

**МОНИТОРИНГ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ**

*Статья посвящена изучению variability сердечного ритма на протяжении 30 минут восстановительного периода после субмаксимальной физической нагрузки у испытуемых нормотоников под влиянием управляемого дыхания (УД) с индивидуально подобранной частотой (ИПЧ). Показано, что десятидневное УДИПЧ приводит к увеличению адаптивных возможностей организма, оптимизации регуляторных механизмов, снижению энергетических затрат и повышению скорости восстановительных процессов у испытуемых в ответ на субмаксимальную нагрузку.*

**Ключевые слова:** управляемое дыхание, variability сердечного ритма, восстановительный период, велоэргометрическая проба.

**Введение.** В настоящее время среди многочисленных диагностических методов исследования большое значение придается функциональным пробам с дозированной физической нагрузкой, поскольку во время их проведения происходит активация всех звеньев кардиореспираторной системы (КРС) [1]. Кроме того, длительность периода восстановления физиологических функций организма испытуемых после физической нагрузки является критерием качества регуляторных механизмов, протекающих в КРС и существенно определяет общее функциональное состояние организма.

Ранее [2, 3] была показана высокая эффективность модулирования параметров КРС, и, в частности, variability сердечного ритма (ВСР) у испытуемых с разным тонусом вегетативной нервной системы (ВНС) с помощью управляемого дыхания (УД) с индивидуально подобранной частотой (ИПЧ), которая соответствует частоте локализации максимального пика мощности СР в низкочастотном (LF) диапазоне спектра. Однако эти данные могут быть существенно дополнены анализом изменения показателей ВСР в восстановительном периоде после физической нагрузки, в качестве которой можно использовать велоэргометрическое (ВЭМ) тестирование.

В связи с этим, **целью настоящей работы** явилась оценка изменения показателей ВСР в течение 30-минут восстановительного периода после субмаксимальной физической нагрузки у испытуемых под воздействием УДИПЧ.

**Материал и методы.** В исследовании принимали участие 24 студента-волонтера женского пола в возрасте 18-23 лет, условно здоровых, без признаков сердечно-сосудистой и дыхательной патологии. Фаза менструального цикла не учитывалась. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании.

В эксперимент были отобраны волонтеры только со значениями Si от 50 до 200 усл. ед. (33% от общего числа испытуемых; n = 8). Такой отбор связан с тем, что, во-первых, позволил сформировать однородную группу испытуемых, а, во-вторых, поскольку испытуемые с таким Si преобладают среди обследованных студентов [2, 3], то, можно предположить, что у них развивается наиболее типичная реакция на УД.

В первый день эксперимента регистрацию показателей ВСР с помощью программно-аппаратного комплекса "Омега-М" проводили на фоне спонтанного дыхания – контрольная запись. Затем проводили ВЭМ-пробу и повторную регистрацию показателей ВСР в течение 30-ти минут восстановительного периода. В последующие 10 дней эксперимента с испытуемыми проводили сеансы УД, индивидуально подобранная частота (ИПЧ) которого соответствовала частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном (LF) диапазоне СР [5, 6].

В 10 день исследования повторно проводили ВЭМ-пробу и 30-минутную регистрацию показателей ВСР.

Во время сеанса УДИПЧ каждый испытуемый дышал под индивидуальный ритм, задаваемый "дыхательным шаром", параметры которого рассчитывались по ритмограмме, записанной непосредственно перед сеансом дыхания на АПК "Омега" [5-7]. Продолжительность сеанса УДИПЧ составляла около 5-ти минут. Повторную запись ритмограммы проводили не ранее, чем через 5 минут после окончания сеанса УДИПЧ.

ВЭМ пробу у испытуемых проводили с помощью велоэргометра "KETTLE-Х1" (производство "GmbH&Co. postfach", Германия) в положении сидя с частотой вращения педалей 40-60 оборотов в минуту по методике ступенчато-возрастающей нагрузки (всего 3 ступени). Динамическая нагрузка продолжалась до достижения испытуемым 75 % частоты сердечных сокращений (ЧСС) от максимального возрастного уровня, предложенного К. Andersen и соавт. [8] и рекомендованного к применению Комитетом экспертов ВОЗ. Продолжительность каждой ступени нагрузки составляла 3 мин, начальный уровень нагрузки (I-я ступень) – 75 Вт, II-я – 100 Вт и III-я – 125 Вт. [9].

