

Период инфрадианных биоритмов интенсивности физиологических процессов в организме человека

Н. Н. Шабатура, В. Г. Ткачук, В. А. Федько, С. Б. Палиенко

Ритмические колебания интенсивности физиологических процессов в организме человека и животных, период которых составляет от нескольких суток (инфрадианные биоритмы) до месяца (циркатригинитидианные биоритмы) [1, 12], пока еще не стали предметом столь широких и глубоких исследований, как циркадные или сезонные. Тем не менее интерес к ним заметно увеличился. В настоящее время в организме человека описаны многосуточные биологические ритмы, период которых составляет 4—40 сут. Обнаружен широкий спектр ритмических колебаний (3—4; 5—8; 9—16; 22—42 сут) различных физиологических показателей [3]. Проведено комплексное изучение пластического и энергетического обменов, функционального состояния нервно-мышечного аппарата у человека [4], в динамике которых выявлены ритмические колебания (их период составляет 12—18 сут), что позволило выдвинуть положение о ритмичности трофических процессов, как биологической закономерности, названной базальным ритмом трофики.

Многосуточные биологические ритмы в организме человека обнаруживаются как в динамике показателей, отражающих фундаментальные процессы жизнедеятельности организма (массы тела, основного обмена, температуры тела), так и показателей функционирования отдельных физиологических систем. В частности, имеются данные о 7—11-суточных ритмах фибринолитической активности крови [6], 6—7- [13], 8—10, [14] и 21-суточных [8] ритмах экскреции с мочой 17-оксикостероидов; 6—7, 11, 18, 23, 28—30-суточных и 7—12-суточных ритмах функционального состояния неспецифических факторов иммунитета [7] и нервно-мышечной системы [5] соответственно. Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о существовании в организме человека широкого спектра многосуточных ритмов.

По определению некоторых авторов [1], биологическим ритмом называется повторение некоторого события в биологической системе через более или менее регулярные промежутки времени. При оценке основного параметра ритма — периода — большинство авторов, как правило, ограничиваются указанием широких его пределов. Между тем многосуточные биологические ритмы, если исходить из приведенной выше дефиниции, должны иметь определенные статистические (как индивидуальные, так и групповые) характеристики, необходимые для того, чтобы выяснить, тот широкий спектр ритмических колебаний в деятельности организма человека, о котором упоминается в литературе, представлен самостоятельными ритмами, или же он во многих случаях — явление волнообразности, где период каждой волны и средний период всех волн могут варьировать в широких пределах.

Задача настоящей работы — исследовать индивидуальную и групповую вариабельность длительности периода инфрадианных биологических ритмов у человека.

Методика

Наблюдали за 20 практически здоровыми (исключение составляли двое) мужчинами, возраст которых составлял 20—24 года, в различных режимах жизнедеятельности. Первая группа ($n=10$) — испытуемые с обычным, но относительно стабилизированным в отношении физической нагрузки временем питания и сна, режимом. Вторая группа ($n=5$) — спортсмены, тренировавшиеся по недельному циклу. Третья группа ($n=5$) — испытуемые, у которых резко ограничивали двигательную активность. В эту группу входили три человека, участвующих в специальном комплексном 2-месячном экспери-

менте по исследованию влияния заболеваниями двигательного аппарата (постельный режим в течение 10 сут) у другого (постельный режим в течение 10 сут).

Длительность исследований составила 2,5 лет ежедневными наблюдениями многосуточных биоритмов. На данные ежесуточных измерений интенсивности исследований составляли интенсивность энергетического обмена (частоту дыхания, дыхательную активность сердца, нервно-мышечного аппарата) для ежесуточно в условиях основных показателей измерения составляло.

Полученный экспериментальный материал, предназначенный для выявления последовательности обработки и определяли общую направленность трендовую составляющую в которых определяли наличие сглаживания, автокорреляционных колебаний проводили в динамической обработке состояла в выявлении ритмов, т. е. среднего и коэффициента вариации. Для вало определения статистических показателям, для отдельных по одному показателю.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены результаты измерений температуры. Наиболее заметны перепады температуры. В результате применения первой степени по пяти высокочастотные колебания (см. рис. 1, б) выделено изменение периода составляющих колеблются от 9 до 18 %.

