

Бекназаров Ж.Б.¹, Холмуродов М.К.², Нурматов Ё.Х.²

Математическое моделирование и прогнозирование отдаленных результатов хирургического лечения клапана уретры у детей

1- Кафедра детской хирургии Ташкентского института усовершенствования врачей, г. Ташкент, Республика Узбекистан; 2 - кафедра математики Наманганского государственного университета, г. Наманган, Республика Узбекистан

Beknazarov J.B., Kholmurodov M.K., Nurmatov Y.H.

Prognosticating with mathematical model later results of surgical treatment urethral valves of children

Резюме

В статье изложены результаты проведенных исследований и лечебно-профилактических мероприятий начиная с 1998 по 2009 г.г. клапанов уретры у 54 детей, в возрасте от двух месяцев до 15 лет. 28 из пациентов прошли лечение по эндоскопическому методу и 26 пациентов лечение по предложенной методике клиники (металлическим вальватомом). При диагностировании были применены методы УТТ, микцион цистоуретрограммы, уретроцистоскопии, урофлоуметрии, цистоманометрии и их математические анализы. Результаты лечения были определены и прогнозированы по математическому моделированию, лечение клапана уретры металлическим вальватомом, предложенное клиникой оказалось предпочтительнее к эндоскопическому методу.

Ключевые слова: клапан уретры, металлический вальватом, эндоскопический метод, математическое моделирование

Summary

The results of experience of treatment and diagnostics of 54 children aged from 2 month to 15 years with urethral valves in the period from 1998 to 2009 is presented in the article. 28 patients in endoscopies method and 26 patients in metal valvatom method have been treated. USD, miction cistourethrogrammal, urethral cistoscopic, urofluometric and cistomanometrical methods have been used in the diagnosis and have been analysed. The results of the diagnosis have been based on the mathematic simulation: the treatment in the metal valvatom methods are already pointing the way to more efficient than in endoscopic method.

Key words: urethral valves, metal valvatom, endoscopic method, mathematic simulation

Введение

Пороки развития мочевыделительной системы (МВС) у детей не только распространены, но и имеют тенденцию к росту. В последние годы в связи с успехами пренатальной диагностики пороков в детской урологии развивается новое направление — неонатальная урология, что делает актуальной проблему ранней диагностики пороков у детей первых недель и месяцев жизни. Отягощающее влияние расстройств уродинамики нижних мочевых путей в фетальном периоде на состояние верхних мочевых путей, морфофункциональное развитие и созревание почек, определение роли указанных расстройств на антенатальное течение и формирование пороков мочевыводящей системы определяют важность поставленной задачи. Именно они являются первичным звеном в развитии поражения мочевого тракта, что обуславливает и значительно отягощает течение рефлюкс-нефропатии, способствуют прогрессирующему снижению почечных

функций. Клапаны уретры являются врожденной патологией, отличающиеся тяжелыми изменениями не только в функции мочевого пузыря, но также диспластическими расстройствами в паренхиме почки [1, 2, 3].

Поэтому ранняя диагностика и своевременное лечение этой патологии имеет важное значение в жизни каждого ребенка [4, 5], так как предотвращает необратимые изменения в стенках мочеточника, а также в почках, наступивших рано или поздно [6, 7].

Разработкой вопросов клапанной обструкции уретры у детей занимались многие авторы [8], однако способы оперативного лечения этого заболевания вызывают в науке много споров. В настоящее время применяют в основном закрытые способы лечения — трансуретральная резекция [9, 10]. Прогресс и усовершенствование эндоскопических инструментов позволяют разрушать клапаны коагуляционными электродами или миниатюрными ножами. Однако и трансуретральный метод не лишён

недостатков: после лечения пациентов детского возраста развивалась рецидивирующая инфекция уринарного тракта и стриктура уретры до 35% случаев [11]. Частота рецидива после первичной аблации клапана достигает 20-45% [12], иногда до полного удаления клапана прибегали к повторной аблации 8 раз [13]. Все вышеуказанное обусловило к изучению результатов разрушения клапана уретры у детей.

