

УДК 612.13

КАРДИОГЕМОДИНАМИКА ПРИ ВЫЗВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ВЕНОЗНОГО ВОЗВРАТА К СЕРДЦУ У СЕВЕРЯН

© 2013 г. Б. Ф. Дерновой, *Л. И. Иржак

Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми, *Сыктывкарский государственный университет, г. Сыктывкар

Для человека, проживающего на Севере, судя по результатам исследований биоэлектрических процессов в миокарде и системного кровообращения, характерны выраженные функциональные особенности сердечно-сосудистой системы [2–7, 10, 13]. Показано, в частности [3, 4], что изменение венозного возврата крови к сердцу в холодный сезон года сопровождается замедлением предсердно-желудочкового проведения возбуждения, изменением процессов де- и реполяризации миокарда, более выраженной реактивностью сосудов капиллярной сети в дистальных отделах нижних конечностей. В этой связи особый интерес представляет временная организация функционального ответа кардиоваскулярной системы и определение значимости миогенного механизма ауторегуляции сердца, обеспечивающего эффективность гомеостаза в системе кровообращения у северян в ответ на вызванные изменения венозного возврата. Поскольку такого рода исследования в клинической практике и в экспериментах проводят с применением постуральных проб [3, 4, 8, 9], целью настоящего исследования стало изучение кардиогемодинамики человека при изменении венозного возврата крови к сердцу с помощью постуральных проб в контрастные по температуре сезоны года.

Методы

В исследованиях дважды — в феврале и июне — участвовали одни и те же студенты ФГБОУ ВПО «Сыктывкарский государственный университет» ($n = 7$), занимающиеся баскетболом, их возраст в среднем 22 (17–25) года, масса тела — 83,3 (68,4–100,6) кг, длина тела — 190,4 (184–198) см. Климатические условия в период проведения исследований:

У баскетболистов ($n = 7$, средний возраст 22 года) линейная скорость кровотока через аортальный клапан (Vлин), частота сердечных сокращений (ЧСС), ударный объём (УО) и минутный объём (МОК) крови в июне увеличены по сравнению с февралем (контроль). Под действием ортоклиностатической пробы растёт Vлин, УО и МОК, снижается ЧСС. Клиноортостатическая проба приводит к уменьшению Vлин и УО.

Ключевые слова:

кардиогемодинамика, ортоклиностатическая, клиноортостатическая проба, венозный возврат, сезоны

	Февраль	Июнь
Температура, °С	–15,8	15,7
Влажность воздуха, %	76	75
Атмосферное давление, мм рт.ст.	748	747

Исследования проводились с информированного согласия испытуемых в кабинете функциональной диагностики при температуре воздуха в помещении ($20 \pm 1,0$) °С. Изучали ответную реакцию кардиогемодинамики на постуральное изменение венозного возврата к сердцу. Действие постуральных проб заключалось в поэтапном изменении положения тела путём активной ортоклиностатической (ОКП) и далее клиноортостатической (КОП) пробы. Позиция 1, исходное фоновое состояние, — стоя. Позиция 2 — изменение положения тела из исходного в горизонтальное, лёжа на левом боку, — ОКП. Позиция 3 — изменение положения тела испытуемого из исходного горизонтального в вертикальное стоя — КОП. Параметры кардиогемодинамики регистрировали на первой минуте после каждого изменения положения тела. В каждом из них испытуемые находились в течение 5 минут. Тип проведённого исследования — поперечное. Методом эхокардиографии измеряли переднезадний размер корня аорты в фазу систолы, размер

открытия створок аортального клапана в начальной максимальной фазе их раскрытия и частоту сердечных сокращений (ЧСС) в М-модальном режиме в парастернальной позиции, по длинной оси левого желудочка [14]. Количественные параметры внутрисердечного кровотока – линейную скорость ($V_{\text{лин}}$) и время трансортального кровотока в корне аорты в проекции максимального раскрытия створок аортального клапана в фазу систолы измеряли в импульсном режиме доплеровского исследования на ультразвуковом сканере Sonoace 8000EX фирмы Medison (Корея), датчиком 3,5 мг в общепринятой позиции [14].

По стандартным формулам [14] рассчитывали ударный (УО) и минутный (МОК) объем крови.

