

ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИКИ У ЮНЫХ ХОККЕИСТОВ

УДК/UDC 796.01:612

Поступила в редакцию 30.03.2017 г.



Информация для связи с автором:
bettydn@mail.ru

Доктор биологических наук, профессор **М.В. Шайхелисламова**¹
 Доктор биологических наук, профессор **Ф.Г. Ситдиков**¹
 Кандидат биологических наук, доцент **Н.Б. Дикопольская**¹
 Кандидат биологических наук, доцент **Г.А. Билалова**¹
 Доктор медицинских наук, профессор **Р.Г. Биктемирова**¹
 Кандидат биологических наук, доктор педагогических наук,
 профессор **Ф.Р. Зотова**²

¹ Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжско-го) федерального университета, Казань

² Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Казань

JUNIOR ICE HOCKEY PLAYERS' HAEMODYNAMICS ANALYSIS

Dr.Biol., Professor **M.V. Shaykhelislamova**¹

Dr.Biol., Professor **F.G. Sitdikov**¹

PhD, Associate Professor **N.B. Dikopolskaya**¹

PhD, Associate Professor **G.A. Bilalova**¹

Dr.Med., Professor **R.G. Biktemirova**¹

PhD, Dr.Hab., Professor **F.R. Zotova**²

¹ Institute of Fundamental Medicine and Biology of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

² Volga State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan

Аннотация

Авторами изучались возрастные особенности гемодинамики у хоккеистов 11-15 лет. В исследовании приняли участие 58 мальчиков 11-15 лет, обучающихся в спортивных специализированных классах школы № 1 г. Казани и занимающихся хоккеем с шайбой на льду, непрерывное наблюдение за которыми велось в течение 5 лет. При этом дети 11-летнего возраста находились на начальном этапе интенсивных мышечных тренировок. Исследовались также мальчики контрольного класса, занимающиеся физической подготовкой в объеме общеобразовательной школы (48 чел.). Для изучения функционального состояния сердечно-сосудистой системы был использован метод тетраполярной грудной реоплетизмографии с применением реографического комплекса «Рео-Спектр-2» (производства России). Результаты исследования позволили установить, что систематические мышечные тренировки оказывают доминирующее влияние на возрастную динамику сердечно-сосудистой системы юных спортсменов. Показано, что на фоне урежения частоты сердечных сокращений (ЧСС) и увеличения ударного объема крови (УОК) у них наблюдается существенное повышение систолического артериального давления (САД) в 11-14 лет и прогрессирующее повышение периферического сопротивления сосудов с возрастом, тогда как у детей контрольного класса эти параметры достоверно ниже. Срочная адаптация ССС к дозированной физической нагрузке у спортсменов сопровождается усилением спастических реакций сосудисто-го русла при отсутствии положительного сдвига УОК в 11-13 лет.

Ключевые слова: гемодинамика, хоккеисты 11-15 лет, дозированная велоэргометрическая нагрузка.

Annotation

The study was designed to analyse the age-specific haemodynamics in junior (11-15 years old) ice hockey players. Subject to the study were 58 boys from the special sports classes of School #1 in Kazan city trained in ice hockey groups and having the 5-years-long uninterrupted formal sport records. The 11 year-old subjects were at the beginner stage of intensive physical training process. The Reference Group for the study was composed of the boys (n=48) from general education school attending a standard physical education course. The cardiovascular system functionality was tested in the study by the tetrapolar chest rheoplethysmography using Reo-Spectrum-2 Rheograph (made in Russia). The study data was found to indicate that a systemic physical training may be of high effect on the junior athletes' age-specific cardiovascular system functionality. It was found that the 11-14 years old subjects' systolic arterial pressure (SAP) notably grows with the falling heart rates (HR) and the growing stroke volumes (SV) associated with the growing peripheral resistance of the blood vessels with age – versus the Reference Group subjects whose test rates were meaningfully lower. Fast adaptation of the 11-13 year-old athletes' cardiovascular system (CVS) to graded exercise is associated with spastic responses of the vessels with no positive changes in the stroke volumes (SV).

Keywords: hemodynamics, 11-15 year-old hockey players, graded cycle ergometry exercise.

