

УДК 612.015.31:616.61

Е. И. Кримкевич, Н. А. Футерман, Ю. В. Персидский

СУТОЧНЫЙ РИТМ ЭЛЕКТРОЛИТУРЕЗА
У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ

Несмотря на интенсивное изучение в последнее десятилетие циркадных ритмов различных функций организма, сведения о суточном ритме электролитуреза не только в условиях патологии, но и у здоровых людей немногочисленны. Они, как правило, базируются на данных, полученных при использовании 6—12 ч интервалов между сборами мочи для исследования. Между тем, чем короче интервалы между пробами, тем информативнее получаемые сведения.

Методика исследований

Мы изучали суточный ритм экскреции натрия, калия, хлора, кальция и магния в моче, собираемой каждые 3 ч в течение суток, у 21 практически здорового человека в возрасте от 19 до 29 лет (11 мужчин и 10 женщин). Исследования проводили летом и осенью.

Определяли объем мочи, содержание в ней натрия и калия методом пламенной фотометрии, хлора — методом меркурометрического титрования [15], кальция и магния — методом комплексометрического титрования [9]. Вычисляли суточную, дневную, ночную и 3 ч экскрецию воды и указанных электролитов, их среднесуточное ($E_{сут}$) и среднетрехчасовое ($E_ч$) минутное выделение и коэффициенты их экскреции по формуле [3]:

$$[3]: \frac{E_ч}{E_{сут}}$$

Результаты исследований

Величины выделения всех электролитов в дневные часы были выше, чем ночью. Результаты исследований минутной экскреции электролитов и суточного ритма электролитуреза представлены в таблице и на рисунке.

Как видно из рисунка, на кривых суточного ритма электролитуреза, построенных по средним значениям показателей коэффициентов ритма, происходит чередование подъемов (пиков) и спадов. Максимальные подъемы выявлены в дневные и предвечерние часы. Кривые ритма экскреции электролитов однопиковые, а диуреза — двухпиковые (один пик — дневной — с большей, а второй — ночной — с меньшей амплитудой). Максимальные амплитуды (акрофазы), калия, хлора, кальция и диуреза приходятся на период 12—15 ч, натрия и магния — на 18—21 ч.

Минимальные значения коэффициентов (спады на кривой ритма) наблюдали в ночное время, особенно в 24 ч и 6 ч. Характер кривых ритма экскреции отдельных электролитов в ночные часы более сходен, чем днем. Ночью подъемы и спады на кривых отличаются не по времени, а только по амплитуде. Наибольшая амплитуда в ночное время зарегистрирована на кривой ритма кальцийуреза.

Анализируя индивидуальные показатели, среди кривых суточного ритма диуреза и электролитуреза мы обнаружили кривые 3 типов: однопиковые (встречались у большинства лиц — в 52—67% слу-

Суточный ритм эл

чаев); двухпиковые и многопиковые. Амплитуда выделения воды составила 0,76—1,2, изменялись от 8

Суточный ритм поч электролитов у здо По горизонтали — время, а — коэффициент су экреции электролита: а — калий, в — хлор, г — каль

Пики экскреции всего подъема (натрийуреза), натрийуреза — 12—21 ч (68%).

Кроме того, лица выявили подъемы на кривой предутренние часы.

При двухпиковом ритме составляли от 6 до 15 ч натрийуреза — 15 ч калийуреза — 15 ч хлоруреза — 9 ч (25%) и 12 ч (25%).

Полное совпадение ритма с кривой диуреза у 90% обследованных.

Пики на кривой экскреции отдельных электролитов — в 81% случаев, спады — в 81% случаев, во времени на 3 ч.

Не всегда на кривой по характеру графика ритма диуреза была однопиковая, ритм наступления акрофазы ритма не совпадали. У двухпикового ритма фазу натрия.

Наблюдали совпадение ритма с кривой диуреза в 57% случаев.

Более, чем у 50% ритма калий- и кальций- и магния о

Обс

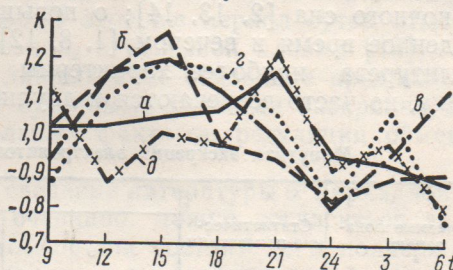
Полученные на кривых электролитов свидетельствуют о том, что ритм экскреции электролитов днем выше, чем ночью, и полученным на

чаев); двупиковые (в 29—38% случаев); у двух обследованных выявлены многопиковые кривые с невысокой амплитудой.

