

© Спицин А.П., Кушкова Н.Е., Колодкина Е.В., 2018

УДК 612.172.2+616.143

ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОТЛИЧИЙ ФАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

А.П. Спицин, Н.Е. Кушкова, Е.В. Колодкина

ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России,
ул. Карла Маркса, 112, г. Киров, 610998, Россия

Оценивали показатели системной гемодинамики (артериальное давление – АД, ударный объем крови – УОК, периферическое сосудистое сопротивление – ОПСС, сердечный индекс – СИ и другие) у 41 студента старших курсов, возраст 21–26 лет.

Установлено, что большинство показателей центральной гемодинамики значимо зависит от характера отличий фактической ЧСС от ее должных значений. Показано, что такие важнейшие показатели гемодинамики, как УОК, СИ были достоверно меньше, а диастолическое АД, ОПСС – больше у лиц с ЧСС, превышающей ее должную величину.

Выявлены значимые особенности корреляционных взаимосвязей между параметрами центральной гемодинамики в зависимости от ЧСС. Выявленные особенности гемодинамики в зависимости от характера расхождений фактической и должной ЧСС подтверждают важность оценки и понимания значимости такого простого параметра.

Ключевые слова: студенты, центральная гемодинамика, частота сердечных сокращений.

A.P. Spitsyn, N.E. Kushkova, E.V. Kolodkina □ **FEATURES OF CENTRAL HEMODYNAMICS OF YOUNG ADULTS DEPENDING ON VARIATIONS OF ACTUAL HEART RATE**
□ Kirov State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 112, Karl Marx str., Kirov, 610998, Russia.

Indicators of systemic hemodynamics were evaluated. Those were blood pressure (BP), shock volume of the blood (SVB), peripheral vascular resistance (PVR), cardiac index (CI) and others. They were evaluated in 41 students. Their age was between 21 and 26 years.

It was determined that the majority of central hemodynamics indicators importantly depend on the character of differences of actual frequency of heart rates and their meanings. The most important indicators of hemodynamics such as shock volume of the blood and heart index were lower and diastolic arterial blood pressure and peripheral vascular resistance were higher in people with heart rates higher than required normal heart rates.

Important peculiarities of correlative interconnections between parameters of central hemodynamics depending on heart rates were revealed. The above peculiarities of hemodynamics depending on the character of differences of actual and normal heart rates confirm the importance of evaluation and understanding of such a simple parameter.

Key words: students, central hemodynamics, heart rate.

Нормальное состояние организма определяется оптимальным соотношением морфологических характеристик, гемодинамических параметров и особенностей вегетативной регуляции. В последнее время возрос интерес к изучению показателей центральной гемодинамики в связи с тем, что в последние годы отмечается явная тенденция к «омоложению» ряда патологий. Кризовое течение гипертонической болезни отмечено у 25,5 % юношей и 11 % девушек, отмечаются случаи инфаркта миокарда в молодом возрасте [4].

Особое внимание кардиологов привлекает показатель, для определения которого не требуется применения какой-либо аппаратуры – частота сердечных сокращений (ЧСС). Главная проблема состоит в отсутствии согласованного мнения о том, что считать повышенной или пониженной ЧСС [3].

Цель исследования – изучить особенности центральной гемодинамики у лиц молодого возраста в зависимости от отличий фактической частоты сердечных сокращений от ее должных значений.

Материалы и методы. В ходе работы обследован 41 студент (15 юношей и 26 девушек) в возрасте 21–26 лет (средний возраст $21,7 \pm 0,64$ года). В соответствии с этическими принципами при проведении исследований на лю-

дях все испытуемые добровольно дали информированное согласие в письменном виде. С помощью автоматического тонометра OmronMIPlus (Япония) регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), систолическое (САД, мм рт. ст.) и диастолическое (ДАД, мм рт. ст.) артериальное давление. Уровень нормального артериального давления определяли в соответствии с рекомендациями АСС и АНА по артериальной гипертензии 2017 года [6].

Студенты были распределены на 2 группы: в первую группу вошли 26 лиц, у которых фактическая ЧСС была ниже должных значений ($ЧСС < ДЧСС$), вторую группу составили 15 человек с ЧСС выше должных значений ($ЧСС > ДЧСС$). Обе группы были сопоставимы по возрасту включенных в них студентов.

