

УДК 612.46:575.8-053.2+311.1

Н.Н. Мартынович, В.В. Малышев, Ю.В. Васильев

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ
У ДЕТЕЙ В ОНТОГЕНЕЗЕ**

*Иркутский государственный медицинский университет (Иркутск)
Иркутский филиал ГУ «МНТК» Микрохирургия глаза им. академика С.Н. Федорова МЗРФ (Иркутск)
ГУ НЦ РВХ СО РАМН (Иркутск)*

Проведены уродинамические исследования у здоровых детей в возрасте 6–15 лет. Определен показатель, характеризующий структурно-функциональное состояние органов мочевой системы у детей в различные возрастные периоды и определяющий биологическую сущность мочевого выделения. Показана тесная взаимосвязь между образовательной и выделительной функциями мочевой системы у здоровых детей в онтогенезе. На основании проведенного многофакторного дискримина-

нантного анализа определены показатели, позволяющие провести разграничение детей по половой принадлежности.

Ключевые слова: мочевыделительная система, структурно-функциональное состояние, онтогенез, дети, статистические методы

REGULARITIES AND MECHANISMS OF FORMATION STRUCTURAL-FUNCTIONAL STATUS OF URINARY SYSTEM IN CHILDREN IN ONTOGENESIS

N.N. Martynovich, V.V. Malyshev, J.V. Vasiliyev

*Irkutsk State Medical University (Irkutsk)
Irkutsk Branch IRTC «Eye Microsurgery» named after academician S.N. Fiedorov (Irkutsk)
SC RRS SB RAMS (Irkutsk)*

Urodynamics researches at healthy children at the age of 6–15 years are carried out. The parameter describing a structural-functional status of urinary system in children during the various age periods and determining biological essence of urination is determined. The close interrelation between formative and secretory functions of urinary system in healthy children in ontogenesis is shown. On the basis of the hold multifactorial discriminant analysis the parameters allowing to carry out differentiation of children on a sexual belonging are determined.

Key words: urinary system, structural-functional status, ontogenesis, children, statistical methods

В настоящее время широко используемый в современной нефроурологии термин «уродинамика» характеризует процесс активного выведения мочи из организма, в результате координированной деятельности нервно-мышечного аппарата всей мочевыделительной системы, начиная с верхних ее отделов (чашечек, почечных лоханок) и заканчивая нижними (мочеточниками, мочевым пузырем, мочеиспускательным каналом). Неразрывность данного процесса очевидна, тем не менее, допустимо рассматривать закономерности его развития к нижним мочевым путям, являющегося составной частью физиологии мочеиспускания — произвольного, периодически наступающего акта опорожнения мочевого пузыря [3, 5, 10]. Введение термина Единая Функциональная Система нижних мочевых путей (ЕФС НМП) в урологическую практику позволила упорядочить и объединить все органы и нейромышечные структуры, участвующие в микционном цикле. К ЕФС НМП относятся: мочевой пузырь (детрузор), мочеиспускательный канал (уретра), пузырно-мочеточниковый сегмент (ПМС), пузырно-уретральный сегмент (ПУС). Микционный цикл включает в себя две фазы: накопление мочи и ее эвакуацию. В обеих фазах микционного цикла в той или иной мере принимают участие все функции нервно-мышечных структур нижних мочевыводящих путей и тазового дна: адаптационная, замыкательная, эвакуаторная, «отсасывающая», вентильная ПМС и ПУС [10].

Исследованию становления зрелого типа мочеиспускания у детей, от которого в последующем будет зависеть вероятность развития патологического процесса со стороны нижних мочевых путей, посвящены работы Е.А. Вишневого [2, 3].