Для реализации поставленной цели были использованы основные методы ВСР: статистический (RMSSD, СКО, рNN50), геометрические (АМо, Мо, Dх), спектральный (HF, LF, VLF, Total) и метод вариационной пульсометрии по Баевскому (Si), которые подробно описаны в литературе [4, 10] и наших предыдущих исследованиях [2, 3].

Критерием эффективности используемого метода УДИПЧ являлось изменение показателей ВСР относительно фоновой записи до нагрузочного тестирования и УДИПЧ и контрольной записи ВСР, полученной в 10-й день исследования до нагрузочного тестирования. Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ "Омега-М" и "Статистика 6.0". Достоверность различий полученных данных определяли с помощью критерия Вилкоксона.

**Результаты и их обсуждение.** Сравнительный анализ результатов исследований в 1-е (фон) и 11-е (после 10-ти дневного курса УДИПЧ) сутки показал, отличия в функциональном состоянии испытуемых, выраженном в достоверном повышении производных показателей ВСП волонтеров после курса УДИПЧ. Эти изменения подробно описаны в наших предыдущих исследованиях [6] и связаны с тем, что 10-тидневный курс УДИПЧ приводит к оптимизации регуляции управляющих функций СР на разных уровнях регуляции. Однако реакции на физическую нагрузку у испытуемых в разные сутки исследования так же имели ряд характерных особенностей и существенных отличий.

Так, анализ результатов в группе волонтеров показал снижение в первые минуты после проведения ВЭМ-пробы всех показателей ВСП в среднем на 60% относительно фоновых значений как в контрольной записи, так и в 11-е сутки исследования после УДИПЧ (рис 1-4). Однако в ходе исследования было зарегистрировано увеличение толерантности физиологических функций к физической нагрузке у испытуемых под воздействием 10-тидневного курса УДИПЧ, выраженное в увеличении эффективности восстановления показателе ВСП после ВЭМ-тестирования.

Так, статистическими методами анализа у испытуемых после 10-тидневного курса УДИПЧ к 30-й минуте восстановительного периода зарегистрировано увеличение показателей RMSSD, СКО и рNN50 на 36%, 25% и 117% ( $p < 0,05$ ) относительно значений этих показателей в 1-й день исследования (рис. 1).

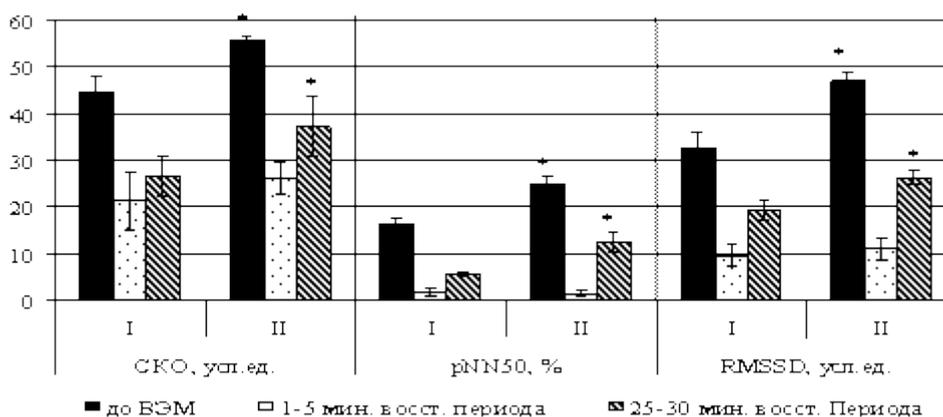


Рис. 1. Изменение показателей статистического анализа сердечного ритма на протяжении 30-ти минут после ВЭМ-пробы у испытуемых в 1-е (до УДИПЧ; I) и 11-е сутки исследования (после курса УДИПЧ; II).

**Примечание:** \* – достоверность различий ( $p < 0,05$ ) по критерию Вилкоксона, относительно значений полученных при ВЭМ-тестировании в 1-й (фоновый) день исследования.