Как известно [9, 10] не надежный для выявления возмущениями, выявления инфрадианных ритмов и спектральный временных рядов 10 раз второго группы. Для каждого показателя составленных, спектральные частоты от 9/64 до 12/64 период которых составляющих имеют максимум анализируемых показателей отдельных испытуемых обнаруживается ок

менте по исследованию влияния гипоксии на организм человека, и два человека с заболеваниями двигательного аппарата: с туберкулезом коленного сустава у одного (постельный режим в течение полугода) и остеохондропатией головки бедренной кости у другого (постельный режим в течение 2 лет).

Длительность исследований в первой группе составила 60 сут. У одного испытуемого в течение 2,5 лет ежедневно измеряли температуру тела и силу мышц-сгибателей кисти. Длительность наблюдений имеет большое значение для надежного выявления многосуточных биоритмов. Нам известна лишь одна работа, в которой приводятся данные ежесуточных измерений силы мышц в течение года [5]. Во второй группе длительность исследований составляла 90 сут. У большинства испытуемых исследовали: интенсивность энергетического обмена (непрямая калориметрия, акселерная температура тела); частоту дыхания, дыхательный и минутный объемы; частоту пульса и биоэлектрическую активность сердца (электрокардиография); функциональное состояние нервно-мышечного аппарата (динамометрия и динамография). Исследования проводили ежесуточно в условиях основного обмена, утром с 7 до 8. Отклонение времени показателя измерения составляло ± 10 мин для каждого испытуемого.

Полученный экспериментальный материал обрабатывали математическими методами, предназначенными для выявления в рядах динамики скрытых периодичностей. Последовательность обработки была следующей. Вначале исходные данные центрировали и определяли общую направленность процесса (трендовую составляющую). После этого трендовую составляющую вычленили из исходных данных и получали остатки, в которых определяли наличие периодических колебаний, используя методы скользящего сглаживания, автокорреляционного и спектрального анализов. Поиск периодических колебаний проводили в диапазоне 1—30 сут. Заключительная часть математической обработки состояла в определении статистических характеристик периода (T) выявленных ритмов, т. е. средний период и ошибки среднего стандартного отклонения и коэффициента вариации. Для всех испытуемых решение поставленной задачи требовало определения статистических характеристик периода по всем физиологическим показателям, для отдельных групп — по различным физиологическим показателям и по одному показателю.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены графики динамики температуры тела испытуемого третьей группы. В исходных данных (см. рис. 1, а) ежедневных измерений температуры тела ее колебания имеют сложный характер. Наиболее заметны периоды 4—6 и 9—12-суточные. Однако на графике трудно уловить какую-либо регулярность этих колебаний, и динамика температуры тела больше похожа на случайный процесс. В результате применения метода скользящего сглаживания (полином первой степени по пяти точкам) были «отфильтрованы» случайные и высокочастотные колебания и на интервале наблюдения 130 сут (см. рис. 1, б) выделено 10 четко выраженных периодов. Среднее значение периода составляет $13,0 \text{ сут} \pm 0,7 \text{ сут}$. Значения отдельных периодов колеблются от 9 до 17 сут, коэффициент вариации (cV) составляет 18 %.

Как известно [9, 10], метод скользящего сглаживания недостаточно надежный для выделения из временных рядов, скрытых случайными возмущениями, ритмических колебаний. В связи с этим для выявления инфрадианных биоритмов мы использовали автокорреляционный и спектральный анализы [2]. На рис. 2 представлены спектры временных рядов 10 различных физиологических показателей испытуемого второй группы. Длительность исследований по всем физиологическим показателям составляла 90 сут. Как следует из представленных данных, спектральные плотности имеют доминирующие максимумы на частотах от 9/64 до 12/64, что соответствует ритмическим колебаниям, период которых составляет 5,3—7,4 сут. В спектрах некоторых показателей имеются максимумы, указывающие на возможное появление в анализируемых показателях 2,5—3-суточных гармоник (рис. 2). И лишь у отдельных испытуемых по некоторым физиологическим показателям обнаруживается околосекулярная периодичность.

Однако, как показал анализ 65 рядов динамики различных физиологических показателей, у всех групп испытуемых, независимо от режима их жизнедеятельности, наиболее четко выявляется околонедельная (циркасептадианная) периодичность. Среднее значение периода (T) околонедельного ритма составляет $6,5 \text{ сут} \pm 0,3 \text{ сут}$, $\sigma = 0,86$; $cV = 11 \%$.

