УДК 612.17+612.18

ОЦЕНКА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ГЕМОДИНАМИКИ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ОРТОПРОБЕ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Плетнев А.А.[1], Быков Е.В.[2], Зинурова Н.Г.[1], Чипышев А.В.[1]

[1]ФБГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Челябинск, Россия (454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76), e-mail: artem2407@mail.ru
[2]ФБГОУ ВПО «Уральский государственный университет», Челябинск, Россия (454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1), e-mail: bev58@yandex.ru

Проведено изучение особенностей изменения активности уровней нейровегетативной регуляции показателей ритма сердца, ударного объема и артериального давления при активной ортостатической пробе. Полученные результаты отражают особенности переходных процессов гемодинамики у хоккеистов, которые характеризуют специфику адаптации к физическим нагрузкам в данном виде спорта. Показано, что происходит снижение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы не только в покое, но и при ортостатической пробе. Наряду с этим в регуляции ударного объема и тонуса крупных сосудов возрастает значимость надсегментарного уровня и гуморальных факторов регуляции как в покое, так и при проведении пробы. Такая активация может являться одним из механизмов компенсации снижения барорефлекторной чувствительности и обеспечивает согласованность реакций параметров центральной гемодинамики (частота сердечных сокращений, ударный объем и артериальное давление) при изменениях положения тела в пространстве, отражает высокий уровень ортостатической устойчивости спортсменов.

Ключевые слова: гемодинамика, спектральный анализ, ритм сердца, ударный объем, артериальное давление, переходные процессы.

EVALUATION OF TRANSIENT HAEMODYNAMICS ATHLETES DURING ORTHOSTATIC TEST BASED ON ANALYSIS OF SPECTRAL CHARACTERISTICS

Pletnev A.A.[1], Bykov E.V.[2], Zinurova N.G.[1], Chipychev A.V.[1]

[1]Soutn-Ural State Medical University (NIU), Chelyabinsk, Russia (454080, Chelyabinsk, prospectusname V.I. Lenin, 76), e-mail: artem2407@mail.ru
[2]Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia (454091, Chelyabinsk, street V.I. Lenina, 76), e-mail: bev58@yandex.ru

The study features of changes in activity levels autonomic regulation parameters heart rate, stroke volume and blood pressure during active orthostatic test. The obtained results reflect the characteristics of transient hemodynamics players that characterize the specificity of adaptation to physical stress in this sport. It is shown that a decrease in the activity of the sympathetic division of the autonomic nervous system is not only alone but also in the orthostatic test. Along with this, in the regulation of stroke volume of heart and tone of the growing importance of large vessels suprasegmental level and humoral factors of regulation , both at rest and during the trial. Such activation may be one of the mechanisms to compensate for the loss of baroreflex sensitivity reactions and ensures consistency central hemodynamic parameters (heart rate, stroke volume and blood pressure) when changes in body position in space, reflecting the high level of postural stability athletes.

Keywords: hemodynamics, spectral analysis of heart rhythm, stroke volume, blood pressure, transients.

Введение. Хоккей – один из популярных видов спорта, в котором достижение высоких спортивных результатов связано с дальнейшей интенсификацией как самой игры, так, соответственно, и учебно-тренировочного процесса. В настоящее время используется большое количество педагогических тестов для оценки различных сторон подготовленности хоккеистов, но они не отражают в полной мере функциональное состояние спортсменов. Ортостатическая реакция дает возможность изучить функциональные резервы вегетативной регуляции путем определения активности симпатического и парасимпатического отделов

автономной нервной системы и центральных механизмов регуляции; даже при таком малом уровне воздействия на сердечно-сосудистую систему, каковым является ортостатическая проба, рассогласование регуляторных механизмов может проявляться в виде вегетативной неустойчивости [1]. Устойчивость переходных процессов в ССС обеспечивается взаимодействием многочисленных локальных механизмов регуляции сердечной деятельности и тонуса кровеносных сосудов [2]. Результаты проведенных исследований подтвердили возможность возникновения нарушений во взаимодействии местных регуляторных механизмов при переходных процессах в ССС, вызванных изменением венозного возврата, параметров сокращения ЛЖ и тонуса артериального русла. Если влияние венозного возврата на параметры сокращения ЛЖ ограничено в основном гетерометрическим механизмом Франка-Старлинга и, как следствие, гомеометрическим механизмом Анрепа, то взаимодействие тонуса артериального русла с параметрами сокращения миокарда имеет более сложный механизм, не обеспечивая согласованности изменений этих параметров при переходных процессах в сердечно-сосудистой системе [9].

