

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ-ПАУЭРЛИФТЕРОВ И ЗДОРОВЫХ ДОБРОВОЛЬЦЕВ В УСЛОВИЯХ УПРАВЛЯЕМОГО ДЫХАНИЯ

О.В. Колабин¹ *, Н.Е. Кушкова **, А.П. Спицин **

*ГБОУ ВПО Вятская ГСХА, г. Киров

**ГБОУ ВПО Кировская ГМА, г. Киров

На 39 испытуемых-добровольцах мужского пола (19 человек составили спортсмены, занимающиеся силовым троеборьем и 20 человек не занимающиеся спортом) в возрасте от 17 до 22 лет изучены общие закономерности частотной зависимости ВСР. Показано, что частота метрономизированного дыхания существенно влияет на показатели центральной гемодинамики, на мощность и структуру спектра ВСР и регуляцию в целом. Выявлены достоверные различия в изменениях гемодинамики и сердечного ритма при разной частоте дыхания у пауэрлифтеров по сравнению со здоровыми лицами.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, пауэрлифтинг, частота дыхания.*

Changes of central hemodynamics and hrv in powerlifters and healthy volunteers under conditions of controlled breathing. *General patterns of HRV frequency were studied in 39 male volunteers (19 men were athletes involved in power triathlon and 20 people not involved in sports) at the age of 17 to 22 years old. It is shown that the frequency of respiratory metronomised breath has a significant influence on central hemodynamics, the power spectrum of HRV and its structure and regulation in general. There were found out significant differences in changes of hemodynamics and heart rate at various breathing frequency in powerlifters compared to healthy individuals.*

Key words: *heart rate variability, power lifting, breathing frequency.*

Уровень здоровья человека напрямую зависит от качества и режимов функционирования регуляторных систем [4, 6, 7]. Известно, что восстановление физиологических функций после интенсивной мышечной деятельности является естественным свойством организма человека, существенно определяющим его функциональное состояние. Поэтому скорость и характер восстановительных процессов после физических нагрузок являются одним из критериев оценки адаптационных резервов организма испытуемых. Неинвазивным методом оценки состояния регуляторных систем является вариабельность сердечного ритма (ВСР) [4, 5, 6, 7, 12, 16].

Одним из наиболее контролируемых и эффективных методов воздействия на состояние регуляторных систем оказывается управление дыханием [9, 11, 12, 13,

Контакты: ¹ Колабин О.В. E-mail: <kalabinoleg@gmail.com>

14, 15]. Ядра блуждающих нервов расположены близко к дыхательным и находятся под их влиянием [16].

При этом, проблеме взаимоотношений частоты дыхания и спектральной мощности ВСП посвящен ряд исследований, однако внимание концентрируется на их отдельных свойствах, и в целом проблема не рассматривается.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование было включено 39 испытуемых-добровольцев мужского пола в возрасте от 17 до 22 лет. Все испытуемые предварительно были ознакомлены с содержанием исследования, получено информированное согласие на него. Измеряли артериальное давление и частоту сердечных сокращений согласно рекомендациям экспертов Всероссийского научного общества кардиологов (ВНОК, 2001). Запись ЭКГ в исходном состоянии производилась в положении лежа на спине, при ровном дыхании, в тихом спокойном помещении. В дальнейшем рассчитывали временные стандартизированные характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); среднеквадратичное отклонение последовательных RR-интервалов (SDNN, мс); стандартное отклонение разности последовательных RR-интервалов (RMSSD, мс); частоту последовательных RR-интервалов с разностью более 50 мс (pNN50, %); амплитуду моды (АМо, %); индекс напряжения (ИН, усл. ед.); показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, баллы). Вычисление SDNN является наиболее простой процедурой статистического анализа ВСП. Нормальные значения SDNN находятся в пределах 40-80 мс. RMSSD – показатель активности парасимпатического звена вегетативной регуляции отражает активность автономного контура регуляции. Чем выше значение RMSSD, тем активнее звено парасимпатической регуляции [1]. В норме значения этого показателя находятся в пределах 20-50 мс. Аналогичную информацию можно получить по показателю pNN50, который выражает в процентах число разностных значений более 50 мс. Индекс напряжения регуляторных систем (ИН) характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура регуляции. В норме ИН колеблется в пределах от 80 до 150 условных единиц.

