

Ключевые слова: классификация, деструктивные поражения, синдром диабетической стопы.

Keywords: classification, destructive defeats, diabetic foot.

УДК 612.-014.

*Н.Е. Кушкова, И.С. Бяков, А.П. Спицин*

## **ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ В УСЛОВИЯХ УПРАВЛЯЕМОГО ДЫХАНИЯ<sup>1</sup>**

*Кировская государственная медицинская академия Росздрава,  
Киров, sap@kirovgma.ru*

**Введение.** Сердечно-сосудистая и дыхательная системы являются одними из наиболее важных вегетативных систем организма, оценка деятельности которых необходима при проведении функциональных обследований [8]. При этом процессы внешнего дыхания оказывают постоянное воздействие на сердечно-сосудистые функции. Механизм регуляции сердечно-сосудистой системы, опосредуемый влияниями вегетативной нервной системы (ВНС), модулируется множеством различных внешних влияний (дыханием, физической нагрузкой, изменением положения тела, психоэмоциональной сферы и т.д.) [11]. Известно, что дыхание с частотой 5-6 в минуту вызывает наибольшие вариации пульса. Поэтому целью данной работы явилось исследование изменений сердечно-сосудистой системы при управляемом дыхании с учетом типа вегетативной регуляции.

**Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 26 условно здоровых студентов женского пола в возрасте 18-24 года ( $22,8 \pm 0,28$ ). Все испытуемые предварительно были ознакомлены с содержанием исследования, получено информированное согласие на него. У всех испытуемых определяли рост (см) и массу тела (кг). Измеряли артериальное давление и частоту сердечных сокращений электронным портативным тонометром модели 705 IT Omron (Япония) с цифровой регистрацией показателей, согласно рекомендациям экспертов Всероссийского научного общества кардиологов (ВНОК, 2001). За 30

---

<sup>1</sup> N.E.Kushkova, I.S. Byakov, A.P. Spitsin. Changes of indicators of central hemodynamics in conditions of managed respiration taking.

минут перед измерением артериального давления (АД) исключался прием пищи, курение, физическое напряжение и воздействие холода. Среднее гемодинамическое артериальное давление (СрГД, мм рт. ст) определяли по формуле [3]:  $СрГД = АДД + (ПД/3)$ . Исследование ударного объема непрямым способом производили по формуле Старра [14]:  $УО = 90,97 + (0,54 ПД) - (0,57 ДАД) - (0,61 \times \text{возраст})$ . Минутный объем кровообращения (МОК) определяли как произведение УО на ЧСС. Величину общего периферического сопротивления (ОПС) рассчитывали по формуле Пуазейля  $[(АДД+1/3ПД) \times 1330 \times 60] / МО$ . Сердечный индекс (СИ) рассчитывали по отношению минутного объема крови к одному квадратному метру поверхности тела. Поверхность тела (ППТ) определяли исходя из роста и массы тела исследуемого по формуле Дюбуа:  $ППТ = 0,007184 \times В^{0,423} \times Р^{0,725}$ , где В - масса испытуемого в кг, а Р - рост тела в см [9]. Ударный индекс рассчитывали по формуле:  $УИ = УОК / ППТ$  [5]. Удельное периферическое сопротивление (УПС) вычисляли по формуле:  $УПС = (САД \times ППТ) / МОК$ . Потребность миокарда в кислороде определяли по величине “двойного произведения” по Робинсону [7]. Рассчитывали коэффициент выносливости (КВ, усл. ед.) по формуле:  $КВ = (ЧСС / ПД) \square \times 10$ , где ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин), ПД – пульсовое давление (мм рт. ст.). Вегетативный индекс (ВИ) рассчитывали по формуле:  $ВИ = (1 - ДАД / ЧСС) \times 100$  [8]. Значения  $> +5$  свидетельствовали о преобладании симпатических влияний ВНС (симпатикотония), значение  $< -5$  – о преобладании парасимпатических влияний (ваготония), значения от  $-5$  до  $+5$  - о вегетативном равновесии (нормотония) [4]. Для оценки уровня функционирования системы кровообращения был использован адаптационный потенциал (АП, баллы) по Р.М. Баевскому [3]:  $АП = 0,011 ЧСС + 0,014В + 0,009МТ - 0,009ДТ - 0,27$ , где В-возраст (в годах), МТ- масса тела (в кг), Р- рост (в см). Фактические значения параметров гемодинамики сравнивали с должными значениями. Большинство должных показателей гемодинамики вычисляется исходя из базовой формулы должного минутного объема крови (ДМО, л/мин), предложенной Н.Н. Савицким, с учетом интенсивности обменных процессов,  $ДМО = ДОО / 281$ , где ДОО - это должный основной обмен, рассчитываемый по формулам Гарриса-Бенедикта, учитывающими, что основной обмен зависит от пола, возраста и массы тела. Соотношение  $(МОК_{\text{факт}} / ДМОК) \times 100\%$  позволяет выразить в относительных величинах отклонения реального сердечного выброса к «идеальному» для пациента данного возраста, пола, роста и массы. Остальные должные гемодинамические

