

4. Каплун М. И., Сперанский В. В., Гидев В. Г. и др. // Урол. и нефрол. — 1976. — № 2. — С. 32.

5. Павлова А. З., Каримова Т. А. // Казанский мед. ж. — 1974. — № 6. — С. 39—40.

6. Суходольская А. Е., Юнда И. Ф., Руденко А. В. // Урол. и нефрол. — 1977. — № 2. — С. 35.

7. Юнда И. Ф., Добровольская Л. И., Исраилов С. Р. // Урол. и нефрол. — 1984. — № 4. — С. 51—54.

8. Busolo F., Zanchetta R., Lanzone E., Cusinato R. // Andrologia. — 1984. — Vol. 16. — P. 269—275.

Поступила 13.01.87.

УДК 616.62—008.22—072

К ВОПРОСУ УРОФЛОУМЕТРИИ У ДЕТЕЙ

А. А. Ахунзянов, Ш. Г. Асадуллин

Кафедра детской хирургии (зав. — проф. М. Р. Рокицкий) Казанского ордена Трудового Красного Знамени медицинского института имени С. В. Курашова

В настоящей работе мы рассматриваем урофлоуметрию как перспективный метод функциональной диагностики в детской урологической практике. Урофлоуметрия — это метод, основанный на измерении объемной скорости мочеиспускания (ОСМ). Проводится графическая регистрация следующих параметров: длительности мочеиспускания, средней скорости тока мочи, скорости тока мочи за первую секунду, времени достижения максимальной скорости тока мочи, максимальной скорости тока мочи и объема мочевого пузыря [1].

Основные преимущества урофлоуметрии заключаются в физиологичности исследования, в ее способности выявлять ранние стадии поражения пузырно-уретрального сегмента, а также в возможности многократного проведения у одного и того же пациента [2, 3].

Ощутимым недостатком ныне существующих приборов являются их большие размеры, сложность и высокая стоимость оборудования, поэтому они мало пригодны для широкого диспансерного обследования больных. В связи с этим основное наше внимание уделялось возможности создания портативного урофлоуметра с целью использования его как скрининг-теста при диспансеризации детского населения.

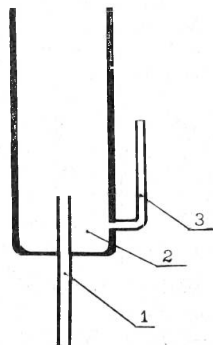
Из большого разнообразия существующих конструкций мы выбрали три прибора, которые создавались как упрощенные флоуметры. Судя по описанию конструкций и сообщениям авторов о результатах их применения, эти приборы просты, удобны в эксплуатации и являются достаточно информативными. Так, был предложен прибор [4], состоящий из двух цилиндров. Один вставлен в другой, имеется общее дно, снабженное стоком. Во внутреннем цилиндре пять отверстий, ведущих в пять изолированных камер. Уровень отверстий и размер стока подобраны таким образом, что при ОСМ, равной 5 мл/с, моча попадает в первую камеру, 10 мл/с — во вторую и т. д. до ОСМ, равной 25 мл/с, когда моча поступает во все пять камер. По мнению авторов, между уровнем мочи в приборе и ОСМ имеется линейная связь.

Другой прибор [6] состоит из цилиндра и воронки. Отверстие стока подобрано так, что при определенной ОСМ уровень мочи устанавливается либо у дна воронки, либо на высоте посередине цилиндра. Автор считает, что уровень мочи находится в линейной зависимости от ОСМ.

Третий прибор представляет собой двухколенную трубку со стоком. Моча поступает в одно колено через воронку, в то же время в другом колене на соответствующую высоту вытесняется поршень с писцом и отмечает полосу теста. Высота столба жидкости является мерой оценки тока мочи.

Таким образом, по мнению авторов, всеми тремя приборами выявляется общая закономерность — линейная зависимость уровня мочи в приборе от ОСМ, а принцип регистрации ОСМ достаточно достоверен и точен.

Основываясь на этих данных, мы создали свою конструкцию прибора, хотя в ее основе лежит та же закономерность. Однако мы решили усовершенствовать метод регистрации давления мочи, подключив современные манометры, значительно повышающие точность и чувствительность метода, позволяющие вести графическую регистрацию ОСМ за единицу времени.



Принципиальная схема разработанного нами урофлоуметра (макетный образец).

До создания опытного варианта прибора мы изготовили макетный образец, провели расчеты и серию технических экспериментов. Они должны были подтвердить правильность наших предположений

и достоверность сообщений зарубежных авторов.

Расчеты проводили на кафедре аэрогидромеханики механико-математического факультета КГУ (зав. — проф. Ю. М. Молокович), они являются достоверными.