Далее, на основе проведения спектрального анализа ВСП рассчитывали и анализировали частотные параметры: общую мощность спектра (TP), мощности в высокочастотном (HF, 0.16-0.4 Гц), низкочастотном (LF, 0.05-0.15 Гц) и очень низкочастотном (VLF, < 0.05 Гц) диапазонах [3, 8]. Обычно дыхательная составляющая (HF) имеет значение 15-25% суммарной мощности спектра [3]. Снижение этой доли до 8-10% указывает на смещение вегетативного баланса на сторону преобладания симпатического отдела. Если же величина HF падает ниже 2-3%, можно говорить о резком преобладании симпатической активности. Мощность низкочастотной составляющей спектра (LF) характеризует состояние симпатического отдела вегетативной нервной системы, в частности системы регуляции сосудисто-

го тонуса. По мнению многих авторов VLF характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, отражает состояние нейрогуморального и метаболического уровней регуляции. VLF может использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипоталамическим и корковым уровнем [1, 3]. В норме мощность VLF составляет 15—30% суммарной мощности спектра. Кроме того, вычисляли коэффициент LF/HF, отражающий баланс симпатических и парасимпатических регуляторных влияний на сердце. Условные обозначения показателей variability сердечного ритма (VSR) представлены в соответствии с международными стандартами оценки VSR и используемыми ориентировочными нормативами [3, 8].

Пробы с регулируемым дыханием являются одним из тестов, позволяющих оценить состояние сердечно-сосудистой системы, ее адаптационный потенциал. Проба с дыханием с частотой 6 циклов в минуту является стандартной и широко используется в медицинских и физиологических исследованиях. Ритм дыхания задавался с помощью разработанной нами компьютерной программы, которая позволяла генерировать ритмичные колебания в диапазоне от 3 до 30 в минуту, с шагом в 1 дыхательный цикл в минуту. Нами использованы два варианта управляемого дыхания: с частотой 6 циклов в минуту и 22 цикла 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, а также при управляемом дыхании 6 и 22 цикла в минуту. В последующем для каждого этапа рассчитывали показатели гемодинамики и сравнивали их с исходным состоянием.

Статистическая обработка материала. Результаты обрабатывали при помощи пакета программ "SPSS Statistics 17.0". Осуществляли определение средней (M) и ошибки средней (m). Результаты представлены в виде $M \pm m$. Характер распределения оценивали при помощи критерия Колмогорова-Смирнова ($n > 30$). Для анализа малых выборок (до 30 наблюдений) применяли непараметрические методы статистической обработки данных. При нормальном распределении переменных для определения различий между двумя независимыми группами использовали непарный t -критерий Стьюдента, а при непараметрическом – критерий Вилкоксона-Манна - Уитни. Для выявления связи между исследуемыми инструментальными показателями использовали методы корреляционного анализа для параметрических и непараметрических видов распределения - критерии Пирсона и Спирмена соответственно. Достоверными считали различия и корреляции при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Показатели центральной гемодинамики у пауэрлифтеров и здоровых добровольцев в исходном состоянии

В исходном состоянии систолическое и диастолическое артериальное давление не имело достоверных различий ($p=0,49$ и $p=0,59$ соответственно). Частота сердечных сокращений была достоверно выше у пауэрлифтеров (табл.1). Ударный объем не отличался, но МОК был выше в группе пауэрлифтеров, по видимому, за счет более высокой ЧСС. Ударный индекс оказался более высоким в контрольной группе (табл.1). Общее периферическое сопротивление было достоверно меньше у пауэрлифтеров. Более высокие значения МОК могут быть также обусловлены и более низким общим сосудистым сопротивлением. Вместе с тем удельное периферическое сопротивление (УПСС) не имело достоверных различий (табл.1). Вегетативный индекс Кердо (ВИК) у пауэрлифтеров указывал на активацию симпатического отдела ВНС по сравнению с группой контроля ($10,26 \pm 2,38$ усл. ед. против $-0,7 \pm 2,87$ усл. ед. в контроле, $p=0,002$). В целом адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы был ниже у пауэрлифтеров ($2,32 \pm 0,10$ балла против $2,05 \pm 0,05$ балла, $p=0,018$)