Имеющиеся единичные публикации проведенных исследований в педиатрической нефроурологии свидетельствуют о том, что до сих пор остаются невыясненными до конца механизмы функционирования нижнего отдела мочевой системы, а именно мочевого пузыря в норме, определяющие возможное развитие патологического процесса во всей

мочевой системе при патологии. Не определен и не обоснован показатель, отражающий структурно-функциональное состояние мочевой системы. Не выяснены механизмы, определяющие различие между возрастными группами мальчиков и девочек.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Контрольную группу составили 128 детей в возрасте от 6 до 15 лет, из них 96 девочек и 32 мальчика. Критериями отбора в группу были следующие: отсутствие хронических заболеваний, аллергических реакций, отсутствие патологического мочевого синдрома, отсутствие изменений при эхографическом исследовании почек. Таким образом, состояние здоровья детей соответствовало I–II группам здоровья [9]. Всем детям в течение 3-х суток проводилась регистрация количества и объема выделенной в каждой порции мочи, с определением среднего объема мочевого пузыря и количества мочеиспусканий [2]. На втором этапе исследования у здоровых детей определяли объем мочевого пузыря при первом позыве, максимальный объем мочевого пузыря, количество остаточной мочи, при ультразвуковой микционной цистометрии [1, 8]. Третий этап включал проведение урофлоуметрии с определением средней объемной скорости тока мочи [11]. На четвертом этапе проведено радиоизотопное исследование почек, с определением T_{max} , $T^{1/2}$, $T^{2/3}$, ЭПП [7].

Использованные для решения поставленных задач дескриптивный [4] и многофакторный дискриминантный [6] виды анализов позволили наиболее полно охарактеризовать динамику структурно-функционального развития как верхних, так и нижних мочевых отделов мочевой системы в онтогенезе, определить нормальное их функционирование, показать достоверность различий проведенных исследований по полу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Задачей проводимого исследования было установить, насколько глубоко происходят трансформа-

ции какого-либо показателя в связи с изменениями других показателей. В качестве зависимой величины уравнения регрессии был избран показатель среднего эффективного объема мочевого пузыря (СЭО), имеющий важное биологическое значение, наиболее полно отражающий структурно-функциональное состояние мочевыводящей системы.

В результате проведенных математических расчетов, уравнение множественной регрессии у здоровых мальчиков 6–7 лет выглядит следующим образом:

$$\text{СЭО} = 108,99 + 0,88 (T_{\max} \text{ слева}) - 0,56 (\text{Max } V),$$

где: СЭО – средний эффективный объем мочевого пузыря; T_{\max} слева – период максимального накопления радиофармпрепарата левой почкой; Max V – максимальный объем мочевого пузыря.

Коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,96, p < 0,005$.

Таким образом, изменение среднего эффективного объема мочевого пузыря у здоровых мальчиков 6–7 лет согласовано с изменениями максимального объема мочевого пузыря и максимальным накоплением радиофармпрепарата левой почки, что с одной стороны отражает в этот возрастной период тесную взаимосвязь между функцией мочевого пузыря и функцией почек, а с другой – позволяет прогнозировать эти изменения относительно друг друга.

В то же время у здоровых девочек 6–7 лет не удалось построить уравнение множественной регрессии, так как среди показателей мало дисперсии. Следовательно, показатель среднего эффективного объема мочевого пузыря у здоровых девочек невозможно проверить ни по одному из избранных показателей.

В средней возрастной группе детей 8–11 лет на основании расчетов проведенных исследований уравнение множественной регрессии для определения среднего эффективного объема мочевого пузыря у мальчиков выглядит следующим образом:

$$\text{СЭО} = 132,59 - 1,0 (T^{1/2} \text{ слева}) + 0,63 (\text{ЭПП слева}),$$

где: СЭО – средний эффективный объем; $T^{1/2}$ слева – период полувыведения радиофармпрепарата левой почкой; ЭПП – эффективный почечный плазмоток в левой почке.

Коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,96, p < 0,005$.

Данное уравнение показывает, что у здоровых мальчиков средний эффективный объем определяется периодом полувыведения радиофармпрепарата и эффективным почечным плазмотоком левой почки. Таким образом, в этот возрастной период у мальчиков показатель, определяющий функциональное состояние нижних мочевых путей напрямую зависит только от нормального функционирования верхних отделов мочевого тракта.

