

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ ЧЕЛОВЕКА И ИХ АДАПТАЦИОННАЯ ДИНАМИКА

Берестнева О.Г.^{1,2}, Уразаев А.М.², Шевелев Г.Е.¹

¹ ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: ogb@tpu.ru

² ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Томск, Россия (634050, г. Томск, Московский тракт, 2), e-mail: office@ssmu.ru

Статья посвящена актуальной проблеме хронофизиологической адаптации человека в условиях сменных графиков работы и изменениях временной организации процессов жизнедеятельности. Взаимодействие организма с факторами окружающей среды рассматривается в неразрывной связи с его циклическими эндогенными процессами, основными из которых являются циркадианные ритмы. Значительный интерес для понимания механизмов взаимодействия циклических эндогенных и аперiodических составляющих адаптационной динамики функционального состояния представляют условия, при которых одновременно со сдвигом по фазе или нарушением периодичности предъявления внешних датчиков времени происходит изменение содержания или условий деятельности организма в течение периода бодрствования. Такие условия жизнедеятельности возникают при режимах труда и отдыха, характерных для вахтовых рабочих нефтяной промышленности. Показано, что адаптация организма к постоянно меняющимся условиям окружающей среды обеспечивается не отдельными органами, а скоординированными во времени и пространстве и соподчинёнными между собой функциональными системами. Эндогенные механизмы регуляции циркадианных ритмов процессов жизнедеятельности обеспечивают циклические изменения работоспособности человека.

Ключевые слова: хронофизиологическая адаптация, эндогенные процессы, циркадианные ритмы, адаптационная динамика.

BIOLOGICAL RHYTHMS OF HUMAN AND THEIR ADAPTIVE DYNAMICS

Urazaev A.M.², Berestneva O.G.^{1,2}, Shevelev G.E.¹

¹ National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin avenue, 30), e-mail: ogb@tpu.ru

² Siberian State Medical University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Moscow highway, 2), e-mail: office@ssmu.ru

The article is devoted to the actual problem hronofiziologicheskoy human adaptation in terms of replacement schedules and changes the temporal organization of the vital processes. Body interaction with environmental factors considered in close connection with its cyclic endogenous processes, the main ones are circadian rhythms. Considerable interest for understanding the mechanisms of interaction of endogenous cyclic and DC components of the functional state of the dynamics of adaptation are the conditions under which together with a phase shift or a violation of the periodicity of submission of external sensors time there is a change to the contents or conditions of the organism during the period of wakefulness. Such conditions occur in life of work and leisure characteristic shift workers in the oil industry. It is shown that adaptation to constantly changing environmental conditions is ensured not by individual authorities and coordinated in time and space and subordination between a functional systems. Endogenous mechanisms of regulation of circadian rhythms of vital processes provide cyclical changes of human performance.

Keywords: hronofiziologicheskoy adaptation, endogenous processes, circadian rhythms, adaptive dynamics.

Широкое применение сменных графиков работы и изменение временной организации процессов жизнедеятельности человека при трансмеридиальных авиаперелетах актуализировали проблемы хронофизиологической адаптации человека. Взаимодействие организма с факторами окружающей среды стало рассматриваться в неразрывной связи с его циклическими эндогенными процессами, основными из которых являются циркадианные ритмы [3; 9].

Наличие эндогенных биологических часов, детерминирующих периодичность сна и бодрствования, привело к возникновению концепции, в соответствии с которой психическое и физическое здоровье характеризуется как естественная синхронность процессов регуляции вегетативных, сомато-поведенческих и информационных функций организма при их взаимодействии с окружающей средой [2; 6; 8].

Исследования, проведенные на организменном уровне, показали, что фазная структура циркадианных ритмов физиологических и психических функций у людей имеет значительные индивидуальные различия. Широко известные типологические концепции о «жаворонках» и «совах» были основаны на наличии индивидуальных различий профилей ритмов умственной и физической работоспособности [5]. Преобладание соответственно «утреннего» или «вечернего» типов максимальной активности индивида рассматривалось и как генетически детерминированное явление, и как свойство личности, формируемое под влиянием условий воспитания.