2. Изменение центральной гемодинамики у пауэрлифтеров и здоровых добровольцев при управляемом дыхании

При управляемом дыхании с частотой 6 циклов в минуту АДС и АДД значимо не отличались. Достоверные различия наблюдались по ЧСС (табл. 1). Как в группе контроля, так и в основной группе наблюдалось незначительное увеличение ЧСС. Если в основной группе наблюдалось снижение МОК, то в контрольной, наоборот, увеличение, хотя и не существенное. Как в основной, так и в контрольной группах имело место снижение ударного индекса (УИ), но более значительное у пауэрлифтеров (табл.1). В основной группе выявлено снижение сердечного индекса, а в группе контроля – увеличение. При данной частоте дыхания, как общее, так и удельное периферическое сопротивление сосудов не имели значимых различий по сравнению с исходным состоянием. В контрольной группе наблюдается снижение ОПСС, а у пауэрлифтеров – увеличение (табл. 1). Аналогичная закономерность с изменением ВИК. ВИК в основной группе уменьшался, а в группе контроля увеличивался. АП оставался более низким у пауэрлифтеров. Индекс кровоснабжения также был более низким у пауэрлифтеров ($56,37 \pm 2,51$ усл. ед. против $71,06 \pm 2,06$ усл. ед., $p=0,000$).

При управляемом дыхании с частотой 22 цикла в минуту, также как и при частоте дыхания 6 циклов в минуту, не выявлено достоверных различий в значениях АДС и АДД. В основной группе отмечена тенденция к увеличению ЧСС, а в контрольной, наоборот, к снижению. УО и ПД достоверно не отличались, но

МОК был существенно больше у пауэрлифтеров. Большие значения МОК у пауэрлифтеров достигаются за счет более высокой ЧСС (табл. 1). В обеих группах выявлены тенденции к снижению УИ, который был достоверно выше в контрольной группе. ОПСС в основной группе практически не изменялось, в то же время в контрольной группе оно увеличивалось по сравнению с фоновыми значениями. ОПСС было достоверно больше в контрольной группе (табл. 1). ВИК в контрольной группе становится отрицательным по сравнению с таковым при частоте дыхания 6 циклов в минуту и более отрицательным по сравнению с фоновыми значениями. В основной группе ВИК положительный и несколько меньше по сравнению с фоновыми значениями. В целом АП был достоверно ниже в основной группе (табл. 1).

Таблица 1

Изменения показателей центральной гемодинамики у пауэрлифтеров при дыхании с заданной частотой ($M \pm m$)

Показатели	Частота дыхания	Контроль (n=20)	Пауэрлифтинг (n=19)	* p
АДС, мм рт. ст.	Фон	123,30±2,23	124,16±3,17	0,496
	ЧД 6	119,55±2,20	121,84±3,91	0,574
	ЧД 22	122,05±1,97	123,74±3,29	0,588
АДД, мм рт. ст.	Фон	66,15±1,55	66,63±1,76	0,588
	ЧД 6	66,09±1,53	70,37±2,74	0,366
	ЧД 22	69,05±1,17	69,53±1,32	0,857
ЧСС, уд/мин	Фон	66,25±1,52	74,63±1,87	0,004
	ЧД 6	69,59±1,82	75,11±1,66	0,039
	ЧД 22	65,35±1,88	76,21±1,35	0,000
ПД, мм рт. ст.	Фон	57,15±2,68	57,53±2,23	0,749
	ЧД 6	53,45±2,37	51,47±3,04	0,824
	ЧД 22	53,00±2,02	54,21±2,50	0,428
УО, мл	Фон	77,80±2,07	76,84±1,38	0,901
	ЧД 6	75,99±1,89	71,57±2,36	0,261
	ЧД 22	73,98±1,49	73,44±1,26	0,813
СрГД, мм рт. ст.	Фон	85,20±1,29	85,81±2,07	0,270
	ЧД 6	83,91±1,39	87,53±2,83	0,448
	ЧД 22	86,72±1,14	87,60±1,84	0,607
МОК, мл	Фон	5141,19±168,23	5725,39±158,05	0,006
	ЧД 6	5265,36±161,14	5354,35±185,86	0,234
	ЧД 22	4830,11±164,07	5598,37±135,22	0,000
УИ, мл/м ²	Фон	45,14±1,19	39,05±1,19	0,002
	ЧД 6	44,26±1,32	36,39±1,54	0,001
	ЧД 22	43,23±1,28	37,36±1,20	0,006