В средней возрастной группе уравнение множественной регрессии для расчета среднего эффективного объема мочевого пузыря у здоровых девочек 8–11 лет представляет собой следующее:

$$\text{СЭО} = 147,73 + 0,88 (\text{Max } V) - 0,64 (\text{ЭПП слева}) - 0,43 (\text{KM}),$$

где: СЭО – средний эффективный объем; Max V – максимальный объем мочевого пузыря; ЭПП – эффективный почечный плазмоток в левой почке; KM – количество мочеиспусканий.

Коэффициент множественной детерминации данного уравнения $R^2 = 0,80, p < 0,05$.

У здоровых девочек средний эффективный объем мочевого пузыря имеет согласованные изменения со следующими показателями: максимальным объемом мочевого пузыря, количеством мочеиспусканий, ЭПП левой почки. Таким образом, у девочек в возрастной период 8–11 лет, показатель среднего эффективного объема тесно взаимосвязан в большей степени с нормальным функционированием нижних отделов мочевой системы (максимальный объем мочевого пузыря, количество мочеиспусканий) и, в меньшей степени, верхних его отделов (ЭПП левой почки).

Уравнение множественной регрессии для расчета среднего эффективного объема у здоровых мальчиков 12–15 лет:

$$\text{СЭО} = 207,48 - 0,77 (\text{KM}) - 0,44 (\text{УФМ}) + 0,83 (T^{2/3} \text{ слева}) + 0,79 (\text{ЭПП слева}) - 0,28 (T_{\max} \text{ справа}),$$

где: СЭО – средний эффективный объем; KM – количество мочеиспусканий; УФМ – средняя объемная скорость тока мочи по данным урофлоуметрии; ЭПП – эффективный почечный плазмоток в левой почке; T_{\max} справа – максимальное накопление радиофармпрепарата в паренхиме правой почки.

Коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,99, p < 0,005$.

Показателями, определяющими средний эффективный объем мочевого пузыря у мальчиков старшей возрастной группы являются: количество мочеиспусканий, средняя объемная скорость тока мочи, показатели гаммасцинтиграфии правой и левой почек ($T^{2/3}$ слева, ЭПП слева, T_{\max} справа). Таким образом, в возрастной период 12–15 лет у мальчиков изменения среднего эффективного объема мочевого пузыря согласованы с одной стороны, с нормальным функционированием нижних мочевых путей, с другой – верхних, как правой, так и левой почек. Появление нового качественного признака, согласованных изменений в данный возрастной период со средней объемной скоростью тока мочи, характеризующей сократительную активность детрузора, предполагает наличие дополнительных механизмов, определяющих нормальное функционирование мочевой системы.

Уравнение регрессии для расчета среднего эффективного объема мочевого пузыря у девочек 12–15 лет:

$$\text{СЭО} = 194,42 + 0,81 (\text{УФМ}) + 0,6 (T^{2/3} \text{ слева}),$$

где: СЭО – средний эффективный объем; УФМ – средняя объемная скорость тока мочи по данным урофлоуметрии; $T^{2/3}$ – выведение радиофармпрепарата левой почки.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,80, p < 0,05$.

Показателями, определяющими средний эффективный объем мочевого пузыря у здоровых девочек, являются средняя объемная скорость тока мочи, выведение радиофармпрепарата левой почкой, что отражает также тесную взаимосвязь между функцией мочевого пузыря и функцией почек. Следует отметить, что и у девочек в старший возрастной период появляется новый качественный показатель, а именно — средняя объемная скорость тока мочи, определяющий дополнительные механизмы функционирования мочевой системы в период активной гормональной перестройки.

Проведенные математические расчеты и полученные формулы для определения среднего эффективного объема мочевого пузыря, как показателя, имеющего важное биологическое значение, отражающее структурно-функциональное состояние мочевой системы, свидетельствуют о тесной взаимосвязи функции мочевого пузыря и почек во все возрастные периоды как у мальчиков, так и у девочек. Следует отметить, что с возрастом количество показателей, отражающих тесную взаимосвязь нижних и верхних отделов мочевых путей, увеличивается. В старшей возрастной группе как у мальчиков, так и у девочек в построении математического уравнения отводится определенная роль показателю, определяющему сократительную активность мочевого пузыря, что подтверждает наличие дополнительных механизмов, свидетельствующих в пользу этих тесных взаимосвязей.

