**Динамика вегетативных функций при адаптации к физическим нагрузкам**

Член-корреспондент РАЕН, кандидат биологических наук, доцент А.А. Артеменков, Череповецкий государственный университет, Череповец

Адаптация - одно из основных свойств живых организмов, обеспечивающее существование организма в различных условиях среды и при физических нагрузках. Ведущими физиологическими системами в условиях адаптации к мышечной деятельности являются кислородтранспортные - кровь, кровообращение, дыхание, а также вегетативная нервная система (ВНС), обеспечивающая модуляторно-регуляторный контроль висцеральных систем [4-6, 8, 9].

Восстановление нарушенных функций организма осуществляется за счет включения компенсаторно-адаптационных реакций, направленных на сохранение рабочих констант гомеостаза. Межсистемные и внутрисистемные связи являются одним из условий существования организма. Между тем выраженность функциональных перестроек неодинакова. Особенности функциональной активности зависят от характера полипараметрического влияния эффекторных компонентов и их вегетативной регуляции. ВНС обеспечивает переключение функциональных систем на новый стационарный уровень регуляции и обеспечивает новую соматовисцеральную синхронизацию [1-3, 10].

В связи со сказанным цель нашего исследования - изучение динамики вегетативных функций и сопряжения кардиореспираторных параметров при адаптации к физическим нагрузкам.

Организация и методы исследования. Для реализации цели работы были обследованы 10 практически здоровых мужчин, студентов 1-го курса Череповецкого государственного университета в возрасте от 18 до 21 года. В соответствии с задачами эксперимента проводилась оценка вегетативного статуса студентов и параметров их кардиореспираторной системы на фоне ступенчато возрастающей велоэргометрической нагрузки. Для оценки вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы использовалась активная ортостатическая проба.

Перед проведением велоэргометрической нагрузки оценивался вегетативный тонус. Кардиоинтервалограмма (КИГ) регистрировалась с помощью кардиоанализатора "Анкар-131" фирмы "Медиком ЛТД". В качестве физического воздействия испытуемым предлагалась ступенчато возрастающая нагрузка мощностью 100, 150, 200 Вт. Продолжительность работы на каждой ступени - 1 мин. Частота педалирования была постоянной. Нагрузка прекращалась, когда испытуемый достигал устойчивого стационарного уровня - частоты сердечных сокращений (ЧСС), равной 170 уд/мин. Сразу после велоэргометрии и на 5-й мин восстановления оценивались вегетативн ый статус и внешнее дыхание. Вентиляционные параметры определялись с помощью компьютерного спирографа ST-2000. Фиксировались парамеры внешнего дыхания, а также кривые поток-объем и время-объем.

Результаты и их обсуждение. Анализ среднегрупповых значений показателей сердечного ритма (СР) испытуемых обнаружил его нестабильность на фоне велоэргометрической нагрузки и в восстановительном периоде. Изменение параметров вариабельности СР указывает на значительную активизацию симпатической нервной системы и усиление централизации управления СР. Имеется тенденция к снижению активности гуморального канала регуляции сердца. Одновременно усиливается и степень напряжения регуляторных систем. Индекс напряжения (ИН) регуляторных систем в покое и сразу после мышечной работы равен соответственно 68,09 ± 4,51 усл. ед. и 263,97 ± 31,16 усл. ед (р < 0,001). Прирост составляет 288 % (табл. 1).

Таблица 1. Некоторые показатели вариабельности сердечного ритма у студентов на фоне вело-эргометрической нагрузки, M± m

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | До нагрузки (фон) | 1 мин восстановления | 6 мин восстановления |
| Мо, с | 0,83±0,050 | 0,57±0,089\* | 0,62±0,070\* |
| АМо, % | 34,87±2,95 | 54,62±4,70\*\* | 48,25±3,2\* |
| x, c | 0,30±0,017 | 0,12±0,082\*\*\* | 0,18±0,024\*\* |
| ИН. усл. ед. | 68,09±4,51 | 263,97±31,16\*\*\* | 109,32±20,0\*\*\* |

Примечание. \* — р < 0,05; \*\* - р < 0,01; \*\*\* - р < 0,001 по сравнению с фоном; Мо - мода; АМо - амплитуда моды; х — вариационный размах.



