

А.М. Фишер, В.А. Яковлев, И.Г. Куренкова,
В.Я. Апчел, В.В. Яковлев

Хронобиологические аспекты функционального состояния дыхательной системы у здоровых лиц в зависимости от типа суточного ритма вегетативного тонуса

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. Общеизвестно влияние функционального состояния вегетативной нервной системы на состояние дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также развитие и течение бронхолегочной патологии. Однако хронобиологические аспекты этих взаимовлияний изучены недостаточно. Выявлено три типа суточного ритма вегетативного тонуса, характерных для здоровых лиц: парасимпатикотонический, вегетативное равновесие и симпатическое преобладание. Установлена выраженная связь типа суточных ритмов вегетативного тонуса и функционального состояния дыхательной системы. Так, для лиц с парасимпатикотоническим типом характерны более высокие среднесуточные уровни таких показателей функции внешнего дыхания, как объём форсированного выдоха за 1 с, максимальная объёмная скорость выдоха на уровне 50 и 75%, средняя объёмная скорость форсированного выдоха между 25 и 75%, а также 75 и 85% форсированной жизненной емкости легких, пиковая объёмная скорость выдоха, пробы Штанге и Генча. Для лиц с вегетативным равновесием эти показатели были значительно ниже и наиболее низкие они были у лиц с симпатическим преобладанием. Кроме того, показана возможность использования биоритмологической методики для выделения факторов риска заболеваний дыхательной системы у здоровых лиц. Так, более низкие величины максимальной объёмной скорости выдоха на уровне 25 и 50% у лиц с симпатическим преобладанием в сравнении с другими типами суточного ритма вегетативного тонуса и величина мезора максимальной объёмной скорости выдоха на уровне 25%, соответствующая нижней границе условной нормы, позволяют считать указанные особенности факторами риска в отношении развития бронхолегочных заболеваний.

Ключевые слова: вариационная пульсометрия, вегетативная нервная система, хронобиология, вегетативный тонус, преморбидные состояния, ритм физиологических функций дыхательной системы.

Введение. Общеизвестно существенное влияние вегетативной нервной системы (ВНС) на состояние различных систем организма [1, 4, 5]. Особенности течения любого заболевания в значительной степени определяются ее функциональным состоянием и суточными изменениями [4, 5, 7]. Установлена связь суточных ритмов вегетативного тонуса (СРВТ) со степенью тяжести пневмонии [8, 9, 10]. При тяжелой пневмонии у больных с симпатикотоническим типом СРВТ определялось наиболее выраженное поражение дыхательной и сердечно-сосудистой систем. У этих больных (в отличие от отчетливой положительной динамики, которая наблюдалась у больных с парасимпатикотонией), не происходило полного восстановления вентиляционной функции легких, что позволило выделить больных с симпатикотоническим типом СРВТ в группу риска затяжного течения пневмонии [8, 9, 10]. Изучение суточных ритмов вегетативного тонуса и влияния их на функциональное состояние дыхательной системы здоровых мужчин позволит выявить лиц с напряжением адаптивных систем и риском возникновения преморбидных состояний.

Цель исследования. Изучить хронобиологические аспекты функционального состояния дыхательной

системы у здоровых лиц в зависимости от суточного ритма вегетативного тонуса.

Материалы и методы. Работа проводилась в пульмонологическом отделении клиники терапии усовершенствования врачей им. проф. Н.С. Молчанова Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Группу здоровых лиц составили 29 мужчин, прошедших обследование в условиях клиники, у которых не обнаружено отклонений в состоянии здоровья. Возраст обследованных колебался от 17 до 40 лет (в среднем 24,4±4,4 года). Исследование изучаемых показателей проводилось в течение суток 4 раза: в 7, 12, 17 и 22 ч.

Анализ изучаемых показателей у здоровых лиц проводился с использованием двух подходов: 1 – вся группа обследованных лиц как единая выборка; 2 – разделение здоровых лиц на группы в зависимости от типа суточного ритма вегетативного тонуса.

Для оценки функционального состояния дыхательной системы изучались результаты компьютерной пневмотахографии и спирографии: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), пиковая объёмная скорость выдоха (ПСВ); объём форсированного выдоха за 1 с (ОФV₁); средняя объёмная скорость форсирован-

ного выдоха между 25 и 75% форсированной ЖЕЛ ($СОС_{25-75}$); средняя объёмная скорость форсированного выдоха между 75 и 85% ФЖЕЛ ($СОС_{75-85}$); максимальная (мгновенная) объёмная скорость выдоха на уровне 25, 50, 75% ФЖЕЛ ($МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$). Уровень бронхиальной проходимости по значениям $СОС$ и $МОС$ оценивался с определенной долей условности. Все показатели определялись по отношению к должным индивидуальным величинам и выражались в процентах [11].