На следующем этапе исследования для выяснения механизмов, определяющих различие между возрастными группами как у здоровых девочек, так и у здоровых мальчиков, был проведен многофакторный дискриминантный анализ, в основе которого лежит вычисление канонической величины — одного или нескольких показателей из используемых исследований, наиболее информативных для разграничения данных групп.

При дискриминантном анализе установлено, что наиболее информативными показателями, позволяющими выявить разницу между возрастными группами как у здоровых девочек, так и у здоровых мальчиков являются: максимальный объем мочевого пузыря, средний эффективный объем, показатель средней объемной скорости тока мочи по данным урофлоуметрии, объем мочевого пузыря при первом позыве, T_{\max} (у мальчиков). Учитывая, что использование максимального и эффективного объемов в дискриминантном анализе имеет 100 % влияние на качество распознавания, для более глубокого изучения механизмов различий при дальнейшем пошаговом анализе данные показатели не использовались.

Проведенные математические вычисления вывели для мальчиков следующее уравнение для расчета канонической величины:

$$K_m = 21,7 (УФМ) + 0,6 (V ПП) + 15,1 (T_{\max} \text{ справа}) + 2,1 (T_{\max} \text{ слева}) - 143,8.$$

$$p < 0,0001,$$

где: УФМ — средняя объемная скорость тока мочи по данным урофлоуметрии; VПП — объем мочевого пузыря при первом позыве, T_{\max} слева — максимальное накопление радиофармпрепарата в паренхиме левой почки; T_{\max} справа — максимальное накопление радиофармпрепарата в паренхиме правой почки.

Из рисунка 1 следует, что среднее значение канонической величины по возрастным группам составило 3,5, 15,6 и 109,5 соответственно для мальчиков 6–7 лет, 8–11 лет и 12–15 лет. Достоверность различий между тремя группами по мере Махалобиса статистически значима. Суммарный показатель распределения мальчиков по классификационной матрице равен 96,6 %.

Таким образом, уравнение для расчета канонической величины здоровых мальчиков определяется средней объемной скоростью тока мочи, объемом мочевого пузыря при первом позыве, а также показателями максимального накопления радиофармпрепарата обеими почками.

Уравнение для расчета канонической величины для здоровых девочек имеет следующий вид:

$$K_d = 16,9 (УФМ) + 0,8 (V ПП) - 141,0.$$

$$p < 0,0001,$$

где: УФМ — средняя объемная скорость тока мочи по данным урофлоуметрии; V ПП — объем мочевого пузыря при первом позыве.

Среднее значение канонической величины для девочек по возрастным группам составило 1,8, 5,8 и 78,7 соответственно для 6–7 лет, 8–11 лет и 12–15 лет (рис. 2). Достоверность различий между тремя группами по мере Махалобиса статистически значима. Суммарный показатель распределения девочек по классификационной матрице равен 91,7 %. Уравнение для расчета канонической величины здоровых девочек определяется средней объемной скоростью тока мочи и объемом мочевого пузыря при первом позыве.

Таким образом, при расчете уравнения канонической величины для здоровых мальчиков значение имеет взаимосвязь показателей, определяющих функции мочевого пузыря и почек, в то время как у здоровых девочек значение имеют только показатели, определяющие функцию мочевого пузыря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, представленные в данной статье материалы показали тесную взаимосвязь между образовательной и выделительной функциями мочевой системы у здоровых детей в онтогенезе. Построенные уравнения множественной регрессии для определения среднего эффективного объема имеют свои особенности в каждый возрастной период, как у мальчиков, так и у девочек и отражают тесную взаимосвязь между нормальным функционированием нижних и верхних мочевых путей. Качественно новое значение этот показатель приобретает в пубертатный период, когда в уравнение включается показатель средней объемной скорости тока мочи, характеризующий сократитель-