показатели рассчитывали по следующим формулам. Должный ударный индекс (ДУОК, мл): ДУОК/ ПТ). Должный сердечный индекс (ДСИ, мл/м<sup>2</sup>): ДМОК/ ПТ. Должное общее периферическое сосудистое сопротивление (ДОПСС, дин\*с\*см<sup>-5</sup>): (80\*СрГД)/ДМОК. Должное удельное периферическое сопротивление (ДУПСС, у,е): СрГД/ ДСИ. Должная («условная») работа сердца (А<sub>долж</sub>, кг\*м) -  $A_{\text{долж}} = \text{ДМОК} * \text{СрГД} * 13,6$ . При этом фактическая работа сердца (А<sub>факт</sub>, кг\*м= $\text{МОК} * \text{СрГД} * 13,6$ ). При сопоставлении А<sub>долж</sub> и А<sub>факт</sub> представляется возможность судить, является ли работа сердца в данной гемодинамической ситуации достаточной, избыточной или недостаточной.

Проба с регулируемым дыханием. Пробы с регулируемым дыханием являются одним из тестов, позволяющих оценить состояние сердечно-сосудистой системы, ее адаптационный потенциал. Проба с дыханием с частотой 6 в минуту является стандартной и широко используется в медицинских и физиологических исследованиях. Ритм дыхания задавался с помощью нами разработанной компьютерной программы, которая позволяла генерировать ритмичные колебания в диапазоне от 3 до 30 в минуту, с шагом в 1 дыхательный цикл в минуту. Обследуемые были обучены контролировать ритм дыхания в соответствии с визуальным водителем ритма на экране монитора. Соотношение вдоха и выдоха выбиралось экспериментатором и могло составлять 1:1, 1:2, и 2:1. В данном исследовании соотношение вдоха и выдоха составляло 1:1. Дыхательный объем не контролировался и выбирался произвольно испытуемым. АД и ЧСС регистрировали в исходном состоянии, на первой, пятой и десятой минутах выполнения пробы. В последующем для каждого этапа рассчитывали показатели гемодинамики и сравнивали их с исходным состоянием.

Результаты обрабатывали при помощи пакета программ "STATISTICA 6". Осуществляли определение средней (M) и ошибки средней (m). Результаты представлены в виде  $M \pm m$ . При нормальном распределении переменных для определения различий между двумя независимыми группами использовали непарный t-критерий Стьюдента, а при непараметрическом - критерий Вилкоксона - Манна - Уитни. Достоверными считали различия показателей при  $p < 0,05$ .

#### Результаты и обсуждение

Исходное состояние. Расчет и анализ показателей центральной гемодинамики и сравнение их с должными значениями показали следующее. У лиц с доминированием симпатического отдела вегетативной нервной системы фактическая ЧСС отличалась от должной ( $76 \pm 2,41$  уд/мин против  $69 \pm 0,55$  уд/мин).

АДС было также меньше должного ( $100 \pm 3,14$  мм рт. ст. против  $115,7 \pm 0,17$  мм рт. ст.). Диастолическое артериальное давление было меньше должных значений ( $63,9 \pm 3,12$  мм рт. ст. против  $72 \pm 0,11$  мм рт. ст.). В тоже время фактические значения ударного объема (УОК) практически соответствовали должным значениям ( $65 \pm 1,54$  против  $66,5 \pm 2,35$  мл). Фактические и должные значения МОК также практически не отличались. По-видимому, оптимальные значения МОК поддерживаются за счет более высокой ЧСС по сравнению с должной. На усиленную работу сердца указывают различия в фактической и должной работе сердца ( $5192 \pm 222,9$  кг\*м против  $5016,8 \pm 237,6$  кг\*м). На усиление симпатического отдела ВНС в регуляции сердечной деятельности указывают значения ВИК ( $15,8 \pm 3,13$  у.е. ).

