

*На правах рукописи*

**Павленко Снежанна Ивановна**

**ОСОБЕННОСТИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ  
СЕРДЕЧНОГО РИТМА В УСЛОВИЯХ МЕНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ  
У СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМИ ХРОНОТИПАМИ**

**03.03.01 – физиология**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

**Самара – 2017**

Работа выполнена на кафедре физиологии человека и животных федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева».

**Научный руководитель:**

доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева», **ВЕДЯСОВА Ольга Александровна**

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии МБФ, ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, **СМИРНОВ Виктор Михайлович**

доктор биологических наук, профессор кафедры нормальной физиологии и медицинской физики ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, **СОРОКИНА Наталья Дмитриевна**

**Ведущая организация:**

ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН.

**Защита диссертации состоится «24» мая 2018 года в 13 часов** на заседании Диссертационного совета Д 001.008.01 при ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина, по адресу: г. Москва, ул. Моховая, дом 11, строение 4.

**С диссертацией можно ознакомиться** в ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина и на официальном сайте **<http://nphys.ru/>**

Отзывы на автореферат направлять по адресу:

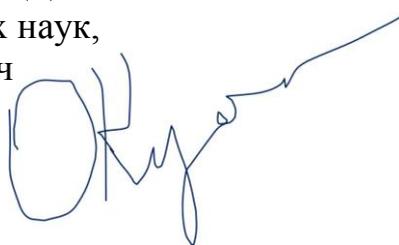
Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 001.008.01,

кандидат биологических наук,

Кубряк Олег Витальевич



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Актуальной медико-биологической проблемой являются здоровье и работоспособность студентов [Бердиев и др., 2017; Rejali, Mostajeran, 2013; Bonsaksen et al., 2017; Lewin et al., 2017], в значительной степени зависящие от режимов труда и отдыха [Мусина и др., 2008; Yadav, Singh, 2014]. При организации последних важен учет эндофенотипических особенностей молодых людей [Кретова и др., 2017; Martin et al., 2016], в т.ч. специфики их биоритмов [Матюхина и др., 2012; Randler, Kretz, 2011; Mota et al., 2016], поскольку хронотипы являются предикторами не только уровня соматического и психического здоровья [Селиверстова, Куницкая, 2011; Ханина и др., 2016], но и академической успеваемости [Preckel et al., 2013; Rahafar et al., 2016]. Формирование биоритмов обеспечивается системой центральных и периферических пейсмейкеров, генерирующих сигналы, обусловленные эндогенными и экзогенными влияниями [Ашофф, 1984; Инюшкин и др., 2010; Перцов, 2011; Hughes, Piggins, 2014; Bielen et al., 2015]. У человека при этом важную роль играют социальные факторы [Арушанян, Попов, 2011; Silver, Rainbow, 2013], например, социальный джетлаг, представляющий собой несоответствие между биологическим и социальным временем [Wittmann et al., 2006; Jankowski, 2017]. Такое несоответствие ведет к внутреннему дисхронизму и даже десинхронозу [Хаснулин и др., 2010; Катинас и др., 2015; Reinberg et al., 2007], что предъявляет повышенные требования к адаптационному потенциалу организма.

Анализ адаптационных возможностей человека требует системного подхода [Анохин, 1973; Судаков, Умрюхин, 2010] и, в частности, комплексного изучения реакций систем дыхания и кровообращения. В отношении студентов большой интерес вызывают хронотипические особенности функционирования и адаптационных реакций дыхательной и сердечно-сосудистой систем в ходе обучения. Важную информацию о деятельности этих систем дает анализ variability сердечного ритма (ВСР) [Баевский и др., 2001; Хаспекова, 2003] и паттерна внешнего дыхания [Александрова, Бреслав, 2009; Гришин и др., 2014; Фудин и др., 2017].

**Степень разработанности темы исследования.** Многие авторы отмечали зависимость ВСР у студентов от умственных нагрузок [Ведясова и др., 2010; Деваев, 2010] и уровня тревожности [Джебраилова, Сулейманова, 2012; Furutani et al., 2011], хорошо изучена связь ВСР с типами вегетативной регуляции [Шлык, 2009; Говорухина и др., 2017], возрастом и полом [Еськов и

др., 2015; Филатов и др., 2016; Agelink et al., 2001; Chintala et al., 2015]. Влиянию ментальной деятельности на дыхание посвящено гораздо меньше исследований [Устюжанинова и др., 2004; Мальцева, Михайлова, 2008; Sinues et al., 2013]. Что касается биоритмологического аспекта функций сердца и системы дыхания при умственной нагрузке, то он рассматривался в единичных работах [Демидова, Тихоненко, 2001; Селиверстова, Куницкая, 2011; Roeser et al., 2012], а взаимосвязь между реакциями дыхания и ВСР с учетом хроно-типов человека ранее вообще не изучалась. Поэтому на современном этапе, когда все больше возрастает роль персонализированного подхода к человеку в сферах образования и профессиональной деятельности [Dallmann et al., 2014], недостаток знаний о хронотипических особенностях внешнего дыхания и ВСР является весьма ощутимым и представляет актуальную проблему, прикладные и теоретические аспекты которой требуют детального исследования.

**Цель исследования:** изучение динамики параметров паттерна внешнего дыхания и ВСР в состоянии относительного покоя и их изменений в условиях ментальной нагрузки у студентов с утренним, дневным и вечерним хроно-типами в разные периоды учебного дня.

**Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

1. Изучить динамику параметров паттерна внешнего дыхания на фоне спокойного бодрствования в течение дня у студентов с разными хроно-типами.
2. Исследовать динамику параметров ВСР на фоне спокойного бодрствования в течение дня у студентов с разными хроно-типами.
3. Проанализировать изменения частотных и объемных параметров внешнего дыхания у студентов с разными хроно-типами в условиях выполнения ментальной нагрузки в разные периоды дня.
4. Изучить изменения диагностических, статистических и спектральных параметров ВСР у студентов с разными хроно-типами в условиях выполнения ментальной нагрузки в разные периоды дня.
5. Провести анализ корреляционных связей между параметрами паттерна внешнего дыхания и ВСР у студентов с разными хроно-типами в состоянии покоя и в условиях выполнения ментальной нагрузки в различные периоды дня.

**Научная новизна работы.** Впервые проведен сравнительный анализ динамики параметров паттерна внешнего дыхания и ВСР в покое и при ментальной нагрузке в начале, середине и конце учебного дня у студентов с у-

ренным, дневным и вечерним хронотипами. Установлено, что более выраженные изменения дыхания и ВСР характерны для «голубей», средние для «сов», а менее значимые для «жаворонков». Получен ряд новых данных, дополняющих существующие представления о регуляции внешнего дыхания и кардиоритма в условиях ментальной деятельности. Показано, что дозированная умственная монотонная нагрузка вызывает тормозные респираторные реакции в виде угнетения легочной вентиляции за счет различного вклада объемных и временных параметров дыхания у представителей разных хронотипов. Установлено, что регуляция кардиоритма при этом осуществляется за счет ослабления симпатических влияний на сердце, что у «голубей» и «сов» сопровождается выраженной активацией парасимпатических влияний. Впервые в хронотипическом аспекте проведен анализ корреляционных связей между параметрами внешнего дыхания и ВСР у студентов в покое и при умственной деятельности.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Результаты исследования расширяют базу научных данных об изменениях дыхания и ВСР у лиц с разными хронотипами в условиях покоя и при ментальной нагрузке в течение дня. Обнаруженные хронотипические особенности кардиореспираторного взаимодействия и вклада центрального и автономного контуров в регуляцию кардиоритма при ментальной деятельности у студентов могут способствовать развитию теоретических представлений о специфике адаптации лиц с утренним, дневным и вечерним типами активности к умственным нагрузкам в режимах смещения их плотности на время суток, не соответствующее эндогенным биоритмам.