Амплитуда колебаний средних показателей циркадного ритма выделения воды и электролитов около среднесуточного значения составила 0,76—1,26. Колебания амплитуд индивидуальных показателей изменялись от 82 до 323%.

Суточный ритм почечной экскреции электролитов у здоровых людей.

По горизонтали — время суток, по вертикали — коэффициент суточного ритма экскреции электролита: *а* — натрий, *б* — калий, *в* — хлор, *г* — кальций, *д* — магний.



Пики экскреции электролитов отмечали в разные часы дня. Чаще всего подъемы наблюдались: для диуреза — в 12—18 ч (55% случаев), натрийуреза — в 9—12 ч (35%) и 21 ч (29%), хлора — в 12—21 ч (68%).

Кроме того, для диуреза, калия, магния в 3 ч ночи у отдельных лиц выявили повышение экскреции с небольшой амплитудой.

Спады на кривых отмечали, как правило, в вечерние, ночные и предутренние часы — особенно от 24 до 6 ч утра.

При двупиковых кривых интервалы между двумя пиками составляли от 6 до 18 ч. Чаще всего интервалы между подъемами на кривых составляли: для диуреза — 9 ч (50% случаев) и 15 ч (38%), натрийуреза — 15 ч (75%), хлоруреза — 9 ч (38%), и 15 ч (50%), калийуреза — 15 ч (50%), кальцийуреза — 9 ч (60%), магнийуреза — 9 ч (25%) и 12 ч (38%).

Полное совпадение характера кривых суточного ритма электролитуреза с кривой суточного ритма диуреза отмечали в 30% случаев, у 90% обследованных лиц выявили сходство кривых ритма диуреза и экскреции отдельных электролитов.

Пики на кривых диуреза и натрийуреза совпадали в 57% случаев, спады — в 81%. У четырех лиц акрофазы натрия и воды отстояли во времени на 3 ч.

Не всегда наблюдали сходство кривых натрий- и хлоруреза как по характеру графического изображения (у двух лиц кривая натрийуреза была однопиковой, а хлоруреза — двупиковой), так и по времени наступления акрофаз. В 77% случаев минимумы на кривых циркадного ритма натрий- и хлоруреза и в 57% максимумы — совпадали. У двух человек акрофаза хлора на 3 ч опережала акрофазу натрия.

Наблюдали совпадение пиков и спадов на кривых калий- и хлоруреза в 57% случаев, калий- и натрийуреза — в 67% случаев.

Более, чем у половины обследованных, кривые суточного ритма кальций- и магнийуреза совпадали. В 19% случаев акрофазы кальция и магния отстояли на 3 ч.

Обсуждение результатов исследований

Полученные нами данные о суточной, дневной и ночной экскреции электролитов свидетельствуют, что абсолютные величины этих показателей днем выше, чем ночью, что соответствует данным литературы и полученным нами ранее результатам [4, 5, 6]. Лишь у одного из

обследованных, уроженца Африки электролитурез и гидрурез ночью были выше, чем днем.

Результаты наших исследований созвучны с литературными данными о наиболее интенсивном выделении почками калия, хлора, кальция в период 12—15 ч и наименьшей экскреции электролитов во время ночного сна [2, 13, 14]; о повышении выделения натрия в послеобеденное время и вечером [1, 8, 12], а также о том, что для электролитуреза наиболее характерны однопиковые кривые суточного ритма, но часто встречаются и двухпиковые [11].

Минутная экскреция электролитов у здоровых людей (мэкв/л)

Изучаемые показатели	Статистические показатели	Время суток			
		9	12	15	18
Диурез	M	0,66	0,77	0,75	0,72
	±m	0,073	0,048	0,042	0,051
Калий	M	0,0351	0,0398	0,0422	0,0327
	±m	0,00351	0,00316	0,00274	0,00245
Натрий	M	0,0934	0,1101	0,1075	0,1171
	±m	0,01587	0,01297	0,01259	0,01771
Хлор	M	0,1111	0,1368	0,1342	0,1261
	±m	0,01965	0,01275	0,00902	0,01263
Кальций	M	0,00135	0,00202	0,00210	0,00193
	±m	0,000958	0,000384	0,000235	0,000223
Магний	M	0,00668	0,00594	0,00739	0,00779
	±m	0,000941	0,000958	0,000025	0,001760

Изучаемые показатели	Статистические показатели	Время суток			
		21	24	3	6
Диурез	M	0,68	0,48	0,72	0,59
	±m	0,097	0,065	0,062	0,054
Калий	M	0,0328	0,0264	0,0291	0,0271
	±m	0,00420	0,00348	0,00323	0,00311
Натрий	M	0,1203	0,0996	0,0975	0,0872
	±m	0,01289	0,01218	0,01058	0,00627
Хлор	M	0,1182	0,1049	0,1134	0,1097
	±m	0,01250	0,00950	0,01541	0,01771
Кальций	M	0,00182	0,00144	0,00181	0,00122
	±m	0,000287	0,000323	0,000350	0,000124
Магний	M	0,00797	0,00542	0,00574	0,00447
	±m	0,001006	0,000951	0,000853	0,000464

Сопоставление кривых ритма экскреции разных электролитов свидетельствует о существовании как общих, так и независимых путей их почечного транспорта.