Введение. Физические нагрузки являются мощным активатором для развития ССС растущего организма, совершенствования её нейрогуморальной регуляции [2]. Однако, несмотря на значительное количество работ, отражающих функциональное состояние ССС юных спортсменов, динамика её показателей оценивается, как правило, лишь с точ-

ки зрения тренированности детей [3, 5], при этом не учитывается влияние ряда эндогенных факторов, и в частности возрастных морфофункциональных преобразований ССС, нейроэндокринных перестроек периода полового созревания, вызывающих усиление симпатической импульсации в нервно-мышечный аппарат сердца и кровеносных сосудов,

существенно снижающей экономичность приспособительных реакций [6]. Роль симпатической регуляции в периоды подросткового «скачка», бесспорно, велика, её повышение биологически целесообразно и необходимо для завершения формирования морфологических и функциональных свойств ССС. Вместе с тем чрезмерные физические нагрузки способны превысить её физиологический уровень, что может не только изменить динамику эволютивных процессов в сердце, но и стать причиной кардиоваскулярных нарушений у молодых спортсменов. Всё это важно в связи с активным развитием детского и юношеского спорта, его изначальной направленностью на сохранение здоровья подрастающего поколения. Особый интерес представляет изучение гемодинамики юных хоккеистов, явившихся объектом настоящего исследования. Игра в хоккей с шайбой на льду, как один из видов спорта с ациклической направленностью тренировочного процесса, предъявляет повышенные требования к уровню скоростно-силовых и координационных способностей организма, результативность в которой определяется комплексным функционированием гемодинамики, вестибулярного, зрительного, двигательного анализаторов, степенью эмоциональной устойчивости игроков [8, 9].

Цель исследования – определить влияние систематических мышечных нагрузок на становление гемодинамики у мальчиков 11-15 лет.

Методика и организация исследования. В исследовании приняли участие 58 мальчиков 11-15 лет, обучающихся в спортивных специализированных классах (СК) школы № 1 г. Казани и занимающихся хоккеем с шайбой на льду, наблюдение за которыми велось непрерывно в течение 5 лет. При этом дети 11-летнего возраста находились на начальном этапе интенсивных мышечных тренировок. Исследовались также мальчики контрольного класса (КК), занимающиеся физической подготовкой в объеме общеобразовательной школы (48 чел.). Для изучения функционального состояния ССС был использован метод тетраполярной грудной реоплетизмографии с применением реографического комплекса «Рео-Спектр-2» (производства России). УОК рассчитывали по формуле Кубичека в модификации Ю.Т. Пушкаря [10], минутный объём крови (МОК) – как произведение УОК на ЧСС. Общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) рассчитывали по формуле Пуазейля [1], артериальное давление (АД) измеряли по методу Н.С. Короткова на полуавтоматическом приборе «МФ-30» (производства Японии). Определялось систолическое, диастолическое и среднее гемодинамическое давление (САД, ДАД, СГД) [11]. В качестве функционального теста использовалась дозированная физическая нагрузка, которая задавалась в течение 3 мин на велоэргометре «Ритм» ВЭ – 0,5 (производства Украины) и составляла 1,5 Вт на 1 кг массы тела.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенное исследование показало, что динамика различных параметров ССС у юных хоккеистов имеет особенности и отличия по сравнению с таковой у мальчиков КК. Так, у спортсменов 11 лет ЧСС равна $84,40 \pm 1,90$ уд/мин, с возрастом наблюдается её снижение до $65,66 \pm 1,02$ уд/мин, наиболее ярко выраженное от 14 к 15 годам ($p < 0,05$), что не противоречит закономерности становления хронотропной функции сердца у детей [2, 6], а также согласуется с результатами исследований о прямой зависимости между степенью урежения пульса и уровнем их двигательной активности [2]. Иная картина у мальчиков КК: на фоне постепенного снижения ЧСС от 11 к 13 годам (с $82,00 \pm 1,99$ до $75,80 \pm 1,34$ уд/мин) наблюдается её существенный прирост в 14 лет – на $7,56$ уд/мин ($p < 0,05$), который может расцениваться как пубертатный «скачок» ЧСС, связанный с усилением симпатической регуля-

ции деятельности сердца [6]. На стабилизацию или увеличение данного параметра ССС у подростков 13-15 лет со средним уровнем физического развития указывается и в других работах [7]. Далее было установлено, что УОК у хоккеистов в 11 и 12 лет практически не изменяется, находится на относительно высоком уровне и равен $54,90 \pm 1,33$ и $53,91 \pm 1,40$ мл, от 12 к 13 и от 14 к 15 годам отмечается его дальнейшее увеличение на $5,41$ и $7,42$ мл ($p < 0,05$). Это согласуется с исследованиями, проведенными на юных пловцах, лыжниках, гимнастах, согласно которым УОК увеличивается по мере роста тренированности юных спортсменов [3, 5]. У мальчиков, не занимающихся спортом, значения УОК на всех этапах исследования достоверно ниже, чем в спортивном классе, различия находятся в пределах от $11,84$ до $15,96$ мл ($p < 0,05$). Те же особенности выявлены и в отношении МОК, а именно его относительное повышение у хоккеистов 11, 12 и 13 лет по сравнению с контролем ($p < 0,05$).