Данные о хронотипических различиях реакций внешнего дыхания и ВСР при ментальной деятельности могут быть рекомендованы к применению в вузах и средней школе для оптимизации временных режимов учебного процесса и минимизации негативного влияния информационных нагрузок, выполняемых в часы, не совпадающие с пиками активности учащихся. Выявленная широкая лабильность параметров дыхания и ВСР у «голубей» и меньшая их изменчивость у «жаворонков» и «сов» имеют практическое значение в плане прогнозирования реакций кардиореспираторной системы и степени напряжения регуляторных механизмов у учащихся с разными хронотипами в ходе обучения, а также могут использоваться для самоконтроля за функциональным состоянием организма на фоне социального джетлага и при посменной деятельности.

Сведения о зависимости паттерна внешнего дыхания и ВСП от биоритмов могут использоваться в учебном процессе вузов при чтении лекций по физиологии труда, хронобиологии и экологии человека. Результаты внедрены в учебный процесс кафедры физиологии человека и животных Самарского университета и кафедры педагогической и прикладной психологии Самарского филиала Московского городского педагогического университета.

**Методология и методы исследования.** Диссертационная работа выполнена с позиций системного подхода к анализу функционального состояния организма человека. Методический уровень экспериментов соответствует стандартам современных исследований по физиологии. Исследование проведено на 260 студентах Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева. В работе использованы методы определения индивидуальных хронотипов, методики спирографии и пульсоинтервалографии. На всех этапах работы соблюдены этические принципы проведения исследований с участием человека в качестве субъекта исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Динамика параметров паттерна внешнего дыхания и ВСП в состоянии спокойного бодрствования и при ментальной деятельности в течение дня у студентов зависит от их хронотипов.

2. Динамика объемных и частотных параметров паттерна внешнего дыхания в состоянии спокойного бодрствования более выражена у студентов с дневным и вечерним хронотипами и менее – у лиц с утренним хронотипом.

3. Изменения статистических, диагностических и спектральных параметров ВСП на фоне спокойного бодрствования в течение дня преобладают у студентов с дневным хронотипом и менее выражены у представителей с вечерним и утренним типами активности.

4. Изменения параметров паттерна внешнего дыхания и ВСП в условиях ментальной нагрузки более выражены у «голубей», при этом респираторные реакции доминируют у них при работе днем, а изменения ВСП – во все периоды дня.

5. Между параметрами паттерна дыхания и ВСП у студентов преобладают отрицательные корреляционные связи, количество и сила которых в состоянии покоя и при ментальной нагрузке в разные периоды дня характеризуются хронотипической зависимостью.

**Степень достоверности результатов проведенных исследований.** Результаты исследования достоверны. Статистическая обработка результатов

проведена с применением пакета программ SigmaPlot 12.0 (Jandel Scientific, USA). Используются тесты: Normality Test Shapiro – Wilk, Wilcoxon Signed Rank Test, Mann – Whitney Rank Sum Test, Paired t-test, t-test и Spearman Rank Order Correlation. Статистически значимыми считались данные при  $p < 0,05$ .

**Апробация работы.** Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на IV Межвузовской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием НОУ ВПО «Медицинский университет «РЕАВИЗ» (Самара, 2013), XVIII Международной медико-биологической конференции молодых исследователей, посвященной двадцатилетию медицинского факультета СПбГУ «Фундаментальная наука и клиническая медицина – Человек и его здоровье» (Санкт-Петербург, 2015), Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня основания Института физиологии им. И. П. Павлова РАН «Современные проблемы физиологии высшей нервной деятельности, сенсорных и висцеральных систем» (Санкт-Петербург–Колтуши, 2015), XXII и XXIII Международных конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «ЛОМОНОСОВ-2015» и «ЛОМОНОСОВ-2016» (Москва, 2015, 2016), Научных конференциях молодых ученых и специалистов Самарского университета (Самара, 2014, 2015, 2016, 2017), XIII Всероссийской Школе-семинаре с международным участием «Экспериментальная и клиническая физиология дыхания» (Санкт-Петербург, 2016), 70-й Всероссийской школе-конференции молодых ученых (Нижний Новгород, 2017), XXIII съезде Физиологического общества им. И. П. Павлова (Воронеж, 2017).

**Декларация личного участия автора.** Все этапы диссертационного исследования, включая проведение экспериментов, анализ и обсуждение полученных данных, написание текста осуществлены лично автором.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 17 работ, из них 5 статей в журналах, включённых в перечень ВАК России.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 180 страницах машинописного текста, включает введение, обзор литературы, описание методики исследования, 3 главы с результатами экспериментов, их обсуждение, выводы, список сокращений, список иллюстративного материала, список научных трудов и приложения. Диссертация содержит 14 таблиц и 30 рисунков. Список литературы включает 327 источников (161 отечественных и 166 иностранных).

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на 260 студентах Самарского университета, у которых изучали влияние дозированной ментальной нагрузки на параметры паттерна внешнего дыхания и ВСП в разные периоды учебного дня. Для исследования приглашались юноши и девушки в возрасте 19-23 лет без заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы. На всех этапах работы с испытуемыми соблюдались этические принципы проведения исследований с участием человека в качестве субъекта исследований в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной Медицинской Ассоциации.

На первом этапе исследования у студентов определяли хронотипы с помощью теста Д. Хорна – О. Остберга в модификации А. А. Путилова (1997) и анкеты О. Н. Московченко (1999). По итогам тестирования были сформированы 3 группы испытуемых: с утренним пиком активности – «жаворонки» ( $n = 56$ ), дневным – «голуби» ( $n = 100$ ) и вечерним – «совы» ( $n = 104$ ). На втором этапе у студентов анализировали параметры паттерна внешнего дыхания и ВСП в состоянии относительного покоя и сразу после выполнения дозированной ментальной нагрузки, при этом каждого студента обследовали 3 раза в течение одного дня: утром с 7.30 до 9.00 ч, днем с 13.00 до 14.30 ч и вечером с 18.00 до 19.30 ч. Ментальная нагрузка заключалась в последовательном выполнении корректурной пробы Бурдона – Анфимова (5 мин), теста на распределение внимания «Расстановка чисел» (2 мин) и теста обратного отсчитывания в уме по Крепелину в быстром темпе без ограничения времени.

Паттерн дыхания регистрировали методом спирографии при помощи компьютерного спирографа КМ-АР-01-«Диамант» (ЗАО «Диамант», г. Санкт-Петербург). Анализировали жизненную ёмкость легких (ЖЕЛ, л), резервные объемы вдоха (РОВд, л) и выдоха (РОВыд, л), ёмкость вдоха (Евд, л), минутный объем дыхания (МОД, л/мин), дыхательный объем (ДО, л), частоту дыхания (ЧД, цикл/мин), время вдоха (Твд, с) и выдоха (Твыд, с), длительность дыхательного цикла (Тц, с) и дыхательный коэффициент (Твд/Твыд, отн. ед.). Регистрацию ВСП осуществляли методом кардиоинтервалографии на пульсоксиметре «ЭЛОКС-01М» (ЗАО ИМЦ Новые Приборы, г. Самара). Оценивали длительность кардиоинтервалов (NN, или RR, мс), моду распределения длительностей NN-интервалов ( $M_0$ , мс), амплитуду моды ( $AM_0$ , %), вариационный размах (DX, мс), стандартное отклонение SDNN (мс), квадратный корень из среднего значения квадратов разностей длительностей последовательных NN-интервалов (RMSSD, мс), отношение NN50 к

общему числу NN-интервалов (pNN50, %), частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), индексы активности симпатического (СИМ, усл. ед.) и парасимпатического (ПАР, усл. ед.) отделов вегетативной нервной системы, индекс Баевского (ИБ, усл. ед.), спектральную мощность колебаний ритма сердца, в т.ч. общую (TP,  $мс^2$ ), в диапазоне очень низких (VLF,  $мс^2$ ), низких (LF,  $мс^2$ ) и высоких (HF,  $мс^2$ ) частот, нормализованную спектральную мощность низких (LFn, %) и высоких (HFn, %) частот, индекс LF/HF (отн. ед.).