Фазная структура циркадианных ритмов зависит от типа вегетативной нервной системы. У людей, работающих посменно, были отмечены колебания вегетативного тонуса при увеличении длительности рабочей смены. При этом вместо 24-часовой ритмики вегетативных функций наблюдалась 12-часовая. Характер ритмики зависел от длительности периода отдыха и индивидуальных особенностей испытуемых. Устойчивость людей к изменениям времени рабочей смены (утро, день, ночь) определялась индивидуальной фазовостью ритмики состояния вегетативной нервной системы («дневной» или «ночной» тип).

В целом вышеприведенные данные позволяют сделать вывод о том, что взаимосвязанные и в то же время относительно парциальные свойства личности и типологические различия уровней функционирования отдельных физиологических систем организма могут являться своеобразными внутренними детерминаторами процессов хронофизиологической адаптации. Разнообразие концептуальных подходов к оценке критериев адаптоспособности человека, по-видимому, можно объяснить различной природой факторов, заполняющих «временную среду» и воздействующих на те или иные звенья механизмов регуляции межсистемных соотношений в организме [1-4].

В процессе перестройки временной структуры организма после смещения фаз внешних датчиков времени происходит изменение норм суточных кривых, периодов, амплитуд и фаз циркадианных колебаний показателей работоспособности человека, физиологических и биохимических процессов. При этом внешняя десинхронизация может приводить к внутренней. Явления десинхроза по амплитудно-фазо-частотным показателям физиологических функций организма человека прослеживались от 1-2 недель до одного

месяца. Многие авторы выделяли отдельные фазы этого процесса, которые, несмотря на различие наименований, часто основывались на одних и тех же признаках.

Для формализованного описания амплитудно-фазо-частотных параметров циркадианных биологических ритмов организма и выделения базовых параметров часто используют методы аппроксимации последовательности значений показателей косинусоидальными функциями (косинор-анализ) [7], разложения их в ряд Фурье и методы анализа спектральной плотности гармонических составляющих. С их помощью были установлены среднестатистические значения гармонических составляющих физиологических функций организма человека, в том числе таких, как частота пульса, дыхания, уровень артериального давления и др. Вместе с тем наличие у многих людей «неправильных» форм суточных кривых (уплощенные кривые, наличие нескольких максимумов или минимумов и т.п.) и неполная воспроизводимость профилей ритмов свидетельствовали о неадекватности математического описания флюктуаций показателей функционального состояния периодическими функциями.

В последние годы получили распространение методы распознавания степени организованности суточных кривых показателей функционального состояния, основанные на экспертных оценках. В этих случаях многообразие форм графиков суточной динамики показателей часто разделяют на 4-5 типов, в числе которых выделяют «полную волну», отсутствие колебаний, «полуволны» и т.п. При этом приводятся данные о том, что такое типологическое деление может быть использовано в качестве критериев биоритмологической адаптации человека при работе посменно и вахтовым методом. В то же время, оценивая методические и методологические особенности проведения такого анализа суточной динамики физиологических показателей, следует указать на вероятностный характер экспертных оценок графических форм кривых. Наряду с этим необходимо учитывать, что при обследовании людей, занятых реальной трудовой деятельностью, в течение рабочего периода практически невозможно стандартизировать условия «покоя» (продолжительность и частоту перерывов в работе, однотипность предшествующих производственных операций и т.п.). На профили ритмов в данном случае могут также оказывать влияние трудноконтролируемые ситуационные факторы, приводящие к значительным погрешностям измерений. Помещение же обследуемых на несколько суток в профилакторий для биоритмологического обследования будет приводить к дезадаптации организма относительно факторов, составляющих условия производственной деятельности, в том числе режимного характера. Таким образом, невозможность отделения экзо- и эндогенных компонентов циркадианных ритмов процессов жизнедеятельности человека, занятого в современном производстве, приводит к значительным трудностям в

интерпретации изучаемых явлений. Тем более что состояния сна и бодрствования, образующие в своей последовательности суточный ритм временной организации процессов жизнедеятельности, имеют различное физиологическое содержание.