Различия между попарно связанными вариантами исследованной выборки и нулевую гипотезу оценивали с помощью W-критерия Вилкоксона [11]. Проверка на нормальность распределения признака при $n = 7$ проведена графически для двух сравниваемых групп (зима, лето). Распределение асимметричное и отличается от нормального. Для расчетов использован непараметрический критерий, число попарных сравнений для каждого из исследуемых показателей равно 1 (зима, лето). Поэтому критическому уровню статистической значимости для определения выбранного нами коэффициента ранговой корреляции Спирмена r_s соответствует $p = 0,05$. Результаты обрабатывали с помощью программ Statistica (версия 6.0, Stat Soft Jnc. 2001). Данные представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение ($M \pm SD$).

Результаты

Показатели кардиогемодинамики испытуемых в исходном положении (1, стоя) различаются следующим образом (таблица). В феврале у пяти человек из семи отмечена меньшая $V_{\text{лин}}$ и в половине случаев меньшие, чем в июне, УО и МОК. При этом ЧСС в феврале у большинства испытуемых статистически значимо ниже по сравнению с июнем. По-видимому, в относительно комфортный по температуре период года преобладание симпатической регуляции сердечной деятельности определяет мощность выброса и величину венозного возврата, формируя повышенный кровоток в аорте и МОК. Предполагается, что обнаруженные особенности кардиогемодинамики могут быть связаны с индивидуальной реакцией кардиоваскулярной системы на отставленное воздействие низких температур внешней среды и тренировочного цикла на организм испытуемых.

В ответ на ОКП в феврале и июне обнаружено, что быстрая реакция кардиогемодинамики на первой минуте исследования характеризовалась повышением $V_{\text{лин}}$ и УО ($p < 0,05$). Понижение ЧСС (в среднем на 22 %) не ограничивает роста производительности работы сердца (МОК), оно, очевидно, в большей мере связано с увеличением объемной скорости кровотока.

При проведении активной КОП обнаружены иные изменения гемодинамики. Под влиянием гравитации, за счет увеличения гидростатического давления, вены нижней части тела расширяются. Вследствие этого понижается венозный возврат крови к сердцу, объемное