Далее целесообразен анализ возрастных изменений ОПСС, так как сердечный выброс и периферическое сопротивление сосудов являются ведущими факторами в саморегулирующейся системе кровообращения. Особенностью динамики ОПСС у спортсменов является его повышение с возрастом и по мере увеличения тренированности подростков, что наиболее ярко проявляется от 12 к 13 и от 13 к 14 годам, когда прирост составляет $202,90$ и $327,18$ дин $\text{с}^{-1}\text{см}^{-5}$ ($p < 0,05$), в 15 лет наметившаяся тенденция сохраняется. У мальчиков КК, несмотря на относительно более высокий уровень ОПСС в 11 и 12 лет ($p < 0,05$), наблюдается его существенное снижение к 14 годам. Повышение тонуса сосудов у хоккеистов 11-15 лет, с одной стороны, может быть связано с анатомическими особенностями формирования сосудистой сети в период пре- и пубертата [6, 7], а с другой – выявленные отличия от мальчиков КК могут свидетельствовать о том, что именно повышенные физические нагрузки провоцируют прогрессирующее увеличение ОПСС у спортсменов с возрастом. Возникающая проблема повышения сосудистого тонуса настораживает, так как спазм артериол и рост периферического сопротивления сосудов могут являться ведущими факторами в патогенезе гипертонических состояний у детей [4, 11]. Это особенно важно в контексте с интенсивными мышечными нагрузками и должно вызвать пристальное внимание специалистов. Далее было показано, что различия в показателях ОПСС между мальчиками СК и КК в 11 и 12 лет вполне сопоставимы с величинами МОК. Так, повышенные значения МОК у спортсменов, в 1,5 и 1,3 раза превосходящие данные контроля, сопровождаются относительным снижением ОПСС в данном возрасте, то есть компенсируются возрастанием пропускной способности капилляров, что указывает на проявление механизма саморегуляции гемодинамики [12]. Вместе с тем уровень этой регуляции у юных хоккеистов оказывается недостаточным, о чем свидетельствуют результаты исследования АД, а именно неожиданно высокие значения САД в 11, 12, 13 и 14 лет, достигающие верхней границы нормы для здоровых подростков [11], – от $129,66 \pm 1,85$ до $131,24 \pm 2,00$ мм рт. ст. Это сопровождается и увеличением ДАД в 11 и 12 лет на $8,00$ и $7,18$ мм рт. ст., превосходящим значения мальчиков КК ($p < 0,05$), у которых САД ниже, чем у спортсменов, и не превышает $122,19 \pm 1,25$ мм рт. ст. Особого внимания заслуживает СГД как гемодинамическая константа, позволяющая судить о соответствии между сердечным выбросом и состоянием сосудистого тонуса. У юных спортсменов наблюдается стабилизация данного показателя на относительно высоких цифрах – от $91,73 \pm 1,93$ до $98,64 \pm 2,25$ мм рт. ст., тогда как у мальчиков, не занимающихся спортом, он ниже и не превышает $88,06 \pm 1,80$ мм рт. ст. Иначе говоря, увеличение СГД у спортсменов в сочетании с более высоки-

ми значениями МОК (в 11-13 лет) может указывать на снижение пропускной способности капилляров.