Однако имеются различные мнения по поводу оценки изменений активности уровней нейровегетативной регуляции при ортопробе. Оптимальными считают реакции, когда в большей степени снижается мощность ВЧ-колебаний РС, в наименьшей – НЧ-колебаний (как правило, у спортсменов с преобладанием автономной регуляции РС), что отражает оптимальное состояние регуляторных систем организма спортсменов. Реакции вегетативной нервной системы на изменение тела в пространстве зависят от исходных показателей и носят разнонаправленный характер у спортсменов разных специализаций. Так, у спортсменов, тренирующих силу, наблюдалось увеличение ОМС за счет увеличения НЧ-составляющей. При развитии скоростно-силовых качеств (хоккей) и выносливости (плавание) определены снижение ОМС и абсолютной мощности спектра всех его составляющих. Процент прироста соотношения НЧ/ВЧ при ортопробе составляет около 85%, доля ОНЧ-колебаний практически не изменяется и обычно не превышает 50% [7]. При выраженной парасимпатикотонии наблюдают выраженное снижение ВЧ- и ОНЧ-колебаний, а при преобладании активности центральных структур выявляют незначительную динамику в виде снижения мощности НЧ-колебаний и повышения мощности ОНЧ-колебаний – чем больше напряженность центральных структур, тем слабее реакции регуляторных систем на ортостаз [6]. Напротив, [4] считает при переходе в ортостаз закономерным рост относительной мощности НЧ-колебаний, что отражает активацию вазомоторного центра и симпатической регуляции ССС в ответ на перераспределение крови в положении стоя, с возрастом наблюдается отчетливый рост этого компонента. Отсутствие значимых изменений

спектральных характеристик РС при переходе в вертикальное положение наблюдалось у лиц с дезадаптивными реакциями на ортостаз [4].

Цель исследований: дать оценку активности уровней нейровегетативной регуляции ключевых показателей центральной гемодинамики.

Материал и методы исследования. Исследования проводились на базе научной лаборатории факультета физической культуры и спорта Южно-Уральского государственного университета и научной лаборатории кафедры спортивной медицины и физической реабилитации УралГУФК (2009–2013 гг.). В исследованиях принимали участие юноши-хоккеисты в возрасте 18–24 года, со стажем тренировок более 5 лет, n=28.

Оценка нейровегетативной регуляции центральной гемодинамики в горизонтальном и вертикальном положении (проба активного ортостаза, АОП) проведена на подготовительном (сентябрь) этапе методом импедансной реографии при помощи сертифицированной компьютерной технологии «Кентавр» фирмы «Микролюкс» (г. Челябинск). Нами изучены показатели в четырех диапазонах спектра: 1) ультра низкочастотный диапазон (УНЧ) – отражает активность метаболической регуляции; 2) очень низкочастотный диапазон (ОНЧ) – отражает активность высших центров вегетативной регуляции; 3) низкочастотный диапазон (НЧ) – отражает активность симпатического отдела ВНС; 4) высокочастотный диапазон (ВЧ) – отражает влияние парасимпатического отдела ВНС. Определялась суммарная мощность колебаний – общая мощность спектра (ОМС).

Результаты исследования и их обсуждение

В положении лежа у хоккеистов превалировали колебания в ОНЧ- и НЧ-диапазонах спектра, а по сравнению со спортсменами циклических видов спорта, в частности с пловцами [3], как ОМС, так и ВЧ-составляющая была в 1,5 раза меньше (табл. 1).