Пульсовое артериальное давление (ПД, мм рт. ст.) определяли как разницу между САД и ДАД. Ударный объем (УО) рассчитывали по формуле Старра [11]: $УО = 101 + 0,5 \times ПД - 0,6 \times АДД - 0,6 \times В$, где В – возраст, в годах.

Для комплексной оценки гемодинамики определяли минутный объем крови (МОК, л/мин): $МОК = УОК \times ЧСС$. Этот показатель позволяет характеризовать как силу, так и частоту сердечных сокращений. Среднее гемодинамическое артериальное давление (СрГД, мм рт. ст.), которое помогает определить выраженность

централизации в управлении работой системы кровообращения, определяли по формуле [7]: $СрГД = АДД + (ПД/3)$. Сердечный индекс (СИ, л/мин/м²) рассчитывали по формуле: $СИ = УИ \times ЧСС$, где УИ (мл/м²) – ударный индекс; рассчитываемый по формуле: $УИ = УОК/ППТ$, где ППТ (м²) – площадь абсолютной поверхности тела, которую определяли по формуле Дюбуа: $ППТ = 0,007184 \times МТ^{0,423} \times ДТ^{0,725}$, где МТ – масса тела, в кг, ДТ – длина тела, в см. УИ помогает определить, насколько ударный объем крови соответствует индивидуальным антропометрическим данным. Сердечный индекс – это показатель, достаточно точно отражающий хроно- и интротропную составляющие работы левого желудочка у конкретного человека.

Значение общего сосудистого сопротивления (ОПС) рассчитывали по формуле Пуазейля [7]: $[(АДД + \frac{1}{3}ПД) \times 1\,333 \times 60]/МО$, где 1 333 – коэффициент перевода в дины, 60 – число секунд в минуте. ОПС отражает состояние сосудов большого круга кровообращения и определяет постнагрузку на левые отделы сердца и обратно пропорционально изменениям со стороны сердечного выброса. Уровень удельного периферического сопротивления (УПС) рассчитывали по формуле: $СрГД/СИ$. УПС более точно отражает состояние сосудистого русла с учетом антропометрических характеристик обследуемого.

Полученные значения показателей центральной гемодинамики сравнивали с их должными значениями. Должные показатели рассчитывали с использованием базовой формулы должного минутного объема крови (ДМО, л/мин), предложенной Н.Н. Савицким, с учетом уровня основного обмена, $ДМО = ДОО/281$, где ДОО – это должный основной обмен, рассчитываемый по формулам Гарриса – Бенедикта (учитывает пол, возраст и массу тела). Соотношение $(МОК_{факт}/ДМОК) \times 100\%$ позволяет оценить отклонения реального сердечного выброса от «идеального» для данного пациента с учетом его возраста, пола, роста и массы. Формулы для расчета остальных должных значений приведены ниже. Должный ударный индекс (ДУОК, мл): $ДУОК/ППТ$. Должный сердечный индекс (ДСИ, мл/м²): $ДМОК/ППТ$. Должное общее периферическое сосудистое сопротивление (ДОПСС, $дин \times с \times см^{-3}$): $(80 \times СрГД)/ДМОК$. Должное удельное периферическое сопротивление (ДУПСС, у.е.): $СрГД/ДСИ$.

Суммарный результат влияния вегетативной нервной системы на сердечный ритм оценивали по уровню ЧСС в положении лежа. При уровне ЧСС от 61 до 74 уд./мин считали, что вегетативный баланс в норме (нормотония), значения выше 74 уд./мин свидетельствовали о преобладании симпатической нервной системы (симпатикотонии), при уровне ЧСС ниже 61 уд./мин определяли повышенный уровень вагусных влияний на ритм сердца (ваготония) [2]. Рассчитывали также вегетативный индекс Кердо по формуле: $ВИ = (1 - ДАД/ЧСС) \times 100$ [10]. При полном вегетативном равновесии (нормо-

тонии) сердечно-сосудистой системы он равняется 0. При положительных значениях коэффициента делают вывод о преобладании симпатических влияний, при отрицательных – о повышенном парасимпатическом тоне [5].