Функциональные показатели кардиогемодинамики испытуемых

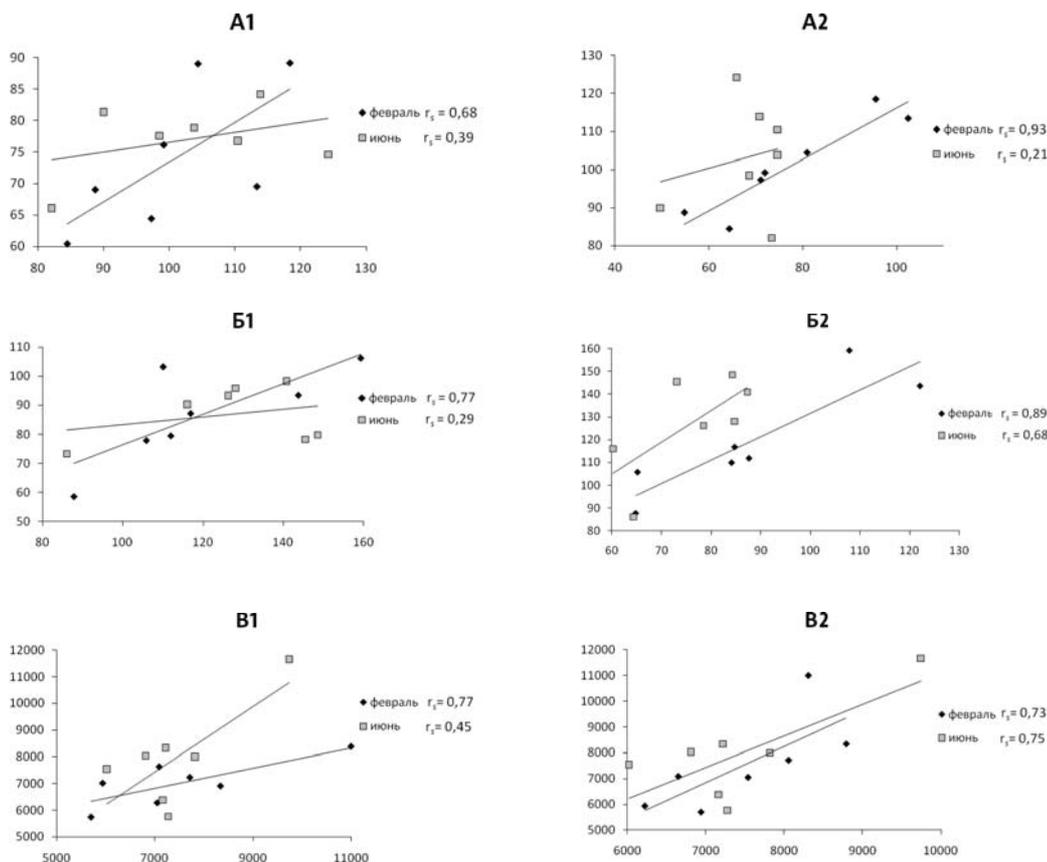
ФИО	Февраль			Июнь		
	Фон	ОКП	КОП	Фон	ОКП	КОП
	$V_{\text{лин}}$, см/с					
Б.Н.И.	64,4	97,3	71,0	77,6	98,5	68,6
Х.К.М.	69,0	88,7	54,7	81,4	90,0	49,6
Ж.Р.В.	76,1	99,2	71,9	78,9	103,8	74,6
П.В.Е.	60,4	84,5	64,3	66,1	82,1	73,4
Е.М.П.	89,1	118,4	95,5	74,6	124,2	65,9
М.А.В.	69,5	113,4	102,4	76,8	110,4	74,6
М.Д.А.	89,0	104,4	80,9	84,2	113,9	70,8
М	73,9	100,8	77,2	77,1	103,3	68,2
SD	11,4	12,3	16,9	5,8	14,4	8,8
	УО, см ³					
Б.Н.И.	79,5	111,9	87,7	95,8	128,1	84,7
Х.К.М.	77,9	105,8	65,2	90,3	116,0	60,2
Ж.Р.В.	103,3	110,0	84,2	98,3	140,8	87,4
П.В.Е.	58,6	87,7	64,9	73,3	86,1	64,4
Е.М.П.	106,2	159,3	107,9	78,2	145,5	73,1
М.А.В.	93,5	143,7	122,1	79,8	148,5	84,3
М.Д.А.	87,2	116,8	84,8	93,3	126,3	78,5
М	86,6	119,3	88,1	87,0	127,3	76,1
SD	16,4	24,2	20,9	9,8	21,6	10,6
	МОК, см ³ /мин					
Б.Н.И.	6283,1	7050,6	7540,8	10637,7	11656,3	9742,8
Х.К.М.	7637,5	7089,2	6654,3	9478,2	7541,9	6022,6
Ж.Р.В.	7024,1	5939,8	6229,3	6978,8	8027,3	6814,5
П.В.Е.	5744,4	5703,6	6942,7	9523,4	5765,2	7275,8
Е.М.П.	8393,8	10992,5	8306,5	8839,6	8001,2	7820,7
М.А.В.	6917,4	8336,2	8790,0	6061,8	6387,7	7163,0
М.Д.А.	7239,7	7712,4	8055,0	7094,7	8334,2	7220,2
М	7034,3	7546,3	7502,7	8373,5	7959,1	7437,1
SD	865,7	1777,6	936,7	1673,4	1883,0	1154,7
	ЧСС, уд./мин					
Б.Н.И.	79	63	86	111	91	115
Х.К.М.	98	67	102	105	65	100
Ж.Р.В.	68	54	74	71	57	78
П.В.Е.	98	65	107	130	67	113
Е.М.П.	79	69	77	113	55	107
М.А.В.	74	58	72	76	43	85
М.Д.А.	83	66	95	76	66	92
М	82,7	63,1	87,6	97,4	63,4	98,6
SD	14,5	5,3	14,0	23,0	14,8	14,2

кровенаполнение правых и соответственно левых отделов сердца. Процесс сопровождается уменьшением $V_{\text{лин}}$ и как, следствие, снижением УО крови.

При сравнении функциональных связей между показателями кардиогемодинамики по сезонам (рисунок) выясняется, что корреляции, рассчитанные по $V_{\text{лин}}$ и УО за июнь, в 2–4 раза меньше, чем данные за февраль. Корреляции по МОК в июне понижены по сравнению с февралем в тех экспериментах, в которых применяли ОКП. По результатам с КОП значимой реакции не обнаружено.

Обсуждение результатов

Эколого-климатические условия Севера создают избыточное напряжение в организме человека и его



Корреляции между показателями кардиогемодинамики в зависимости от поструральных проб в феврале и июне: А – линейная скорость кровотока через аортальный клапан, см/с; Б – ударный объем, см³; В – минутный объем крови, см³/мин, при действии ортоклиностатической (1) и клиноортостатической (2) проб.