Таблица 1

Показатели общей мощности спектра ритма сердца и ее распределение по диапазонам в положении лежа и стоя (M±m)

Показатель	лежа	стоя	p
ОМС, мс^2	3368,40±181,22	3004,11±173,09	>0,05
УНЧ, мс^2	478,25±37,61	493,53±40,26	>0,05
ОНЧ, мс^2	1013,76±79,08	1111,48±82,03	>0,05
НЧ, мс^2	1064,28±69,89	1216,62±72,98	>0,05
ВЧ, мс^2	811,69±65,30	198,26±20,37	<0,001

Относительная мощность ВЧ-колебаний составляла 24,1%, НЧ-колебаний – 31,6%, ОНЧ – 30,1%; индекс вагосимпатического равновесия НЧ/ВЧ составлял 1,31±0,09 усл. ед.; индекс централизации (ОНЧ+НЧ/ВЧ) – 2,56±0,24 усл. ед. Состояние механизмов регуляции вегетативного тонуса расценивалось по А.М. Вейну (2000) как умеренная симпатикотония и

ненапряженный вегетативный баланс (ОНЧ<НЧ>ВЧ). Индивидуальные особенности спектральных характеристик РС: показатели относительной мощности колебаний в ОНЧ-диапазоне выше 30% ОМС выявлены у 5 хоккеистов (19%) и у 11 лиц контрольной группы (34,4%). Это может свидетельствовать о напряжении механизмов регуляции, и для более четкого выявления этого требуется проведение функциональных тестов, один из вариантов – активная ортостатическая проба – нами использован в ходе исследования.

Переход в вертикальное положение привел к уменьшению вариабельности РС (ОМС) за счет выраженного снижения активности парасимпатического отдела ВНС – мощности высокочастотных колебаний ($p<0,001$) по сравнению с исходным положением. Имелась тенденция к росту значений УНЧ. Абсолютная мощность НЧ- и ОНЧ-колебаний имела тенденцию к повышению в пределах 10–15%, $p>0,05$. Динамика относительной мощности колебаний в этих диапазонах имела такую же направленность, но была при этом более выраженной (увеличение составляло 20–25%) – итоговые значения превышали 37–40% от величины ОМС в положении стоя. Выраженное увеличение относительной мощности низкочастотных колебаний при выполнении АОП позволяет сделать заключение о перестройке регуляции РС, и прежде всего о значимости барорефлекторных механизмов и активизации симпатического отдела ВНС в обеспечении реакций ССС на гравитационные воздействия. Индивидуальный анализ реакций спектральных характеристик РС на АОП позволил выявить, что более высокая мощность НЧ-колебаний (НЧ>ОНЧ, вариант адаптивной реакции) была у 25 хоккеистов из 28 (88,2%).

Нами при спектральном анализе медленноволновой вариабельности показателя ударного объема не было установлено при ортопробе существенных сдвигов, что отражает стабильность регуляторных механизмов инотропной функции. У хоккеистов значимость гуморально-метаболических и интракардиальных факторов регуляции инотропной функции (УНЧ- и ОНЧ-колебания), составлявшая суммарно более 58%, являлась определяющей по сравнению с ролью ВНС (НЧ=36,8%, ВЧ=5,1%, всего 42%). Аналогичным образом выглядели спектральные характеристики спортсменов циклических видов спорта – пловцов, конькобежцев, лыжниц) [4; 5]. Изучение относительной мощности колебаний показало, что доля флюктуаций в НЧ-диапазоне от величины ОМС составила 42,5% при малозначимом уменьшении относительной мощности ВЧ-колебаний (4,8%). Доля ОНЧ- и УНЧ-колебаний снизилась до 52,7% (соответственно 40,8 и 11,9%) (таблица 2).

Анализ динамики спектральных характеристик ударного объема позволяет заключить, что принятие вертикального положения и связанного с ним снижения ударного объема явилось пусковым моментом для активизации интра- и экстракардиальных механизмов регуляции инотропной функции сердца спортсменов. Их соотношение при этом

зависит от особенностей учебно-тренировочного процесса: преобладание скоростно-силовых физических нагрузок преимущественно анаэробной направленности в сочетании с воздействием на вестибулярный аппарат хоккеистов приводит к адаптационным перестройкам, характеризующимся повышением роли надсегментарного уровня нейровегетативной регуляции инотропной функции не только в состоянии покоя, но и при пробе активного ортостаза.