Метод скользящего сглаживания и в некоторых случаях автокорреляционный анализ позволяют выделить околodвухнедельный (цирка-

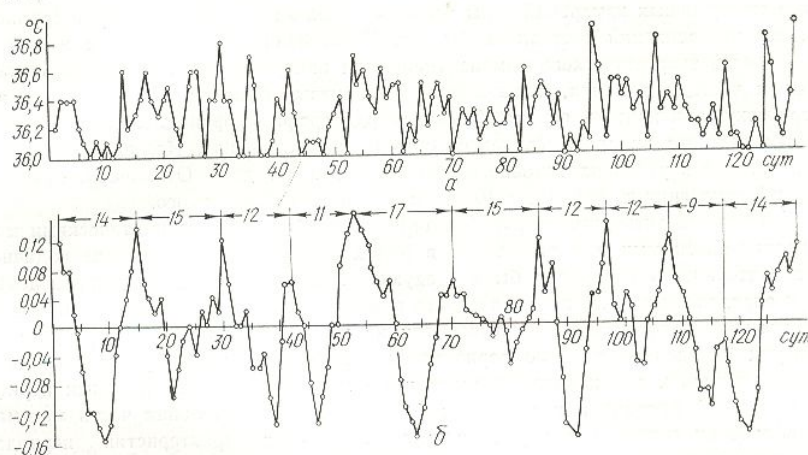


Рис. 1. Динамика температуры тела одного из вариантов наблюдений в условиях гипоксии: а — исходные данные; б — скользящее сглаживание остатков после исключения трендовой составляющей.

дисептадианный) ритм, статистические параметры которого (T ; σ ; cV) составляют $13,0 \text{ сут} \pm 0,5 \text{ сут}$; 2,99; 23 % соответственно. Сравнение коэффициентов вариации среднего значения T показывает, что циркасептадианный ритм имеет более стабильный период, чем циркадисептадианный.

Известно [11], что T циркадных ритмов различных физиологических систем у одного и того же организма не всегда одинаков. Особенно это проявляется, если на организм оказывает воздействие внешний источник синхронизации. В связи с этим интересно исследовать T инфрадианных ритмов различных физиологических систем у людей, подвергающихся воздействию сильного внешнего источника синхронизации двигательной активности, каким является недельный цикл спортивной тренировки. Статистические характеристики T околонедельного ритма у испытуемых второй группы суммарно по 10 различным показателям представлены в табл. 1. Исходя из анализа статистических параметров T , следует выделить, с одной стороны, довольно высокую его стабильность для различных физиологических показателей у одного и того же испытуемого, с другой — то, что, несмотря на единый недельный цикл спортивной тренировки, средние T у разных испытуе-

Таблица 1. Статистические характеристики периода циркасептадианного ритма по 10 различным физиологическим показателям, измеренным в пяти наблюдениях в течение 90 сут

Показатель	Наблюдения				
	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е
$M \pm m$	$6,8 \pm 0,3$	$6,9 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,2$	$5,9 \pm 0,4$	$5,0 \pm 0,2$
σ	0,88	0,81	0,68	1,1	0,49
cV	12,9	12,0	11,0	18,0	9,8

мых неодинаковы. Статистическая средняя T обнаружена мариантами наблюдений. Та индивидуальность средней сокую стабильность сред наблюдаются довольно с периодов выявленных рит

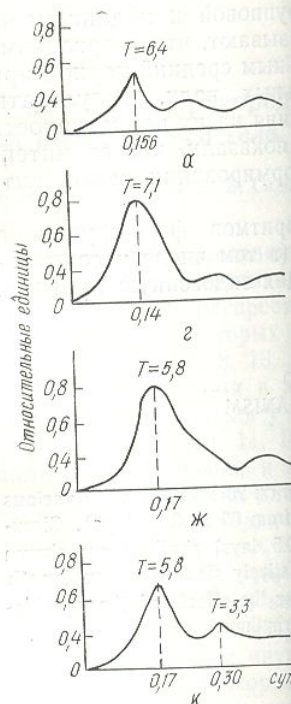


Рис. 2. Спектральные плотности одного из наблюдений: а — основного обмена; б — пульса; в — частоты пульса; г — температуры тела; ж — минутного объема дыхания; и — дыхательная интенсивность спектра, по оси аб

Естественно, встает вопрос о стабильности T ритмов. В состоянии организма ч лый фактор, как ре ной активности, сна, о