СИ, л/мин/м ²	Фон	2,99±0,11	2,90±0,09	0,771
	ЧД 6	3,07±0,11	2,72±0,11	0,041
	ЧД 22	2,82±0,10	2,85±0,11	0,989
ОПСС, дин*с*см ⁻⁵	Фон	1354,03±48,25	1212,65±40,77	0,014
	ЧД 6	1297,13±43,25	1352,96±92,29	0,714
	ЧД 22	1465,75±47,97	1265,48±42,04	0,001
ВИК, усл. ед.	Фон	-0,70±2,87	10,26±2,38	0,002
	ЧД 6	4,19±2,56	6,30±2,83	0,327
	ЧД 22	-7,11±3,06	8,33±2,27	0,000
ДП, усл. ед.	Фон	81,64±2,34	93,36±4,20	0,030
	ЧД 6	83,24±2,82	92,30±4,52	0,084
	ЧД 22	79,97±2,94	94,67±3,61	0,004
УПСС, дин*с*см ⁻⁵ /м ²	Фон	29,28±1,22	30,24±1,36	0,945
	ЧД 6	28,14±1,25	33,78±2,54	0,067
	ЧД 22	31,69±1,34	31,77±1,68	0,813
АП, баллы	Фон	2,05±0,04	2,32±0,10	0,018
	ЧД 6	2,02±0,05	2,32±0,11	0,031
	ЧД 22	2,03±0,05	2,35±0,10	0,012
ИК, мл/мин*кг	Фон	72,43±1,97	58,02±2,46	0,000
	ЧД 6	71,06±2,06	56,37±2,51	0,000
	ЧД 22	72,91±2,16	58,03±2,37	0,000

*Примечание: АДС – систолическое артериальное давление; АДД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ПД – пульсовое давление; УО – ударный объем сердца; СрГД – среднее гемодинамическое артериальное давление; МОК – минутный объем кровообращения; УИ – ударный индекс; СИ – сердечный индекс; ОПСС – общее периферическое сопротивление сосудов; УПСС – удельное периферическое сопротивление сосудов; ВИК – вегетативный индекс Кердо; ДП – двойное произведение; АП – адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы; ИК – индекс кровоснабжения; * p – различия между группами.*

3. Изменение variability сердечного ритма у пауэрлифтеров и здоровых добровольцев при управляемом дыхании

Сравнительный анализ показателей ВСР у пауэрлифтеров и здоровых добровольцев при управляемом дыхании показал следующее. В исходном состоянии выявлены достоверные различия между группами по длительности R-R интервалов. RRNN в основной группе больше соответствовали нормотоническому типу регуляции, а в контрольной – ваготоническому (табл.2). Аналогичная закономерность прослеживалась по значениям SDNN, rMSSD, pNN50. Известно, что SDNN является суммарным показателем variability величин R-R за весь рассматриваемый период, характеризующий ВСР в целом [3], а рост SDNN указывает на усиление автономной регуляции. Значения АМо в основной группе указывали на

активацию гуморального канала регуляции, а в контрольной группе АМо сохранялась в пределах общепринятой нормы (табл.2). Существенные достоверные различия наблюдались в значениях ВР, ИВР и ВПР. Индекс напряжения в основной группе свидетельствовал о централизации управления СР и напряжении регуляторных механизмов (табл.2). Как известно, ИН характеризует степень преобладания симпатических влияний над парасимпатическими и уровень напряженности регуляторных систем [2]. В контрольной группе ИН соответствовал нормальным значениям. Для основной группы характерна централизация управления СР (табл. 2).