Результаты исследования обрабатывали статистически с использованием программного пакета SigmaPlot 12.0 (Jandel Scientific, USA). Предварительно оценивали закон распределения изучаемых параметров с помощью Normality Test (Shapiro-Wilk). Значения большинства изученных показателей не соответствовали закону нормального распределения, что обусловило применение параметрических и непараметрических методов анализа. Для оценки достоверности различий между показателями паттерна внешнего дыхания и ВСП в состоянии покоя и после ментальной нагрузки у студентов с одинаковыми хронотипами применяли Wilcoxon Signed Rank Test и Paired t-test, уровень значимости различий между представителями с разными хронотипами определяли с помощью Mann-Whitney Rank Sum Test и t-test. При анализе корреляционных связей между параметрами паттерна внешнего дыхания и ВСП у представителей с разными хронотипами использовали Spearman Rank Order Correlation. В качестве описательных статистик приведены средние арифметические  $\pm$  стандартные ошибки, медианы и 1-й (25-я перцентиль) и 3-й (75-я перцентиль) квартили, а также изменения средних значений в %. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ . Для построения графиков применяли программы SigmaPlot 12.0 и Microsoft Office Excel 2007.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

### **1. Динамика фоновых значений параметров паттерна внешнего дыхания у студентов с разными хронотипами в течение дня**

В условиях спокойного бодрствования в течение учебного дня изменения паттерна дыхания у студентов имели умеренную выраженность, что согласуется с данными о том, что взрослым здоровым людям присущи незначительные циркадианные колебания внешнего дыхания [Adamczyk et al., 2008]. Однако, наибольшая стабильность паттерна дыхания отмечалась у представителей утреннего хронотипа, а более значительные его вариации наблюдались у лиц с дневным и вечерним хронотипами (таблица 1). Так, у «жа воронок» из

одиннадцати изученных респираторных показателей в течение дня значимо изменялся только один параметр – РОвыд, у «голубей» и «сов» изменения касались шести параметров: ЖЕЛ, РОвд, МОД, ДО, Тц и Твыд – у первых и ЖЕЛ, МОД, ЧД, Тц, Твд и Твыд – у вторых (таблица 1). При этом наблюдалась зависимость паттерна дыхания от времени дня, соответствующего пикам физиологической активности лиц с разными хронотипами, а именно максимумы указанных параметров были приурочены у «жаворонков» к утренним, у «сов» в большинстве случаев к вечерним часам, а у «голубей» однозначной приуроченности не отмечалось. В целом это соответствует представлениям о зависимости функционального состояния организма от специфики эндогенных биоритмов [Roenneberg et al., 2003; Kudielka et al., 2006; Mota et al., 2016].

Биоритмологическая обусловленность параметров паттерна дыхания подтверждается их статистически значимыми отличиями у представителей разных хронотипов. Наиболее существенные различия выявлены между «голубьями» и «совами» в величинах ЖЕЛ, РОвд, РОвыд, Евд и МОД, причем главным образом утром. Разница между «жаворонками» и «голубьями» установлена только для РОвыд также в утренние часы, тогда как различий между «жаворонками» и «совами» в течение дня не наблюдалось (таблица 1).

Таким образом, хронотипы студентов в значительной степени определяют у них фоновую динамику частотных и объемных параметров паттерна внешнего дыхания в течение дня.

## **2. Реакции внешнего дыхания у студентов с разными хронотипами при ментальной нагрузке в различные периоды дня**

Реакции дыхания в ответ на ментальную нагрузку у студентов имели тормозной характер, интегрально проявляясь снижением МОД, что, вероятно, связано с ограничением активирующих влияний передних корковых зон на дыхательный центр при умственной работе, характеризующейся быстрым темпом и элементами монотонности. Основанием для такого предположения могут служить данные об угнетении центральной респираторной активности при торможении префронтальной коры [Hassan et al., 2013].

Отдельные параметры дыхания при умственной нагрузке не одинаково менялись у лиц с разными хронотипами. У «жаворонков» уменьшение МОД отмечалось при нагрузке в утреннее и вечернее время за счет снижения ДО (рисунок 1).

Таблица 1

Динамика фоновых (в состоянии покоя) значений параметров паттерна внешнего дыхания у студентов с разными хронотипами в течение дня

Параметр	Утро 7.30–9.00	День 13.00–14.30	Вечер 18.00–19.30	Утро 7.30–9.00	День 13.00–14.30	Вечер 18.00–19.30	Утро 7.30–9.00	День 13.00–14.30	Вечер 18.00–19.30
	«Жаворонки»			«Голуби»			«Совы»		
ЖЕЛ, л	4,55±0,22	4,37±0,23	4,54±0,21	4,13±0,15 ###	4,37±0,17 ××; #	4,39±0,16 ××; ##	4,76±0,15 ###	4,52±0,13 ×; #	4,78±0,14 \$; ##
Евд, л	1,36±0,12	1,32±0,11	1,48±0,11	1,26±0,08 #	1,36±0,09	1,32±0,08	1,49±0,08 #	1,42±0,08	1,47±0,09
Ровд, л	2,44±0,18 ^^	2,49±0,18	2,63±0,17	2,35±0,12 ^^; ##	2,54±0,14 *	2,45±0,12	2,78±0,13 ##	2,63±0,11	2,69±0,13
Ровьд, л	1,48±0,11	1,25±0,09 **	1,25±0,10 **	1,18±0,07 ##	1,19±0,07	1,29±0,07	1,33±0,06 ##	1,24±0,07	1,39±0,06
ДО, л	0,63±0,03	0,63±0,03	0,67±0,04	0,60±0,03	0,64±0,03 *	0,65±0,03 *	0,65±0,03	0,64±0,02	0,68±0,03
ЧД, цикл/мин	18,84±0,68	18,68±0,53	18,36±0,56	18,56±0,54	19,12±0,57	18,61±0,58	18,76±0,62	19,99±0,64 ×××	20,15±0,68 ×××
МОД, л/мин	11,87±0,74	11,77±0,62	12,30±0,63	11,14±0,59	12,24±0,55 ××	12,09±0,48 #	12,19±0,55	12,79±0,53 ×	13,70±0,49 ××; #
Твд, с	1,67±0,08	1,60±0,06	1,66±0,07	1,69±0,07	1,68±0,06	1,74±0,06	1,74±0,07	1,63±0,06 ×	1,63±0,06 ×
Твьд, с	1,73±0,08	1,68±0,06	1,74±0,07	1,82±0,07	1,69±0,07 *	1,83±0,08	1,87±0,09	1,69±0,06 ×	1,71±0,06
Твд/Твьд, отн. ед.	1,02±0,05	0,99±0,05	0,99±0,06	0,98±0,03	1,06±0,03	1,04±0,04	0,99±0,03	1±0,03	0,99±0,03
Тц, с	3,39±0,13	3,28±0,10	3,40±0,12	3,51±0,12	3,37±0,11	3,57±0,12 ++	3,61±0,14	3,32±0,11 ×	3,34±0,10 ××

Примечание: \*(p<0,05), \*\*(p<0,01) – Paired t-test, ×(p<0,05), ××(p<0,01), ×××(p<0,001) – Wilcoxon Signed Rank Test – статистически значимые отличия от утренних значений, ++(p<0,01) – Paired t-test, \$(p<0,05) – Wilcoxon Signed Rank Test – от дневных значений; ^^ (p<0,01) – статистически значимые различия между «жаворонками» и «голубями», # (p<0,05) ## (p<0,01), ### (p<0,001) – между «голубями» и «совами» (Mann – Whitney Rank Sum Test).