Известно, что рост показателей RMSSD, СКО и рNN50 связан с усилением активности автономного контура, в частности парасимпатического звена регуляции СР, а, следовательно, с оптимизацией физиологических функций испытуемых. Таким образом, значительное увеличение значений этих показателей в восстановительном периоде после ВЭМ-тестирования у испытуемых под воздействием УДИПЧ свидетельствует об увеличении толерантности КРС этих испытуемых к физической нагрузке.

Полученные данные подтверждаются и данными геометрического анализа. Так после курса УДИПЧ к 30-й минуте восстановительного периода у испытуемых зарегистрировано снижение показателя АМо на 20% ( $p < 0,05$ ) и увеличение значений показателей Мо и Dх на 7 и 48% ( $p < 0,05$ ) соответственно по сравнению с данными, полученными в фоновый день исследования (рис. 2).

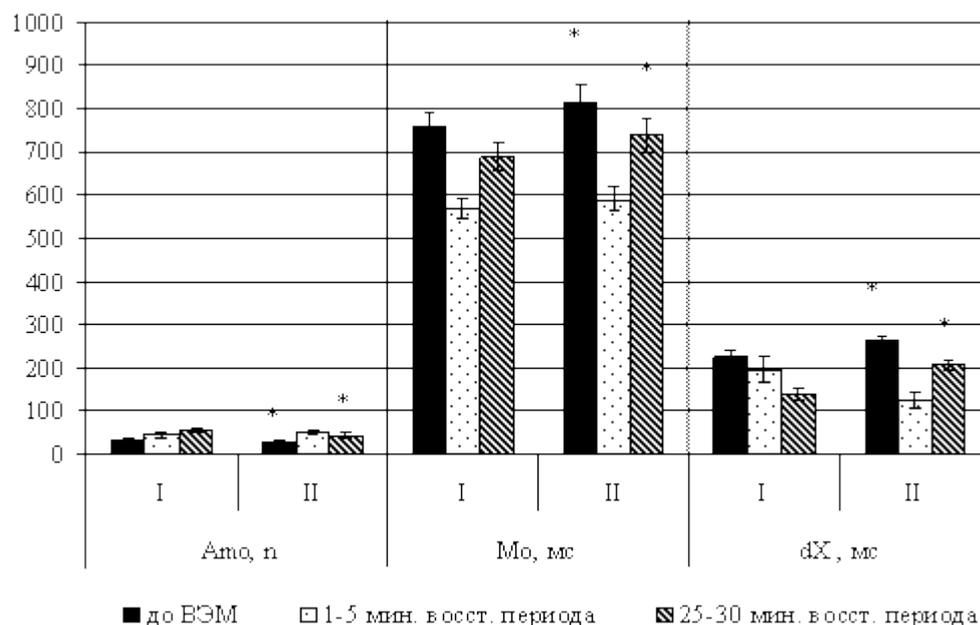


Рис. 2. Изменение показателей геометрического анализа сердечного ритма на протяжении 30-ти минут после ВЭМ-пробы у испытуемых в 1-е (до УДИПЧ; I) и 11-е сутки исследования (после курса УДИПЧ; II).

Примечание: Обозначения те же, что и на рис. 1.

Известно [10], что расширение основания и уплощение купола гистограммы R-R характеризуется уменьшением значений показателя Amo и увеличением значений Dx и Mo и может свидетельствовать о активизации парасимпатического и уменьшении влияния симпатического отдела ВНС на СР и об усилении активности автономного контура регуляции КРС, что и было зарегистрировано в нашем исследовании у испытуемых на 11-е сутки исследования под воздействием УДИПЧ.

Кроме того, при анализе Si после 10-тидневного курса УДИПЧ было зарегистрировано снижение значений этого показателя в восстановительном периоде после ВЭМ-тестирования в среднем на 50% относительно его значений в 1-е (фоновые) сутки исследования (рис. 3).