Статистическая обработка результатов проведена с использованием MS Excel и Statistica Advanced 10 for Windows RU, лицензионный номер 136-394-673 [8]. Оценка нормальности распределения количественных данных выполнена с применением критерия Шапиро – Вилка. Определяли средние значения (М) и ошибку среднего (m). Результаты представлены в виде $M \pm m$. При нормальном распределении переменных для определения различий между двумя независимыми группами использовали t-критерий Стьюдента, в случае неподтверждения гипотезы о нормальном распределении – критерий Манна – Уитни. Проверку гипотезы о наличии связи между переменными, ее степени и направления проводили с использованием коэффициентов корреляции Пирсона (при нормальном распределении значений) и Спирмена (в случае ненормального распределения). Достоверными считали различия и корреляции при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования. Основным результатом исследований явилось то, что показатели центральной гемодинамики у студентов с одинаковым доминирующим ваготоническим типом регуляции достоверно различались в зависимости от отклонений фактической ЧСС от должной частоты сердечных сокращений.

В табл. 1 представлены основные показатели гемодинамики и сердечно-сосудистой системы у обследованных нами студентов в состоянии покоя. Сравнительный анализ показал, что у испытуемых с фактической ЧСС меньше должной частоты сердечных сокращений ($ЧСС < ДЧСС$) диастолическое артериальное давление (ДАД), среднее гемодинамическое давление (СрГД), удельное периферическое сопротивление (ПС) было меньше, но в тоже время ударный объем крови (УОК), а также сердечный индекс (СИ) были больше по сравнению с группой, где фактическая ЧСС превышала должную частоту сердечных сокращений (табл. 1). Известно, что ударный (систолический) объем крови (УОК) является важнейшим показателем гемодинамики, который в том числе характеризует адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы и непосредственно сократительной активности миокарда [1]. Неблагоприятные последствия сниженного ударного объема компенсируются активацией симпатической нервной системы: повышением частоты сердечных сокращений и вазоконстрикторной реакцией периферических сосудов [9]. В этой связи СИ являются достаточно информативным для оценки функционального состояния левого желудочка. Оказалось, что в группе 1 в состоянии покоя значения СИ были достоверно больше по сравнению с группой 2. Если в группе 1, где $ЧСС < ДЧСС$, минутный объем крови составлял $81,76 \pm 1,67\%$ от должного, то в другой группе (2), в которой фактическая ЧСС бы-

ла больше ДЧСС, минутный объем крови составлял всего $76,81 \pm 3,15$ % от должного значения. Можно предположить, что в первой группе основной вклад в минутный объем крови происходит за счет ударного объема крови, а во второй группе – за счет частоты сердечных сокращений. Это подтверждается различиями в корреляционных связях между основными показателями гемодинамики в группе 1 и 2 (табл. 2). Отметим, что МОК является интегральной характеристикой кровообращения и направлен на обеспечение метаболических потребностей организма. Однако более высокий в состоянии покоя уровень МОК в группе 2 может свидетельствовать об энергетически менее выгодном функционировании сердечно-сосудистой системы. В первой группе (ЧСС < ДЧСС) нет достоверной связи между ЧСС и МОК, а во второй группе аналогичная корреляционная связь оказалась сильной ($r = 0,93$, $p = 0,014$). В то же время в первой группе корреляционная связь между УО и МОК более сильная по сравнению со второй группой (табл. 2). Кроме того, в группе 1 ЧСС тесно связана с ДАД, а в группе 2 – с САД (табл. 2).

Поддержание более высокой ЧСС во второй группе, по сравнению с должными значениями, вероятно, связано с высоким сосудистым сопротивлением ($36,94 \pm 2,04$ дин $\times$ с⁻¹ $\times$ см⁻⁵ в сравнении с $29,05 \pm 1,23$ дин $\times$ с⁻¹ $\times$ см⁻⁵ в первой группе, $p = 0,004$). На это указывает отрицательная корреляционная связь между ЧСС и общим периферическим сосудистым сопротивлением ($r = -0,75$, $p = 0,08$). В первой группе такой связи между ЧСС и ОПСС не обнаружено (табл. 2). Обращают на себя внимание и различия в корреляционных связях между ЧСС и диастолическим давлением. В первой группе эта связь оказалась сильной и положительной, а во второй группе она оказалась незначимой. Корреляционная связь между ЧСС и УОК в первой группе отрицательная ($r = -0,66$, $p = 0,044$). Складывается предположение, что увеличение ЧСС в первой группе одновременно ведет к росту диастолического давления, снижению ударного объема крови и является нецелесообразным. Несмотря на то, что ЧСС в группе 2 была больше, чем в группе 1, сердечный индекс был достоверно меньше (табл. 1).

