиковой систолической скорости кровотока (менее 25 см/с) после введения вазоактивного препарата является одним из показателей артериальной эректильной дисфункции (рис. 9). При цветном доплеровском исследовании значительная асимметрия кровотока в спиральных артериях также является признаком дисфункции.

Нарушения веноокклюзивного механизма эрекции могут быть обусловлены недостаточным расслаблением гладких мышц синусов кавернозных тел, структурными изменениями, возникающими в пещеристом теле и ведущими к уменьшению

эластичности кавернозной ткани. К нарушениям могут приводить различные изменения на уровнях венозных сплетений и глубоких вен полового члена. Генетически детерминированные особенности строения венозной системы полового члена также приводят к развитию венозной недостаточности [12–14]. Проведение различных функциональных проб помогает диагностировать венозную эректильную дисфункцию. При дистальной компрессии усиление ретроградного кровотока в глубокой дорсальной вене в ригидной фазе указывает на венозную недостаточность (рис. 10).

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о больших возможностях ультразвукового исследования и доплерографии в визуализации структур полового члена, изучении кровотока в его артериальном и венозном бассейне, обнаружении патологических изменений в них, диагностике форм сосудистой эректильной дисфункции.

Литература

1. Анатомия человека / Под ред. М. Р. Сапина — 4-е издание.— М.: Медицина, 1997. С. 23–25.
2. *Martinez-Pineiro L., Julve E., Martinez-Pineiro J. A.* Topographical anatomy of penile arteries // *Br. J. Urol.*— 1997.— Vol. 80.— P. 463–467.
3. *Roberts K. P., Pruor G. L.* Anatomy and physiology of the male reproductive system // *The male infertility and sexual dysfunction* / Ed. by W. S. G. Hellstrom — N. Y.: Springer.— 1997.
4. *Привес М. Г., Лысенков Н. К., Бушкович В. И.* Анатомия человека.— 11-е изд., перераб. и доп.— СПб.: Гиппократ, 1998.— С. 335–337.
5. *Енуз В.* Вегетативная нервная система // *Физиология человека* / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса.— 2-е изд., доп. и перераб.— М.: Мир, 1996.— Т. 2.— С. 343–383.
6. *Patel U., Lees W. R.* Penile sonography // *Ultrasound of Superficial Structures* / Ed. by L. Solbiati, G. Rizzatto.— Edinburgh; Hong Kong; L: Churchill Livingstone.— 1995.— P. 201–228.
7. *Aboseif S. R., Lue T. F.* Fundamentals and hemodynamics of penile erection // *Cardiovasc. Intervent. Radiol.*— 1988.— Vol. 11.— P. 185–190.
8. *Batra A. K., Lue T. F.* Penile erection: circulatory physiology // *Impotence: Diagnosis and management of male erection dysfunction* / Ed. by R. S. Kirby, C. Carson, G. D. Webster.— Oxford: Butterworth-Heinemann— 1991.
9. *Lue T. F.* Physiology of penile erection and pathology of erectile dysfunction and priapism // *Urology* / Ed. by L. L. Campbell.— Philadelphia: W. B. Saunders Co.— 1998.
10. *Middleton W. D., Fitzgerald S. W.* Color Doppler imaging of the scrotum and penis // *Clinical Applications of Doppler Ultrasound* / Ed. by K. J. W. Taylor, P. N. Burns, R. N. Wells.— T. Y.: Raven Press.— 1995.— P. 179–203.
11. *Benson C. B., Vickers M. A., Aruny J.* Evaluation of impotence // *Semin. Ultrasound CT MR.*— 1991.— Vol. 12.— P. 176–190.
12. *Руководство по урологии* / Под ред. Н. А. Лопаткина.— М.: Медицина, 1998.— Т. 3.— С. 602–622.
13. *Diagnosis of venous incompetence in erectile dysfunction: Comparative study of cavernosography and Doppler ultrasound* / H. Gall, C. H. Sparwasser, C. G. Stief et al. // *Urology.*— 1990.— Vol. 35.— P. 235–238.
14. *Venous incompetence in erectile dysfunction: evaluation with color-coded duplex sonography and cavernosometrygraphy* / G. Furst, V. Muller-Mattheis, M. Cohnen et al. // *Eur: Radiology.*— 1999.— Vol. 9.— P. 35–41.

Поступила 07.05.2007.