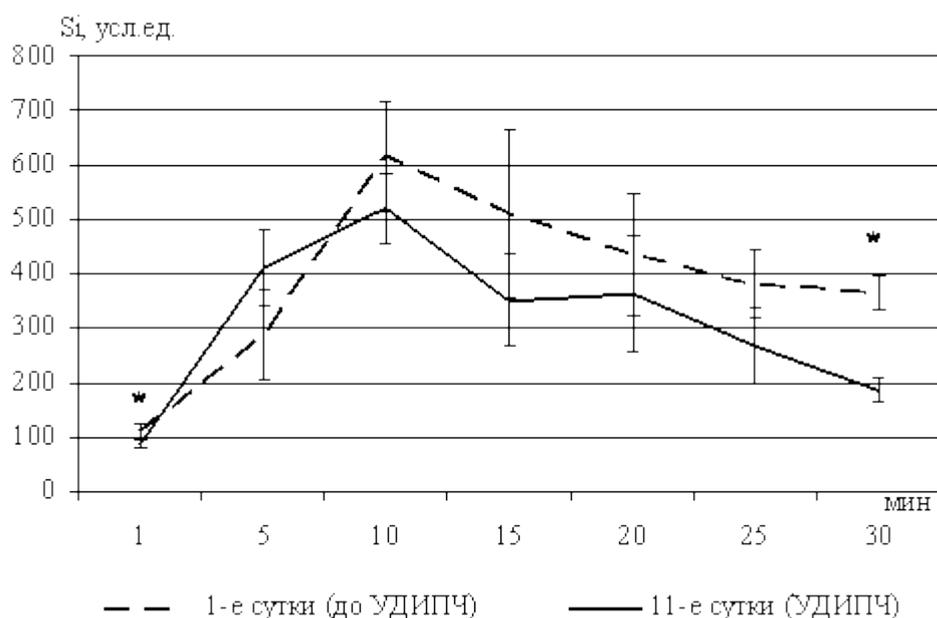


Рис. 3. Изменение показателя Si на протяжении 30-ти минут восстановительного периода после ВЭМ-тестирования у волонтеров в разные сроки исследования.

Примечание: Обозначения те же, что и на рис. 1.

Известно, что Si отражает уровень напряженности регуляторных систем [4]. Таким образом, полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что курсовое УДИПЧ приводит к снижению напряженности регуляторных систем испытуемых и увеличивает эффективность процессов восстановления физиологических функций испытуемых после проведения ВЭМ.

Спектральными методами анализа у испытуемых к 30-той минуте восстановительного периода после курса УДИПЧ зарегистрировано значительное увеличение показателей мощности волн во всех диапазонах спектра СР. Так, показатель HF увеличился на 83%, LF – на 172%, а TP – на 89% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с данными, полученными в фоновый день исследования (рис. 4). Следует отметить, что в большей мере происходил рост мощности LF-компоненты спектра. Изменения VLF-компоненты спектра были не достоверны.

Известно, что HF-компонента спектра СР (0,15 - 0,4 Гц) связана с дыханием и отражает вагусный контроль СР, тогда как LF составляющая характеризует состояние симпатического отдела ВНС, и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса (активность вазомоторного центра). Показатель TP, в свою очередь, отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР [10]. Следовательно, полученные нами данные об увеличении мощности как LF и HF-компонент, так и общей мощности (TP) спектра СР на 30-ую минуту восстановительного периода после ВЭМ у испытуемых под воздействием УД на частоте низкочастотной составляющей спектра СР может свидетельствовать об большем увеличении вагусных воздействий и оптимизации барорефлекторной регуляции, а следовательно, и большей активации вегетативного контура регуляции КРС, по сравнению с данными, полученными в фоновый день исследования.

Известно, что адаптация к физической нагрузке представляют собой общебиологическое явление, затрагивающее различные уровни функциональной интеграции и вызывающее изменение регуляторных механизмов. Перспектива развития процесса зависит как от исходного функционального состояния, так и от компенсаторных возможностей организма испытуемых. Для наиболее быстрого и полного восстановления физиологических функций характерна ускоренная перестройка механизмов регуляции. Ускорение этого перехода обусловлено снижением тонуса симпатического и повышением тонуса парасимпатического отдела ВНС, что и зарегистрировано в нашем исследовании у испытуемых под воздействием курса УДИПЧ.