Примечание. 1 – по вертикали – данные при положении испытуемых стоя; по горизонтали – при положении лёжа. 2 – по вертикали – данные при положении испытуемых лёжа; по горизонтали – при положении стоя.

сердечно-сосудистой системы, являющейся индикатором эффективности адаптации при выполнении физических нагрузок [1, 12].

При ОКП установленные факты свидетельствуют, с одной стороны, о снижении гидростатического сопротивления крови в артериальном и венозном сосудистом русле, а с другой – об ослаблении базального тонуса резистивных артерий среднего и мелкого калибра и о перераспределении крови в емкостных сосудах с усилением венозного возврата крови к сердцу. Очевидно, что эти процессы обусловлены вагусной и барорецепторной регуляцией сосудов [7]. Отрицательный хронотропный эффект сердца, способствующий компенсаторному снижению гемодинамики при ОКП, в первую минуту исследования приводит к понижению производительности работы сердца, но, по-видимому, недостаточен для стабилизации гемодинамики по сравнению с исходными значениями. Как и в исходном состоянии, в реакции на ОКП проявляются индивидуальные сезонные различия.

Под действием КОП изменения в кардиогемодинамике проявляются в активной компенсации кровоснабжения органов и систем. По сигналу с барорецепторов аортальной, синокаротидной зон и венозной части сосудистого русла сужаются резистивные сосуды, повышая периферическое сосудистое сопротивление. При этом, как нами было обнаружено, в быстрой перестройке кардиогемодинамики хронотропный компенсаторный

эффект сердечной деятельности в первую минуту исследования оказался близким к ритму сердечных сокращений в исходном состоянии. Наряду с этим замечена индивидуальная реакция кардиогемодинамики на ортопробу (см. рисунок). По-видимому, сниженные в положении КОП параметры кардиогемодинамики вне зависимости от сезона компенсируются «отсроченной» во времени мобилизацией систолической функции миокарда, что характеризует функциональную инертность механизма гетеро- и гомеометрического миогенного контура ауторегуляции деятельности сердца в первую минуту приспособления кардиогемодинамики к ортостатическому положению тела.

Данные о динамике корреляций по сезонам согласуются с результатами, полученными ранее [4]. На основании особенностей биоэлектрических процессов в миокарде было высказано предположение о том, что в холодный период года функциональная мобилизация миогенного механизма ауторегуляции деятельности сердца в ответ на вызванное понижение венозного возврата сопряжено с повышением физиологических затрат организма и, по-видимому, с большим напряжением этого звена в поддержании гомеостаза.

Таким образом, в ходе проведенных нами экспериментов установлено, что при усилении венозного возврата к сердцу интракардиальная реакция сопровождается повышением производительности сердца при сниженной ЧСС и имеет индивидуальные отличия.

При ограничении венозного возврата к сердцу обнаружена индивидуальная функциональная инертность миогенного механизма ауторегуляции в восстановлении сниженной кардиогемодинамики.

По-видимому, миогенный механизм ауторегуляции сердца при ограничении венозного возврата имеет больший временной лимит в организации гомеостаза сердечно-сосудистой системы северян, чем это необходимо при повышенной венозной гемоциркуляции в организме.

Зимой в отличие от лета большая инертность миогенного механизма ауторегуляции сердца, вероятно, связана с более низким исходным уровнем кардиогемодинамики.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М.: КРУК, 1997. 208 с.
2. Бойко Е. Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 190 с.
3. Бочаров М. И., Дерновой Б. Ф. Биоэлектрические процессы сердца при вызванной системной вазодилатации у мужчин в условиях Севера России // Физиология человека. 2005. Т. 31, № 1. С. 49–58.
4. Бочаров М. И., Дерновой Б. Ф. Биоэлектрические процессы сердца при вызванном усилении венозного возврата у человека на Севере // Экология человека. 2006. Прил. 4/1. С. 35–39.
5. Гудков А. В. Физиологическая характеристика нетрадиционных режимов организации труда в Заполярье: автореф. ... дис. д-ра мед. наук. Архангельск, 1996. 32 с.
6. Гудков А. В., Попова О. Н., Ефимова Н. В. Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда у уроженцев Европейского Севера 18–22 лет // Экология человека. 2012. № 9. С. 32–37.
7. Евдокимов В. Г., Рогачевская О. В., Варламова Н. Г. Модулирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 257 с.
8. Карпман В. Л., Парин В. В. Величины сердечного выброса // Физиология кровообращения. Физиология сердца. Л.: Наука, 1980. С. 271–272.
9. Карпман В. Л., Парин В. В. Изменения сердечного выброса при некоторых физиологических состояниях // Физиология кровообращения. Физиология сердца. Л.: Наука, 1980. С. 275–280.
10. Солонин Ю. Г. Широкие особенности физиологических функций у жителей Севера // Физиология человека. 1994. Т. 20, № 6. С. 137–143.
11. Унгурияну Т. Н., Гржибовский А. М. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Экология человека. 2011. № 5. С. 55–60.
12. Чазов Е. И. Будущее кардиологии в свете успехов медицинской науки // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2004. № 3, ч. 1. С. 6–10.
13. Чеснокова В. Н., Мосягин И. Г. Сезонная динамика параметров кардиореспираторной системы у юношей, проживающих на Европейском Севере России // Экология человека. 2009. № 8. С. 7–11.
14. Шиллер Н., Осипов М. А. Клиническая эхокардиография. М., 1993. 347 с.