Значительный интерес для понимания механизмов взаимодействия циклических эндогенных и аперiodических (быстрых и медленных) составляющих адаптационной динамики функционального состояния представляют условия, при которых одновременно со сдвигом по фазе или нарушением периодичности предъявления внешних датчиков времени происходит изменение содержания или условий деятельности организма в течение периода бодрствования. Такие условия жизнедеятельности, требующие частой переадаптации организма к одновременно и последовательно воздействующим факторам окружающей среды и трудового процесса, возникают при режимах труда и отдыха (РТО) 12×12 ч., 15÷15 сут. и 8×8 ч. 6÷6 сут., характерных для вахтовых рабочих нефтяной промышленности. При графике 12×12 ч. в течение рабочего периода, состоящего из ночных смен (с 20 до 8 ч.) интенсивные физические нагрузки, обусловленные содержанием труда, приводят к сдвигу фаз циркадианных ритмов поведенческих и вегетативных функций организма, близкому к 180°. В течение последующего 15-суточного отдыха, рабочего периода с дневными (с 8 до 20 ч.) сменами и отдыха после дневной вахты стереотип ночного сна и дневного бодрствования сохраняется. В условиях Западно-Сибирского региона в течение большей части года у рабочих-нефтяников основных профессий трудовая деятельность сочетается с воздействием на организм низких температур воздуха. Вследствие этого способность организма адаптироваться к разноплановым по физиологическим механизмам действия факторам окружающей среды и трудового процесса, предъявляемым в различных сочетаниях, будет зависеть от адекватности его опережающих, актуальных и следовых реакций. При режиме труда и отдыха 8×8 ч. 6÷6 сут. программа адаптации организма к физическим нагрузкам и гипотермии должна формироваться в условиях нарушения эндогенной периодичности циркадианных ритмов. Анализ этих явлений представляется важным для выявления механизмов, лежащих в основе циклической временной организации процессов перекрестной адаптации функционально сопряженных систем организма.

Такие методические приемы изучения адаптационных процессов у людей, неоднородных по генетическим и фенотипическим признакам, не позволяли получить ответы на целый ряд вопросов. Так, остались невыясненными соотношения между циклическими эндогенными и аперiodическими условно рефлекторными и эмоциональными составляющими опережающих реакций организма человека, развивающихся в процессе индивидуальной адаптации к физическим нагрузкам и холодным воздействиям в течение рабочих периодов с 8- и 12-часовой периодичностью смен. Не были установлены причинно-

следственные отношения между опережающими актуальными и следовыми реакциями физиологических систем на воздействие комплекса факторов, составляющих вахтовые условия труда. Поскольку действие холода на организм рабочих-нефтяников исключается в теплое время года, представлялось важным также оценить реакции организма и на снятие низкотемпературных воздействий. В целом проведенные ранее исследования не позволили сделать однозначно выводы о том, обеспечиваются ли циркадианные ритмы физиологических и психических процессов опережающей настройкой организма рабочих-нефтяников на сочетанное действие факторов окружающей среды и трудового процесса при вахтовых режимах труда с 8-12-часовой периодичностью смен в климатических условиях Западно-Сибирского региона.

В связи с сезонными изменениями климатических условий в большинстве регионов планеты представляют интерес исследования, направленные на изучение природы биологических ритмов с периодом, равным календарному году. Известно, что эндогенная природа цирканнуальных ритмов характерна для ряда гомойотермных, прежде всего – неспящих, животных. В то же время в исследованиях, проводимых на людях, каких-либо однозначных результатов получено не было. При снятии или сдвиге по фазе сезонных колебаний факторов природной среды ритмические изменения основного обмена артериального давления, экскреции метаболитов глюкокортикоидов и андрогенов сохранялись. С другой стороны, имеются данные о том, что условия длительной социальной адаптации не позволяют принимать во внимание наличие генетически детерминированных цирканнуальных ритмов. В последнем случае сезонные различия психофизиологических состояний человека объясняются актуальными реакциями на естественно природные факторы и сезонные различия применяемых от них средств социальной защиты.