Пневмотахометрию проводили на аппарате «ПТ-2». Определяли пневмотахометрию выдоха (ПТМвд) и пневмотахометрию вдоха (ПТМвд). Результаты исследования оценивались в литрах в секунду. Пневмотахометрию использовали как простой, информативный способ изучения качественных характеристик бронхиальной проходимости и её суточных ритмов, который может быть применён в любых условиях – у постели тяжелобольного, в полевых условиях, во время диспансеризации и при приёме в поликлинике.

Пробы Штанге (ПРШ) и Генча (ПРГ) использовали для качественной характеристики системы кровообращения (насыщение крови кислородом) и системы дыхания (устойчивость дыхательного центра к гипоксии).

Вегетативный тонус определяли, используя вариационную пульсометрию по Р.М. Баевскому [1–3]. Наиболее информативными показателями, позволяющими оценить состояние и характер вегетативного тонуса, являются вариационный размах (разность между максимальным и минимальным значением интервала R–R вариационного ряда), амплитуда моды (число значений R–R, наиболее часто встречающееся в вариационном ряду в % к общему числу кардиоциклов) и индекс напряжения (производный показатель,

отражающий степень централизации процессов регулирования ритма сердца).

Помимо средних значений показателей функциональных систем в 7, 12, 17 и 22 ч, изучались следующие параметры суточного ритма: среднесуточный уровень (мезор) – среднее арифметическое значение показателя в течение суток; размах суточных колебаний – разность между наибольшими и наименьшими величинами показателя в течение суток; относительный размах в процентах: отношение размаха суточных колебаний показателя к его среднесуточному уровню; акрофаза в часах – время, когда показатель достигает своей наибольшей величины в течение суток; батифаза – время, когда показатель имеет наименьшие суточные величины.

Полученные данные обработаны методами многомерной статистики с элементами корреляционного анализа. Достоверность различий определялась по критерию Стьюдента. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что функциональное состояние вегетативного тонуса у 41,4% здоровых лиц представлено парасимпатикотоническим (ПРТ) типом суточного ритма, вегетативным равновесием (ВР) – у 41,4% и симпатическим преобладанием (СП) – у 17,2%, (рис. 1). Наличие СП-состояния вегетативного тонуса в течение суток, когда показатели, соответствующие вегетативному равновесию в утреннее и полуденное время, сменяются симпатикотонией, свидетельствует о напряженной адаптации или вегетативной дисфункции, являющейся признаком вегетоза [7].

Наиболее высокие мезоры большинства изучаемых параметров функции внешнего дыхания (ФВД) –