References

1. Agadzhanyan N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Human Environmental Portrait in the North]. Moscow, 1997, 208 p. [in Russian]

2. Boiko E. R. *Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedeyatel'nosti cheloveka na Severe* [Physiological-biochemical principles of human life in the North]. Yekaterinburg, 2005, 190 p. [in Russian]

3. Bocharov M. I., Dernovoi B. F. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2005, vol. 31, no. 1, pp. 49-58. [in Russian]

4. Bocharov M. I., Dernovoi B. F. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2006, suppl. 4/1, pp. 35-39. [in Russian]

5. Gudkov A. V. *Fiziologicheskaya kharakteristika netraditsionnykh rezhimov organizatsii truda v Zapolyar'e (avto-ref. dok. dis.)* [Physiological characteristics of non-traditional modes of work organization in the Arctic (Author's Abstract of Doctoral Thesis)]. Arkhangelsk, 1996, 32 p. [in Russian]

6. Gudkov A. V., Popova O. N., Efimova N. V. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 9, pp. 32-37. [in Russian]

7. Evdokimov V. G., Rogachevskaya O. V., Varlamova N. G. *Moduliruyushchee vliyaniye faktorov Severa na kardiorespiratornyuyu sistemu cheloveka v ontogeneze* [Simulative effect of northern factors on human cardiorespiratory system in ontogenesis]. Yekaterinburg, 2007, 257 p. [in Russian]

8. Karpman V. L., Parin V. V. *Fiziologiya krovoobrashcheniya. Fiziologiya serdtsa* [Physiology of blood circulation. Physiology of the heart.]. Leningrad, 1980, pp. 271-272. [in Russian]

9. Karpman V. L., Parin V. V. *Fiziologiya krovoobrashcheniya. Fiziologiya serdtsa* [Physiology of blood circulation. Physiology of the heart.]. Leningrad, 1980, pp. 275-280. [in Russian]

10. Solonin Yu. G. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1994, vol. 20, no. 6, pp. 137-143. [in Russian]

11. Unguryanu T. N., Grzhibovskii A. M. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, no. 5, pp. 55-60. [in Russian]

12. Chazov E. I. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2004, no. 3, pt. 1, pp. 6-10. [in Russian]

13. Chesnokova V. N., Mosyagin I. G. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2009, no. 8, pp. 7-11. [in Russian]

14. Shiller N., Osipov M. A. *Klinicheskaya ekhokardiografiya* [Clinical Echocardiography]. Moscow, 1993, 347 p. [in Russian]

CARDIOHEMODYNAMICS CAUSED BY CHANGES IN VENOUS RETURN TO HEART OF NORTHERNERS

B. F. Dernovoy, *L. I. Irzhak

Medical-sanitary Unit of Ministry of Internal Affairs of Russian Federation in Komi Republic,
*Syktyovkar State University, Syktyovkar, Russia

In basketball players (n = 7, the average age 22 years), linear velocity of blood flow through the aortic valve (Vlin), the heart beats (HB), stroke volumes (SV) and cardiac output (CO) increased in June as compared to February. Under the orthoclinotest, Vlin, SV and CO increased, HB decreased. Clinooorthotests caused a decrease in Vlin and SV.

Keywords: cardiohemodynamics, clinooorthostatic, orthoclinostatic tests, venous return, seasons

Контактная информация:

Дерновой Бронислав Федорович – кандидат медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики, врач функциональной диагностики госпиталя ФКУЗ «Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми» г. Сыктывкара

Адрес: 167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Кутузова д. 9.

E-mail: dernowoy@yandex.ru