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что адаптация организма к постоянно меняющимся условиям окружающей среды обеспечивается не отдельными органами, а скоординированными во времени и пространстве и соподчинёнными между собой функциональными системами. Эндогенные механизмы регуляции циркадианных ритмов процессов жизнедеятельности обеспечивают циклические изменения работоспособности человека, состояний его высших интегративных, сомато-двигательных и вегетативных функций. Фазовые соотношения циркадианных ритмов отдельных физиологических систем, изменяющиеся в зависимости от условий, могут обеспечивать опережающий адаптационный эффект. Вместе с тем большинство исследований, посвященных изучению закономерностей хронофизиологической адаптации человека, проводилось применительно к условиям, не связанным с изменением интенсивности и продолжительности факторов, воздействующих в течение периодов бодрствования. Не были

сформированы представления о механизмах, лежащих в основе психофизиологической адаптации человека, одновременно относящихся к факторам окружающей среды и трудового процесса при работе посменно и вахтовым методом. Исследования, посвященные изучению динамики состояния психических и физиологических функций организма у рабочих-нефтяников Западной Сибири при вахтовых и традиционных режимах труда, также не позволили сделать каких-либо однозначных выводов о закономерностях индивидуальной адаптации к факторам различной природы, предъявляемым одновременно и последовательно. В значительной степени это было связано с индивидуально-типологическими различиями циклических эндогенных и аperiodических составляющих адаптационно-регуляторных перестроек соподчиненных функциональных систем, обусловленных неоднородностью обследуемых по гено- и фенотипическим признакам. В то же время каких-либо однозначных критериев индивидуальности содержания и направленности адаптационного процесса, подходов, обеспечивающих возможность выявления опережающих, актуальных и следовых реакций организма применительно к этим условиям, предложено не было.

Полученные результаты представляют интерес для широкого круга исследователей, занимающихся проблемами хронофизиологической адаптации человека, в том числе у вахтовых рабочих, рабочих-мигрантов, иностранных студентов и пр.

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ, проект № 13-16-70001 и РФФИ, проект 14-06-00026.

Список литературы

1. Абунавас Х.А., Берестнева О.Г. Модели и алгоритмы адаптации субъектов профессиональной деятельности к условиям производственной среды // Известия Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 314, № 5. — С. 216-220.
2. Авдеева В.С., Бурцев Е.М., Горожанин Л.С. и др. Основные механизмы адаптации человека. – М. : Наука, 1993. – 189 с.
3. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. – М. : Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
4. Берестнева О.Г., Шаропин К.А. Построение моделей адаптации студентов к обучению в вузе // Известия Томского политехнического университета. — 2004. — Т. 307, № 5. — С. 131-135.
5. Голубева Э.А. Способности и индивидуальность. - М. : Прометей, 1993. - 304 с.
6. Дрофа Е.П. Экология человека. – М. : Дрофа, 2007. – 760 с.

7. Емельянов И.П. Форма колебаний в биоритмологии. — Новосибирск : Наука, 1976. — С. 50.
8. Федорова О.И., Подкорытова Е.В., Бургардт Т.А. Экзогенные и эндогенные факторы, влияющие на внутреннюю синхронизацию суточных ритмов вегетативных функций человека в обычных и субэкстремальных условиях среды // Физиология человека. - 2009. - Т. 35, № 2. - С. 96-102.
9. Хильдебрандт Г., Мозер М., Леховер М. Хронобиология и хрономедицина. – М. : Арнебия, 2006. – 144 с.

Рецензенты:

Фокин В.А., д.т.н., профессор кафедры биологической и медицинской кибернетики, ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет», г. Томск.

Языков К.Г., д.м.н., с.н.с., профессор кафедры клинической психологии ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет», г. Томск.