

УДК 612.176.4:612.8.05+371.1

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ДЕТЕЙ 15–16 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ АДАПТАЦИИ К ДЛИТЕЛЬНЫМ ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Скиба О.А.

*Сумский государственный педагогический университет имени А. С. Макаренко, Институт
физической культуры, Сумы, Украина
E-mail: olg-skib@yandex.ru*

Изучены особенности variability сердечного ритма у детей в условиях адаптации к длительным физическим нагрузкам. Определено, что характер вегетативной регуляции зависит от этапа тренировочного макроцикла. К завершению макроцикла у детей наблюдается активация парасимпатической нервной системы и автономного контура регуляции, что свидетельствует о высокой тренированности и адаптированности детей к физическим нагрузкам на данном этапе подготовки.

Ключевые слова: вегетативная регуляция, адаптация, физические нагрузки, симпатическая нервная система, парасимпатическая нервная система, дети.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из актуальных проблем физиологии спорта является изучение влияния физических нагрузок на особенности онтогенетического развития детей и подростков с целью достижения адекватного уровня функционирования систем жизнеобеспечения и минимизации физиологической “цены адаптации” [1–3].

Известно, что в качестве интегральной оценки адекватности нагрузок и адаптивных свойств организма используются функциональные возможности сердечно-сосудистой системы, которая является функциональной системой не только гомеостатического, но и адаптивного уровня, особенно у детей [4, 5].

Достаточно информативным методом оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы, степени напряжения регуляторных механизмов, физиологической “цены адаптации” является оценка variability сердечного ритма (ВСР), отражающая активность вегетативных механизмов регуляции сердечной деятельности [4]. Текущая активность симпатического и парасимпатического звена регуляции ритма сердца является кумулятивным результатом многоконтурной и многоуровневой реакции системы кровообращения на регулярные тренировочные нагрузки, позволяющие судить о регуляторно-адаптивном статусе организма в целом [1, 6, 7].

Современный уровень спортивных достижений показывает, что функциональные резервы организма человека, почти достигли своего предела,

практически исчерпаны возможности дальнейшего повышения объема и интенсивности физических нагрузок без риска нанести ущерб здоровью [3, 8, 9].

Таким образом, в связи с ранней спортивной специализацией и широким использованием больших по объему и интенсивности тренировочных нагрузок становится актуальным изучение адаптивных и регуляторных механизмов, прогнозирование риска развития дезадаптации на фоне снижения функциональных возможностей детского организма [10].

Целью настоящего исследования было определить особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у детей 15 – 16 лет в условиях адаптации к длительным физическим нагрузкам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 48 детей 15 – 16 лет, которые систематически занимались спортом, (5 – 6 дней в неделю, длительность тренировки 1,5 – 2 часа). Все спортсмены на момент обследования имели первый спортивный разряд. Обследование проводили в начале и в конце тренировочного макроцикла. Результаты исследования сопоставлялись с характером тренировочных нагрузок, спортивным стажем, сезонным циклом тренировок.

Для изучения вегетативной регуляции сердечного ритма у детей во временной и частотной области использовался прибор Cardiospektr (Solvaig, г. Киев) и его программное обеспечение. Анализировались параметры, которые рассчитывались в соответствии с кардиоритмологическими стандартами (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996) [11].

Статистический метод анализа вариабельности сердечного ритма (BCP) включал измерение следующих показателей: NN – средняя длительность кардиоинтервалов, SDNN – стандартное отклонение NN-интервалов, RMSSD – квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов, pNN50 – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве. Временной анализ BCP позволил определить величину вариационных показателей: Mo – моды, AMo – амплитуды моды, MxDMn – разности между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов, IN – индекса напряжения регуляторных систем. Спектральный метод анализа BCP позволил обнаружить различные частотные составляющие колебаний ритма сердца и количественно оценить их вклад в динамику ритма (TP – общая мощность спектра в диапазоне от 0,003 до 0,4 Гц, HF – мощность в диапазоне высоких частот 0,15-0,4 Гц, LF – мощность в диапазоне низких частот 0,04-0,15 Гц, VLF – очень низкочастотные колебания, мощность спектра в диапазоне 0,003-0,4 Гц). Для оценки баланса симпатических и парасимпатических влияний сердечного ритма использовалось отношение низкочастотной составляющей спектра к высокочастотной (LF/HF).