Таблица 2

Показатели общей мощности спектра ударного объема и ее распределение по диапазонам в положении лежа и стоя (M±m)

Показатель	лежа	стоя	p
ОМС, усл. ед.	33,73±3,03	35,68±3,32	>0,05
УНЧ, усл. ед.	4,79±0,42	4,25±0,40	>0,05
ОНЧ, усл. ед.	14,81±1,24	14,56±1,37	>0,05
НЧ, усл. ед.	12,40±1,05	15,16±1,29	>0,05
ВЧ, усл. ед.	1,72±0,19	1,71±0,18	>0,05

С другой стороны, степень активации симпатического отдела ВНС у хоккеистов не была выраженной, что характеризует экономизацию деятельности сердца при гравитационных воздействиях и является элементом адаптационно-приспособительных изменений к специфике предъявляемых нагрузок.

Спектральные характеристики медленноволновой вариабельности среднединамического давления в различных диапазонах спектра в динамике представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели общей мощности спектра среднединамического давления и ее распределение по диапазонам в положении лежа и стоя (M±m)

Показатель	лежа	стоя	p
ОМС, усл. ед.	36,41±3,47	35,68±3,32	>0,05
УНЧ, усл. ед.	10,99±0,95	9,74±0,87	>0,05
ОНЧ, усл. ед.	19,81±1,60	18,27±1,34	>0,05
НЧ, усл. ед.	5,53±0,52	7,28±0,56*	<0,05
ВЧ, усл. ед.	0,07±0,02	0,04±0,01	>0,05

Тонус крупных сосудов определяется преимущественно гуморально-метаболическими факторами регуляции и в меньшей степени влиянием симпатического отдела ВНС. Вклад колебаний в УНЧ-диапазоне спектра составил 30,24%, ОНЧ-колебаний – 54,4% и доля НЧ-колебаний – 15,2%. Относительно низкий уровень симпатикотонии в состоянии покоя, по данным литературы, считается положительным итогом адаптации к физическим нагрузкам. Следует отметить, что у пловцов с различной направленностью

физических нагрузок относительная мощность ОНЧ колебаний составляла от 45 до 60%, аналогичные результаты получены в исследованиях лыжников [5]. ОНЧ-колебания характеризуют влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и рассматриваются как маркер связи сегментарных уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнем.

При переходе в вертикальное положение величина ОМС оставалась без изменений, что было связано со статистически малозначимыми изменениями мощности колебаний в УНЧ-, ОНЧ- и ВЧ-диапазонах спектра. Выявлено повышение активности симпатического отдела ВНС и барорефлекторных механизмов, заключавшееся в повышении на 30% абсолютной мощности НЧ-колебаний. Таким образом, регуляция артериального давления у хоккеистов при активной ортостатической пробе подчинялась преимущественно гуморально-метаболическим влияниям на фоне повышения активности симпатического отдела и барорефлекторных механизмов. Переход в вертикальное положение определял также тенденцию к снижению доли УНЧ-и ОНЧ-колебаний.

Менее существенное увеличение выброса катехоламинов (активизации симпатического отдела ВНС) в ответ на ортостаз может быть следствием снижения влияния ренин-ангиотензиновой системы на сосудистый тонус. Таких изменений механизмов регуляции у лиц, использующих только лишь рекреационные физические нагрузки, не наблюдается [8]. Значимыми механизмами регуляции средне-динамического артериального давления в вертикальном положении признаны активность надсегментарных структур и влияние на тонус крупных сосудов гуморальных факторов (ангиотензин II, вазопрессин, адреналин), уровень которых определяется влиянием на периферические эндокринные железы гипоталамо-гипофизарной системы. Роль вазопрессина заключается в синокаротидном прессорном рефлексе при падении давления в каротидном синусе, при этом физиологические концентрации гормона в крови не вызывают прессорной реакции из-за компенсаторного действия барорецептивных рефлексов. Отличие вазопрессиновой гипертензии от адреналиновой состоит в том, что сердечный компонент в прессорной реакции на вазопрессин отсутствует.