У лиц с доминированием парасимпатического отдела ВНС фактическая ЧСС также отличалась от должной ( $62 \pm 2,41$  уд/мин против  $68 \pm 0,05$  уд/мин). АДС фактическое было меньше должного ( $111 \pm 2,32$  мм рт. ст. против  $116,7 \pm 0,33$  мм рт. ст.). Однако диастолическое артериальное давление мало отличалось от должных значений ( $71,2 \pm 2,22$  мм рт. ст. против  $72,5 \pm 0,21$  мм рт. ст.).

Если у симпатотоников УПС соответствовало должным значениям ( $22,15 \pm 1,63$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup> против  $22,0 \pm 1,01$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup>), то у лиц с доминированием парасимпатического отдела фактические значения УПС были больше должных значений ( $32 \pm 2,06$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup> против  $24,85 \pm 0,85$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup>;  $p < 0,05$ ). Кроме того у «симпатотоников» фактические и должные значения ударного (УИ) и сердечного индекса (СИ) также практически не различались. В то же время при доминировании парасимпатического отдела ВНС и УИ и СИ были меньше должных значений ( $43,7 \pm 2,15$  мл против  $55,6 \pm 2,38$  мл и  $2,71 \pm 0,14$  л/м<sup>2</sup> против  $3,41 \pm 0,05$  л/м<sup>2</sup> соответственно).

В целом сравнительный анализ показателей гемодинамики в зависимости от доминирования отдела ВНС показал следующее. Достоверные различия наблюдались по величине АДС ( $p = 0,058$ ), ЧСС ( $p = 0,003$ ), МОК ( $p = 0,009$ ), СИ ( $p = 0,007$ ), УПСС ( $p = 0,0009$ ).

Проба с управляемым дыханием.

1 минута. У лиц с доминированием симпатического отдела ВНС ( $n = 17$ ) не выявлено достоверных изменений гемодинамики на первой минуте выполнения пробы по сравнению с исходным состоянием. При доминировании парасимпатического отдела ВНС ( $n = 9$ ) наблюдается существенное снижение общего периферического сопротивления сосудов (с  $1729 \pm 83,47$  дин\*с\*см<sup>-5</sup> до  $1529 \pm$

74,32 дин\*с\*см<sup>-5</sup>; p=0,077). Возможно, гипервентиляция и гипокапния могут приводить к спазму периферических сосудов, и, соответственно, повышению ОПСС и артериального давления [1]. Явление мягкой гипервентиляции при регулируемом дыхании (22 в минуту) было отмечено [7] и [12]. Выявлена также определенная тенденция к снижению АДС, АДД, УПС и увеличению УО, СИ и ВИК.

Сравнительный анализ показателей гемодинамики в зависимости от типа вегетативной регуляции на первой минуте управляемого дыхания также показал следующее. Достоверные различия по АДС и ЧСС стали не значимыми. В то же время появились достоверные различия по МОК (p=0,0028). У симпатотоников МОК оставался более высоким по сравнению с ваготониками. Сохранились достоверные различия и в значениях СИ (p=0,0028), УПСС (p=0,008). Сохранялись достоверные различия в величине индекса сердечнососудистой регуляции (p=0,0003)

5 минута. У лиц с доминированием симпатического отдела ВНС достоверных изменений показателей центральной гемодинамики по сравнению с исходным состоянием не происходит. При доминировании парасимпатического отдела ВНС наблюдаются достоверные изменения УПС и ИССР. Удельное периферическое сопротивление сосудов на пятой минуте пробы было меньше по сравнению с исходным состоянием (27,3±2,1 дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup> против 32±2,06 дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup>; p=0,039). Индекс сердечно-сосудистой регуляции становится меньше по сравнению с фоновым состоянием (101,6±4,36 у.е. против 115,3±4,1 у.е.; p=0,019), что указывает на переход с сосудистого типа регуляции на смешанный тип (сердечно-сосудистый).

Сравнение изменений показателей центральной гемодинамики на пятой минуте пробы в зависимости от типа вегетативной регуляции показало следующее. Достоверные различия сохранялись по величине ЧСС, СИ, ИССР. Различия по МОК стали менее значимыми (p=0,066), хотя значения минутного объема крови были больше у симпатотоников. Менее значимыми были и значения УПС (p=0,075). Причем если у симпатотоников сосудистое сопротивление практически не изменилось по сравнению с исходным состоянием, то у ваготоников оно снизилось (с 32,1±2,06 дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup> до 27,3±2,01 дин\*с\*см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup>; p=0,019). У симпатотоников преобладал сердечный тип регуляции (ИССР=83,9±3,3), то у ваготоников – смешанный.

