

СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ МАЛЬЧИКОВ-ПОДРОСТКОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТЯЖЕЛОЙ АТЛЕТИКОЙ

**С.Д. Чернявских,
М.З. Федорова**

*Белгородский
государственный
университет
Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: Fedorova@bsu.edu.ru

Изучено влияние физической нагрузки на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы мальчиков-подростков по показателям кардиоинтервалографии. Установлено, что занятия в секции тяжелой атлетики не оказывают отрицательного влияния на антропометрические параметры, показатели длительности сердечного цикла, частоты сердечных сокращений, амплитуды зубцов, длительности интервалов, электрической систолы, систолического показателя и вагосимпатического индекса.

Ключевые слова: мальчики-подростки, сердечно-сосудистая система, электрокардиография, функциональная проба.

Введение

Ведущим критерием состояния здоровья подрастающего поколения является, как известно, физическое развитие, уровень которого тесно связан с социально-экономическими и гигиеническими условиями жизни [1]. От нормального физического и нервно-психического развития, функционирования органов и систем детей и подростков зависит способность их организма сохранять устойчивость к экзогенным факторам, адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды. У детей, имеющих отклонения в состоянии здоровья, адаптационные возможности, как правило, ниже, чем у практически здоровых их сверстников [2]. Важнейшим элементом мониторинга состояния здоровья подрастающего поколения является наблюдение за ростом и развитием подростков старшей возрастной группы, стоящей на пороге взрослой жизни с ее социальными требованиями, возросшей физической и психической нагрузкой. Успешность их адаптации к условиям современной жизни в решающей степени может определить будущий репродуктивный и трудовой потенциал страны, ее развитие и уровень национальной безопасности [3]. В подростковом возрасте происходит значительная перестройка соотношений роста сердца и сосудов, обуславливающая своеобразие условий кровообращения, что требует внимательного и дифференцированного подхода в дозировании физической нагрузки, особенно с выраженными элементами статики.

Целью проведенного исследования было изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы мальчиков-подростков, занимающихся тяжелой атлетикой.

Материал и методы исследования

Исследования проведены на базе спортивного зала тяжелой атлетики СДЮСШОР № 3 г. Белгорода. Обследованы две группы подростков: 11-13 (младшие подростки, первая группа) и 14-17 лет (старшие подростки, вторая группа), по 11 человек в каждой группе. Все участники эксперимента имели стаж занятий не менее 6-и месяцев.

У всех обследованных определяли соматометрические (длина и масса тела, окружность грудной клетки) и физиометрические (артериальное давление на левой плечевой артерии) показатели [4]. Записывали и анализировали электрокардиограмму.

Регистрация ЭКГ проводилась в состоянии относительного покоя – лежа на спине после предварительного отдыха в течение 10-15 мин, а также на 1-й минуте после функциональной нагрузки в виде 20 приседаний за 30 сек. [5]. Запись ЭКГ проводили с помощью электрокардиографа «Аксион» при стандартном усилении 1 мВ =



10 мм, скорости лентопротяжного механизма – 50 мм/сек., в 12 общепринятых отведениях: трех стандартных (I, II, III), однополюсных, усиленных от конечностей (aVR, aVL, aVF) и шести однополюсных, усиленных грудных (V₁–V₆). Используя номенклатуру зубцов комплекса PQRS, анализировали и оценивали ЭКГ-показатели II отведения: длительность сердечного цикла, частоту сердечных сокращений (ЧСС), амплитуду зубцов P, Q, R, S и T, длительность интервалов P-Q, QRS, S-T и Q-T [6]; рассчитывали показатели – интегративный (ИП) как отношение амплитуд зубцов P и T [7] и систолический (СП) по формуле Фогельсона-Черногоорова: (Q-T/R-R)×100%.

Должную электрическую систолу определяли по формуле Базетта:

$$Q-T_{\text{долж}} = K \sqrt{R-R},$$

где K – константа, равная для мужчин 0.37, для женщин – 0.39.

Полученный цифровой материал был обработан статистически с использованием персонального компьютера (программа Excel и Statistica). Достоверность различий между группами оценивали по критерию Стьюдента [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные значения показателей физического развития младших и старших подростков, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что все антропометрические показатели обследуемых находились в пределах границ физиологической нормы [9]. При этом длина тела подростков возраста 14-17 лет отличалась от 11-13-летних незначительно.