Необходимость раннего распознавания их очевидна, так как результаты лечения зависят от степени сохранения сократительной способности мышцы, выталкивающей мочу, наличия пузырно-мочеточниковых рефлюксов, выраженности уретерогидронефроза и сохранения функции почек [14, 15].

Клиника заболевания проявляется расстройством мочеиспускания и лейкоцитурией. У детей первого года жизни и новорожденных также наблюдается диспепсия, экзикоз, нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, обусловленные электролитными нарушениями, на фоне почечной недостаточности.

Диагностика клапанов уретры представляет затруднения вследствие недостаточной осведомленности врачей об этой патологии. Уточняют диагноз с помощью УЗИ, микционной цистоуретрографии, уретроцистоскопии, урофлоуметрии и цистоманометрии.

Цель исследования – внедрить в практику метод, отличающийся простотой выполнения и осуществляемый даже в лечебных учреждениях в странах и регионах со слабо развитой экономикой, изучить ближайшие и отдаленные результаты операции рекомендуемого способа при помощи математического сравнительного анализа с имеющимися хирургическими методами [16].

Материалы и методы

Клапаны уретры (КУ) были ликвидированы у 28 больных путем эндоскопического удаления и у 26 больных с помощью клапанудаляющего инструмента металлическим вальватором, (патент на полезный модель UZ № FAP 2009 0046 23.08.2010) предложенного в клинике для удаления клапана уретры.

Для построения математической модели мы использовали статистический материал, полученный на базе от-

делений детской хирургии ТашИУВ, Ташкентского педиатрического медицинского института и Наманганского областного детского многопрофильного медицинского центра. Были проанализированы клинические симптомы инфравезикальной обструкции, обусловленной клапанами уретры до и после оперативного лечения. Диагноз был установлен на основании клинических симптомов и подтвержден такими исследованиями, как ультразвуковая сонография, микционная цистоуретрография, урофлоуметрия, цистоманометрия, уретрацистоскопия.

Для оценки уродинамики мочеиспускания нами проведены математические анализы внутрипузырного давления, скорость мочеиспускания и коэффициент уретрального сопротивления при мочеиспускании.

Статистическая обработка полученного материала осуществлялась на персональном компьютере с использованием пакета статистических программ MathCad. Использовался метод вариационной статистики: определялась средняя арифметическая (M), ее ошибка ($\pm m$), критерий Стьюдента (t) при различных уровнях значимости (P). Достоверными считались результаты при $P < 0,05$ и $P < 0,01$.

Результаты и обсуждение

I. Математическую модель уретрального сопротивления при мочеиспускании будем определять в следующем виде:

$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5$, где y - коэффициент уретрального сопротивления, x_1 - максимальный объем мочевого пузыря, x_2 - толщина стенки мочевого пузыря, x_3 - объем остаточной мочи, x_4 - скорость мочеиспускания (сред), x_5 - живое сечение уретры, a_0, a_1, \dots, a_5 - постоянные числа.

Статистический анализ уродинамических показателей уретрального сопротивления приведен в Таблице 1.

Для построения математических моделей используем метод наименьших квадратов математической статистики. Применяя компьютерную программу MathCAD, мы вычислили коэффициенты и получили математические модели в двух случаях. Основная задача - сравнение методов хирургического лечения при клапане уретры у детей и определение более оптимального способа лечения.