10 минута. У лиц с доминированием симпатического отдела ВНС досто-

верных изменений показателей центральной гемодинамики по сравнению с исходным состоянием также не происходит. При доминировании парасимпатического отдела ВНС наблюдаются достоверное увеличение ЧСС по сравнению с исходным состоянием (70±2,0 уд./мин против 62±2,4 уд./мин; p=0,024). Характерно достоверное снижение пульсового давления (33±2,1 мм рт. ст. против 39,7±1,7 в исходном состоянии; p=0,05), что косвенно указывает на повышении растяжимости артерий, хотя при этом ударный объем снижется (с 63,9±1,87 мл в исходном до 58,6±2,4 мл), но различия были не достоверными (p=0,07). Это можно рассматривать как благоприятный фактор. Исследования последнего десятилетия убедительно продемонстрировали неблагоприятное прогностическое значение периферического ПД в увеличении риска сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности [6,10].

Следует отметить, что должный УОК для лиц с «ваготоническим» типом регуляции должен составлять 71,7±2,0 мл. У лиц с доминированием симпатического отдела ВНС фактические значения УОК практически соответствовали должным значениям (65±1,54 мл против 66,5±2,35 мл).

#### Выводы

1. Показатели центральной гемодинамики зависят от исходного вегетативного тонуса. У лиц с доминированием парасимпатического отдела ВНС фактические значения показателей сердечно-сосудистой системы отличаются от должных, в то же время при доминировании симпатического отдела ВНС большинство их соответствуют должным значениям.

2. Проба с дыханием с частотой 6 в минуту при доминировании парасимпатического отдела ВНС приводит к увеличению ЧСС и снижению общего периферического сосудистого сопротивления, что, вероятно, улучшает функциональное состояние сердца и периферических сосудов.

3. При доминировании симпатического отдела ВНС достоверных изменений гемодинамики не происходит.

#### Литература:

1. Агаджанян Н. А. Постоянное нарушение гомеостаза в виде хронической гипоксии как болезнетворный фактор / Н. А. Агаджанян, Ю. Н. Мишустин, С. Ф. Левкин. – Самара, 2004. – 56 с.
2. Аринчин В.Ф. Оценка функционального состояния сердца у детей в онтогенезе // Вопросы охраны материнства и детства. 1983. № 2. С. 21.
3. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Вакулин В.К. и др. Оценка эффек-

тивности профилактических мероприятий на основе изменения адаптационного потенциала системы кровообращения // *Здравоохранение РФ*: 1987: № 8. С.7.

4. Вейн. А.М. Вегетативные расстройства: клиника. диагностика. лечение / А.М. Вейн. – М. : МИА. 2000. – 725 с.
5. Дуда. И.В. Клиническое акушерство / И.В. Дуда, В.И. Дуда. – М.: Медицина, 1997. – 604 с.
6. Оганов Р. Г. Профилактическая кардиология: от гипотез к практике // *Кардиология*. 1999. Т. 39. № 2. С. 4–9.
7. Погодин М. А. Самопроизвольное и непроизвольное управление дыханием при навязанных параметрах вентиляции легких / М. А. Погодин, Е. В. Боброва, М. П. Гранстрем // *Физиология человека*. – 2004. – Т. 30, № 3. – С. 81–87.
8. Eckberg D. L. Human sinus arrhythmia as an index of vagal cardiac outflow // *J. Appl. Physiol.*- 1983.-54,- P. 961-966.
9. DuBois D, DuBois E.F. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 1916;17:863–71.
10. Franklin S. S. Hypertension in Older People: Part 1 // *J. Clin. Hypertens*. 2006. Vol. 8, № 6. P. 444–449.
11. Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology // *Nature*. – 2001. – V. 410. – P. 277.
12. Pinna G. Effect of paced breathing on ventilatory and cardiovascular variability parameters during short-term investigations of autonomic function / G. Pinna, R.,Maestri, M. La Rovere et al. // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* – 2006. – Vol. 290. – P. 424–433.
13. Sa Cunha R., Pannier B., Benetos et al. Association between high heart rate and high arterial rigidity in normotensive and hypertensive subjects // *J Hypertens* 1997; 15: 1423-1430.
14. Starr. Y. Clinical test as simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age // *Circulation*. - 1954. - № 9. - P. 664.