Полученные данные обработаны с помощью программ Microsoft Excel 2010 и STATISTICA 6.0.

Исследование выполнено согласно плану научно-исследовательской работы кафедры спортивной медицины и валеологии Сумского государственного педагогического университета им. А.С.Макаренко по теме “Физиолого-гигиеническое и психолого-педагогическое обоснование здоровьесберегающей деятельности в образовательных учреждениях”, государственный номер регистрации (№0109U004945).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ активности звеньев регуляции сердечно-сосудистой системы под влиянием занятий спортом в состоянии относительного покоя в начале и в конце тренировочного макроцикла позволил установить, что влияние вегетативной нервной системы на ритм сердца осуществлялось в равной степени как симпатическим, так и парасимпатическим отделом (фоновая эйтония). Выполнение дозированной физической нагрузки в начале тренировочного макроцикла сопровождалось активацией симпатического отдела вегетативной нервной системы и центральных контуров регуляции сердечного ритма, что проявлялось стабилизацией ритма сердца, уменьшением разброса длительности кардиоинтервалов, увеличением АМо и индекса напряжения ($t=1,83$; $p<0,1$).

Следует отметить, что к концу тренировочного макроцикла наблюдалось смещение вегетативного равновесия после физической нагрузки в сторону парасимпатического отдела, про что свидетельствует увеличение статистических показателей SDNN на $50,8\pm 7,71\%$, ($t=3,8$; $p<0,001$), RMSSD на $38,8\pm 7,52\%$, ($t=4,17$; $p<0,001$), pNN50 на $52,6\pm 7,70\%$, ($t=1,69$; $p<0,1$), по сравнению с фоновым состоянием (табл. 1).

Активацию автономного контура регуляции к завершению годового макроцикла также подтверждают достоверные изменения спектральных показателей ВСР.

Установлено, что мощность спектра низких (LF) и высоких (HF) частот после физической нагрузки была достоверно выше, ($t=2,22$; $p<0,05$) и ($t=2,59$; $p<0,05$) соответственно, нежели в исходном состоянии и имела аналогичную тенденцию в зоне очень низких частот (VLF), ($t=2,55$; $p<0,05$). Кроме того, отмечено снижение индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) на $40,1\pm 7,56\%$, ($t=2,51$; $p<0,05$), что свидетельствует о смещении баланса вегетативной регуляции сердечного ритма в сторону ваготонии.

Полученные результаты свидетельствуют о явлении индукции в результате активации более высоких уровней управления межсистемного гомеостатического механизма. Тот факт, что физическая нагрузка выполняется за счет изменения тонуса вагуса, говорит о высокой тренированности и адаптированности к физическим нагрузкам детей в конце тренировочного макроцикла. Если бы физиологическая “цена” нагрузки была выше, это неизбежно приводило к усилению симпатических влияний.

Таблица 1

Показатели вариабельности сердечного ритма у детей 15 – 16 лет на разных этапах годового макроцикла

Показатели	Периоды исследования			
	начало макроцикла		конец макроцикла	
	фон	после нагрузки	фон	после нагрузки
Статистические показатели				
NN, мс	850,0±189,1	767,3±133,0	726,8±91,6	656,7±154,0
SDNN, мс	152,7±73,0	97,8±41,8*	57,1±25,5	112,5±28,9 ^{##}
RMSSD, мс	198,9±124,1	121,3±55,7	50,5±30,6	130,3±41,4 ^{##}
pNN50, %	62,6±21,7	56,5±14,2	21,3±19,4	40,3±22,8**
Спектральные показатели				
VLF, мс ²	3432,9±2816,5	1446,8±1475,7	1015,1±555,6	3115,2±2266,5 [#]
LF, мс ²	3674,6±3532,3	5651,0±6499,3	1317,5±1250,7	3003,2±1599,1 [#]
HF, мс ²	4497,4±4340,5	2622,2±4415,5	1251,5±1844,5	5485,3±4147,2 [#]
LF/HF	0,50±0,29	0,83±0,39*	1,7±0,9	0,7±0,3 [#]