Таблица 1. Показатели уретрального сопротивления до и после операции удаления клапана уретры

| Показатели исследования | Эндоскопическое удаление КУ | | Удаление КУ металлическим вальватором | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | до операции | после операции | до операции | после операции |
| Максимальный объем мочевого пузыря | 162,7 \pm 37,2* | 147,5 \pm 31,91* | 190,2 \pm 34,99* | 160,6 \pm 16,4** |
| Толщина стенки мочевого пузыря (см) | 0,62 \pm 0,08** | 0,54 \pm 0,05** | 0,59 \pm 0,07* | 0,50 \pm 0,04** |
| Объем ост. мочи (мл) | 45,11 \pm 19,40* | 11,19 \pm 7,19* | 40,48 \pm 12,44* | 8,93 \pm 2,28** |
| Скорость мочеиспускания (мл/с) | 6,98 \pm 0,88* | 12,67 \pm 0,96* | 7,52 \pm 0,74* | 13,42 \pm 0,81** |
| Живое сечение уретры | 0,30 \pm 0,04* | 0,47 \pm 0,04* | 0,31 \pm 0,03* | 0,50 \pm 0,03** |

Примечания: * - $p < 0,05$ - уровень значимости.

** $p < 0,01$ - уровень значимости.

Таблица 2. Показатели скорости мочеиспускания до и после операции удаления клапана уретры

| Показатели исследования | Эндоскопическое удаление КУ | | Удаление КУ металлическим вальватомом | |
|--|-----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|
| | до операции | после операции | до операции | после операции |
| Живое сечение уретры | 0,30±0,04* | 0,47±0,04* | 0,31±0,03* | 0,50±0,03** |
| Коэффициент уретрального сопротивления | 0,28±0,07* | 0,11±0,06* | 0,22±0,06* | 0,05±0,02** |
| Объём ост. мочи (мл) | 45,11±19,40* | 11,19±7,19* | 40,48±12,4* | 8,93±2,28** |
| Внутрипузырное давление (мм.вод. ст.) | 34,91±2,13* | 43,73±0,47** | 36,31±1,91* | 49,51±0,38** |

Примечания: * - $p < 0,05$ - уровень значимости.

** $p < 0,01$ - уровень значимости.

Таблица 3. Показатели внутрипузырного давления до и после операции удаления клапана уретры

| Показатели исследования | Эндоскопическое удаление КУ | | Удаление КУ металлическим вальватомом | |
|--|-----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|
| | до операции | после операции | до операции | после операции |
| Скорость мочеиспускания (мл/с) | 6,968±0,88* | 12,67±0,96** | 7,52±0,74* | 13,42±0,81** |
| Коэффициент уретрального сопротивления | 0,28±0,07* | 0,11±0,06* | 0,22±0,06* | 0,05±0,02** |
| Живое сечение уретры | 0,30±0,04* | 0,47±0,04* | 0,31±0,03** | 0,50±0,03** |
| Объём ост. мочи (мл) | 45,11±19,4* | 11,19±7,19* | 40,48±12,44* | 8,93±2,28** |
| Толщина стенки мочевого пузыря (см) | 0,62±0,08* | 0,54±0,05** | 0,59±0,07* | 0,50±0,04** |

Примечания: * - $p < 0,05$ - уровень значимости.

** $p < 0,01$ - уровень значимости.

1. Эндоскопическое удаление клапана уретры:

а) до операции:

$$y = -3,6450 \cdot 10^{-2} - 4,1601 \cdot 10^{-4} x_1 + 0,3024 x_2 + 3,0652 \cdot 10^{-3} x_3 + 8,3276 \cdot 10^{-3} x_4 + 0,1910 x_5;$$

б) после операции:

$$y = 8,8523 \cdot 10^{-3} - 6,9645 \cdot 10^{-4} x_1 + 0,3110 x_2 + 9,1819 \cdot 10^{-3} x_3 + 0,1944 x_4 - 5,1634 x_5.$$

2. Удаление клапана уретры металлическим вальватомом:

а) до операции:

$$y = -5,234 \cdot 10^{-3} - 6,668 \cdot 10^{-4} x_1 + 0,355 x_2 + 3,922 \cdot 10^{-3} x_3 - 1,02 \cdot 10^{-3} x_4 + 0,253 x_5;$$