Таблица 2. Основные показатели внешнего дыхания у студентов на фоне дозированной велоэрго-метрической нагрузки, M± m

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Покой (фон) | 1 мин восстановления | 6 мин восстановления |
| ЧД, цикл/мин | 17±3,6 | 23±4,1 | 20±2,8 |
| ЖЕЛ, л | 4,69±0,18 | 4,51±0,30 | 4,76±0,27 |
| РОвыд, л | 2,1±0,26 | 1,10±0,15\*\* | 2,14±0,24 |
| РОвд, л | 1,64±0,20 | 3,11±0,19\*\*\* | 1,58±0,28 |
| МОД, л | 9,92±2,54 | 28,19±3,01\* | 11,03±2,76 |

Примечание. \* - р < 0,05; \*\* - р < 0,01; \*\*\* - р < 0,001 по сравнению с фоном; ЧД - частота дыхания; ЖЕЛ -жизненная емкость легких.

Таблица 3. Некопорые показатели сердечного ритма студентов в покое и при активной орто-статической пробе, M± m

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Покой (фон) | Активный ортостаз |
| Мо, с | 0,91±0,032 | 0,75±0,067 |
| АМо, % | 26,5±2,72 | 48,3±6,38\*\*\* |
| х. с | 0,34±0,032 | 0,24+0,090 |
| ИН, усл. ед. | 55,7±12,7 | 237,3±45,1\*\* |

Примечание. Обозначения те же, что и в табл. 1

Вероятно, сдвиг этих показателей зависит от совершенства механизмов соматовисцерального взаимодействия. Полученные данные согласуются с множеством работ различных авторов, исследовавших изменение вегетативного гомеостаза под влиянием физических, умственных нагрузок и других экстремальных факторов [4, 5, 7, 11].

Проведенный нами сравнительный анализ индивидуальных значений параметров СР в покое показал неоднозначность вегетативного тонуса, внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей, способствующих формированию различных типов вегетативного реагирования на физические нагрузки. Обнаружено 3 типа вегетативной реактивности: сниженная, нормальная и повышенная. Каждый из этих типов характеризуется определенным уровнем нейрогуморальной регуляции, различной степенью включения компенсаторно -адаптационных механизмов. Полученные данные подтверждают положение о существовании трех типов вегетативной регуляции [7].

Испытуемые с разным вегетативным тонусом вовлекаются в адаптационный процесс по-разному. Общим в этой регуляторной констелляции является усиление симпатических влияний на мышечную работу, но у ваготоников эта реакция выражена минимально, а у симпатикотоников - максимально. Однако при оценке спектральных характеристик установлено, что мощность дыхательных волн (ДВ) после нагрузки у симпатикотоников выше, чем у нормотоников и ваготоников. Вероятно, на фоне выраженной симпатической стимуляции повышается эффект блуждающего нерва.

Закономерной реакцией на мышечную нагрузку является консолидация соматовисцерального взаимодействия на более экономном уровне. Ключевую роль при этом играет сложившийся тип нейрогуморальной регуляции, что обеспечивает разнонаправленное включение адапт ационно-приспособительных реакций организма.

В табл. 2 приведена динамика изменений показателей внешнего дыхания на фоне дозированной велоэргометрической нагрузки.

Можно отметить, что вентиляторный ответ на велоэргометрическую нагрузку сводится к снижению резервного объема выдоха (РОвыд), компенсаторному росту резервного объема вдоха (РОвд) и минутного объема дыхания (МОД). Имеет место возрастание инспираторного усилия. Увеличение легочной вентиляции связано с активизацией митохондриального биологического окисления и является адекватной реакцией респираторной системы на мышечную работу [6, 12]. В целом мы наблюдаем сложное и неоднозначное изменение паттерна дыхания.

При индивидуальной оценке внешнего дыхания отмечаются структурные перестройки объемно-временных характеристик дыхательного цикла, что приводит к изменению формы кривой время-объем и петли поток-объем. Рост форсированного выдыхаемого объема за 0,5 и 1 с (ФОвыд05 и ФОвыд1) после велоэргометрической нагрузки приводит к вытягиванию кривой время-объем. Испытуемые за 0,5 с и 1с выдыхают больший объем воздуха, чем в покое. Вместе с тем изменяются и контуры петли поток-объем. Экспираторная часть петли опускается, а инспираторная - поднимается. Физическая нагрузка вызывает увеличение проходимости воздухоносных путей и снижение сопротивления воздушному потоку. По-видимому, это происходит вследствие расслабления гладкой мускулатуры трахеи и бронхов.

