

Т.А. Першина, А.П. Спицин
**ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ В
УСЛОВИЯХ УПРАВЛЯЕМОГО ДЫХАНИЯ С УЧЕТОМ ТИПА
ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ**

Т.А. Pershina, A.P. Spicin
**INDICATOR'S CHANGE OF CENTRAL HAEMODYNAMICS IN THE
CONDITIONS OF CONTROLLED VENTILATION CONSIDERING TYPE OF
VEGETATIVE REGULATION**

Кировская государственная медицинская академия

Изучены изменения показателей центральной гемодинамики в условиях заданного ритма дыхания в зависимости от доминирования отдела ВНС. Показано, что характер изменений центральной гемодинамики при дыхании 6 в минуту зависит от типа вегетативной регуляции. При доминировании симпатического отдела ВНС достоверных изменений гемодинамики не происходит, а в группе ваготонии изменения происходят как за счет повышения ЧСС, и в большей степени, за счет снижения общего сосудистого периферического сопротивления сосудов. Можно предположить, что у лиц с доминированием парасимпатического отдела, в целях коррекции функционального состояния, пробы с управляемым дыханием будут эффективны для нормализации кровообращения.

Ключевые слова: центральная гемодинамика, управляемое дыхание, вегетативная нервная система

Indicator's changes of central haemodynamics in the conditions of controlled ventilation considering type of VNS domination were studied. It was shown that character of changes of central haemodynamics at breath 6 in a minute depends on type of vegetative regulation. At domination of sympathetic department VNS of authentic changes of haemodynamics doesn't occur, and in group ваготонии changes occur as at the expense of increase ЧСС, and in a greater degree, at the expense of decrease in the general vascular peripheral resistance of vessels. It is possible to assume that at persons with domination of parasympathetic department, with a view of correction of a functional condition, test with operated breath will be effective for blood circulation normalization.

Keywords: the central haemodynamics, operated breath, vegetative nervous system

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 сердечнососудистой 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 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]: $\text{СрГД} = \text{АДД} + (\text{ПД}/3)$. Исследование ударного объема непрямым способом производили по формуле Старра [14]: $\text{УО} = 90,97 + (0,54 \text{ ПД}) - (0,57 \text{ ДАД}) - (0,61 \text{ Ч возраст})$. Минутный объем кровообращения (МОК) определяли как произведение УО на ЧСС. Величину общего периферического сопротивления (ОПС) рассчитывали по формуле Пуазейля $[(\text{АДД} + 1/3 \text{ ПД}) \cdot 1330 \cdot 460] / \text{МО}$. 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: $\text{ППТ} = 0,007184 \cdot \text{В}^{0,423} \cdot \text{Р}^{0,725}$, где В - масса испытуемого в кг, а Р - рост тела в см [9]. Ударный индекс рассчитывали по формуле: $\text{УИ} = \text{УОК} / \text{ППТ}$ [5]. Удельное периферическое сопротивление (УПС) вычисляли по формуле: $\text{УПС} = (\text{САД} \cdot \text{ППТ}) / \text{МОК}$. Потребность миокарда в кислороде определяли по величине “двойного произведения” по Робинсону [7]. Рассчитывали коэффициент выносливости (КВ, усл. ед.) по формуле: $\text{КВ} = (\text{ЧСС} / \text{ПД}) \cdot 10$, где ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин), ПД – пульсовое давление (мм рт. ст.). Вегетативный индекс (ВИ) рассчитывали по формуле: $\text{ВИ} = (1 - \text{ДАД} / \text{ЧСС}) \cdot 100$ [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]: $\text{АП} = 0,011 \text{ ЧСС} + 0,014 \text{ В} + 0,009 \text{ МТ} - 0,009 \text{ ДТ} - 0,27$, 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, $\text{ДМО} = \text{ДОО} / 281$, где ДОО - это должный основной обмен, рассчитываемый по формулам Гарриса-Бенедикта, учитывающими, что основной обмен зависит от пола, возраста и массы тела. Соотношение $(\text{МОК}_{\text{факт}} / \text{ДМОК}) \cdot 100\%$ 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): $\text{ДУОК} / \text{ПТ}$. Должный сердечный индекс (ДСИ,