б) после операции:

$$y = 1,9144 \cdot 10^{-4} - 1,3034 \cdot 10^{-4} x_1 + 4,7047 \cdot 10^{-3} x_2 + 7,0315 \cdot 10^{-3} x_3 + 3,4680 \cdot 10^{-4} x_4 + 2,9779 \cdot 10^{-2} x_5.$$

II. Математическая модель скорости мочеиспускания определяется в следующем виде: $y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5$, где y – скорость мочеиспускания, x_1 – живое сечение уретры, x_2 – коэффициент уретрального сопротивления, x_3 – объём остаточной мочи, x_4 – внутрипузырное давление при мочеиспускании, где a_0, a_1, K, a_4 – постоянные числа.

Статистический анализ уродинамических показателей скорости мочеиспускания приведен в Таблице 2.

Применяя методы, названные получим следующие математические модели для скорости мочеиспускания.

1. Эндоскопическое удаление клапана уретры:

а) До операции:

$$y = -4,457 + 22,908 x_1 - 0,387 x_2 + 0,0002 x_3 + 0,137 x_4;$$

б) После операции:

$$y = -7,741 + 26,886 x_1 - 0,019 x_2 + 0,0007 x_3 + 0,172 x_4.$$

2. Удаление клапана уретры металлическим вальватомом:

а) До операции:

$$y = 2,2619 + 7,3758 x_1 - 1,4523 x_2 + 0,0131 x_3 + 0,523 x_4;$$

б) После операции:

$$y = -7,2318 + 26,8005 x_1 + 0,0606 x_2 + 0,00007 x_3 + 0,1610 x_4.$$

III. Математическую модель внутрипузырного давления при мочеиспускании будем определять в следующем виде: $y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5$, где y – внутрипузырное давление при мочеиспускании, x_1 – скорость мочеиспускания, x_2 – коэффициент уретрального сопротивления, x_3 – живое сечение уретры, x_4 – объём остаточной мочи, x_5 – толщина стенки мочевого пузыря, a_0, a_1, K, a_5 – постоянные числа. Статистический анализ уродинамических показателей внутрипузырного давления приведен в Таблице 3.

Применяя данные методы, получим следующие математические модели для внутрипузырного давления при мочеиспускании.

1. Эндоскопическое удаление клапана уретры:

а) До операции:

$$y = 6,7772 - 0,0049 x_1 + 0,3517 x_2 + 48,8753 x_3 + 0,3613 x_4 - 0,2409 x_5;$$

б) После операции:

$y = 12,8031 + 0,0329x_1 - 0,327x_2 + 73,6699x_3 - 0,7421x_4 - 1,9179x_5$.

2. Удаление клапана уретры металлическим вальватомом:

а) До операции:

$y = 263,5352 - 32,6911x_1 + 2,2788x_2 + 181,258x_3 + 0,12x_4 - 79,7669x_5$;

б) После операции:

$y = 630,6688 + 31,506x_1 + 343,1641x_2 - 2059,6487x_3 - 8,7386x_4 + 110,6733x_5$.

Достоверность коэффициентов математических моделей проверена с помощью статистики Фишера, они являются значимыми с вероятностью $p = 0,95$.

Выводы

Уретральное сопротивление при мочеиспускании после удаления клапана уретры металлическим вальватомом уменьшается больше, чем при удалении эндоскопическим путем.

1. Скорость мочеиспускания при удалении клапана металлическим вальватомом увеличивается в сравнении с удалением эндоскопическим путем.

2. Внутрипузырное давление мочеиспускания после удаления клапана уретры металлическим вальватомом

нормализуется больше, чем при удалении эндоскопическим путем.

3. Живое сечение уретры увеличивается и коэффициент уретрального сопротивления уменьшается при удалении клапана металлическим вальватомом по сравнению с удалением эндоскопическим путем.

