

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НА СПЕЦИАЛЬНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ В ПОЛОЖЕНИИ ЛЁЖА И ПРИ АКТИВНОМ ОРТОСТАЗЕ

А.В. Куприянов, В.В. Епишев

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Данное исследование вызвано практической необходимостью улучшения результатов у лыжников-гонщиков на средние и длинные дистанции на соревнованиях городского и областного значения. Научно-методическое обеспечение позволит проводить мониторинг регуляции кровообращения на этапах годового цикла подготовки.

Исследования регуляции кровообращения проводились на юных спортсменах, специализирующихся на средних и длинных дистанциях, концентрированно развивающих локальную мышечную выносливость (ЛМВ) ключевых мышц, обеспечивающих спортивную результативность.

Ключевые слова: регуляция кровообращения, медленноволновая активность, общая мощность спектра, середина спектра, нервная регуляция, гуморально-гормональная, объем-регулирующая, амплитуда револн сосудов, локальная мышечная выносливость, барорефлекторная регуляции.

Актуальность. Идея использовать изменение положения тела в пространстве в качестве входного воздействия для исследования гемодинамических величин реализована в практике функциональной диагностики давно [2, 3]. Эта проба дает важную информацию, прежде всего, для тех случаев, когда оценивается или прогнозируется функциональное состояние человека при проведении специфических видов работ или при занятиях различными видами спорта, характерным для которых является изменение положения тела в пространстве. Во всех этих видах деятельности ортостатическая устойчивость является необходимым условием профессиональной успешности человека. Обычно под влиянием систематических тренировок ортостатическая устойчивость повышается [3, 5].

Изменение маркеров регуляции центральной и периферической гемодинамики связано с тем, что при переходе тела из горизонтального положения в вертикальное в нижней его половине депонируется значительное количество крови. Очевидно, что перемещение объема крови при ортостазе почти целиком ограничивается областью низкого давления – объемом крови венозной сети, что в значительной степени связано с относительной пассивностью венозных стенок, их способностью к существенному растяжению [4].

В середине прошлого века в изучении процессов жизнедеятельности организма в норме и при патологии проведен анализ variability функционирования органов и систем, и в частности сердечного ритма. При этом особый интерес к изучению колебаний параметров кровообращения

связан с предположениями об их возникновении в результате деятельности различных отделов системы регуляции [1, 2].

Многочисленные исследования позволили установить, что высококачественные колебания (ВЧ, 0,15–0,5 Гц) физиологических параметров в медленноволновом диапазоне связаны с актом дыхания и опосредуются через изменения активности блуждающего нерва. Низкочастотные колебания (НЧ, 0,075–0,15 Гц), по мнению многих авторов, определяются нейросимпатической активностью и, по видимому, тесно связаны с барорегуляцией [2, 6].

Несмотря на многочисленные исследования, больше всего вопросов остается о колебаниях с частотой менее 0,075 Гц. Изучение variability функционирования кровообращения, в особенности с применением лабораторных гормональных и нейрофизиологических методов позволяет говорить о том, что низкочастотные колебания (НЧ, 0,025–0,075 Гц) связаны с гормональной регуляцией, а сверхнизкочастотные (СНЧ, менее 0,025 Гц) с деятельностью высших центров вегетативной регуляции [6].

Цель исследования: изучение спектральных характеристик центральной и периферической гемодинамики у лыжников-гонщиков на специально-подготовительном этапе в положении лёжа и при активном ортостазе.

Организация и методы исследования. Обследованию подвергались 25 лыжников-гонщиков (мальчики 13–15 лет) учебно-тренировочной группы на специально-подготовительном этапе (декабрь), тренирующихся с акцентом на развитие

ЛМВ в 50 % от всего времени тренировочного процесса. В период проходящих контрольных стартов в течение недельного микроцикла выполнялись специальные упражнения. Обследование проводилось на аппарате МАРГ 10.01 «Микролюкс». Спортсмены обследовались согласно инструкции, в позах лежа-стоя в день отдыха.

Получены 5 значений характеризующих систему кровообращения. Результаты обследования юношей и девушек представлены в таблице.

Получены 11 значений спектральных характеристик кровообращения (5 показателей). Результаты обследования спортсменов представлены в таблице. Интерпретация результатов проводилась согласно стандартам исследования медленноволновых колебаний параметров гемодинамики.