Таблица 1. Показатели центральной гемодинамики у студентов с ваготоническим типом автономной нервной системы в зависимости от исходной ЧСС (М $\pm$ m)

Table 1. Central hemodynamic parameters in students with vagotonic type of autonomic nervous system depending on the initial heart rate (M $\pm$ m)

Показатели	Группы		Р
	ЧСС < ДЧСС (n = 26)	ЧСС > ДЧСС (n = 15)	
САД, мм рт. ст.	$110,9 \pm 1,44$	$115,6 \pm 1,66$	0,08
ДАД, мм рт. ст.	$66,69 \pm 1,230$	$74,80 \pm 1,31$	0,0015
ЧСС, уд./мин	$58,80 \pm 0,81$	$69,6 \pm 1,71$	0,00001
УОК, мл	$70,07 \pm 1,55$	$63,08 \pm 0,71$	0,017
МОК, мл/мин	$4108 \pm 69,94$	$4389 \pm 108,0$	0,069
ПД, мм рт. ст.	$44,02 \pm 1,64$	$40,8 \pm 1,11$	0,0003
СрГД, мм рт. ст.	$81,42 \pm 1,05$	$88,4 \pm 1,34$	0,0018
СИ, л/мин	$2,86 \pm 0,09$	$2,42 \pm 0,12$	0,016
УПС, дин $\times$ с ⁻¹ $\times$ см ⁻⁵	$29,05 \pm 1,23$	$36,94 \pm 2,04$	0,004
АП, балл	$1,79 \pm 0,04$	$2,12 \pm 0,08$	0,19

Примечание: n – количество испытуемых, p – различия между группами

Таблица 2. Корреляционные зависимости между показателями гемодинамики у студентов старших курсов с ваготоническим типом регуляции в зависимости от исходной ЧСС

Table 2. Correlation between hemodynamic parameters in senior students with vagotonic type of regulation depending on the initial heart rate

Коррелируемые показатели	ЧСС < ДЧСС		ЧСС > ДЧСС	
	R	p	R	P
ЧСС – МОК	-0,27	0,26	0,93	0,014
ЧСС – ОПСС	0,25	0,6	-0,75	0,08
УО – МОК	0,75	0,09	0,57	0,22
УО – ОПСС	-0,84	0,00001	-0,75	0,083
МОК – ОПСС	-0,85	0,029	-0,94	0,005
САД – ДАД	0,26	0,8	0,71	0,23
САД – ОПСС	0,13	0,82	-0,44	0,38
ДАД – ОПСС	0,88	0,006	0,37	0,46
ЧСС – САД	-0,09	0,17	0,89	0,05
ЧСС – ДАД	0,63	0,006	0,46	0,6
ЧСС – УО	-0,66	0,044	0,32	0,7
УПСС – СИ	-0,94	0,028	-0,98	0,019

Заключение. В настоящем исследовании мы установили, что большинство показателей центральной гемодинамики (САД, ДАД, УОК, СИ, ОПСС) достоверно отличаются в зависимости от характера отличий фактической ЧСС от ее должных значений. Такие важнейшие показатели гемодинамики, как УОК, СИ, были достоверно меньше, а ДАД, ОПСС – больше у лиц, у которых фактическая ЧСС превышала должную. Корреляционные связи между показателями сердца и гемодинамики отличаются в зависимости от фактической ЧСС.

Наши данные могут оказаться полезными в понимании значимости ЧСС как фактора риска будущих сердечно-сосудистых катастроф. Вероятно, необходимы настойчивые усилия по внедрению в сознание врачей всех специальностей понимания значимости такого простого параметра.