Кроме этого, нагрузка утром вызывала у них уменьшение ЖЕЛ на 5,1 % ( $p < 0,05$ ) и РОвд на 12,2 % ( $p < 0,01$ ), а вечером – РОвд на 4,9 % ( $p < 0,05$ ). Реакции дыхания на нагрузку в дневные часы у «жаворонков» отсутствовали. У «голубей», в отличие от «жаворонков», МОД снижался при ментальной нагрузке в дневное и вечернее время, причем за счет изменений как ДО, так и ЧД, при этом ДО уменьшался при работе днем и вечером, а ЧД снижалась только днем (рисунок 1) в сочетании с увеличением Тц и Твд в среднем на 4,5 % ( $p < 0,05$ ). Также у «голубей» нагрузка днем способствовала снижению ЖЕЛ ( $p < 0,05$ ), а утром – увеличению РОвд (5,1 %;  $p < 0,05$ ). У «сов» уменьшение МОД наблюдалось только при нагрузке вечером (рисунок 1), благодаря незначительным, но однонаправленным изменениям ДО и ЧД. При работе днем у них было зафиксировано увеличение Тц (4,0 %;  $p < 0,05$ ) и Евд (7,1 %;  $p < 0,05$ ), а утром – снижение РОвд на 18,0 % ( $p < 0,05$ ) и рост Евд на 15,4 % ( $p < 0,05$ ). Характерно, что у «сов» в период пика активности, т.е. вечером (как и у «голубей» днем), нагрузка пролонгировала Твд ( $p < 0,05$ ). Это сочеталось с ростом у них коэффициента Твд/Твыд на 7,1% ( $p < 0,05$ ), что указывает на усиление инспираторного драйва при ментальной деятельности в вечернее время.

Межгрупповые различия паттерна дыхания в условиях ментальной деятельности установлены только между «голубями» и «совами» по следующим параметрам: МОД ( $p < 0,05$ ), ЖЕЛ ( $p < 0,01$ ), Евд ( $p < 0,01$ ), РОвд ( $p < 0,05$ ), причем в основном в утренние часы.

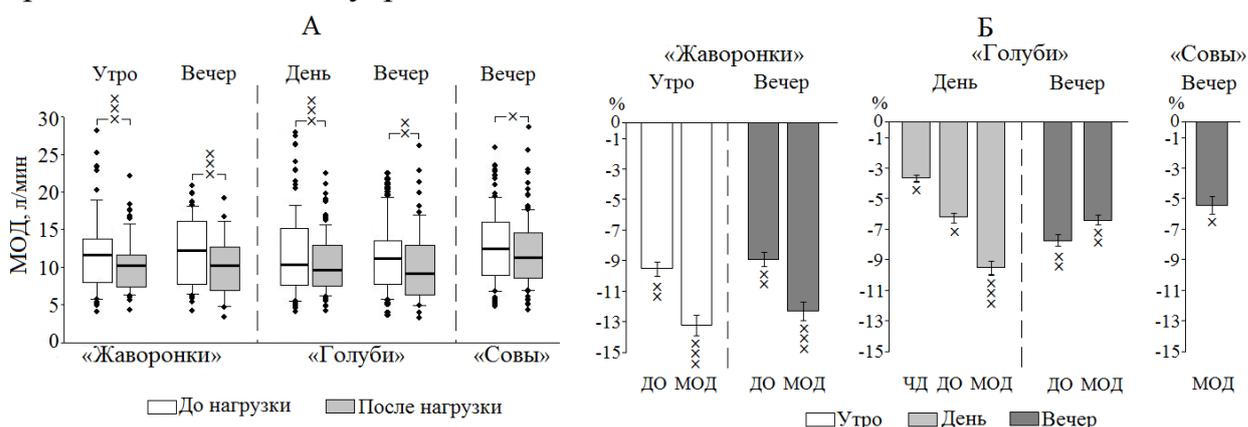


Рисунок 1. Изменение отдельных параметров внешнего дыхания после ментальной нагрузки у студентов «жаворонков», «голубей» и «сов». А – изменения медиан (абс. ед.); Б – отклонения средних величин (% от исходного уровня). × ( $p < 0,05$ ), ×× ( $p < 0,01$ ), ××× ( $p < 0,001$ ) – статистически значимые различия с покоем (Wilcoxon Signed Rank Test).

Таким образом, изменения паттерна внешнего дыхания у студентов в условиях ментальной деятельности характеризуются хронотипическими осо-

бенностями, при этом по количеству наблюдаемых реакций в разные периоды дня лидируют «голуби». Более широкий диапазон респираторных эффектов у лиц с дневным хронотипом позволяет говорить о зависимости приспособительной деятельности организма от эндогенных биоритмов и, в том числе, о преимуществах «голубей» в плане адаптации функции дыхания к интеллектуальным нагрузкам.

### **3. Динамика показателей variability сердечного ритма у студентов с разными хронотипами в течение дня на фоне покоя**

На фоне покоя самые заметные изменения ВСП, детерминированные временем суток, наблюдались у студентов «голубей», на втором месте оказались «совы», на третьем – «жаворонки». У «голубей» в течение дня варьировали все взятые для анализа 18 параметров ВСП, у «сов» менялись 13, а у «жаворонков» – 9 показателей (таблица 2). Пиковые значения параметров ВСП у студентов имели различное распределение по периодам дня, однако у большинства испытуемых они отмечались в 13.00-14.30 ч, что соответствует данным о более высоких исходных значениях ВСП у молодых людей в дневное время [Armstrong et al., 2011]. При этом просматривалась определенная хронотипическая зависимость, а именно днем у «голубей» отмечались максимумы RR, Mo, DX, ПАР, SDNN, RMSSD, pNN50, TP, VLF, LF, HF, HFn, у «сов» – RR, Mo, ПАР, SDNN, RMSSD, pNN50, TP, VLF и HF, а у «жаворонков» – Mo, ПАР, SDNN и LF/HF (таблица 2).

Фоновая динамика кардиоритма у студентов с разными хронотипами обуславливалась особенностями регуляторных влияний. Так, значения СИМ снижались к середине дня относительно утра примерно одинаково (в среднем на 31,4%) у всех хронотипов, а к вечеру возрастали относительно дня, но в разной степени у «жаворонков», «голубей» и «сов» – на 21,8% ( $p < 0,05$ ), 16,7% ( $p < 0,01$ ) и 81,1% ( $p < 0,001$ ) соответственно.

Аналогичная тенденция наблюдалась в динамике ИБ. Коэффициент ПАР, напротив, увеличивался днем и снижался к вечеру, причем у «голубей» это сопровождалось соответствующими изменениями DX, SDNN, RMSSD, pNN50 (таблица 2), что свидетельствует о большем вкладе парасимпатического звена в регуляцию кардиоритма у них по сравнению с «жаворонками» и «совами».