мл/м²): ДМОК/ ПТ. Должное общее периферическое сосудистое сопротивление (ДОПСС, $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$): $(80 \cdot \text{СрГД}) / \text{ДМОК}$. Должное удельное периферическое сопротивление (ДУПСС, у.е): $\text{СрГД} / \text{ДСИ}$. Должная («условная») работа сердца ($A_{\text{долж}}$, $\text{кг} \cdot \text{м}$) - $A_{\text{долж}} = \text{ДМОК} \cdot \text{СрГД} \cdot 13,6$. При этом фактическая работа сердца ($A_{\text{факт}}$, $\text{кг} \cdot \text{м} = \text{МОК} \cdot \text{СрГД} \cdot 13,6$). При сопоставлении $A_{\text{долж}}$ и $A_{\text{факт}}$ 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 ($5192 \pm 222,9$ $\text{кг} \cdot \text{м}$ против $5016,8 \pm 237,6$ $\text{кг} \cdot \text{м}$). 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⁻⁵/м² против $22,0 \pm 1,01$ дин*с*см⁻⁵/м²), то у лиц с доминированием парасимпатического отдела фактические значения УПС были больше должных значений ($32 \pm 2,06$ дин*с*см⁻⁵/м² против $24,85 \pm 0,85$ дин*с*см⁻⁵/м²; $p < 0,05$). 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/м² против $3,41 \pm 0,05$ л/м² 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⁻⁵ до $1529 \pm 74,32$ дин*с*см⁻⁵; $p = 0,077$). Возможно, гипервентиляция и гипокания 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 увеличение 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 ($27,3 \pm 2,1$ дин*с*см⁻⁵/м² против $32 \pm 2,06$ дин*с*см⁻⁵/м²; $p = 0,039$). Индекс сердечно-сосудистой регуляции становится

меньше по сравнению с фоновым состоянием ($101,6 \pm 4,36$ у.е. против $115,3 \pm 4,1$ 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 $32,1 \pm 2,06$ $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5} / \text{м}^2$ до $27,3 \pm 2,01$ $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5} / \text{м}^2$; $p=0,019$). У симпатотоников преобладал сердечный тип регуляции (ИССР= $83,9 \pm 3,3$), то у ваготоников – смешанный.

10 минута. У лиц с доминированием симпатического отдела ВНС достоверных 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 ($70 \pm 2,0$ уд./мин против $62 \pm 2,4$ уд./мин; $p=0,024$). Характерно достоверное снижение пульсового давления ($33 \pm 2,1$ мм рт. ст. против $39,7 \pm 1,7$ в исходном состоянии; $p=0,05$), что косвенно указывает на повышении растяжимости артерий, хотя при этом ударный объем снижется (с $63,9 \pm 1,87$ мл в исходном до $58,6 \pm 2,4$ 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 $71,7 \pm 2,0$ мл. У лиц с доминированием симпатического отдела ВНС фактические значения УОК практически соответствовали должным значениям ($65 \pm 1,54$ мл против $66,5 \pm 2,35$ мл).

Заключение

Таким образом, 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 тоже время при доминировании симпатического отдела ВНС большинство их соответствуют должным значениям. 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. При доминировании симпатического отдела ВНС достоверных изменений гемодинамики не происходит.

Список литературы:

1. Агаджанян Н. А. Постоянное нарушение гомеостаза в виде хронической гипокapнии 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 эффективности 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 / Y. Starr // Circulation. 1954. № 9. P. 664.

Сведения об авторах:

1. Спицин Анатолий Павлович — д.м.н., проф., зав. кафедрой патофизиологии ГОУ ВПО Кировской ГМА Минздравсоцразвития; тел.: (8332) 37-47-10.
2. Першина Татьяна Анатольевна — заочный аспирант кафедры патофизиологии ГОУ ВПО Кировской ГМА Минздравсоцразвития; тел.: (8332) 37-47-10.