В основу расчетов легла формула Торичелли для линейной скорости истечения жидкости из подобных систем $V = \sqrt{2gh}$ (1). Дальнейшие расчеты в единицах объемной скорости с учетом потока жидкости, поступающей в прибор, привели к выражению:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Qb}{2\pi R^2} - \frac{r^2}{R^2} \sqrt{2gh} \quad (2),$$
 которое показыва-

ет изменения уровня жидкости (dh) в зависимости от изменений времени (dt) и характеристики потока, поступающего в прибор (Qb). Для получения рабочей формулы необходимо подставить значение Qb и решить уравнение. Для стабильных потоков формула принимает вид: $Q = 2\pi r^2 \sqrt{2gh}$ (3), она связывает объемную скорость потока (Q), уровень жидкости (h) и радиус сточного отверстия (r). Формула выражает линейную зависимость уровня жидкости от объемной скорости потока, поступающего в прибор.

При переменных потоках любой характеристики зависимость будет выражаться уравнением (2). Из него следует, что даже при отсутствии потока (Qb) изменения уровня (dh), зависят от изменений времени (dt) и самого уровня ($\sqrt{2gh}$). Это свидетельствует о том, что зависимость перестает быть линейной. Колебания уровня жидкости не будут соответствовать изменениям объемной скорости потока, поступающего в прибор. Поэтому с помощью описанных выше приборов невозможно зарегистрировать момент максимальной объемной скорости. Кроме того, следует учитывать продолжительность релаксации прибора. Если пренебречь осцилляцией, то она равна времени, за которое происходит накопление жидкости в количестве, достаточном для установления равновесия. Это увеличивает инертность системы, которая обуславливает большую погрешность в измерениях.

Справедливость указанных выше теоретических предпосылок подтверждается результатами технических экспериментов.

Первая серия технических экспериментов (25) была проведена с целью изучения точности работы прибора при стабильных потоках. В испытываемую конструкцию (см. рис.) подавались стабильные потоки объемной скорости различных значений ($Q = 5, = 10, = 15, = 20, = 30$ мл/с) и регистрировались изменения давления. Эксперименты продемонстрировали степень инертности данной системы и ее аналогов. Как известно, в системах, не обладающих инертностью, давление, обусловленное уровнем жидкости, мгновенно стабилизируется на

определенном значении. Однако в наших экспериментах стабилизации давления мы не добились ни разу, даже при малых значениях объемной скорости, хотя время измерения в несколько раз превосходило продолжительность нормального мочеиспускания. Следовательно, результаты экспериментов свидетельствуют о высокой степени инертности прибора даже при стабильных потоках. Это полностью исключает возможность точной регистрации ими динамики ОСМ.

Вторая серия технических экспериментов (34) проводилась с целью изучения возможности использования прибора для регистрации переменных потоков. Для этого в испытываемый прибор подавались равномерно убывающие потоки жидкости с известными характеристиками и регистрировалась динамика давления. Как известно, при точной работе прибора мы должны были зарегистрировать кривую, полностью совпадающую с характеристикой поступающего потока. Но мы стабильно получали кривые с абсолютным искажением характеристики подаваемого потока жидкости, то есть ошибка была равна 100%. Следует отметить, что всемирно известные урофлоуметры фирм «Disa» (Дания) и «Wolf» (ФРГ) работают с погрешностью не более 3% по всем измеряемым параметрам.

Таким образом, результаты теоретических расчетов и экспериментальных данных свидетельствуют о большой инертности прибора и потому весьма низкой чувствительности и точности урофлоуметров типа Дрейка и Смита. В связи с этим указанные приборы и их аналоги не могут быть использованы для регистрации таких быстропеременных потоков, как мочеиспускание. Указанный же принцип измерения ОСМ не пригоден для разработки перспективных урофлоуметров, позволяющих производить измерения с погрешностью не более 3%. Результаты научных исследований по уродинамике нижних мочевых путей, полученные с помощью урофлоуметров типа Дрейка и Смита, требуют критической оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Державин В. М., Казанская И. В., Вишнева Е. Л., Гусев Б. С. // Диагностика урологических заболеваний у детей. — М., Медицина, 1984.
2. Рябинский В. С., Савин В. Ф. // Урол. и нефрол. — 1976. — № 1. — С. 34.
3. Bauer K. M. // Urologe. — 1970. — Bd. 9. — S. 119.
4. Drake W. M., Camden N. J. // J. A. M. A. — 1954. — Vol. 154. — P. 1079.
5. Portener J., Iens, Schnierstein // Der Urologe. — 1978. — Bd. 4. — S. 120.
6. Smith I. E. // Brit. J. Urol. — 1966. Vol. 38. — P. 701.

Получила 02.02.87.