Таблица 1

Показатели соматометрического и физиометрического развития подростков разных возрастных групп (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)

Параметры, единицы измерения	Возраст, лет	
	11-13	14-17
Длина тела, см	143.00±2.38	164.00±2.83
Масса, кг	44.50±1.04	60.75±4.53*
Окружность грудной клетки, см	70.75±1.03	87.25±4.29
Артериальное давление, мм.рт.ст.		
-систолическое	105.40±5.77	112.00±2.55
-диастолическое	65.00±2.89	70.00±2.00

Примечание: здесь и далее: * - достоверность различий по сравнению с младшими подростками p<0.05.

Масса тела обследуемых возраста 14-17 лет была на 9.7% (p<0.05) выше, чем в возрасте 11-13 лет. Это является свидетельством интенсивного наращивания мышечной массы спортсменов, занимающихся в секции тяжелой атлетики. Окружность грудной клетки у подростков второй группы была также выше на 6.3% в сравнении с испытуемыми первой группы.

Показатели артериального давления, характеризующего функцию сердечно-сосудистой системы, также соответствовали возрастной норме [10] (см. табл. 1).

По данным разных авторов, показатели ЭКГ (амплитуда зубцов, длительность интервалов) варьируют в широких пределах [5, 6, 7]. Исходя из этого, мы использовали для сравнения фоновые показатели (в покое) и показатели, полученные после физической нагрузки.

Значения основных параметров ЭКГ в исследуемых группах подростков до и после физической нагрузки представлены в таблицах 2-5.

С возрастными анатомическими изменениями параметров сердечно-сосудистой системы у подростков тесно связаны изменения функциональных показателей, одним из которых является частота сердечных сокращений. Этот показатель гемодинамики является одним из наиболее лабильных. Он изменяется в процессе роста и зависит как от факторов внешней среды (температура окружающей среды, голод), так и от внутренних (поражение сердца, эндокринные расстройства, анемия и др.)



факторов. Общеизвестно, что с нарастанием двигательной активности, увеличением массы скелетной мускулатуры совершенствуется нервная регуляция частоты сердечных сокращений. При этом у детей, занимающихся спортом, регистрируется склонность к брадикардии. Это происходит вследствие того, что интенсивные двигательные тренировки вызывают физиологическую гипертрофию миокарда. Гипертрофия как компенсаторное приспособление к нагрузке достигается удлинением и утолщением мышечных волокон сердца, что приводит к некоторому увеличению размеров полостей сердца. В нашем исследовании не наблюдалось явлений брадикардии у спортсменов. В целом частота сокращений сердца как в покое, так и после физической нагрузки находились в пределах границ физиологической нормы у подростков обеих групп, несмотря на достоверное увеличение данного показателя после нагрузки у 11-13-летних подростков [11, 12].

Таблица 2

Показатели длительности сердечного цикла и частоты сердечных сокращений при разных условиях регистрации ЭКГ (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)

Показатели, единицы измерения	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
Длительность сердечного цикла, с	0.76±0.04	0.58±0.04*
ЧСС, уд/мин	79.50±4.25	105.00±5.50*
14-17 лет		
Длительность сердечного цикла, сек	0.65±0.05	0.56±0.03
ЧСС, уд/мин	93.75±7.27	108.00±5.90

Примечание: см. табл. 1.

Таблица 3

Амплитуда зубцов ЭКГ при разных условиях регистрации ЭКГ, мВ (II отведение) (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)

Зубцы	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
P	0.14±0.02	0.19±0.01*
Q	0.08±0.01	0.03±0.01*
R	0.98±0.06	0.95±0.05
S	0.24±0.11	0.35±0.03
T	0.53±0.06	0.38±0.12
14-17 лет		
P	0.20±0.11	0.21±0.03
Q	0.09±0.04	0.11±0.49
R	1.34±0.41	1.48±0.05
S	0.28±0.04	0.05±0.06
T	0.34±0.06	0.32±0.01

Примечание: см. табл. 1.

Длительность сердечного цикла, являющегося совокупностью электрофизиологических, биохимических и биофизических процессов, происходящих в сердце на протяжении одного сердечного сокращения, рассчитывали по интервалу R-R. Как видно из таблицы 2, этот показатель снизился после физической нагрузки у подростков первой группы на 23.7% ($p < 0.05$), у испытуемых второй группы – на 13,8% соответственно, однако также находился в пределах границ физиологической нормы [6].

Как видно из таблицы, зубец P, характеризующий проведение возбуждения в предсердиях, после физической нагрузки увеличился в первой и второй группах испытуемых на 35.7 ($p < 0.05$) и 5.0% соответственно по сравнению с состоянием покоя. В обеих группах этот зубец положительный, что характеризует синусовый ритм.

Зубец Q, характеризующий возбуждение межжелудочковой перегородки и верхушки сердца, у обследованных спортсменов первой группы после нагрузки снизился на 62.5% ($p < 0.05$), во второй группе, напротив, увеличился на 22.2%.