Примечание: * – значимые различия показателей после нагрузки по сравнению с исходным состоянием в начале макроцикла при $p < 0,1$;

** – значимые различия показателей после нагрузки по сравнению с исходным состоянием в конце макроцикла при $p < 0,1$;

– значимые различия показателей после нагрузки по сравнению с исходным состоянием в конце макроцикла при $p < 0,05$;

– значимые различия показателей после нагрузки по сравнению с исходным состоянием в конце макроцикла при $p < 0,001$;

По данным анализа ВСП были определены гендерные особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у детей в ответ на дозированную физическую нагрузку в начале и в конце тренировочного макроцикла.

В состоянии относительного покоя на разных этапах годового макроцикла не выявлены значимые половые различия, что согласуется с результатами других исследований и может быть связано со стабилизацией в 15 – 16 лет регуляции сердечного ритма, завершением адаптационных перестроек и формированием оптимальной регуляции к этому этапу онтогенеза [1, 7].

В начале тренировочного макроцикла при выполнении дозированной физической нагрузки у мальчиков и девочек была также определена однотипная реакция. У мальчиков в ответ на физическую нагрузку отмечалось снижение только статистического показателя SDNN ($t=1,65$; $p < 0,1$), по сравнению с фоновым состоянием. Это указывает на то, что мальчики не испытывают существенного напряжения на данном этапе годового макроцикла, что может свидетельствовать о адаптированности к этому виду деятельности.

Анализ данных ВСП у девочек позволил выявить достоверное снижение показателей RMSSD ($t=1,69$; $p < 0,1$) и pNN50 ($t=1,62$; $p < 0,1$), что отражает преобладание симпатической нервной системы в ответ на физическую нагрузку.

В тоже время, в конце тренировочного макроцикла, реакцией организма на дозированную физическую нагрузку у мальчиков была активация автономного контура регуляции, про что свидетельствует снижение активности вазомоторного центра (LF) ($t=2,28$; $p<0,05$) и усиление влияния дыхательных волн на ритм сердца ($t=1,61$; $p<0,1$), по сравнению с фоновым состоянием. Полученные данные указывают на высокий уровень тренированности и адекватность выполняемых физических нагрузок для мальчиков на данном этапе макроцикла.

У девочек в ответ на физическую нагрузку было отмечено снижение показателя VLF, который характеризует активность симпатического отдела вегетативной нервной системы ($t=2,31$; $p<0,05$) и повышение показателя низкочастотного компонента спектра (LF) ($t=2,06$; $p<0,05$), по сравнению с исходным состоянием, что закономерно отражается на симпатико-парасимпатикотоническом балансе, повышая влияния симпатической нервной системы на сердечный ритм ($t=2,4$; $p<0,05$).

Наблюдаемый рост активности симпатической нервной системы у девочек в ответ на дозированную физическую нагрузку в конце тренировочного макроцикла можно рассматривать как проявление не адекватной реакции на нагрузку. На данном этапе годовичного макроцикла подобная реакция свидетельствует о снижении функционального состояния регуляторных систем, а также напряжении адаптационных механизмов, что может служить донозологическим признаком развивающегося переутомления.

ВЫВОДЫ

1. Выполнение дозированной физической нагрузки в конце тренировочного макроцикла сопровождалось активацией парасимпатической нервной системы и автономного контура регуляции, что свидетельствует о высокой тренированности и адаптированности к физическим нагрузкам детей на данном этапе подготовки.
2. Отсутствие значимых половых различий статистических и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма в покое на разных этапах годовичного макроцикла свидетельствует о сходстве реакций на нагрузку у мальчиков и девочек.
3. На завершающем этапе тренировочного макроцикла реакцией организма на дозированную физическую нагрузку у мальчиков была выявлена активация автономного контура регуляции, что указывает на адекватность выполняемых физических нагрузок. У девочек установлено повышение активности симпатической нервной системы, что свидетельствует о снижении функционального состояния регуляторных систем, а также напряжении адаптационных механизмов на данном этапе подготовки.