Таблица 2

Динамика фоновых (в состоянии покоя) значений параметров ВСР у студентов с разными хронотипами в течение дня

Параметр	Утро 7.30–9.00	День 13.00–14.30	Вечер 18.00–19.30	Утро 7.30–9.00	День 13.00–14.30	Вечер 18.00–19.30	Утро 7.30–9.00	День 13.00–14.30	Вечер 18.00–19.30
	«Жаворонки»			«Голуби»			«Совы»		
RR, мс	677,96±13,47	703,67±19,92	709,13±17,17 *	726,08±10,57	788,67±16,29 ***	753,95±14,1 **,#	724,78±11,06	782,55±14,23 ***	712,38±10,79 ***
Mo, мс	678,53±14,61	714,67±21,83	702,67±18,55	729,05±13,01	788,24±18,16 xxx	756,89±14,66 x,+	726,32±12,15	788,68±15,89 xxx	710,39±11,15 +++
ЧСС, уд/мин	88,33±1,79	84,07±1,97 *	85,77±2,06	82,85±1,37	77,15±1,53 ***	80,16±1,42 *,#	83,07±1,39	77,04±1,41 ***	84,35±1,32 ###
СИМ, усл. ед.	4,97±0,68	3,67±0,31 ×	4,47±0,47 #	4,69±0,67	3,24±0,46 ××	3,78±0,40 ++	4,79±0,52	3,01±0,3×××	5,45±0,69+++
ПАР, усл. ед.	10,60±0,86	13,27±0,78 **	11,80±0,93	11,59±0,60	15,14±0,68 ***	12,95±0,55 *, ###	12,45±0,69	14,61±0,61 **	11,82±0,67 ###
ИБ, усл. ед.	153,03±15,57	109,60±9,71 xx	139,47±15,09 +	143,04±14,93	96,96±9,98 xxx	113,32±8,21 +++; x	136,92±12,14	103,44±9,47 xxx	152,87±13,54 +++
DX, мс	359,33±32,44	372,90±21,39	370,67±52,68	413,43±29,26	452,03±26,2×	417,57±22,8	419,08±25,8	369,87±15,44	394,74±30,83
SDNN, мс	42,70±2,31	50,53±2,36 **	49,83±4,09 *	48,45±2,08	60,34±2,70 ***	52,35 ± 2,08 * , ###	51,68±2,37	56,19±2,25	48,87±2,28 ##
RMSSD, мс	38,03±2,67	42,57±2,92	40,93±3,94	43,66±2,59	57,37±3,8×××	46,79±2,5++	45,00±2,35	49,18±2,56	41,97±2,69 #
pNN50, %	11,80±2,22	14,93±2,61	13,27±2,26	14,74±1,98	23,24±2,3×××	17,34±1,8++	15,72±1,72	21,36±1,93 **	13,49±1,5###
TP, мс <sup>2</sup>	6178,57± 767,94	7585,10± 830,61	8492,26± 2336,63	7809,12± 563,83	11211,45± 946,08 ×××	8186,42± 642,88 ++	8241,80± 888,79	9112,21± 761,23 ×	8574,82± 960,09
VLF, мс <sup>2</sup>	2610,63± 423,38	2954,67± 505,55	2825,0± 1121,62	3020,47± 236,06	4483,38± 498,09 ××	2813,16± 275,98 ++	3166,46± 516,65	3486,28± 424,44 ×	3232,05± 401,15
LF, мс <sup>2</sup>	2095,70± 250,64	2946,20± 338,72 ×	3508,30± 969,31	2840,32± 243,43	3651,42± 287,12 ×××	3415,78± 350,51 ##	3247,21± 356,50	3347,16 ± 326,60	3416,76± 476,58
HF, мс <sup>2</sup>	1558,80± 250,28	1804,03± 282,39	2187,93± 664,22	1795,76± 210,01	3193,57± 401,31×××	2149,42± 247,0 ++; x	1896,37± 212,83	2415,66± 243,58 ××	1974,25± 275,97 +

Примечание: \* (p<0,05), \*\* (p<0,01), \*\*\* (p<0,001) – Paired t-test, × (p<0,05), ×× (p<0,01), ××× (p<0,001) – Wilcoxon Signed Rank Test – статистически значимые отличия от утренних значений; # (p<0,05), ## (p<0,01), ### (p<0,001) – Paired t-test; + (p<0,05), ++ (p<0,01), +++ (p<0,001) – Wilcoxon Signed Rank Test – от дневных значений.

Межгрупповые различия в величинах показателей ВСП на фоне покоя в течение дня доминировали в парах «жаворонки» – «голуби» (по RR, Mo, A<sub>mo</sub>, ЧСС, СИМ, ИБ, DX, SDNN, RMSSD, pNN50, TP, VLF, HF) преимущественно днем, второе место занимали пары «жаворонки» – «совы» (по RR, Mo, A<sub>mo</sub>, ЧСС, СИМ, SDNN) также главным образом днем, третье – пары «голуби» – «совы» (по Mo, ЧСС, DX) вечером.

#### **4. Изменение параметров variability сердечного ритма у студентов с разными хронотипами при ментальной нагрузке в различные периоды дня**

В условиях ментальной деятельности у студентов также проявилась связь между изменениями параметров ВСП и хронотипами.

У «жаворонков» при работе во все периоды дня менялись только ЧСС ( $p < 0,05$ ), RR-интервалы ( $p < 0,05$ ), а также Mo (рисунок 2 А и Б). СИМ и ИБ снижались при работе утром и вечером, а значение ПАР возрастало при работе утром. Активация парасимпатических влияний в это время подтверждается ростом SDNN на 10,7 % ( $p < 0,05$ ) относительно покоя. Среди спектральных показателей у «жаворонков» на нагрузку реагировал LF компонент, возросший при работе утром на 52,3 % ( $p < 0,001$ ) по сравнению с покоем (рисунок 2 А). Из полученных данных следует, что у «жаворонков» более выраженные изменения ВСП, отражающие сдвиги нейровегетативной регуляции в организме, отмечаются при нагрузке утром, а менее – днем и вечером.

У «сов» при ментальной деятельности в разные периоды дня наблюдалась несколько иная картина ВСП. Так, обусловленные нагрузкой снижение ЧСС и увеличение RR-интервалов ( $p < 0,05$ ) отмечались у них только в утренние и вечерние часы, о чем можно судить по приросту Mo (рисунок 2 А и Б). Индексы СИМ, ПАР и ИБ у «сов» менялись в том же направлении, что и у «жаворонков», однако в другое время. Например, значения СИМ и ПАР изменялись при работе не только утром, но и вечером, а ИБ – во все периоды дня (рисунок 2 А). Кроме того, нагрузка увеличивала у них SDNN в утренние (6,2 %;  $p < 0,05$ ), дневные (6,1 %;  $p < 0,05$ ) и вечерние (8,8 %;  $p < 0,01$ ) часы, а также DX и RMSSD (14,1 % и 5,6 %;  $p < 0,05$ ) в дневные часы. Что касается спектральных параметров ВСП, то у «сов» происходил рост HF при умственной работе утром, TP и LF – днем, LF/HF – вечером (рисунок 2 А). Существенный вечерний прирост LF/HF можно рассматривать как адекватную приспособительную реакцию сердца [Бабунц и др., 2011], что согласуется с литературными данными об увеличении LF/HF как показателя умственного на-

пряжения, вызванного счетом в уме [Димитриев, Саперова, 2015; Visnovcova et al., 2014].

У «голубей» в условиях умственной деятельности количество менявшихся показателей ВСР, а также их абсолютные величины были больше, чем у других хронотипов, при этом изменения отдельных параметров ВСР частично совпадали с таковым у «жаворонков» или «сов». У «голубей», как и у «жаворонков», отмечалось снижение ЧСС ( $p < 0,05$ ) и увеличение  $M_0$  при работе в течение всего дня (рисунок 2 А и Б), а рост RR-интервалов, как и у «сов», наблюдался при работе утром и вечером ( $p < 0,001$ ). Также, выполнение