Существенные различия отмечены и в спектральных показателях СР. Общая мощность (ТР) была достоверно меньше в основной группе (табл.2). Интересно отметить, что доля VLF в спектре СР была практически одинаковой в обеих группах. Доля LF и, особенно, HF была достоверно ниже в основной группе. В настоящее время считается установленным, что HF-компонента спектра СР (0,15 - 0,4 Гц) связана с дыхательными движениями и отражает вагусный контроль СР, тогда как LF составляющая характеризует состояние симпатического отдела ВНС [8], и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса (активность вазомоторного центра). Кроме того, некоторыми авторами показано, что увеличение мощности LF-компоненты СР свидетельствует об улучшении барорефлекторной регуляции гемодинамики [10]. Не смотря на то, что частотные показатели снижались, различия значений соотношения LF/HF оставались не значимыми. Хотя у пауэрлифтеров данное отношение было существенно выше (табл.2). Известно, что динамика данного показателя свидетельствует об изменении баланса симпатического и парасимпатического компонента ВНС [3].

Как в основной, так и в контрольной группе при дыхании с частотой 6 циклов в минуту длительность R-R интервалов уменьшается, но значимые различия сохраняются (табл. 2). В обеих группах наблюдается увеличение SDNN, rMSSD, pNN50, при этом уровень различий был достаточно высоким, свидетельствующим об усилении парасимпатических влияний. На активность парасимпатического отдела ВНС также указывали изменения ВР и АМо. Причем увеличения вариационного размаха в группе пауэрлифтеров было более значительным. АМо снижалась практически одинаково как в той, так и в другой группе. Также у пауэрлифтеров отмечено более существенное снижение ИН (табл. 2), что указывает на ослабление центральных влияний в регуляции СР.

В основной и в контрольной группах отмечен рост общей мощности спектра, но абсолютные значения ТР были больше в контрольной группе. P_{vlf} изменяется не существенно в обеих группах. Характерно значительное увеличение доли LF-компонента, причем существенное в группе контроля. Увеличивается и доля HF, но в данном случае наибольший прирост регистрируется у пауэрлифтеров (табл. 2). Хотя тенденции в изменении спектральных показателей однонаправлены, значимые различия в мощности спектра сохраняются как в LF, так и в HF диапазонах. На усиление симпатических влияний указывает значительный рост коэффи-

циента LF/HF, более существенный в группе контроля. Характерен значительный рост индекса активации подкорковых центров, более значимый в контрольной группе (табл. 2).

Среднее значение длительности R-R интервалов при **частоте дыхания 22 цикла** в минуту у пауэрлифтеров уменьшается, а в контрольной группе – увеличивается (табл.2). На активацию симпатического отдела ВНС у спортсменов указывает уменьшение SDNN. Известно, что SDNN является суммарным показателем variability величин интервалов R-R за весь рассматриваемый период, характеризующий ВСР в целом [3], а рост SDNN указывает на усиление автономной регуляции. В контрольной группе уменьшение SDNN более выражено. rMSSD в основной группе практически не изменяется по сравнению с фоновыми значениями, в то же время в контрольной группе уменьшение rMSSD более существенно. Практически не изменяется и BP у пауэрлифтеров, в то же время в группе контроля он значительно уменьшается. Усиление гуморальных влияний выявлено как в основной, так и в контрольной группах (табл. 2). На усиление симпатических влияний в регуляции ритма сердца указывает увеличение значений ИВР и ВПР в контрольной группе. При этом в основной группе данный показатель изменяется мало. На усиление центральных влияний в регуляции ритма сердца в контрольной группе указывает значительный рост ИН. В то же время у пауэрлифтеров он остается без существенных изменений, хотя абсолютные значения ИН у них были значительно больше по сравнению с группой контроля.