Как видно из таблицы при проведении ортостатической пробы средние значения ЧСС повысились на 15,2 уд./мин ($p \leq 0,05$), что по шкале И.Я. Рязанского 1972 г. соответствует хорошей оценки и обусловлено нормосимпатикотоническим типом реакции. Согласно литературным данным [2], основными механизмами реакции РС в первые секунды при активном ортостазе является рефлекторное учащение его в связи с сокращением мышц живота, конечностей и с последующим барорефлекторным изменением РС в связи с динамикой артериального давления. Также произошло значительное увеличение общей мощности спектра (ОМС) ($p \leq 0,05$), при этом значения F_m не изменились. В регуляции РС при переходе из горизонтального положения в вертикальное вегетативный баланс характеризовался доминирующим влиянием симпатического отдела ВНС и как следствие снижением парасимпатических регуляторных влияний. Вероятно, в основе существенного увеличения симпатических влияний лежит не просто реактивность сосудодвигательного центра, а его чувствительность к барорецепторной стимуляции, что и подтверждается увеличением вклада низкочастотных колебаний РС. Такое увеличение чувствительности афферентных структур в определенной мере может быть обусловлено низким уровнем АД.

При проведении ортопробы регуляция ударного объема (УО) осуществлялась посредством понижения общей мощности спектра (ОМС) на фоне снижения значений УО на 8 % ($p \leq 0,05$). Данный механизм можно объяснить тем, что при ортостазе происходит растяжение вен, вследствие чего уменьшается венозный возврат к сердцу по нижней полой вене и, главным фактором, уменьшающим сердечный выброс, является депонирование крови в сосудах нижней части тела [4]. При смене положения тела основной вклад в регуляцию внесли очень низкочастотные и низкочастотные колебания, что обуславливается повышением тонуса симпатoadренальной системы. Также на изменения значений УО оказывает механизм барорегуляции, который влияет на сопротивление

сосудов малого круга кровообращения. Доля высших центров ВНС и парасимпатические влияния не внесли значительный вклад в регуляцию УО.

Регуляция МОК является совокупностью механизмов регуляции ЧСС и УО и их медленноволновой variability, т. е. фактически не является самостоятельной флуктуирующей системой. При смене положения тела из горизонтального в вертикальное значение МОК существенно не изменилось. Это можно объяснить тем, что под влиянием силы тяжести за счет увеличения гидростатического давления вены нижней части туловища расширяются и могут задерживать дополнительно до 500 мл крови [4, 5]. Вследствие этого венозный возврат крови к сердцу снижается, вызывая падение УО.

Указанные изменения в системе кровотока запускают механизмы, направленные на их компенсаторную активацию. По сигналу с барорецепторов аортальной, синокаротидной зон и венозной части сосудистого русла сужаются резистивные сосуды. Особенно заметно сужаются сосуды в таких органах, как скелетные мышцы, кожа, брюшной участок. Параллельно с этим повышается ЧСС. Также происходит сужение резистивных и емкостных сосудов, сопровождающееся увеличением венозного возврата, что и является компенсаторным механизмом реакции МОК. Медленноволновая variability ОМС характеризовалась незначительным изменением ($p \leq 0,05$). Произошло достоверное увеличение доли СНЧ влияний и при этом достоверное снижение ОНЧ, НЧ. Также произошло снижение доли парасимпатических влияний ($p \geq 0,05$).

Величина среднего значения фракции выброса левого желудочка, отражающая сократительную способность миокарда, увеличилась незначительно ($p \geq 0,05$). Физиологические механизмы данного процесса можно объяснить несущественным повышением местного кровотока. Подтверждением этого является незначительное изменение МОК, при этом вероятно, что компенсаторная реакция произошла за счёт увеличения ритма сердца. F_m значительно не изменились. На регуляцию ОМС в исходном положении лёжа доминирующую роль оказали ОНЧ и НЧ воздействия. При этом произошло снижение доли высшей вегетативной регуляции и гуморально-гормональных влияний на 1,7 и 4,6 %, а активность симпатических и парасимпатических влияний возросла на 1,59 и 1,41 %.

В регуляции амплитуды револвны аорты (ATHRX), отражающей кровообращение крупных сосудов, произошли существенные изменения. С точки зрения оценки физиологических механизмов регуляции амплитуды револвны центральных сосудов, следует сказать, что сократительная активность мышечного слоя стенок артерий регулируется симпатическими нервными волокнами, идущими из головного мозга. Сосудосуживающие симпатические нервные волокна выбрасывают

Спектральные значения кровотока в положении лёжа – стоя (n = 25; M ± m)