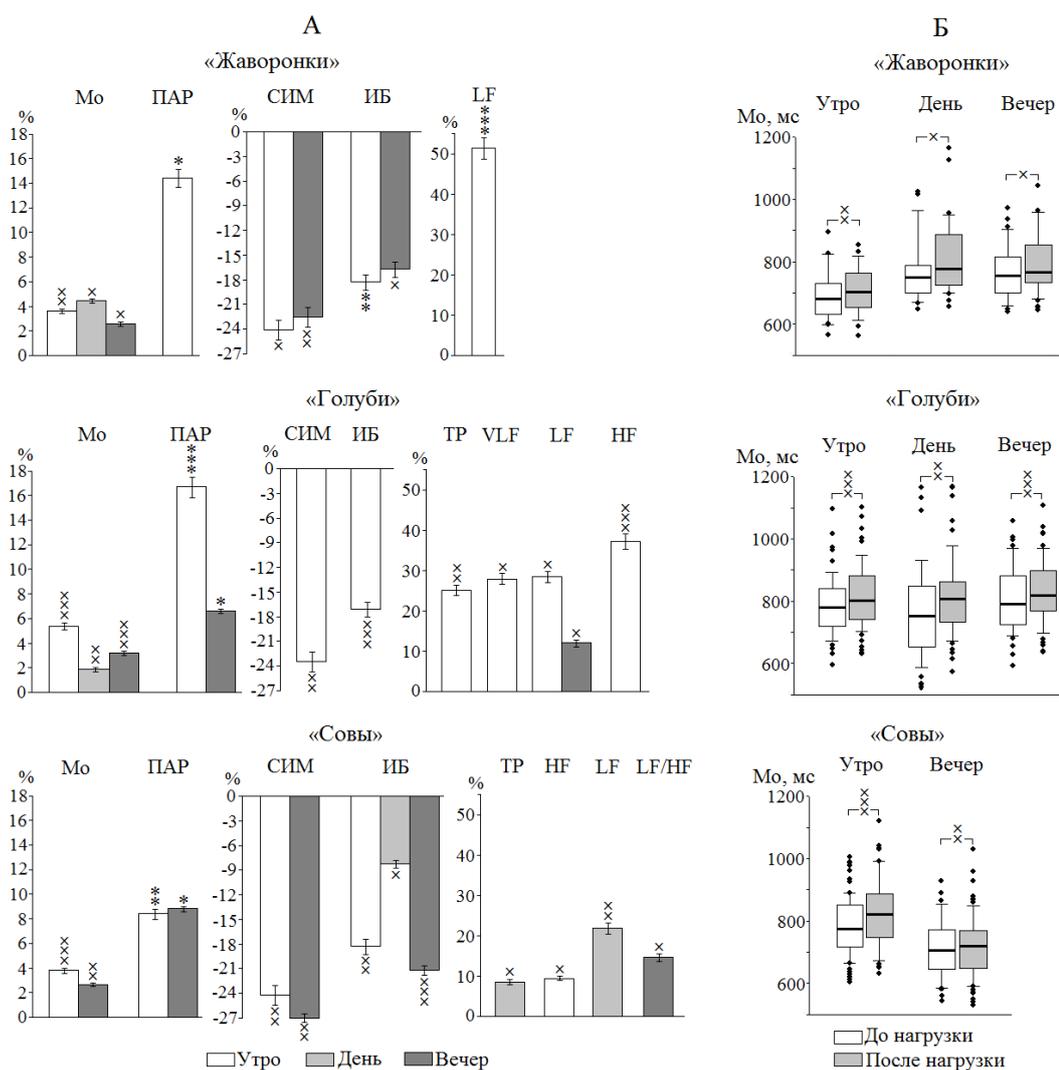


Рисунок 2. Изменение отдельных параметров ВСР после ментальной нагрузки у студентов «жаворонков», «голубей» и «сов». А – отклонения средних величин (% от исходного уровня); Б – отклонения медиан  $M_0$  (мс). \* ( $p < 0,05$ ), \*\* ( $p < 0,01$ ), \*\*\* ( $p < 0,001$ ) – Paired t-test; × ( $p < 0,05$ ), ×× ( $p < 0,01$ ), ××× ( $p < 0,001$ ) – Wilcoxon Signed Rank Test – статистически значимые различия с покоем.

тестовых заданий вызывало у них рост ПАР (16,7 %;  $p < 0,001$ ), RMSSD (8,3 %;  $p < 0,05$ ), pNN50 (10,9 %;  $p < 0,05$ ) утром, SDNN утром (13,0 %;  $p < 0,001$ ) и вечером (4,4 %;  $p < 0,05$ ), что в целом говорит о значительном вкладе вагусных влияний в регуляцию сердца при ментальной нагрузке у «голубей». Частотный спектр кардиоритма у «голубей» в условиях умственной нагрузки менялся во всех диапазонах в утреннее время и в LF диапазоне в вечернее время (рисунок 2 А). Свойственное «голубям» увеличение при утренней нагрузке общей спектральной мощности TP за счет роста всех ее компонентов свидетельствует об изменениях активности не только автономного и центрального контуров управления синусным ритмом, но и гуморальных механизмов его контроля [Хаспекова, 2003], как основы оптимизации деятельности сердца [Баевский и др., 2001], при работе в раннее время. Изменения спектра ВСП в совокупности со сдвигами других параметров указывают на преимущественные адаптационные сдвиги в деятельности сердца у «голубей» при работе в утренние часы, которые для них, как и «сов», вероятно, являются менее благоприятными.

Статистически значимые межгрупповые различия между величинами параметров ВСП при нагрузке наблюдались в парах «жаворонки» – «голуби» (по RR, Mo, ЧСС, pNN50, VLF во все периоды дня; по DX, TP, HF днем), «голуби» – «совы» (по RR, Mo, ЧСС вечером) и «жаворонки» – «совы» (по Mo, ЧСС утром и днем; по RR, DX утром).

Итак, в ходе ментальной деятельности более высокую лабильность механизмов регуляции кардиоритма демонстрируют «голуби». Значительная изменчивость параметров ВСП у «голубей» позволяет говорить, что студенты с дневным хронотипом обладают более широкими возможностями адаптации к разным временным режимам умственной деятельности и нерегулярным информационным нагрузкам в течение учебного дня, чем представители других хронотипов. В указанных условиях парасимпатический отдел вегетативной нервной системы в большей степени, чем симпатический, участвует в регуляции кардиоритма, что характерно для студентов «сов» и, особенно, «голубей». Высокий вклад вагусных влияний в регуляцию сердца у студентов, отмечаемый и другими авторами [Говорухина с соавт., 2017], отражает определенные адаптационные преимущества. Также установлено, что работа утром вызывает заметные перестройки регуляторных механизмов у представителей не только вечернего и дневного, но и утреннего хронотипов. Это согласуется с данными о повышенном риске развития неврозов, сонливости, снижения общей активности в течение дня и неудовлетворенности учебной при



лубей» формировали РОвыд и ЧД. Что касается параметров ВСР, то среди них по количеству связей с дыханием доминировали RMSSD и DX.

У «сов» на фоне покоя в корреляционных взаимоотношениях параметров дыхания и ВСР наблюдалась картина, в определенной степени сходная с таковой у «голубей». А именно, наибольшее число взаимосвязей отмечалось утром, при этом основными связеобразующими параметрами были РОвыд и DX (рисунок 3 В).

### 6. Корреляционные связи между параметрами паттерна внешнего дыхания и variability сердечного ритма у студентов с разными хронотипами в условиях ментальной нагрузки

При ментальной деятельности в корреляционных взаимоотношениях между показателями дыхания и ВСР произошли значительные изменения, наиболее заметные у утреннего типа. Так, у «жаворонков» выполняемая нагрузка способствовала снижению общего количества корреляционных взаимосвязей в течение дня, выравниванию численности положительных и отрицательных связей (13 и 12 связей соответственно) и смещению максимума корреляций с дневного времени на вечернее время (рисунок 4 А). Среди связеобразующих параметров при нагрузке, в отличие от покоя, доминировали временные показатели дыхания, например, наибольшее количество связей при работе вечером формировалось у Тц с диагностическими и спектральными параметрами ВСР. При нагрузке днем у «жаворонков» было выявлено всего 5 корреляционных связей, среди которых преобладали отрицательные взаимосвязи временных параметров дыхания со спектральными параметрами ВСР. При работе утром у «жаворонков» доминировали положительные связи, особенно Тц с VLF ( $r = 0,31$ ;  $p < 0,05$ ) и Тц с TP ( $r = 0,37$ ;  $p < 0,05$ ).