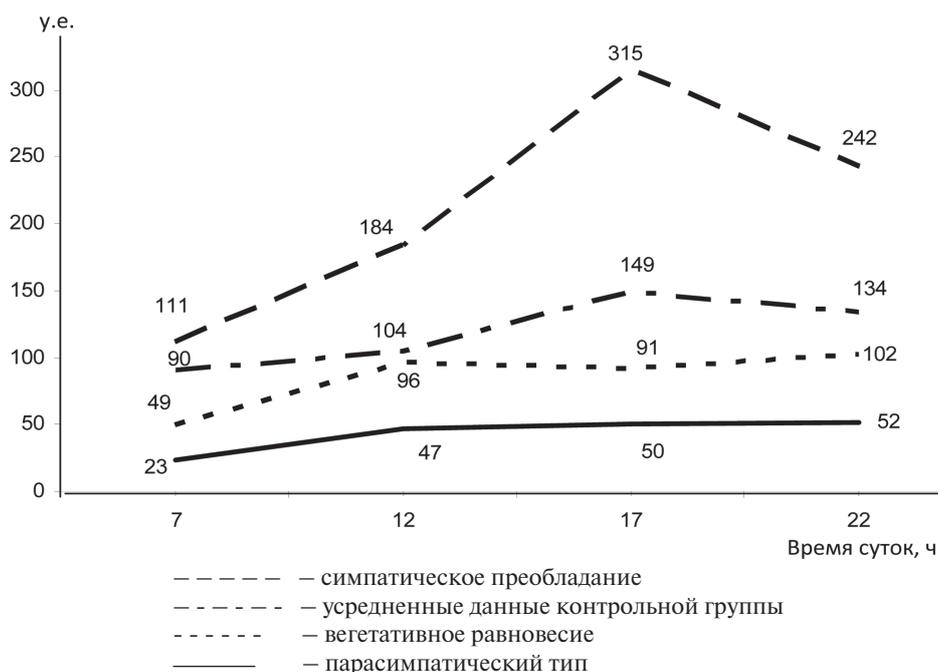


Рис. 1. Динамика индекса напряжения у здоровых мужчин при разных типах суточного ритма вегетативного тонуса

ОФВ₁, МОС₅₀, МОС₇₅, СОС₂₅₋₇₅, СОС₇₅₋₈₅, ПСВ, ПТМвд, ПТМвыд, пробы Штанге и Генча определялись у лиц с ПРТ типом СРВТ (табл. 1). В то же время у лиц с вегетативным равновесием мезоры ПТВвд, ПТВвыд проба Генча, ЖЕЛ, ОФВ₁, СОС₂₅₋₇₅, СОС₇₅₋₈₅, ПСВ были более низкими в сравнении с аналогичными показателями у лиц с другими типами СРВТ. У лиц с симпатическим преобладанием мезоры МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅ и проба Штанге имели наименьшие величины в сравнении с мезорами аналогичных параметров у лиц с парасимпатикотоническим типом СРВТ и вегетативным равновесием. У лиц с симпатическим преобладанием в числе мезоров, имевших наименьшие величины, были мезоры максимальных объёмных скоростей (МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅), а мезор МОС₂₅ был по величине на уровне условной нормы. Исследуемые параметры не выходили за пределы нормальных колебаний. Достоверность различий ($p < 0,05$) определялась лишь для проб Генча и Штанге.

Картина хроноструктуры показателей ФВД оказалась мозаичной, какие-либо закономерности прослеживались с трудом (табл. 2). Однако акрофазы и батифазы изучаемых показателей у лиц с разными СРВТ различались между собой. Показатели ПТМвыд при всех типах СРВТ имели совпадающие в одно время батифазы и акрофазы, определяющиеся соответственно, в 7 и 12 ч. Общей тенденцией было преобладание акрофаз в дневное и послеполуденное время (в 12 и 17 ч), а батифаз – в утреннее и вечернее. Различия во времени регистрации минимальных суточных значений обнаружены при сопоставлении батифаз мгновенных объёмных скоростей (МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅) с

батифазами ОФВ₁, СОС₂₅₋₇₅, ПСВ, ПТМвд и ПТМвыд. Преимущественное время выявления первых (МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅) – послеполуденное и вечернее. В утреннее время (7 ч) определялись батифазы ПТМвд, ПТМвыд – при всех типах СРВТ; батифазы ОФВ₁ – у лиц с ПРТ типом СРВТ и вегетативным равновесием, батифазы СОС₂₅₋₇₅ – у лиц с вегетативным равновесием и симпатическим преобладанием. В то же время у лиц с вегетативным равновесием батифаза МОС₂₅ определялась в 7 ч. У лиц с симпатическим преобладанием батифаза ОФВ₁ выявлялась в 22 ч. У лиц с ПРТ типом СРВТ в 22 ч определялась батифаза СОС₂₅₋₇₅.

Выявленные у обследуемых особенности батифаз одного и того же обсуждаемого показателя можно связать с наличием у них разных типов суточного ритма вегетативного тонуса. Между тем, у лиц с конкретным типом суточного ритма вегетативного тонуса (например, парасимпатикотоническим) имеются различия акрофаз и батифаз функционально однородных параметров (ОФВ₁, СОС₂₅₋₇₅, МОС₂₅). Для объяснения этого явления были проанализированы их корреляционные связи, а также корреляционные связи параметра СОС₇₅₋₈₅.