Заключение. Полученные нами результаты позволили выявить однонаправленность вектора изменений активности уровней нейровегетативной регуляции ключевых параметров центральной гемодинамики (хроно- и инотропной функции, тонуса крупных сосудов) у хоккеистов в процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам. Они заключаются в снижении активности симпатического отдела ВНС не только в покое, но и при пробе активного ортостаза. Установленное в исследовании повышение активности

надсегментарного уровня регуляции тонуса сосудов при АОП рассматривается, с одной стороны, как признак «вмешательства» высших вегетативных центров в активность нижележащих уровней управления, при котором активируются специфические механизмы регуляции артериального давления. С другой стороны, такая активация может являться одним из механизмов компенсации снижения барорефлекторной чувствительности и обеспечивает согласованность реакций параметров центральной гемодинамики (ЧСС, УО и СДД) при изменениях положения тела в пространстве, отражает высокий уровень ортоустойчивости спортсменов. Выявленные в настоящем исследовании адаптационные перестройки можно рассматривать как проявление специфики адаптации хоккеистов к сложно-координационным и скоростно-силовым нагрузкам, обеспечивающей высокий уровень спортивной результативности.

Список литературы

1. Атаханов Ш.Э., Робертсон Д. Ортостатическая гипотония и вегетативная недостаточность (механизмы и классификация) // Кардиология. - 1995. – № 3. – С. 13–43.
2. Берсенева И.А. Особенности вегетативной регуляции при ортостатической нагрузке у школьников // Физиология развития человека : матер. Междунар. науч. конф. – Новые исследования. – 2004. – № 1–2. – С. 80.
3. Быков Е.В., Эрлих В.В. Состояние сердечно-сосудистой системы и механизмов регуляции ее деятельности у юных пловцов на заключительном этапе предсоревновательного периода тренировок // Актуальные теоретические и практические аспекты восстановления и сохранения здоровья человека : сб. науч. тр. – Тюмень : Сити-Пресс, 2006. – С. 54–58.
4. Быков Е.В., Линин А.В., Чипышев А.В. Вариабельность показателей центральной гемодинамики у спортсменов с наличием вегетативных дисфункций и при их коррекции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2007. – № 2 (74). – С. 44–47.
5. Быков Е.В., Потапова Т.В., Бахарева А.С. Состояние кардиогемодинамики у девушек-спортсменок циклических видов спорта с различными типами кровообращения // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2009. – Выпуск 18. – № 7 (140). – С. 17–22.
6. Кириллова Т.Г., Шлык Н.И. Состояние регуляторных систем в покое и при ортостатическом тестировании у юных пловцов // Адаптивная физическая культура, спорт и здоровье: интеграция науки и практики : сборн. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа : РИЦ БашИФК, 2009. – Ч. I. – С. 253–257.

7. Кудря О.Н. Особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом при ортостатическом тестировании // Вестник ТГПУ. – 2011. – № 5. – С. 55–61.
8. Чипышев А.В. Влияние поверхностной рефлексотерапии и физических нагрузок на вариабельность показателей центральной и периферической гемодинамики лиц юношеского возраста : автореф. дис. … канд. биол. наук. – Челябинск, 2008. – 23 с.
9. Яхонтов С.В., Кулемзин А.В. Взаимодействие регуляторных механизмов при моделировании переходных процессов в сердечно-сосудистой системе // Вестник ТГПУ. – 2009. – № 3. – С. 12–15.
10. Яхонтов С.В., Кулемзин А.В., Чуфистова О.Н. Механизмы и факторы взаимодействия звеньев сердечно-сосудистой системы при переходных процессах (аналитический обзор, часть 1) // Вестник ТГПУ. – 2010. – № 3. – С. 149–155.

Рецензенты:
Кокорева Е.Г., д.б.н., профессор кафедры физического воспитания и спорта, Челябинский государственный университет, г. Челябинск.
Камскова Ю.Г., д.б.н., профессор, зав. кафедрой теоретических основ физической культуры, Челябинский государственный педагогический университет, г. Челябинск.