Зубец R, характеризующий возбуждение основной массы мускулатуры желудочков, кроме основания и субэпикардального слоя, у испытуемых 11-13-летнего возраста снизился на 3.1%, а у испытуемых 14-17-летнего возраста, напротив, увеличился на 10.4% после физической нагрузки. При этом его значения, как в покое, так и после



физической нагрузки у испытуемых обеих групп были в пределах границ нормальных величин.

Амплитуда зубца S, отражающего состояние, когда возбуждены все отделы желудочков, кроме их основания, после физической нагрузки увеличилась на 45.8% в первой и снизилась на 82,1% во второй группе обследованных в сравнении с состоянием покоя.

Физические нагрузки, сопровождаемые учащением сокращений сердца, могут способствовать возникновению гипоксии миокарда. Для последней характерно снижение и инверсия зубцов T. Более тяжелые формы гипоксии миокарда вызывают появление гигантских положительных зубцов T. В возникновении этих изменений существенное значение принадлежит особенностям распространения возбуждения от субэндокардиальных к субэпикардиальным слоям миокарда желудочков [7]. Согласно опубликованным данным [13, 14], уплощение зубцов T может также соответствовать метаболическим изменениям в самом миокарде как результат нарушения энергообеспечения и рассогласования активности центральных и автономных структур его регуляции. В проведенных нами исследованиях младших и старших подростков амплитуда зубца T после функциональной пробы имела тенденцию к снижению соответственно на 28.3% и 5.9%, что может являться свидетельством того, что с возрастом адаптация к гипоксии значительно улучшается, а также стабилизируется регуляторная функция.

Кроме амплитуды зубцов нами была изучена длительность интервалов, результаты которых представлены в таблице 4, где видно, что после физической нагрузки у спортсменов первой группы длительность P-Q и S-T увеличилась на 13.3% и 3.4%, а у испытуемых второй группы на 27.8 и 19.2% ($p < 0.05$) соответственно снизилась в сравнении с покоем.

Известно, что соотношение длительности временных интервалов кардиоциклов отражает сопряженность вегетативных механизмов регуляции электрической активности сердца [13]. Следовательно, повышение во второй группе в сравнении с первой во временной структуре кардиоциклов доли интервалов P-Q в покое можно рассматривать как результат доминирующего влияния на электрическую активность сердца парасимпатического отдела ВНС, который через реализацию трофических эффектов блуждающего нерва активизирует энергетически более экономные и выгодные механизмы адаптивной активности миокарда [15, 16, 17, 18].

Длительность интервала QRS, характеризующего проведение возбуждения по рабочему миокарду желудочков, после функциональной пробы снизилась в первой и второй группе обследованных на 18.2 и 9.1% соответственно в сравнении с покоем.

Интервал Q-T является одним из наиболее важных параметров оценки ЭКГ. Его удлинение расценивается как маркер риска опасных желудочковых аритмий. Длительность интервала Q-T от начала зубца Q до конца зубца T отражает время, в течение которого желудочки находятся в электрически активном состоянии, и обозначается как электрическая систола. Установлена математическая зависимость между частотой сокращений сердца и длительностью интервала Q-T. Это так называемая должная электрическая систола. При нормальном состоянии сердца расхождения между фактической и должной систолой составляют не более 15% в ту или другую сторону. Полученные нами значения электрической фактической и должной систолы укладываются в данные параметры, что говорит о нормальном распределении волн возбуждения по сердечной мышце в обеих группах спортсменов как в покое, так и после функциональной пробы (см. табл. 4, табл.5).

Распространение возбуждения по сердечной мышце характеризует не только длительность электрической систолы, но и так называемый систолический показатель, представляющий отношение длительности электрической систолы к продолжительности всего сердечного цикла. В первой группе данный показатель повысился после нагрузки на 9.1%, во второй группе не изменился (см. табл. 5). При этом систолический показатель находился в пределах нормы в обеих группах испытуемых.



Таблица 4
Показатели длительности интервалов ЭКГ при разных условиях регистрации ЭКГ, сек. (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)

Показатели	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
P-Q	0.15±0.01	0.17±0.01
QRS	0.11±0.01	0.09±0.01
S-T	0.29±0.01	0.30±0.04
Q-T	0.33±0.02	0.33±0.04
14-17 лет		
P-Q	0.18±0.02	0.13±0.06
QRS	0.11±0.01	0.10±0.01
S-T	0.26±0.01	0.21±0.02*
Q-T	0.34±0.02	0.29±0.02

Таблица 5
Показатели электрической систолы, систолического показателя и вагосимпатического индекса при разных условиях регистрации ЭКГ (СДЮСШОР № 3 г. Белгорода, 2007 г.)