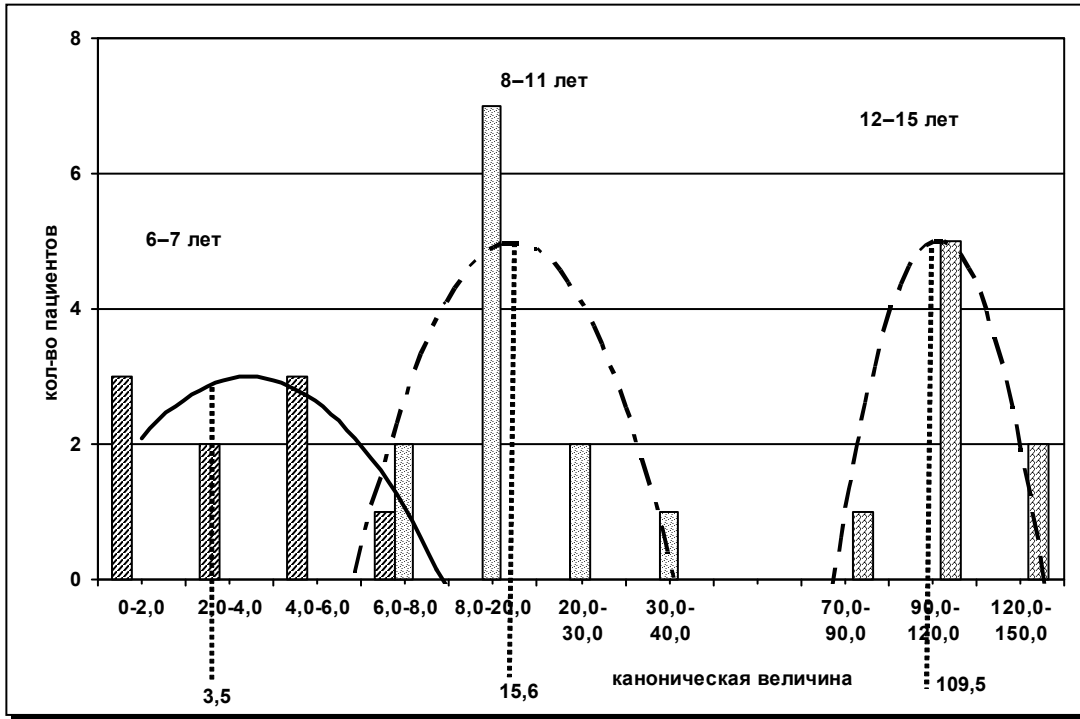


Рис. 1. Распределение здоровых мальчиков по значениям канонических величин.