При сравнении спектральных показателей между группами установлено снижение общей мощности спектра, более значительно в контрольной группе по сравнению с фоновыми значениями. Известно, что TP отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР. Вагусная активация обычно сопровождается увеличением TP [8]. Имело место не достоверное изменение LF и HF по сравнению с фоном. Достоверные различия между группами имели место только в диапазоне высоких частот (HF). Более высокая мощность HF компонента была в контрольной группе (табл. 2). Соотношение LF/HF было более высоким в группе пауэрлифтеров. Причем в контрольной группе оно практически соответствовало фоновым значениям, а у пауэрлифтеров увеличено в 1,6 раза по сравнению с исходным состоянием.

Таблица 2

Изменения показателей variability сердечного ритма у пауэрлифтеров при дыхании с заданной частотой ($M \pm m$)

Показатели	Частота дыхания	Контроль (n=20)	Пауэрлифтинг (n=19)	* p
RRNN, мс	Фон	906,55±10,92	790,95±19,84	0,001
	ЧД 6	878,14±9,29	764,20±17,81	0,000
	ЧД 22	916,66±13,55	774,86±14,45	0,000

SDNN, мс	Фон	62,43±2,65	41,34±4,08	0,004
	ЧД 6	90,35±2,26	64,46±4,39	0,000
	ЧД 22	45,75±2,14	38,99±3,62	0,341
rMSSD, мс	Фон	58,70±3,51	32,79±3,84	0,002
	ЧД 6	63,77±2,36	49,55±3,59	0,055
	ЧД 22	47,86±2,60	33,42±3,54	0,042
pNN50, %	Фон	14,81±1,03	7,61±1,87	0,013
	ЧД 6	15,68±0,47	12,76±1,27	0,077
	ЧД 22	14,36±1,18	8,60±2,03	0,056
AMo, %	Фон	34,40±1,11	43,64±3,20	0,052
	ЧД 6	23,77±0,65	35,12±2,36	0,000
	ЧД 22	42,91±1,27	50,17±4,00	0,311
BP, мс	Фон	315,70±10,36	171,77±15,54	0,000
	ЧД 6	340,27±7,03	234,82±15,18	0,000
	ЧД 22	221,70±9,75	171,88±14,53	0,069
IBP, усл. ед.	Фон	125,09±6,83	345,64±71,69	0,000
	ЧД 6	74,27±3,10	175,26±26,67	0,000
	ЧД 22	237,36±17,28	381,19±69,59	0,110
BIP, усл. ед.	Фон	3,92±0,14	9,54±1,43	0,000
	ЧД 6	3,82±0,11	6,68±0,60	0,000
	ЧД 22	6,02±0,31	9,23±1,07	0,010
IH, усл. ед.	Фон	71,83±4,08	238,45±54,73	0,000
	ЧД 6	46,46±2,06	126,90±20,80	0,000
	ЧД 22	138,74±9,95	264,49±51,92	0,060
CAT, %	Фон	293,27±20,34	338,77±85,06	0,729
	ЧД 6	75,03±5,65	98,05±29,96	0,900
	ЧД 22	356,66±50,41	371,16±93,21	0,988
TP, мс ²	Фон	3790,85±322,47	1675,77±344,70	0,001
	ЧД 6	8327,39±459,89	4229,96±642,89	0,000
	ЧД 22	1753,73±145,69	1292,87±261,61	0,177
VLF, мс ²	Фон	706,48±54,24	494,17±105,90	0,158
	ЧД 6	494,19±51,94	267,24±94,16	0,006
	ЧД 22	460,79±53,43	306,11±72,26	0,270
LF, мс ²	Фон	1020,22±62,49	605,12±156,20	0,005
	ЧД 6	6670,29±376,12	2632,05±575,80	0,000
	ЧД 22	500,79±41,77	586,72±180,26	0,460
HF, мс ²	Фон	1944,74±254,48	551,07±138,26	0,002
	ЧД 6	1139,91±105,81	1317,22±271,06	0,705
	ЧД 22	763,91±81,44	388,78±86,08	0,042
LF/HF, усл. ед.	Фон	1,04±0,09	1,68±0,31	0,158
	ЧД 6	9,52±0,86	4,54±1,27	0,007
	ЧД 22	1,04±0,14	2,62±0,74	0,104
Pvlf, мс ²	Фон	209,75±15,59	250,62±53,36	0,916
	ЧД 6	224,36±27,24	141,65±49,67	0,124
	ЧД 22	156,90±17,15	159,90±38,10	0,916