Параметры	Пол	Среднее значение	Power, усл. ед.	Fm, Гц	P1, усл. ед.	P2, усл. ед.	P3, усл. ед.	P4, усл. ед.	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
HR – частота сердцебиений, уд./мин	Лёжа	69,27 3,39	28,87 5,86	0,09 0,005	2,60 0,96	7,76 1,17	8,97 1,26	9,55 1,04	9,27	28,27	37,13	25,47 4,96
	Стоя	84,29 2,77	67,38 10,23	0,10 0,005	7,90 1,11	22,24 3,98	19,27 3,12	17,97 3,60	7,21	28,43	42,07	22,29
SV – ударный объем, мл	Лёжа	40,53 0,87	9,22 0,78	0,07 0,002	0,47 0,039	2,74 0,21	4,81 0,71	1,17 0,41	7,01	30,01	52,07	11,07
	Стоя	37,50 0,36	7,48 0,37	0,11 0,008	0,60 0,093	1,95 0,60	4,13 0,35	0,79 0,006	5,79	18,79	44,43	9,50
CO – минутный объем крови, л/мин	Лёжа	4,87 0,61	0,07 0,009	0,11 0,003	0,01 0,002	0,01 0,001	0,03 0,003	0,03 0,005	4,20	14,93	50,60	30,27
	Стоя	4,93 0,82	0,11 0,017	0,11 0,004	0,00 0,00	0,02 0,002	0,05 0,006	0,05 0,010	4,43	12,07	50,14	26,14
EF – фракция выброса, %	Лёжа	57,67 5,30	10,46 1,09	0,14 0,024	0,92 0,042	1,77 0,32	3,08 1,39	1,20 0,14	7,18	25,03	46,27	17,80
	Стоя	58,08 2,40	7,13 0,56	0,10 0,05	0,44 0,49	1,65 0,55	3,42 0,35	1,62 0,09	5,43	20,43	47,86	19,21
ATHRX – амплитуда револвны аорты, мОм	Лёжа	10,73 1,03	3,96 0,42	0,14 0,01	0,17 0,037	0,68 0,067	1,93 0,14	1,21 0,93	3,47	17,20	34,87	17,53
	Стоя	12,17 2,17	2,29 0,55	0,13 0,01	0,07 0,014	0,26 0,037	1,04 0,36	0,91 0,084	4,64	17,64	32,57	16,57

Примечание. Power – общая мощность спектра; Fm – середина спектра; P1 – сверхнизкочастотные колебания; P2 – очень низкочастотные колебания; P3 – низкочастотные колебания; P4 – высокочастотные колебания.

адреналин в кровь, регулируя тем самым тонус артерий [5]. Подтверждением этого являются данные медленноволновой variability, где низкочастотный диапазон оказал доминирующую роль в регуляции колебательных механизмов ОМС.

Таким образом, во всех звеньях регуляции системы кровообращения при ортопробе доминировал вклад симпатического влияния, затем следовали гуморально-гормональные воздействия, парасимпатические и доля высших вегетативных центров ВНС. Относительно высокие показатели РС как в положении лёжа, так и в положении стоя могут быть связаны с недовосстановлением, так как обследование спортсменов проходило в период контрольных стартов. Также можно полагать, что это связано с особенностями данного возрастного периода, разной реактивностью, резистентностью и адаптацией центральных, автономных и периферических структур нейромоторного и нейросенсорного аппарата юных спортсменов.

Литература

1. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А.А. Астахов. – Челябинск, 1996. – Т. 1. – 154 с.
2. Бова, А.А. Особенности реакции сердечно-сосудистой системы человека на дозированную физическую нагрузку в зависимости от типа саморегуляции кровообращения / А.А. Бова, В.П. Фекета, Е.В. Капустин // Физиология человека. – 1993. – Т. 19, № 5. – С. 168.
3. Колебательная активность показателей функциональных систем организма спортсменов и детей с различной двигательной активностью: моногр. / А.П. Исаев, Е.В. Быков, А.Р. Сабирьянов и др.; под науч. ред. А.П. Исаева. – Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – 268 с.
4. Корнеева, И.Т. Ортостатическое тестирование в оценке функциональной готовности юных спортсменов / И.Т. Корнеева, С.Д. Поляков // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 2. – С. 14–22.
5. Михайлов, В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения / В.М. Михайлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Иваново: Ивановская ГМА, 2002. – 289 с.
6. Москаленко, Н.П. Ортостатическая проба в практике работы врача-кардиолога / Н.П. Москаленко, Г.А. Глезер // Врачебное дело. – 1976. – № 4. – С. 66–71.
7. Хаяутин, В.М. Спектральный анализ колебаний частоты сердечбиений: физиологические основы и осложняющие его явления / В.М. Хаяутин, Е.В. Лукошкова // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1999. – № 85. – С. 893–909.

Поступила в редакцию 20 сентября 2012 г.