ЛИТЕРАТУРА (п. 9–11 см. References)

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.
2. Баевский Р.М., Кириллов О.Н., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 221 с.
3. Кобалава Ж.Д. Клинико-прогностическое значение повышенной частоты сердечных сокращений и ее коррекции при артериальной гипертензии // РМЖ «Кардиология». 2013. № 3. С. 27–34.
4. Минасян С.М. Изменение кардиогемодинамических показателей и ритма сердца студентов под воздействием учебной нагрузки // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2006. Т. 92. С. 817–826.
5. Новожиллов Г.Н., Давыдов О.В., Мазуров К.В. Вегетативный индекс Кердо как показатель первичного приспособления к условиям жаркого климата // Военно-медицинский журнал. 1969. № 86. С. 68–69.
6. Новые клинические рекомендации АСС и АНА по артериальной гипертензии 2017 года: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.medvestnik.ru/content/news/ACC-AHA-izmenilas-klassifikaciya-arterialnoi-gipertenzii.html> (дата обращения: 07.06.2018).
7. Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. Л.: Медицина, 1974. 307 с.
8. Халафян А.А. Современные статистические методы медицинских исследований. М.: ЛКИ, 2008. 320 с.

REFERENCES

1. Agadzhanjan N.A., Baevskij R.M., Berseneva A.P. Problemy adaptatsii i uchenie o zdorov'e [Problems of adaptation and health study]. Moscow: RUDN Publ., 2006, 284 p. (In Russ.)
2. Baevskij R.M., Kirillov O.N., Kletschin S.Zh. Matematicheskiy analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse [Mathematical analysis of changes in heart rate under stress]. Moscow: Nauka Publ., 1984, 221 p. (In Russ.)
3. Kobalava Zh.D. Kliniko-prognosticheskoe znachenie povyshennoj chastoty serdechnykh sokrashchenij i ee korektsii pri arterial'noj gipertonii [Clinical prognostic value of increased heart rate and its correction in arterial hypertension]. *RMZh «Kardiologija»*, 2013, no. 3, pp. 27–34. (In Russ.)
4. Minasian S.M. Izmenenie kardiogemodinamicheskikh pokazatelej i ritma serdca studentov pod vozdeystviem uchebnoj nagruzki [Changes in cardiohemodynamic parameters and heart rate of students under the influence of training load]. *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2006 vol. 92, pp. 817–826. (In Russ.)
5. Novozhilov G.N., Davydov O.V., Mazurov K.V. Vegetativnyj indeks Kerdo kak pokazatel' pervichnogo prispособlenija k uslovijam zharkogo klimata [Vegetative Kerdo index as an indicator of the primary adaptation to the hot climate]. *Voенно-meditsinskij zhurnal*, 1969, no. 86, pp. 68–69. (In Russ.)
6. Novye klinicheskie rekomendatsii ACC i AHA po arterial'noj gipertenzii 2017 goda [2017 ACC/AHA Hypertension Guidelines]. Available at: <https://www.medvestnik.ru/content/news/ACC-AHA-izmenilas-klassifikaciya-arterialnoi-gipertenzii.html> (accessed 07.06.2018). (In Russ.)
7. Savitskij N.N. Biofizicheskie osnovy krovoobrashchenija i klinicheskie metody izuchenija gemodinamiki [Biophysical bases of blood circulation and clinical methods of hemodynamics study]. L.: Meditsina Publ., 1974, 307 p. (In Russ.)
8. Khalafjan A.A. Sovremennye statisticheskie metody meditsinskikh issledovanij [Modern statistical methods in medical research]. Moscow: LKI Publ., 2008, 320 p. (In Russ.)
9. Van Lieshout, J.J. Syncope, cerebral perfusion and oxygenation / J.J. Van Lieshout, W. Wieling, J.M. Karemaker // *J. Appl. Physiol.* 2003. V. 94. P. 833.
10. Kerdo, I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage / I. Kerdo // *Actaneurovegetativa*. 1966. Bd. 29, № 2. P. 250–268.
11. Starr, Y. Clinical test as simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age / Y. Starr // *Circulation*. 1954. № 9. P. 664.

Контактная информация:

Спицын Анатолий Павлович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патофизиологии ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России
e-mail: kf23@kirovgma.ru

Contact information:

Spitsyn Anatoliy, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Pathophysiology of Kirov State Medical University of the Ministry of Health of Russia
e-mail: kf23@kirovgma.ru