Plf, мс ²	Фон	551,68±32,19	333,63±75,00	0,013
	ЧД 6	2222,69±151,28	835,47±240,97	0,000
	ЧД 22	380,62±35,42	397,80±112,48	0,537
Phf, мс ²	Фон	2591,14±290,24	915,31±210,54	0,004
	ЧД 6	5796,16±396,86	3244,67±457,61	0,012
	ЧД 22	1025,78±98,31	725,90±160,21	0,187
LFnorm, nu	Фон	41,84±1,90	51,70±5,12	0,158
	ЧД 6	85,61±0,89	60,15±7,26	0,008
	ЧД 22	40,58±2,06	54,49±5,87	0,097
HFnorm, nu	Фон	53,15±2,02	45,14±5,10	0,187
	ЧД 6	14,00±0,87	39,56±7,29	0,007
	ЧД 22	56,88±2,13	44,13±5,78	0,125
ИАЦ, усл. ед.	Фон	3,00±0,13	3,18±0,85	0,187
	ЧД 6	27,58±3,91	15,27±6,09	0,036
	ЧД 22	6,55±1,61	4,29±1,39	0,729
ИЦ, усл. ед.	Фон	0,50±0,04	1,47±0,37	0,036
	ЧД 6	0,58±0,06	0,33±0,08	0,042
	ЧД 22	0,69±0,07	1,24±0,30	0,167

*Примечание: RRNN – средняя продолжительность R-R интервалов; SDNN – стандартное отклонение интервалов R-R на всей записи ЭКГ; rMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N-N; pNN50% – процент NN 50 от общего количества последовательных пар интервалов R-R, различающихся более чем на 50 мс; АМо – амплитуда моды; ВР – вариационный размах; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ВПР – вегетативный показатель ритма; ИН – индекс напряжения; САТ – индекс симпатoadреналового тонуса; ТР- общая мощность спектра; VLF – мощность спектра в диапазоне очень низких частот; LF – мощность спектра в диапазоне низких частот; HF – мощность спектра в диапазоне высоких частот; LF/HF – соотношение мощностей спектра диапазонов низких и высоких частот; Pvlf – мощность ультранизкочастотных колебаний; Plf – мощность низкочастотных колебаний; Phf – мощность высокочастотных колебаний; LFnorm – относительное значение мощности волн низкой частоты, выраженное в нормализованных единицах; HFnorm – относительное значение мощности волн высокой частоты, выраженное в нормализованных единицах; ИАЦ – индекс активации подкорковых центров; ИЦ – индекс централизации; *р – различия между группами.*

ВЫВОДЫ

1. У пауэрлифтеров дыхание с частотой 6 циклов и 22 цикла в минуту сопровождается активацией парасимпатического отдела ВНС. При этом достоверных различий в изменениях центральной гемодинамики при разных режимах дыхания, в отличие от контрольной группы, не происходит.

2. Дыхание с частотой 6 циклов в минуту в контрольной группе приводит к активации симпатического звена ВНС, а дыхание 22 цикла в минуту, наоборот, к увеличению вагусных влияний. Разные режимы дыхания сопровождаются достоверными различиями и в показателях центральной гемодинамики (МОК и ОПСС).