Сопоставление корреляционных связей ОФВ₁ с СОС₂₅₋₇₅ и СОС₇₅₋₈₅ у лиц с ПРТ типом СРВТ выявило выраженную зависимость (средней силы) величин ОФВ₁ от работы и мощности правого желудочка сердца, наличие значимых слабых связей с индексом напряжения. В то же время корреляционные связи СОС₇₅₋₈₅ свидетельствовали о зависимости (средней силы) от температуры воздуха и меньшей (слабо значимой) – от величины систолического давления в лёгочной

Таблица 1

Результаты функциональных дыхательных проб у здоровых мужчин

Показатель	Все обследуемые		Группа						p
			парасимпатика		симпатического преобладания		вегетативного равновесия		
	Мезор	Относит. размах	Мезор	Относит. размах	Мезор	Относит. размах	Мезор	Относит. размах	
ПТМвд	6,3±0,4	0,18±0,08	7,0±0,3	0,13±0,05	6,3±0,6	0,23±0,11	5,6±0,7	0,19±0,15	–
ПТМвыд	5,4±0,3	0,09±0,06	6,1±0,3	0,04±0,04	5,3±0,5	0,10±0,10	4,6±0,5	0,15±0,10	–
ПРШ	67,0±5,0	0,06±0,07	81,0±8,0	0,05±0,10	61,0±5,0	0,14±0,08	62,0±8,0	0,11±0,14	ПСТ–СП <0,05
ПРГ	34,0±2,5	0,03±0,08	40,0±4,0	0,09±0,13	33,0±4,0	0,23±0,18	30,2±2,4	0,04±0,08	ПСТ–ВР <0,05
ЖЕЛ	99,4±2,8	0,12±0,03	100,7±4,3	0,12±0,06	102,0±6,0	0,15±0,07	96,0±3,9	0,17±0,04	–
ОФВ ₁	98,0±4,0	0,07±0,05	102,9±5,0	0,04±0,06	99,0±12,0	0,08±0,10	96,0±7,0	0,10±0,09	–
МОС ₂₅	97,0±14,0	0,14±0,16	109,0±17,0	0,19±0,18	101,0±42,0	0,20±0,5	104,0±10,0	0,19±0,13	–
МОС ₅₀	85,0±11,0	0,11±0,14	99,0±9,0	0,10±0,08	82,0±30,0	0,20±0,4	94,0±6,0	0,18±0,08	–
МОС ₇₅	82,0±11,0	0,14±0,14	93,0±12,0	0,11±0,17	74,0±23,0	0,10±0,3	102,0±7,0	0,16±0,10	–
СОС ₂₅₋₇₅	86,0±8,0	0,05±0,10	96,3±6,0	0,10±0,09	86,0±22,0	0,09±0,27	78,0±12,0	0,18±0,19	–
СОС ₇₅₋₈₅	121,0±10,0	0,10±0,10	129,0±14,0	0,04±0,07	116,0±21,0	0,18±0,22	112,0±28,0	0,09±0,23	–
ПСВ	115,0±8,0	0,08±0,07	133,0±14,0	0,04±0,11	109,0±16,0	0,38±0,22	108,0±6,0	0,15±0,07	–

Таблица 2
Акрофазы и батифазы показателей
вентиляционной способности легких

Показатель	Время, ч	Все обследуемые	ПСТ	ВР	СП
ПТМвд	7	Б	Б	Б	Б
	12	-	-	А	-
	17	-	-	-	-
	22	А	А	-	А
ПТМвыд	7	Б	Б	Б	Б
	12	-	А	А	А
	17	А	-	-	-
	22	-	-	-	-
ПРШ	7	-	А	Б	А
	12	Б	-	-	Б
	17	-	Б	-	-
	22	А	-	А	-
ПРГ	7	Б	-	Б	Б
	12	-	Б	-	А
	17	-	-	-	-
	22	А	А	А	-
ЖЕЛ	7	Б	Б	-	-
	12	А	А	А	А
	17	-	-	-	-
	22	-	-	Б	Б
ОФВ1	7	Б	Б	Б	-
	12	А	-	А	А
	17	-	-	-	-
	22	-	А	-	Б
МОС ₂₅₋₇₅	7	-	А	Б	Б
	12	А	-	А	А
	17	-	-	-	-
	22	Б	Б	-	-
МОС ₇₅₋₈₅	7	А	-	-	Б
	12	-	А	-	А
	17	-	-	А	-
	22	Б	Б	Б	-
МОС ₂₅	7	-	-	-	-
	12	А	А	А	А
	17	-	-	-	Б
	22	Б	Б	Б	-
МОС ₅₀	7	-	-	-	-
	12	А	А	-	А
	17	-	-	А	Б
	22	Б	Б	Б	-
МОС ₇₅	7	-	-	Б	А
	12	-	-	-	-
	17	А	А	А	-
	22	Б	Б	-	Б

Примечание: А – акрофаза; Б – батифаза.