При оценке вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы с помощью функциональных проб отмечен значительный прирост ЧСС после проведения активной ортостатической пробы с изменением вегетативного гомеостаза (табл. 3).

Выраженная симпатикотоническая реакция на ортостаз выявляется даже у испытуемых с парасимпатическим типом регуляции СР в покое. Как нам представляется, активизация адренергических механизмов является, по сути дела, единственным приспособительным механизмом, обеспечивающим нормализацию кровообращения в условиях ортостаза [3].

Таким образом, дозированные физические нагрузки приводят к изменению вегетативного равновесия с характерным сопряжением кардиореспираторных параметров, обеспечивающих компенсацию нарушенных функций.

Выводы:

1. Дозированные физические нагрузки приводят к формированию общих компенсаторно-приспособительных реакций организма с вовлечением вегетативной и кардиореспираторной систем, модулированных индивидуальными особенностями организма.

2. Кардиореспираторное сопряжение при дозированной велоэргометрической нагрузке обеспечивается ростом симпатических влияний на сердце, возрастанием степени напряжения регуляторных систем и доминированием центральных влияний.

3. Вентиляторный ответ на мышечную работу сводится к снижению резервного объема выдоха, компенсаторному росту резервного объема вдоха и минутного объема дыхания. Отмечается снижение экспираторной фазы дыхания и одновременное возрастание инспираторного компонента. Увеличивается проходимость воздухоносных путей и снижается сопротивление воздушному потоку.

4. При оценке нервно-вегетативной регуляции сердца при активной ортостатической пробе отмечен более значительный прирост ЧСС. Выявляется рост симпатических влияний на сердце, напряжение механизмов адаптации и усиление эффекта централизации управления сердечным ритмом.

**Список литературы**

1. Алексанянц Г.Д. Использование феномена сердечно-дыхательного синхронизма для оценки регуляторно-адаптивных возможностей организма юных спортсменов // Теория и практика физ. культуры. 2004, № 8, с. 25

2. Артеменков А.А., Синельникова Е.В. Сопряжение дыхания и кровообращения как показатель компенсаторных возможностей организма // Биохимические и биофизические механизмы физиологических функций: Материалы конф. молодых физиологов и биохимиков России. СПб., 1995, с. 14.

3. Артеменков А.А. Динамика кардиореспираторного сопряжения при дозированных физических нагрузках: Автореф. канд. дис. СПб., 2002. - 17 с.

4. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. - М.: Медицина, 1979. - 324 с.

5. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. - М.: Наука, 1984. - 221 с.

6. Бреслав И.С. Паттерны дыхания. Физиология, экстремальные состояния, патология. - Л.: Наука, 1984. - 205 с.

7. Вейн А.М., Соловьева А.Д., Колосова О.А. Вегетососудистая дистония. - М.: Медицина, 1981. - 320 с.

8. Ноздрачев А.Д. Физиология вегетативной нервной системы. - Л.: Медицина, 1983. - 295 с.

9. Пушкарев Ю.П., Артеменков А.А., Герасимов А.П. и др. Становление системных механизмов адаптации в онтогенезе // Оптимизация функций сердца и мозга немедикаментозными методами: Материалы симпозиума с международным участием. - Тамбов: ТГУ, 2000, c. 102-103.

10. Сороко С.И., Бурых Э.А. Внутрисистемные и межсистемные перестройки физиологических параметров при острой экспериментальной гипоксии // Физиология человека. 2004, т. 30, № 2, с. 58-66.

11. Guzzetti S., Piccaluda E., Casati R. et al. Sympathetic predominance in essential hipertension: a study employing spectral analysis of heart reate variability // J. IIypertens. - 1988. - V. 6. - № 9. - P. 711.

12. Wasserman K., Whipp B.J., Casaburi R. Respiratory control during exercise // Handbook of physiology. Sect. 3. The respiration system. Bethesda, 1986. - Vol. 9, pt 2. - P. 595-619.