3. Дыхательная регуляция вносит весомый вклад в общую вариабельность сердечного ритма. В обеих группах при дыхании 6 циклов в минуту выявлено усиление симпатических влияний, на что указывает значительный рост коэффициента LF/HF, более существенный в группе контроля.

4. Дыхание с частотой 22 цикла в минуту у пауэрлифтеров не приводит к значимым изменениям сердечного ритма по сравнению с группой контроля. Вероятно, в процессе тренировок формируется определенная толерантность к изменениям в дыхательном цикле. Однако у пауэрлифтеров сохраняется высокая активация симпатического отдела ВНС, что отражается в высоких значениях соотношения LF/HF.

5. Достоверное изменение производных показателей ВСР свидетельствует, что дозируемое дыхание обеспечивает регуляцию сердечного ритма на разных уровнях: автономном, вегетативном, гипоталамо-гипофизарном, центральном, а, следовательно, способствует изменению адаптивных возможностей организма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. – 2001. – №24: – С. 66-85.

2. Баевский Р.М., Кирилов О.И. Математический анализ сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 220 с.

3. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. – Изд. второе, переработанное и доп.: – Иваново: ИвГМА, 2002. – 290 с.

4. Brown T. E. Important influence of respiration on human R-R interval power spectra is largely ignored. / T. E. Brown, L. A. Beightol, J. Koh [et al.] // J App Physiol. – 1993. – №75. – P. 2310–2317.

5. Fang Y. Effect of different breathing patterns on nonlinearity of heart rate variability. / Y. Fang, J. T. Sun, C. Li [et al.] // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. – 2008. – P. 3220-3223.

6. Kobayashi H. Does paced breathing improve the reproducibility of heart rate variability measurements? / H. Kobayashi // J Physiol Anthropol. – 2009. – №28(5). – P. 225-230.

7. Ng J. Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability after exercise. / J. Ng, S. Sundaram, A. H. Kadish [et al.] // Am J Physiol Heart Circ Physiol. – 2009. – № 297(4). – P. 1421-1428.

8. Heart rate variability: Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. – 1996. – V.93. – P. 1043-1065.
9. Perakakis P. Breathing frequency bias in fractal analysis of heart rate variability. / P. Perakakis, M. Taylor, E. Martinez-Nieto [et al.] // *Biol Psychol*. – 2009. – № 82(1). – P. 82-88.
10. Richter D. W., Spyer K. M Central regulation of autonomic functions. / *Cardiorespiratory control* – NY:Oxford Univ. Press, 1990. – P. 189-207.
11. Siepman M. A pilot study on the effects of heart rate variability biofeedback in patients with depression and in healthy subjects. / M. Siepman, V. Aykac, J. Unterdörfer [et al.] // *Appl Psychophysiol Biofeedback*. – 2008. – № 33 (4). – P. 195-201.
12. Shields R.W. Jr. Heart rate variability with deep breathing as a clinical test of cardiovagal function. / R.W. Jr. Shields // *Cleve Clin J Med*. – 2009. – № 76. – Suppl 2. – P. 37-40.
13. Stark R. Effects of paced respiration on heart period and heart period variability. / R. Stark, A. Schienle, B. Walter [et al.] // *Psychophysiology*. – 2000. – № 37. – P. 302-309.
14. Song H-S., The Effects of Specific Respiratory Rates on Heart Rate and Heart Rate Variability / H. S. Song, P. M. Lehrer // *Appl Psychophysiol Biofeedback*. – 2003. – № 28 (1). – P. 13-23.
15. Van de Louw A. Breathing cardiovascular variability and baroreflex in mechanically ventilated patients. / A. Van de Louw, C. Médigue, Y. Papelier et al.] // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. – 2008. – № 295(6). – P. 1934-1340.
16. Yabluchansky N. The heart rate variability (HRV) Point: Counterpoint discussion raises a whole range of questions, and our attention has also been attracted by the topic. // N. Yabluchansky, A. Kulik, A. Martynenko // *J Appl Physiol*. – 2007. – № 102. – P. 1715.