артерии. СОС₂₅₋₇₅ была слабо корреляционно связана с мощностью правого желудочка и температурой окружающей среды. Таким образом, корреляционные зависимости СОС₂₅₋₇₅ и СОС₇₅₋₈₅ сходны между собой и отличаются от корреляционных связей ОФВ₁. Это обуславливает разный характер внутри- и межсистемных

взаимосвязей данных параметров, а следовательно, влияет и на их хроноструктуру.

Отмеченные особенности корреляционных связей функционально однородных показателей вентиляционной функции лёгких – одна из причин совпадения и несовпадения их акрофаз и батифаз. В то же время выявлены определённые тенденции в изменении функционального состояния дыхательной системы в суточной динамике у лиц с разными типами СРВТ. Так, у лиц с ПРТ типом СРВТ величины ОФВ₁, ПТМвд, пробы Генча в вечернее время (22 ч) имеют наибольшие суточные значения. Однако показатели СОС₂₅₋₇₅, СОС₇₅₋₈₅, ПСВ, все максимальные объёмные скорости (МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅) в суточной динамике минимальны в 22 ч. Следовательно, у лиц с ПРТ типом СРВТ в вечернее время имеется ухудшение показателей вентиляционной функции на всех уровнях бронхиального дерева, которое компенсируется вкладом факторов, составляющих такие параметры, как ОФВ₁, ПТМвд и проба Генча. У лиц с вегетативным равновесием в утренние часы (7 ч) величины ОФВ₁, СОС₂₅₋₇₅, МОС₂₅, ПСВ, ПТМвд, ПТМвыд, пробы Штанге и Генча в суточной динамике минимальны, то есть утром проксимальные участки бронхиального дерева находятся в худшем состоянии по сравнению с дневным и вечерним временем. В вечернее время определяются батифазы МОС₇₅, МОС₅₀, СОС₇₅₋₈₅, ЖЕЛ, одновременно регистрируются акрофазы проб Штанге и Генча.

Таким образом, у лиц с вегетативным равновесием в вечернее время ухудшаются показатели ЖЕЛ и бронхиальной проходимости на уровне дистальных бронхов, а в утреннее время ухудшение параметров бронхиальной проходимости происходит на уровне проксимальных участков бронхиального дерева. У лиц с симпатическим преобладанием в утренние часы (7 ч) регистрировались батифазы СОС₂₅₋₇₅, СОС₇₅₋₈₅, ПТМвд, ПТМвыд, пробы Генча, а в вечернее время (22 ч) – батифазы ЖЕЛ, ОФВ₁, МОС₂₅. Все почасовые величины МОС₂₅, МОС₅₀ в акрофазу и батифазу, мезоры этих показателей у лиц с симпатическим преобладанием были ниже, чем аналогичные величины у лиц с другими типами СРВТ. Следовательно, у лиц с симпатическим преобладанием как в утреннее, так и в вечернее время показатели бронхиальной проходимости в сравнении с дневными величинами снижены. В вечернее время ухудшение показателей бронхиальной проходимости отмечается, в большей степени, на уровне проксимальных участков бронхиального дерева, а в утреннее время – как на уровне проксимальных, так и на уровне дистальных бронхов. Более низкие величины МОС₂₅, МОС₅₀ у лиц с симпатическим преобладанием в сравнении с другими типами СРВТ и величина мезора МОС₂₅, соответствующая нижней границе условной нормы, позволяют считать указанные особенности факторами риска в отношении развития бронхолёгочных заболеваний.

Выводы

1. Наибольшие величины показателей функции внешнего дыхания (мезоры, акрофазы, батифазы)

определялись у лиц с парасимпатикотоническим типом, наименьшие – у лиц с вегетативным равновесием и симпатическим преобладанием.

2. У лиц с парасимпатикотоническим типом суточного ритма вегетативного тонуса в вечернее время отмечается снижение пиковой, средних и максимальных объемных скоростей выдоха. У лиц с вегетативным равновесием в это же время наряду с уменьшением объемных скоростей выдоха снижается и жизненная емкость легких.

3. Большинство мезоров вентиляционной функции легких у лиц с вегетативным равновесием являются наименьшими в сравнении с аналогичными мезорами у лиц с другими типами суточного ритма вегетативного тонуса.