Таблица 2. Статистические характеристики температуры тела при разл

Показатель	Обычная подвижность, 408 сут
$M \pm m$	$6,4 \pm 0,2$
σ	1,5
cV	24
$M \pm m$	$13,0 \pm 0,5$
σ	2,8
cV	22

мных неодинаковы. Статистически достоверные различия (при $P=0,05$) средней T обнаружены между 1-, 2-, 3- и 5-ым и между 2- и 4-ым вариантами наблюдений. Такие различия дают основания предположить индивидуальность средней T околонедельного ритма. Несмотря на высокую стабильность средней T по сумме физиологических показателей, наблюдаются довольно существенные колебания значений отдельных периодов выявленных ритмов у одного и того же человека (см. рис. 1).

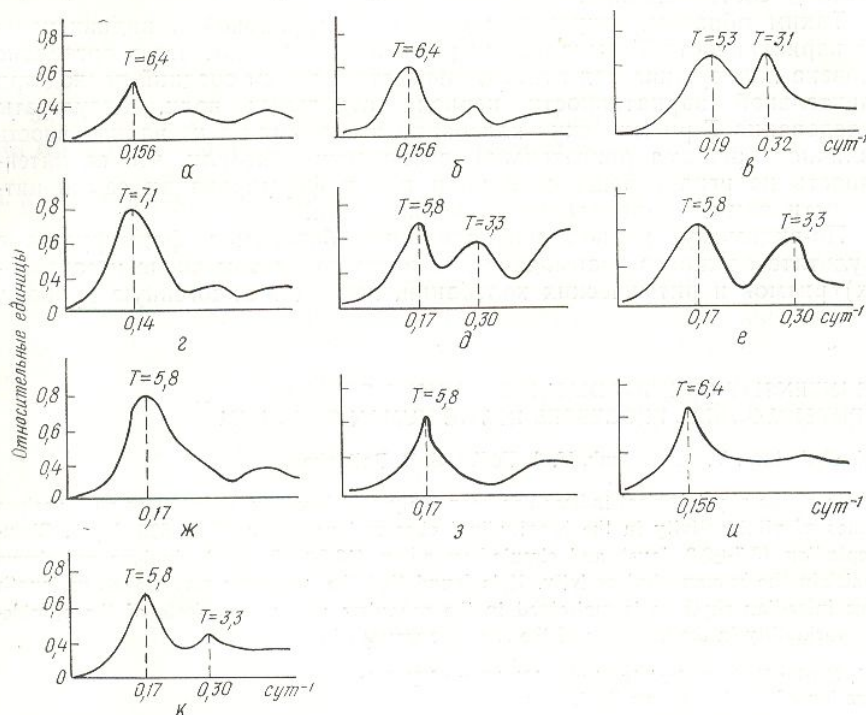


Рис. 2. Спектральные плотности временных рядов различных физиологических показателей одного из наблюдений в условиях спортивной тренировки:

а — основного обмена; б — потребления кислорода в условиях основного обмена; в — частоты дыхания; г — частоты пульса; д — отношения потребления кислорода к частоте пульса; е — температуры тела; ж — минутного объема дыхания; з — отношения потребления кислорода к минутному объему дыхания; и — дыхательного объема; к — силы мышц-сгибателей кисти. По оси ординат — интенсивность спектра, по оси абсцисс — частота спектра.

Естественно, встает вопрос о том, какие факторы порождают нестабильность T ритмов. Безусловно, в формировании функционального состояния организма человека очень важную роль играет такой социальный фактор, как режим жизни (трудовой деятельности, двигательной активности, сна, отдыха).

Таблица 2. Статистические характеристики периода ритмических колебаний температуры тела при различных режимах двигательной активности человека

Показатель	Обычная подвижность, 408 сут	Гипокинезия, 620 сут	Гипокинезия, 180 сут	Спортивная тренировка, 100 сут	Спортивная тренировка, 100 сут
Циркаседатидианные колебания					
$M \pm m$	$6,4 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,3$	$5,5 \pm 0,26$	$6,7 \pm 0,6$
σ	1,5	1,6	1,4	1,1	2,2
cV	24	28	23	20	32
Циркадисептадианные колебания					
$M \pm m$	$13,0 \pm 0,5$	$11,0 \pm 0,5$	$13,0 \pm 0,7$	$10,0 \pm 0,7$	$14,0 \pm 1,1$
σ	2,8	3,1	2,4	2,3	3,1
cV	22	28	18	23	22