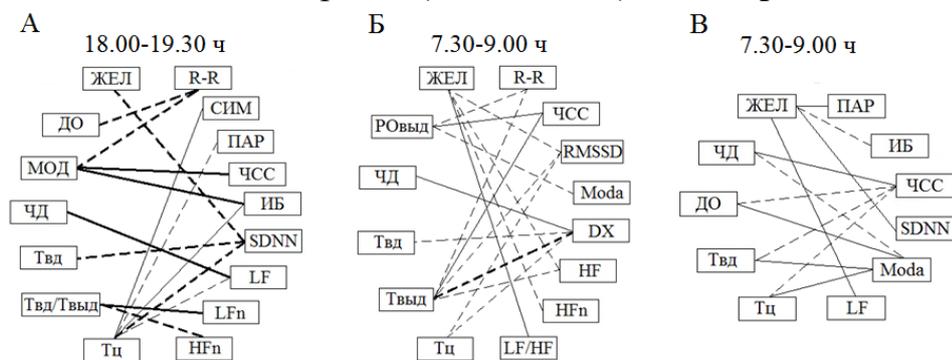


Рисунок 4. Корреляционные связи (в часы их наибольшего проявления) между параметрами паттерна дыхания и ВСР у студентов «жаворонков» (А), «голубей» (Б) и «сов» (В) при ментальной нагрузке. Обозначения как на рисунке 3.

У «голубей», в отличие от «жаворонков», при выполнении тестовых заданий наибольшее количество межсистемных корреляций, как и в состоянии покоя, отмечалось утром (рисунок 4 Б). Среди выявленных в условиях ментальной деятельности корреляций наблюдалась только одна связь средней силы, а именно, между Твд и DX ( $r = -0,36$ ;  $p < 0,01$ ) при работе утром. Многочисленные слабые взаимосвязи в это время были зарегистрированы для ЖЕЛ и Твд со многими параметрами ВСП. Среди параметров ВСП ведущим системообразующим фактором оказался DX. Днем у «голубей» в условиях умственной нагрузки статистически значимые связи были зафиксированы лишь между РОВд и VLF ( $r = 0,34$ ;  $p < 0,05$ ) и РОВд и TP ( $r = 0,34$ ;  $p < 0,05$ ). Вечером у «голубей» системообразующую роль в ходе выполнения тестовых заданий играли объемные параметры дыхания, в том числе ЖЕЛ и Ровд, для которых выявлены связи со спектральными показателями ВСП (VLF, LFn, HFn и LF/HF).

У «сов» в условиях ментальной деятельности, как и у «голубей», сохранилась приуроченность наибольшего количества корреляционных связей к утреннему времени, при этом среди параметров дыхания главным системообразующим фактором была ЖЕЛ (рисунок 4 В), а среди параметров ВСП в качестве связеобразующих выделялись два показателя – ЧСС и Мо, у которых выявлены взаимодействия с ЧД, ДО, Твд, Тц. Днем при нагрузке наблюдались корреляции только между МОД и LFn ( $r = 0,33$ ;  $p < 0,05$ ), а также МОД и LF/HF ( $r = 0,34$ ;  $p < 0,05$ ) в виде слабых положительных связей. Вечером при выполнении тестовых заданий проявились связи Евд с LFn ( $r = -0,32$ ;  $p < 0,05$ ) и с HFn ( $r = 0,30$ ;  $p < 0,05$ ).

С учетом особенностей корреляционных связей между параметрами паттерна дыхания и ВСП в покое и при нагрузке, установленных у лиц с разными хронотипами, и литературных данных [Тананакина, 2009] следует считать, что синхронизация деятельности дыхательной системы и сердца контролируется эндогенными влияниями. Среди последних важную роль играют циркадианные ритмы, источником которых является супрахиазматическое ядро [Арушанян, 2011; Stephenson, 2007; Inyushkin et al., 2009], а также центральные механизмы, регулирующие активность корковых зон в покое и при ментальной нагрузке [Киколов, 1978; Деваев, 2010; Masaoka et al., 2014] и формирующие индивидуальные характеристики паттерна дыхания и кардиоритма у человека в течение дня. Характер корреляционных связей при ментальной деятельности в вечерние часы у «жаворонков» и в утренние у «голубей» и «сов» отражает выраженную реакцию кардиореспираторной системы

у первых при работе вечером, а у вторых и третьих – утром, что может быть следствием социального джетлага.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о различной динамике параметров паттерна дыхания и кардиоритма в покое и при ментальной нагрузке у студентов «жаворонков», «голубей» и «сов». Допустимо полагать, что представителям дневного хронотипа свойственна более оптимальная синхронизация деятельности кардиореспираторной системы с внешними ритмами и, в силу этого, более адекватная реакция на фактор времени и меньшая вероятность вегетативных дисфункций. Широкая вариативность параметров дыхания и ВСП у «голубей», по сравнению с представителями крайних хронотипов, отражает преимущества аритмиков в плане адаптации к различным режимам деятельности и нерегулярным информационным нагрузкам в течение дня. Второе место по степени адекватности приспособительных реакций в указанных условиях деятельности занимают «совы», а третье – «жаворонки».

## **ВЫВОДЫ**

1. Динамика параметров паттерна внешнего дыхания и ВСП в состоянии спокойного бодрствования и при ментальной деятельности в течение учебного дня у студентов характеризуется хронотипической зависимостью. Более выраженные изменения объемных и частотных параметров дыхания, а также статистических, диагностических и спектральных параметров ВСП характерны для студентов «голубей», средние для «сов», а менее значимые для «жаворонков».

2. Существенные различия в величинах большинства показателей дыхания в спокойном состоянии в разные периоды учебного дня выявлены между «голубями» и «совами», а по отдельным параметрам – между «голубями» и «жаворонками». Межгрупповые различия параметров ВСП на фоне покоя в течение дня наблюдаются между представителями всех хронотипов, пары которых в порядке убывания различий располагаются в последовательности: «жаворонки» – «голуби», «жаворонки» – «совы», «голуби» – «совы».

3. Респираторные реакции на дозированную ментальную нагрузку у студентов имели тормозной характер, что интегрально проявлялось уменьшением легочной вентиляции. По количеству и выраженности реакций дыхания на первом месте располагались «голуби», в основном при нагрузке днем, на втором – «совы» при нагрузке вечером, на третьем – «жаворонки»

при нагрузке утром и вечером. Значимые различия в абсолютных величинах объемных и временных параметров дыхания при нагрузке выявлены между «голубями» и «совами» во все периоды дня (утром, днем, вечером).

4. Более высокая изменчивость параметров ВСП при умственной деятельности свойственна «голубям», у которых, кроме того, многие параметры ВСП при нагрузке имели значения, превышающие таковые у «жаворонков» и «сов». Существенные межгрупповые различия абсолютных величин параметров ВСП при нагрузке характерны для пар «жаворонки» – «голуби», преимущественно днем, «голуби» – «совы» вечером, «жаворонки» – «совы» утром и днем.

5. Характер изменений параметров ВСП при дозированной ментальной нагрузке свидетельствует о том, что в указанных условиях деятельности регуляция кардиоритма у студентов осуществляется за счет усиления парасимпатических влияний, особенно заметного у «голубей» и «сов», и ослабления симпатических влияний у всех хронотипов.

6. Между параметрами паттерна внешнего дыхания и ВСП у студентов преобладают отрицательные корреляционные связи, которые по количеству и силе в покое и при информационной нагрузке в разные периоды дня доминируют у «жаворонков», несколько слабее выражены у «голубей» и в наименьшей степени у «сов». Преобладание корреляционных связей между дыханием и ВСП у «жаворонков» свидетельствует о более жесткой синхронизации функций дыхательной системы и сердца с активностью центральных задателей биоритмов у представителей данного хронотипа.