Эти преимущества нового метода приводят к быстрому восстановлению нормальной уродинамики в верхних и нижних мочевыводящих путях.

Таким образом, на основании вышеназванных математических моделей можно отметить, что при оперативном лечении клапана задней уретры у детей оптимальным способом лечения является удаление клапана уретры металлическим вальватомом. ■

Бекназаров Ж.Б. - профессор кафедры детской хирургии Ташкентского института усовершенствования врачей, Республика Узбекистан; *Халмуродов М.К.* - профессор кафедры математики Наманганского государственного университета, Республика Узбекистан; *Нурматов Е.Х.*; Автор, ответственный за переписку - *Нурматов Е. Х.*, yodgornirzo@rambler.ru

Литература:

1. Вишневецкий Е.Л., Гельдт В.Г., Николаев Н.С. Оценка уродинамики нижних мочевых путей у детей раннего возраста. // Росс. вестн. перинатал. и педиатрии. - М., 2003. - №5. - С.46-50.
2. Manzoni C., Valentini A.L. Posterior urethral valves // Rays. -2002. -Vol27. -№2 -P.131-134.
3. Rao K.L., Eradi B., Menon P. Anterior and posterior urethral valves: a rare association // Pediatr Surg Int. -2003. -Vol38. -№7. -P.23-24.
4. Гельдт В.Г., Кузовлева Г.И. Диагностика пороков мочевыделительной системы у новорожденных и грудных детей. // Педиатрия 2006. -№1. -С.87-94.
5. Hitchcock R.J., Sadiq M.J. Button Vesicostomy: A continent urinary stoma // J. Pediatr Urol. -2007. -Vol3. -№2 -P.104-108.
6. Haecker F.M., Wehrmann M., Haecker H.W. et al. Renal dysplasia in children with posterior urethral valves: a primary or secondary malformation? // Pediatr Surg. Int. -2002. -Vol18. -№2-3. -P.119-122.
7. Kleppe S., Schmitt, Geipel A. et al. Impact of prenatal urinomas in patients with posterior urethral valves and postnatal renal function. // J. Perinat Med. -2006. -Vol34. -№5. -425-428.
8. Eckoldt F., Heling K.s., Woderich R. et al. Posterior urethral valves: prenatal diagnostic signs and outcome // Urol. Int. -2004. -Vol73. -№4. -P.296-301.
9. Maranya G.A. Posterior urethral valves in the adult: report of two cases // East Afr. Med J. -2004. -Vol81, -№8. -P.430-432.
10. Narasimhan K.L. Kaur B. Chowdhary S.K. et al. Does mode of treatment affect the outcome of neonatal posterior urethral valves? // J. Urol. -2004. -Vol171, -№6, -Pt.1. -P.2423-2426.
11. Shittu O.B., Asinobi A.O. Long-term outcome of posterior urethral valves ablation using the Mohan's urethral valvotome // West Afr. J. Med. -2004. -Vol23, -№1. -P.35-37.
12. Geavlete P., Cauni V., Georgescu D. Value of preoperative urethral ultrasound in optic internal urethrotomy // Eur. Urol. -2005. -Vol47, -№6. -P.865-871.
13. Ban Hani O., Prelog K., Smith G.H. A method to assess posterior urethral valve ablation // J. Urol. - 2006. - Vol176, №1. - P. 303-305.
14. Matsui F., Shimada K., Matsumoto F. et al. Prenatal resolution of megacystis possibly caused by spontaneous rupture of posterior urethral valves // J. Pediatr Surg. -2008. - Vol43, №12 - P.2285-22.
15. Sudarsanan B., Nasir A.A., Puzhankara R. et al. Posterior urethral valves: a single center experience over 7 years // Pediatr Surg. Int. -2009. -Vol29. -№3. -P.283-287.
16. Шяган Е.Н. Статистические методы и вычислительная техника в социально-гигиенических исследованиях - М. - 1977. - 250 с.