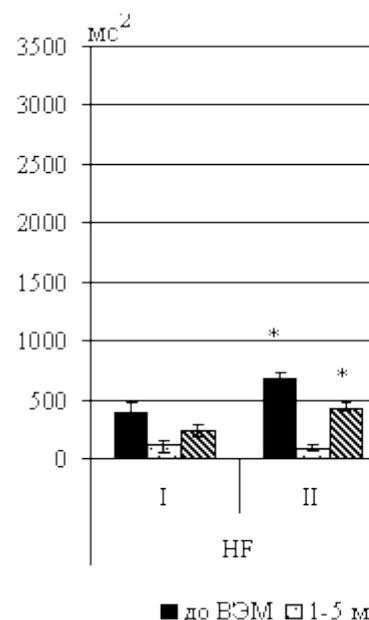


Рис. 4. Изменение показателей спектрального анализа сердечного ритма на протяжении 30-ти минут после ВЭМ-пробы у испытуемых в 1-е (до УДИПЧ; I) и 11-е сутки исследования (после курса УДИПЧ; II).

Примечание: Обозначения те же, что и на рис. 1.

Таким образом, согласно приведенным результатам исследования, десятидневное воздействие УДИПЧ приводит к увеличению у испытуемых в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку адаптивных возможностей организма, оптимизации регуляторных механизмов, снижению энергетических затрат и повышению скорости восстановительных процессов.

**Выводы.** 1. Управляемое дыхание с индивидуально-подобранной частотой значительно изменяет показатели вариабельности сердечного ритма испытуемых в течение 30-минут восстановительного периода после субмаксимальной физической нагрузки.

2. Значительное увеличение значений показателей RMSSD, СКО, pNN50 и Мо и снижение АМо в восстановительном периоде после ВЭМ-тестирования у испытуемых под воздействием УДИПЧ свидетельствует об увеличении толерантности к физической нагрузке у испытуемых под воздействием данного фактора.

3. Курсовое УДИПЧ приводит к снижению напряженности регуляторных систем испытуемых и увеличивает эффективность процессов восстановления физиологических функций испытуемых после проведения ВЭМ.

4. Увеличение мощности как LF и HF-компонент, так и общей мощности (TP) спектра СР в восстановительном периоде после ВЭМ у испытуемых под воздействием УДИПЧ может свидетельствовать об увеличении вагусных воздействий и оптимизации барорефлекторной регуляции, а следовательно, и большей активации вегетативного контура регуляции КРС, по сравнению с данными, полученными в фоновый день исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпов Р. С.* Атеросклероз: патогенез, клиника, функциональная диагностика, лечение / Р. С. Карпов, В. А. Дудко. – Томск, 1998. – 656 с.

2. Индивидуальный профиль функционального состояния организма студентов с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева, И.Р. Никифоров // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. "Биология, химия". – 2009. – Том 22 (61), №2. – С.152 – 165

3. Особенности системы вегетативного управления сердцем у испытуемых с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева, И.Р. Никифоров // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. "Биология, химия". – 2009. – Том 22 (61), №1. – С. 113 – 133.

4. *Баевский Р. М.* Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.

5. Пат. 38559 Україна, МПК (2006) А61N 2/00. Спосіб корекції функціонального стану організму людини / О.М. Чуян, О.О. Бірюкова, М.Ю. Раваєва: заяв. та власник Таврійський нац. ун-т ім. В.І. Вернадського. – № у 2008 09755; заявл. 25.07.2008; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1. – 4 с.

6. *Бирюкова Е.А.* Синхронизация колебательных процессов в кардио-респираторной системе испытуемых с разным типом вегетативной регуляции / Е.А. Бирюкова, Е.Н. Чуян, О.Д. Богданова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер "Биология, химия". – 2009. Т. 22 (61), №. 4 – С. 18-29.

7. Система комплексного компьютерного исследования функционального состояния организма человека "Омега-М": [док. пользователя]. – СПб., 2007. – 66 с.

8. Fundamentals of exercise testing. / Andersen K, Shephard R., Denolin H. et al. // Geneva, 1979.

9. *Аронов Д. М.* Функциональные пробы с физической нагрузкой // Болезни сердца и сосудов: руководство для врачей: Т. 1 / Д. М. Аронов; под ред. Е. И. Чазова. – М., 1992. – С. 292-311.

10. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – V. 93. – P. 1043-1065.

Подано до редакції 11.07.12