Показатели	Условие регистрации ЭКГ	
	В покое	После функциональной пробы
11-13 лет		
Электрическая систола, с	0.30±0.00	0.28±0.01
Систолический показатель, %	0.43±0.02	0.55±0.06
Вагосимпатический индекс	26.42	50.00
14-17 лет		
Электрическая систола, с	0.30±0.01	0.28±0.01
Систолический показатель, %	0.53±0.11	0.53±0.03
Вагосимпатический индекс	58.82	65.63

Вагосимпатический индекс характеризует отношение амплитуды зубца Р к зубцу Т. Увеличение данного показателя у спортсменов на 89.3% и 11.58% в первой и второй группах соответственно свидетельствует о повышении тонуса симпатической нервной системы после физической нагрузки, особенно выраженное в 11-13-летнем возрасте [7].

Заключение

Занятия в секции тяжелой атлетики не оказывают отрицательного влияния на антропометрические параметры, а также показатели, характеризующие функциональное состояние сердечно-сосудистой системы: длительность сердечного цикла, частоту сердечных сокращений, амплитуду зубцов, длительность интервалов, электрическую систолу, систолический показатель и вагосимпатический индекс мальчиков-подростков 11-13 и 14-17 лет.

Список литературы

1. Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. Возрастная физиология и школьная гигиена. – М., 1990. – С.53- 60.
2. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология // Физиология развития ребенка. – М., 2002. – С.28-30.
3. Ямпольская Ю. А. Оценка физического развития детей // Гигиена и санитария.- 1996.- №1.- С.27.
4. Гуминский А.А., Великанова Л.К. Практические занятия по возрастной физиологии и школьной гигиене. – М., 1992. – 132 с.
5. Макаров Л.М., Киселева И.И., Долгих В.В. и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей // Педиатрия. 2006. – № 2. – С. 4-10.
6. Шауцукова Л.З. Физиология сердечно-сосудистой системы: Учебное пособие для студентов вузов. – М., 2005. – 184 с.
7. Фролов М.В., Свиридов Е.П. Амплитуда Т-зубца ЭКГ как коррелят эмоционального напряжения // Высшая нервная деятельность. – 1974. – Т. 24, вып. 5. – С. 10-52.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М., 1980. – 293 с.



9. Усов И.Н. Здоровый ребенок: Справочник педиатра. – М.: Беларусь, 1984. – 207 с.
10. Синяков А.Ф. Секреты бодрости и здоровья. – М.: ЗАО Изд-во ЭКСМО – Пресс, 1999. – 464 с.
11. Власова И.Г., Торшин В.И. Альбом физиологических показателей в графиках, схемах, цифрах. – М., 1998. – 65 с.
12. Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Звезда И.В. и др. Состояние здоровья и физическая активность современных подростков // Гигиена и санитария. №3, 2002. – С. 52-55.
13. Баевский Р.М., Бондарчук В.И., Чернышев М.К. Временная организация ритма в эволюционном аспекте // Сравнительная электрокардиология. – Л., 1981. – С. 204-206.
14. Федоров Б.М. Стресс и система кровообращения. – М.: Медицина, 1991. – 320 с.
15. Аринчин Н.И. Эволюция и клиническое толкование электрокардиограммы и фаз сердечного цикла. – Минск, 1966. – 221 с.
16. Галанцев В.П. Электрокардиографический анализ приспособительных изменений автоматизма сердца у ныряющих млекопитающих // Сравнительная электрокардиология. – Л., 1981. – С.209-211.
17. Рощевский М.П. Эволюционная электрокардиография. – Л., 1972. – 252 с.
18. Смирнов А.И. Роль тонуса центров блуждающих нервов в экономной форме сердечной деятельности. – М., 1967. – С.52.

THE FUNCTIONAL STATE OF TEENAGERS' CARDIOVASCULAR SYSTEM GOING IN FOR WEIGHT LIFTING

**S.D. Chernyavskikh,
M.Z. Fedorova**

*Belgorod State University
Pobedy St., 85, Belgorod,
308015, Russia
E-mail: Fedorova@bsu.edu.ru*

The effect of physical loading on the functional state of teenagers' cardiovascular system according the cardiography data was studied. Nonnegative effect of weight lifting was determined in our experiment. Weight-lift training had no influence on anthropometric parameters, cardiac cycle, heart rhythm, peaks amplitude, electric systole, interval size, systole factor, vagosympathetic index.

Key words: teenagers, cardiovascular system, electrocardiography, functional probe.