Циркадность ритмов экскреции электролитов обусловлена как экзогенными (смена светового режима, двигательной активности и т. д.), так и эндогенными факторами, в частности гормональными механизмами, что подтвердили и наши исследования.

Так, минимум нашим данным, и тогда, когда, как концентрации ал, но, что периоды отмечали в те же лической аденоси наименьшее содержание. Сопоставлении наличие причинно тролитов и колеб процессов.

В свете сказанной хронизации функционированием [17] о том, постоянства состава, которая способствует щимся внешним и

1. Установлен воды у здоровых и диуреза приход. 2. У здоровых 52—67% случаев с 3. Более, чем графического изоб литуреза. Выявлен ре циркадного рит

1. Демидова Л. В., По натрия и калия с м физиологических пр
2. Вайсфельд И. Л., ва Н. Н. Изучение с тов.— В кн.: Пробл
3. Вайсфельд И. Л., И нов у человека в н с. 1540—1547.
4. Елина М. Ш. Кислот точностью. Автореф.
5. Мельман Н. Я. Доб вих людей та хвои АН УРСР, 1971, № 2
6. Пелешук А. П., Кри хроническом гломер 1972, № 3, с. 3—7.
7. Посный В. С., Про Роль кортикостерон Циркадные ритмы ч
8. Dosselot J. B., Germ excretion.— Metabolis
9. Holtz A. H. Directe Wochblad, 1951, 47, S.
10. Kala R., Fydrquist man.— Scand. J. Clin.
11. Mills J. N. Human

Так, минимальное выделение натрия и максимальное — калия, по нашим данным, наблюдается в предутренние часы и в 15 ч, именно тогда, когда, как указывают [7], отмечаются достоверные повышения концентрации альдостерона в плазме периферической крови. Интересно, что периоды наиболее интенсивной почечной экскреции натрия мы отмечали в те же часы, когда [16] выявили максимум экскреции циклической аденозин-монофосфатазы. В этот же период суток отмечали наименьшее содержание ангиотензина₂ в венозной плазме [10].

Сопоставление приведенных данных дает основание предположить наличие причинной связи между суточными ритмами экскреции электролитов и колебаниями гуморальных факторов регуляции обменных процессов.

В свете сказанного, а также сведений литературы о циркадной синхронизации функций организма, очевидно, можно согласиться с мнением [17] о том, что принцип гомеостаза состоит не в поддержании постоянства состава внутренней среды, а в создании такой среды, которая способствует приспособлению организма к постоянно изменяющимся внешним и внутренним условиям.

Выводы

1. Установлен суточный ритм почечной экскреции электролитов и воды у здоровых людей. Максимумы выделения калия, хлора, кальция и диуреза приходятся на 12—15 ч, натрия и магния — на 18—21 ч.
2. У здоровых людей кривые суточного ритма электролитуреза в 52—67% случаев однопиковые, в 29—38% — двухпиковые.
3. Более, чем в 90% случаев у здоровых людей отмечено сходство графического изображения кривых суточного ритма диуреза и электролитуреза. Выявлены также сходные и отличительные черты в характере циркадного ритма экскреции отдельных электролитов.