Список литературы

1. Абзалов Р.А. Показатели адаптации растущего организма к различным двигательным режимам / Р.А. Абзалов, Р.Р. Нигматуллина, С.В. Морозова // Физиология развития человека. – 2000. – С. 57–58.
2. Кудря О.Н. Реакция на дозированные нагрузки организма спортсменов с различным типом вегетативной регуляции / О.Н. Кудря // Научное обоснование физического воспитания,

- спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту : материалы междунар. научно-практической конференции. – Минск : БГУФК, 2009. – Т. 1. – С. 97 – 100.
3. Псеунок А.А. Влияние спортивных физических нагрузок на регуляторно-адаптивные возможности юных дзюдоистов 10 – 12 лет / А.А. Псеунок, М.А. Муготлев // Вариабельность сердечного ритма : теоретические аспекты и практическое применение : материалы V всероссийского симпозиума с междунар. участием, 26 – 28 октября 2011 г. – Ижевск, 2011. – С. 322 – 329.
 4. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в клинической практике / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 70 – 82.
 5. Шаханова А. В. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов разных видов спорта по данным вариабельности ритма сердца / А. В. Шаханова, Я. К. Коблев, С. С. Гречишкина // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия : Естественно-математические и технические науки. – 2010. – Выпуск 1 (53).- С. 102 – 107.
 6. Gujjar A. R. Heart rate variability and outcome in acute severe stroke: role of power spectral analysis / A.R. Gujjar // Neurocrit Care. – 2004. – № 1 (3). – P. 347 – 354.
 7. Безруких М. М. Характер вегетативной нервной регуляции сердечного ритма у мальчиков и девочек 15–16 лет в покое и в процессе работы за компьютером / М.М. Безруких, Ю.Н. Комкова, С.Б. Догадкина // Альманах “Новые исследования”. 2011. – № 1 (26). – С. 39 – 51.
 8. Kεpezenas A. Influence of different-type physical loads on adolescents’ autonomic heart rate control / A. Kεpezenas, A. Vilkas, G. Varoneckas // Journal of human kinetics. V. 9. – 2003. – P. 73.
 9. Коробейников Г.В. Комплексна діагностика функціональних станів борців високої кваліфікації / Г.В. Коробейников, О.К. Дуднік // Спортивна медицина. – 2007. – № 2. – С. 65 – 68.
 10. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. / Н.И. Шлык. – Ижевск : Удмуртский университет, 2009. – 255 с.
 11. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of pacing and Electrophysiology. Heart rate variability / Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use // Circulation. – 1996. –Vol. 93. – P. 1043 – 1065.

Скиба О.О. Особливості вегетативної регуляції серцевого ритму у дітей 15 – 16 років в умовах адаптації до тривалих фізичних навантажень / О.О. Скиба // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013. – Т. 26 (65), № 1. – С. 200-205.

Вивчено особливості варіабельності серцевого ритму у дітей в умовах адаптації до тривалих фізичних навантажень. Визначено, що характер вегетативної регуляції залежить від етапу тренувального макроциклу. У кінці макроциклу у дітей спостерігається активація парасимпатичної нервової системи і автономного контуру регуляції, що свідчить про високий рівень тренуваності та адаптації дітей до фізичних навантажень на даному етапі підготовки.

Ключові слова: вегетативна регуляція, адаптація, фізичні навантаження, симпатична нервова система, парасимпатична нервова система, діти.

Skiba O.A. Peculiarities of vegetative regulation of heart rate variability in children 15 – 16 years in adaptation to long physical load / O.A. Skiba // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2013. – Vol. 26 (65), No. 1. – P. 200-205.

The peculiarities of heart rate variability in children in adapting to long exercise are studying. Determined, that the nature of the vegetative regulation depends on the stage of training macrocycle. At the conclusion of the macrocycle in children observed activation of the parasympathetic nervous system and the regulation of independent contour, which indicates a high fitness and adaptability of children to physical activity at this stage of training.

Keywords: vegetative regulation, adaptation, physical activity, sympathetic nervous system, the parasympathetic nervous system, children.

Поступила в редакцію 19.02.2013 г.