7. Студенты «жаворонки», «голуби» и «совы» обладают неодинаковыми возможностями адаптации к различным временным режимам умственного труда. Более оптимальный характер приспособительных реакций внешнего дыхания и сердца при дозированной ментальной нагрузке присущ студентам с дневным хронотипом, а менее – с вечерним и, особенно, утренним хронотипами.

### **Список публикаций по теме диссертации**

#### ***Публикации в журналах, рекомендованных ВАК России***

1. Павленко, С. И. Параметры внешнего дыхания у студентов с разными биоритмологическими типами / С. И. Павленко, О. А. Ведясова // Вестник Самарского государственного университета. 2014. – № 3(114). – С. 187–196.
2. Ведясова, О. А. Изменения паттерна дыхания при умственной нагрузке у студентов с разными окоლოსуточными биоритмами / О. А. Ведясова, С. И. Павленко // Вестник

- Сургутского государственного педагогического университета. – 2014. – № 6(33). – С. 152–159.
3. Ведясова, О. А. Влияние информационной нагрузки на динамику спектральных параметров variability сердечного ритма у студентов с разными хронотипами / О. А. Ведясова, С. И. Павленко, И. Г. Кретьева, М. В. Комарова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2016. – Т. 102. – № 8. – С. 990–1001.
  4. Ведясова, О. А. Влияние ментального стресса на параметры паттерна дыхания у студентов с разной циркадианной типологией / О. А. Ведясова, С. И. Павленко, И. Г. Кретьева // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2016. – № 4. – С. 78–85.
  5. Павленко, С. И. Особенности паттерна внешнего дыхания при ментальной деятельности у студентов с разными типами циркадианных ритмов / С. И. Павленко, О. А. Ведясова // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2016. – № 4 (Приложение). – С. 52–53.

### *Публикации в других изданиях*

6. Павленко, С. И. Биоритмологические особенности внешнего дыхания у студентов / Павленко С. И. // III Межвузовская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых медицинского института РЕАВИЗ: тезисы докладов. Самара: РЕАВИЗ. – 2013. – С. 66.
7. Павленко, С. И. Сравнительный анализ реакций параметров дыхания на умственную нагрузку у студентов с разными хронотипами / С. И. Павленко, О. А. Ведясова // Здоровый образ жизни и охрана здоровья: сборник научных статей I Всероссийской научно-практической конференции. – Сургут: РИО СурГПУ. – 2014. – С. 97–99.
8. Павленко, С. И. Влияние умственной нагрузки на внешнее дыхание у студентов с разными циркадианными биоритмами / С. И. Павленко // Сборник научных работ IV межвузовской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием. – Самара: Медицинский институт «РЕАВИЗ». – 2014. – С. 81–82.
9. Павленко, С. И. Особенности внешнего дыхания у студентов с разными циркадианными биоритмами при умственной нагрузке / С. И. Павленко // Материалы Междунар. молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2014» [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс. – 2014. – С. 35–36.
10. Павленко, С. И. Изменения параметров паттерна дыхания у студентов с разными околосуточными биоритмами при умственной нагрузке / С. И. Павленко // Тезисы: XVII Всероссийской медико-биологической конференции молодых исследователей (с международным участием). – СПб.: Изд-во СПбГУ. – 2014. – С. 339–340.
11. Павленко, С. И. Биоритмологическая зависимость variability сердечного ритма у студентов при выполнении дозированной информационной нагрузки / С. И. Павленко // Фундаментальная наука и клиническая медицина – Человек и его здоровье: тезисы XVIII Международной медико-биологической конференции молодых исследователей, посвященной двадцатилетию медицинского факультета СПбГУ. – СПб.: Изд-во СПбГУ. – 2015. – С. 400–401.
12. Павленко, С. И. Динамика variability кардиоритма в течение учебного дня у студентов с разными типами биоритмов / С. И. Павленко // ЛОМОНОСОВ-2015: XXII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция «Биология»: тезисы докладов. – М.: МАКС Пресс. – 2015. – С. 387.
13. Павленко, С. И. Анализ спектральных показателей variability сердечного ритма у студентов с разными хронотипами при выполнении тестов на внимание / С. И.

- Павленко, О. А. Ведясова // Современные проблемы физиологии высшей нервной деятельности, сенсорных и висцеральных систем: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посв. 90-летию со дня основания Института физиологии им. И. П. Павлова РАН. – СПб.: Ин-т физиологии им. И. П. Павлова РАН. – 2015. – С. 154–155.
14. Павленко, С. И. Влияние умственной нагрузки на вариабельность сердечного ритма у студентов с разными хронотипами / С. И. Павленко // Тезисы VI Международного молодежного медицинского конгресса «Санкт-Петербургские научные чтения – 2015». – СПб: Из-во ПСПбГМУ. – 2015. – С. 444.
  15. Павленко, С. И. Изменения параметров вариабельности сердечного ритма у студентов с разными типами биоритмов под влиянием информационной нагрузки / С. И. Павленко // ЛОМОНОСОВ-2016: XXIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция «Биология»: тезисы докладов. – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2016. – С. 395.
  16. Павленко, С. И. Хронотипические особенности изменений параметров вариабельности сердечного ритма у студентов в условиях умственной деятельности / С. И. Павленко // Биосистемы: организация, поведение, управление: тезисы докладов 70-й Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых ученых. – Н. Новгород: Университет Лобачевского. – 2017. – С. 131.
  17. Павленко, С. И. Сравнительный анализ реакций дыхания и изменений вариабельности сердечного ритма при ментальной нагрузке у студентов с разными хронотипами / С. И. Павленко, О. А. Ведясова // Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова. Воронеж: Издательство «ИСТОКИ». – 2017. – С. 1360–1362.

### Список сокращений

<b>BCP</b> – вариабельность сердечного ритма	<b>LF</b> – спектральная мощность колебаний ритма сердца в диапазоне низких частот
<b>ДО</b> – дыхательный объем	<b>LF/HF</b> – индекс вагосимпатического взаимодействия
<b>Евд</b> – ёмкость вдоха	<b>LFn</b> – нормализованная спектральная мощность низких частот
<b>ЖЕЛ</b> – жизненная ёмкость легких	<b>Mo</b> – мода распределения длительностей NN-интервалов
<b>ИБ</b> – индекс Баевского	<b>NN-, или RR</b> – средняя длительность кардиоинтервалов
<b>МОД</b> – минутный объем дыхания	<b>pNN50</b> – отношение NN50 к общему числу NN-интервалов в анализируемой выборке
<b>ПАР</b> – индекс активности парасимпатического отдела	<b>RMSSD</b> – квадратный корень из среднего значения квадратов разностей длительностей последовательных NN-интервалов в анализируемой выборке
<b>Ровд</b> – резервный объем вдоха	<b>SDNN</b> – стандартное отклонение длительностей всех NN интервалов в анализируемой выборке
<b>Ровыд</b> – резервный объем выдоха	<b>TP</b> – общая спектральная мощность колебаний ритма сердца
<b>СИМ</b> – индекс активности симпатического отдела	<b>VLF</b> – спектральная мощность колебаний ритма сердца в диапазоне очень низких частот
<b>Твд</b> – время вдоха	
<b>Твд/Твыд</b> – дыхательный коэффициент	
<b>Твыд</b> – время выдоха	
<b>Тц</b> – длительность дыхательного цикла	
<b>ЧД</b> – частота дыхания	
<b>ЧСС</b> – частота сердечных сокращений	
<b>АМо</b> – амплитуда моды	
<b>DX</b> – вариационный размах	
<b>HF</b> – спектральная мощность колебаний ритма сердца в диапазоне высоких частот	
<b>HFn</b> – нормализованная спектральная мощность высоких частот	