Литература

1. Демидова Л. В., Полунина Г. Н., Денисов Б. Е. Ритм альдостеронурии, экскреции натрия и калия с мочой при диабетическом кетоацидозе. — В кн.: Суточные ритмы физиологических процессов организма. М., 1972, с. 83—85.
2. Вайсфельд И. Л., Кулаков Г. П., Ильичева Р. Ф., Макарова К. М., Артамонова Н. Н. Изучение суточных ритмов экскреции некоторых биохимических компонентов. — В кн.: Проблемы кардиологии и нефрологии, Казань, 1973, с. 143—144.
3. Вайсфельд И. Л., Ильичева Р. Ф., Кассиль Г. Н. Суточный ритм биогенных аминов у человека в норме и при гипоксии. — Физиол. журн. СССР, 1974, 60, № 10, с. 1540—1547.
4. Елина М. Ш. Кислотовыделительная функция почек у больных с сердечной недостаточностью. Автореф. дис. ..., канд. мед. наук. Донецк, 1975. 32 с.
5. Мельман Н. Я. Добовий ритм кальцій- та магнійвидільної функції нирок у здорових людей та хворих на первинно-хронічний гломерулонефрит. — Фізіол. журн. АН УРСР, 1971, № 2, с. 247—250.
6. Пелещук А. П., Кримкевич Е. И. Почечная экскреция калия, натрия и хлора при хроническом гломерулонефрите с нарушенной функцией почек. — Врачебн. дело, 1972, № 3, с. 3—7.
7. Посный В. С., Проценко М. И., Маркель А. Л., Дьячков В. А., Мошкин М. П. Роль кортикостероидов в становлении циркадных ритмов гемодинамики. — В кн.: Циркадные ритмы человека и животных, Фрунзе: Илим, 1975, с. 44—46.
8. Dossetor J. B., German H. M., Beck J. C. The diurnal rhythm of urinary electrolyte excretion. — Metabolism, 1964, N 13/12, p. 1439—1455.
9. Holtz A. H. Directe titratric von caleium und magnesium in bloodcerum. — Chem. Wochblad, 1951, 47, S. 907—909.
10. Kala R., Fydrquist P., Eisalo A. Diurnal variation of plasma angioten sin II in man. — Scand. J. Clin. Lab. Invest., 1971, 31, N 4, p. 363—365.
11. Mills J. N. Human circadian rhythms. — Physiol. Rev., 1966, 46, N 1, p. 128—171.

12. Mills J. N. Phase relation between components of human circadian rhythms.—Chronobiology, Stuttgart—Tokyo, p. 560—563.
13. Reinberg A., Haiberg F., Chata J., e. a. Rhythme circadien de diverses fonction de l'homme adul the sain, actif et au repos (pouls, pression arterielle, excretion urinaires des 17-OHOS, des catecholamines et du potassium). Test du cesinor.—J. Physiol. (France), 1969, 61, suppl. 2, p. 383.
14. Reiss E., Tyler F. H., Jubuz W., Canterbury J. M. Circadian rhythm in serum parathyroid hormone concentration in human subjects: correlation with serum calcium, phosphate, albumin and growth hormone levels.—J. Clin. Invest., 1972, 51, N 8, p. 2040—2046.
15. Schales S., Schales O. Цит. по И. Тодорову. Клинические лабораторные методы исследования в педиатрии, София: Мед. и физкульт., 1966, с. 16—24.
16. Stone J. E., Polk M. L., Dobbs J. M. e. a. Circadian variation in human urinary cyclic AMP and the effect of different diets on theirs rhythm.—Int. J. Chronobiol., 1974, 2, N 2, p. 163—170.
17. Yoshimura H., Morimoto T. Seasonnal and circadian variations in body fluid.—adv. Clin. Physiol., Tokyo, 1972, p. 381—394.

Киевский медицинский институт
им. А. А. Богомольца

Поступила в редакцию
19 XII 1977 г.

E. I. Krimkevich, N. A. Futerman, Yu. V. Persidsky

CIRCADIAN RHYTHM OF ELECTROLYTURESIS IN HEALTHY PEOPLE

Summary

The circadian rhythm of the renal excretion of potassium, sodium, chlorine, calcium and magnesium was studied in 21 healthy people. Urine was collected every three hours for 24 hours. It is shown that maximum of water, potassium, chlorine and calcium excretions occurs at 12-15 o'clock, excretion of sodium and magnesium — at 18-21 o'clock and that minimum excretions of all electrolytes are at night. The curves of circadian rhythm had one peak in 52-67% of cases and two peaks in 29-38% of cases. Similarities and differences are found in the course of curves of circadian rhythm for different electrolytes excretion.

Department of Hospital Therapy No. 2,
Medical Institute, Kiev

ЭНЕРГЕТИЧЕ ЕЕ НОРМАЛЬН

Одной из осн
почек являются и
развития сосудов
почки. В литерату
в почке при остр
этих исследований
логических измене
тических сдвигов в
Мы изучали в
диурез, кровообра
туры, некоторые м
болических процес
лось выяснить, в к
нии ее кровоснабже
энергетических пок

Исследования про
зом. Усиление функци
изотонического раство
тывали посредством сб
В качестве показат
динамику изменений те
коркового слоя почки с
кального гальванометра
в корковый слой почки
Запись отклонений луча
бана электрокимографа
Синхронно с регист
артерии по [2] и напряж
методом. Пассивным анс
3 мм, а активным катод
диаметром рабочей повер
Одновременно с ре
для определения и оцeni
морфологическое и гистоз
ки выявляли активность
(лактодегидрогеназы),
назы, АТФ-азы, щелочно
ций на кислые и нейтраль

Результ

Предварительная
влияния температуры
притекающей к ней в
щей крови и самой п
димого раствора, при