4. У лиц с симпатическим преобладанием снижение показателей жизненной емкости легких и бронхиальной проходимости выявлялось в вечернее время. Низкие величины мезоров максимальных объемных скоростей выдоха, пиковой скорости выдоха и пробы Штанге позволяют относить лиц с симпатическим преобладанием в группу риска развития бронхолегочных заболеваний.

5. Выявлены как внутрисистемные корреляционные взаимосвязи показателей функции внешнего дыхания, так и их зависимость от показателей сердечно-сосудистой системы. Определялась выраженная в большей или меньшей степени зависимость основных показателей вентиляционной функции легких от метеофакторов (относительной влажности и температуры воздуха).

Литература

1. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
2. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
3. Баевский, Р.М. Физиологические основы кибернетического анализа сердечного ритма / Р.М. Баевский // Ритм сердца у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – С. 7–19.
4. Гриппи, М.А. Патофизиология легких / М.А. Гриппи. – М.: Восточная книжная компания, 1997. – 344 с.
5. Комаров, Ф.И. Хрономедицина – новое направление в медико-биологической науке и практике / Ф.И. Комаров, Ю.А. Романов, Н.И. Моисеева // Хронобиология и хрономедицина. – М.: Медицина, 1989. – С. 5–17.
6. Котельников, С.А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельников и др. // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 130–143.
7. Парцерняк, С.А. Стресс. Вегетозы. Психосоматика / С.А. Парцерняк. – СПб., 2002. – 286 с.
8. Фишер, А.М. Функциональное состояние сердечно-сосудистой, дыхательной и вегетативной нервной систем у больных пневмонией молодого возраста в разное время суток: автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.М. Фишер. – СПб., 2005. – 25 с.
9. Фишер, А.М. О возможностях хронобиологического подхода в диагностике сердечно-сосудистых осложнений у больных пневмонией молодого возраста / А.М. Фишер, В.А. Яковлев, И.Г. Куренкова // Третий Росс. конгр. по патофизиологии с междунар. участием «Дизрегуляторная патология органов и систем: (эксперим. и клинич. патофизиология)»: тез. докл. – М.: Б.и., 2004. – С. 174.
10. Фишер, А.М. Хронобиологические аспекты состояния вегетативного тонуса у больных пневмонией и здоровых лиц / А.М. Фишер, В.А. Яковлев, И.Г. Куренкова // Клиническая патофизиология. – 2007. – № 1–2. – с. 57–63.
11. Харитонов, М.А. Функция внешнего дыхания: теория и практика / М.А. Харитонов и др. – СПб.: Элби-СПб., 2013. – 288 с.

A.M. Fisher, V.A. Yakovlev, I.G. Kurenkova, V.Ya. Apchel, V.V. Yakovlev

Chronobiological aspects of functional state of respiratory system among healthy individuals depending on type of daily rhythm of vegetative tone

Abstract. It's a well-known fact that functional state of vegetative nerve system influences the respiratory and cardio-vascular ones and dynamics of bronchopulmonary pathology. Chronobiological aspects of these relations haven't been studied enough. Within the healthy persons there have been revealed 3 types of the daily rhythm of vegetative tone: parasympathycotonic, vegetative balance and sympathetic prevalence. There has been established a well – noticed connection of the type of daily rhythms of vegetative tone with the functional state of the respiratory system. So, people with parasympathycotonic type are characterized by higher average daily levels of external respiration function as forced expiratory volume in 1s, maximum expiratory flow at 50 and 75%, the average rate of forced expiratory volume between 25 and 75%, as well as 75 and 85% of forced vital capacity, peak expiratory flow, and Stange-Ghencea test. For persons with autonomic balance, those figures were significantly lower and the lowest they have been in patients with sympathetic predominance. In addition, there have been shown the possibility of using different physical techniques to highlight the risk factors of diseases of the respiratory system in healthy individuals. Thus, lower values of maximum volumetric exhalation rate at 25 and 50 % in those with a predominance of sympathetic compared with other types of circadian rhythm and autonomic tone value of mezora with maximum volumetric exhalation rate by 25%, the lower limit of conditional rules specified suggest particular risk factors for the development of bronchopulmonary diseases.

Key words: variation pulsometrics, vegetative nerve system, chronobiology, vegetative tone, premorbid states, rhythm of physiological functions of respiratory system.

Контактный телефон: 8 (812) 686-86-48; 8-905-274-63-76; e-mail: aleks_kla@inbox.ru