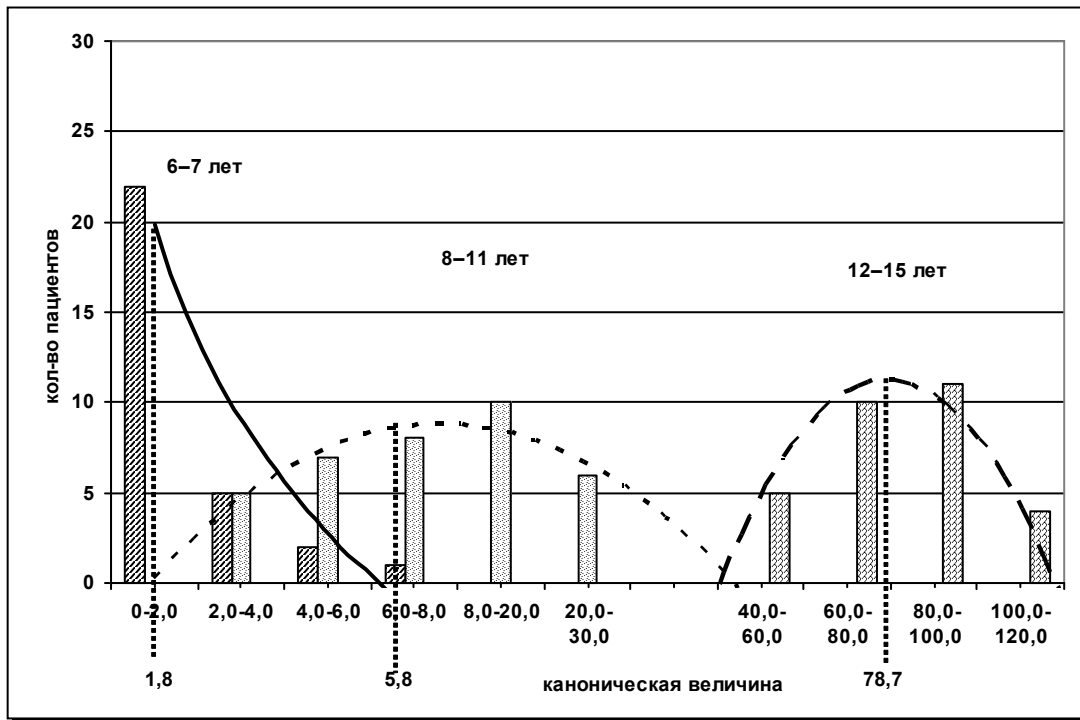


Рис. 2. Распределение здоровых девочек по значениям канонических величин.

ную активность детрузора, что предполагает дополнительные механизмы нормального функционирования мочевой системы, зависящие в большей мере от состояния нижних мочевых путей.

Результаты многофакторного дискриминантного анализа показали, что уравнение для расчета канонической величины у мальчиков определяется состоянием как нижних, так и верхних моче-

вых путей, в то время как у девочек только нижних мочевых путей.

На наш взгляд, полученные результаты показали не только новые, ранее неизвестные механизмы функционирования мочевой системы в разные возрастные периоды, вклад как верхних, так и нижних отделов в гармоничность связей, но и позволили объективно определить возможную пос-

ледовательность развития патологического процесса при микробно-воспалительных заболеваниях мочевых путей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аляев Ю.Г. Ультразвуковые методы функциональной диагностики в урологической практике / Ю.Г. Аляев, А.В. Амосов, М.А. Газимиев. — М.: Р. Валент, 2001. — 201 с.
2. Вишневский Е.Л. Диагностика и лечение нейрогенных дисфункций мочевого пузыря у детей / Е.Л. Вишневский // Педиатрия. — 1997. — № 3. — С. 42—44.
3. Вишневский Е.Л. Клиническая оценка расстройств мочеиспускания / Е.Л. Вишневский, О.Б. Лоран, А.Е. Вишневский. — М.: ТЕРРА, 2001. — 96 с.
4. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. — М., 1999. — 459 с.
5. Джавад-Заде М.Д. Нейрогенные дисфункции мочевого пузыря / М.Д. Джавад-Заде, В.М. Державин, Е.Л. Вишневский. — М.: Медицина, 1989. — 384 с.
6. Ефимова М.Р. Общая теория статистики: учебник / М.Р. Ефимова, Е.В. Петрова, В.Н. Румянцев. — М.: Инфра-М, 1998. — 416 с.
7. Лопаткин Н.А. Радиоизотопная диагностика в уронефрологии / Н.А. Лопаткин, Ю.Я. Глейзер, Е.Б. Мазо. — М.: Медицина, 1977. — 182 с.
8. Лопаткин Н.А. Руководство по урологии / Н.А. Лопаткин. — М., 1998. — Т. 1. — 302 с.
9. Приказ МЗ РФ № 621 от 30.12.2003 «О комплексной оценке состояния здоровья детей».
10. Салов П.П. Энурез. Микционная недостаточность или нейрогенные дисфункции мочеиспускания. Днем и ночью. Все о недержании мочи от рождения и до глубокой старости / П.П. Салов. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. — 204 с.
11. Урофлоуметрия / Е.Л. Вишневский, Д.Ю. Пушкарь, О.Б. Лоран, В.В. Данилов и др. — М.: Печатный город, 2004. — 221 с.