

Вода внутри нас

К. БОГДАНОВ

КАК ЭТО НИ УДИВИТЕЛЬНО, НО ВСЕ МЫ БОЛЕЕ чем наполовину состоим из воды. Поэтому поговорка «... одно мокрое место останется» имеет под собой вполне реальную основу. Как следует из таблицы 1, содержание воды во всех органах и тканях человека (за исключением жира и костей) колеблется в относительно узком диапазоне от 68 до 83 %.

Таблица 1

Ткань или орган	Содержание воды, %	Ткань или орган	Содержание воды, %
Кожа	72	Легкие	79
Мышцы	75,6	Почки	82,7
Скелет	22	Селезенка	75,8
Мозг	74,8	Кровь	83
Печень	68,3	Кишечник	74,5
Сердце	79,2	Жировая ткань	10

В нормальном состоянии поступление воды в организм и ее потери уравновешены. В условиях умеренного климата человек в среднем потребляет 2,5 л воды в сутки. Таблица 2 иллюстрирует соответствующий водный баланс взрослого человека.

Таблица 2

Прием воды	мл/сутки	Потери воды	мл/сутки
Питье	1200	Моча	1400
Пища	900	Легкие и кожа	900
Обменные процессы ¹	300	Кал	100
Всего	2400	Всего	2400

Таким образом, ежесуточный круговорот воды у взрослого человека в среднем составляет около 3–4% массы тела. Минимальной суточной потребностью взрослого человека в воде принято считать 1,5 л, из которых 0,6 л необходимы для выведения шлаков почками, а 0,9 л испаряются в течение суток с поверхности кожи. Большую часть веществ, удаляемых почками, составляют мочевины (30 г, или около 0,5 моль в сутки) и хлористый натрий (10 г, или около 0,2 моль в сутки). При этом максимальная концентрация веществ, раство-

ренных в моче, составляет 1,2–1,4 моль/л, что и определяет минимальный объем жидкости, выделяемой с мочой.

Уменьшение поступления воды в организм (дегидратация) чревато тяжелыми последствиями. Часть из них связана с тем, что кровь, становясь при этом более концентрированной и вязкой, уже не в состоянии течь по тончайшим капиллярам многих органов, и эти органы начинают отмирать. В тех случаях, когда количество воды в организме уменьшается на 1/3, наступает смерть. Интересно, что смертельные случаи, вызванные дегидратацией, были отмечены у лиц, потерпевших кораблекрушение и пытавшихся утолить жажду морской водой, концентрация растворенных веществ в которой составляет около 0,9 моль/л. Причиной дегидратации в этом случае служит то, что для выведения солей, содержащихся в морской воде, организм вынужден использовать собственную воду, а потребление 1 л морской воды сопровождается образованием по меньшей мере 1,6 л мочи.

Как же узнать, сколько в нас воды? Для этого обычно используют методы, основанные на принципе разведения индикатора. Очевидно, что если ввести в кровь человека безвредное вещество, свободно (так же, как вода) проникающее через мембраны всех клеток организма, то через некоторое время его концентрация будет одинакова во всех жидких фазах организма. После чего, разделив количество введенного индикатора на его концентрацию в организме, можно найти объем жидкой фазы тела человека.

Для определения общего объема воды в организме в качестве индикатора чаще всего используют антипирин, а также тяжелую воду (D_2O , или 3H_2O). Эти вещества уже через два часа равномерно распределяются между различными жидкостями организма. Однако за это время часть введенного вещества выводится из кровяного русла и концентрируется в мочевом пузыре, что мешает оценить истинный объем жидкой фазы организма. Поэтому необходима количественная аппроксимация процесса разведения индикатора на математической модели.

Пусть V – объем жидкой фазы организма, $C(t)$ – концентрация индикатора в ней, ΔC – изменение этой концентрации за время Δt и v_0 – объемная скорость выведения жидкости вместе с растворенным индикатором через почки. Тогда из закона сохранения масс (для индикатора) следует

$$V\Delta C = -Cv_0. \quad (1)$$

Интегрируя уравнение (1), получаем

$$\ln C(t) = \ln C(0) - \frac{v_0 t}{V}, \quad (2)$$

¹ При окислении 1 г углеводов, жиров и белков образуется 0,6, 1,1 и 0,4 мл воды соответственно.