Киев. пед. ин-т им. А. М. Горького
М-ва просвещения УССР

УДК 616.833.24—002

Н. В. Поповиченко, Л. В. Сидор

Изучение распределения
помощью тепловизионной
более широкое распро-
стр, рургических, некоторых н
ваний [1, 2, 5, 7, 8, 13, 1

Известно [9], что областей в качестве зон рядом расположенный уклонение в ту или иную

В связи с разноречивыми результатами термограмм, полученных на различных установках, мы исследовали некоторые области кожи инфракрасным термографом в поисках дополнительных изменений в несимметричных участках ладоней, кистей, плече-суставной и позвоночной

Система АГА-780М обеспечивает термограммы, а также позволяет дистанционно с помощью (черно-белым) в виде цветной деоинформации на магнитную измеряли абсолютную температуру распределение изотермических, задне-шейной и позвоночных общезвестных анатомов идентифицировали на и тора температуру.

При оценке распределения температуры по поверхности туловища, заданных значениями температуры в различных точках, в уравнении равенства значений температуры в различных точках, в нашем наблюдении, термометры должны быть точно постоянны у здоровых

A. M. Gorky Pedagogical Institute, Ministry of Public Education of the Ukrainian SSR, Kiev

- 14

13. Exley D., Corker C. S. The human male cycle of urinary oestrone and 17-oxosteroids.— J. Endocrinol.— 1966.— 35.— P. 83—99.
14. Reiman H. A. Medical importance of long biorhythms in aeromedicine // Aerospace Med.— 1971.— 42, N 10.— P. 1086—1087.

Киев. пед. ин-т им. А. М. Горького
М-ва просвещения УССР

Поступила 07.03.85

УДК 616.833.24—002

Особенности распределения температуры на поверхности тела у здоровых людей

Н. В. Поповиченко, Л. В. Сидоренко

Изучение распределения температур на поверхности тела человека с помощью тепловизионной аппаратуры в настоящее время находит все более широкое распространение при диагностике онкологических, хирургических, некоторых неврологических, сосудистых и других заболеваний [1, 2, 5, 7, 8, 13, 14, 16, 17].

В то же время в литературе вопрос распределения температуры на поверхности кожи у практически здоровых людей освещен недостаточно [4, 6, 9, 10, 11, 12]. Наиболее систематические наблюдения выполнены Сухаревым и соавт. [10], которые получили значения температуры практически для всех областей поверхности тела, средние значения ее перепада для кожи в симметричных областях (физиологическая асимметрия).

Известно [9], что при анализе термограммы несимметричных областей в качестве зоны сравнения оператор произвольно выбирает рядом расположенный участок, температура которого может иметь отклонение в ту или иную сторону в связи с основным процессом.

В связи с разноречивостью и ограниченными возможностями анализа термограмм, полученных контактным методом или на тепловизионных установках, мы изучали особенности распределения температур некоторых областей кожи человека с помощью высокоинформативного инфракрасного термографа АГА-780М (Швеция), а также осуществляли поиск дополнительных критериев оценки температурных изменений в несимметричных областях задней поверхности туловища — задне-шейной и позвоночной.

Методика

Система АГА-780М обеспечивает получение целого ряда количественных характеристик термограммы, а также позволяет представить в реальном масштабе времени воспринимаемое дистанционно с поверхности тела инфракрасное (ИК) излучение (наряду с черно-белым) в виде цветного изображения, содержащего до 10 цветов с записью видеоинформации на магнитную пленку. Полученное изображение оценивали качественно, измеряли абсолютную температуру (максимальную, среднюю, минимальную), выясняли распределение изотермических участков лобных, глазничных, лопаточных, подлопаточных, задне-шейной и позвоночной областей (границы областей устанавливали на основании общеизвестных анатомических данных). С помощью двух изотермических маркеров идентифицировали на изображении точки (зоны), имеющие интересующую оператора температуру.

При оценке распределения температур на несимметричных областях задней поверхности туловища, задне-шейной и позвоночной, значения температуры сравнивали со значениями температуры в одной из лопаточных областей (при обязательном условии равенства значений температур в обеих лопаточных областях). Эта область, по нашим наблюдениям, термографически относительно спокойная, ее температура достаточно постоянна у здоровых людей.