Несоответствие между сердечным выбросом и состоянием периферического кровообращения у юных хоккеистов особенно ярко проявляется после дозированной физической нагрузки, однако необходимо отметить, что реакция ССС зависит и от их возраста. Так, в 11, 12 и 13 лет наиболее ярко выражен хронотропный эффект, активность инотропной функции сердца снижена, а сдвиг ЧСС равен 20,33; 25,03 и 24,45% ($p < 0,05$) в каждом возрасте соответственно. При этом прирост УОК практически отсутствует, а увеличение МОК, составляющее 20,08, 21,57 и 24,38% ($p < 0,05$), обеспечивается за счет ЧСС. Отсутствие сдвига УОК у мальчиков на этапе срочной адаптации к повышенным физическим нагрузкам может быть связано с существенным донагрузочным напряжением инотропной функции сердца, когда сердечный выброс у спортсменов существенно превосходит его значения у детей КК. Эти данные могут указывать на проявление гомеостатического механизма регуляции гемодинамики – закона исходного уровня Уайдлера, согласно которому высокая исходная активность функционального состояния приводит к меньшим его изменениям при воздействии внешних импульсов [11]. Между тем увеличение в ответ МОК на дозированную нагрузку сопровождается одновременным увеличением ОПСС ($p < 0,05$) – в пределах от 15,18 до 27,80 %, наиболее ярко выраженном в 12 лет. При этом достоверно возрастает и ДАД, что в целом может указывать на несоответствие увеличивающегося объема циркулирующей крови пропускной способности капилляров, которое подтверждается математически значимым увеличением СГД (11, 12 лет) ($p < 0,05$). У спортсменов 14 и 15 лет наблюдается более сбалансированное соотношение хроно- и инотропной реакции сердца, возрастание роли последней в обеспечении МОК. Так, у хоккеистов 14 лет прирост ЧСС составляет 20,78% ($p < 0,05$), в 15 лет – 11,24% ($p < 0,05$), а УОК – 21,80% ($p < 0,05$) и 16,10% соответственно. При этом наблюдаются увеличение САД на 24,30% ($p < 0,05$) и на 20,33% ($p < 0,05$) и относительная стабилизация ДАД. Однако наблюдаемое при этом снижение ОПСС на 133,15 и 188,98 дин $\text{с}^{-1}\text{см}^{-5}$ является недостаточным при резком увеличении МОК на 38,25 и 40,05% ($p < 0,05$), что приводит к существенному возрастанию СГД ($p < 0,05$). Таким образом, МОК увеличивается без должного снижения периферического сопротивления сосудов, вследствие чего мышечная работа выполняется в условиях существенной нагрузки на артериальное русло. Не исключено, что возрастающий в данном случае сердечный выброс является компенсаторной приспособительной реакцией сердца, направленной на преодоление сопротивления резистивных сосудов [6]. Нарушение взаимодействия между сердечным выбросом и пропускной способностью сосудистого русла может свидетельствовать о самых ранних изменениях в регуляции кровообращения у детей, что может указывать на склонность к гипертоническим реакциям [4, 11].

Заключение. Полученные результаты позволяют утверждать, что 11-15-летний возраст является критическим и уязвимым периодом в развитии ССС мальчиков-спортсменов, требующим пристального врачебного контроля и коррекции режима спортивных тренировок.

Литература

1. Акулова Ф.Д. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / Ф.Д. Акулова. – М.: Медицина, 1996. – 416 с.
2. Аршавский И.А. Функциональные особенности сердца при физических нагрузках в возрастном аспекте / И.А. Аршавский. – Ставрополь: Мин. просв. РСФСР, 1977. – 234 с.
3. Вагапова А.М. Влияние способов плавания на показатели насосной функции юных пловцов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2009. – 22 с.

4. Делягин В.М. Доказательный анализ результатов суточного мониторинга артериального давления у детей и подростков / В.М. Делягин, Т.А. Новикова, С.П. Олимпиева // Системные гипертензии. – 2011. – Т. 8. – № 2. – С. 60.
5. Елистратов Д.Е. Особенности адаптации сердца юношей к физической нагрузке в зависимости от типа кровообращения и уровня двигательной активности: автореф. дис. ...канд. биол. наук / Д.Е. Елистратов. – Казань, 2013. – 22 с.
6. Калюжная Р.А. Физиология и патология сердечно-сосудистой системы детей и подростков. / Р.А. Калюжная. – М.: Медицина, 1973. – 325 с.
7. Крылова А.В. Адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы подростков на разных этапах пубертата / А.В. Крылова, О.К. Побежимова // Матер. V Всерос. школы-конф. с междунауд. участием «Физиология кровообращения». – М.: МАКС Пресс, 2012. – С. 87.
8. Мавлиев Ф.А. Особенности кардиогемодинамики юных хоккеистов 10-11 лет / Ф.А. Мавлиев, Ф.Р. Зотова, А.С. Самсыкин // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – № 11 (93). – С. 81-86.
9. Плетнев А.А. Особенности функционального состояния кардиореспираторной системы и статокINETической устойчивости хоккеистов-любителей: автореф. дис. ...канд. биол. наук / А.А. Плетнев. – Челябинск, 2010. – 24 с.
10. Пушкарь Ю.Т. Автоматизированное определение минутного объема крови методом реографии / Ю.Т. Пушкарь, А.А. Цветкова, Г.И. Хеймец // Бюл. Всесоюз. кардиол. науч. центра АМН СССР. – 1980. – № 1. – С. 45-48.
11. Спивак Е.М. Особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при первичной артериальной гипертензии у подростков / Е.М. Спивак, Н.В. Печникова // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – Т. 3. – № 3. – С. 155-157.

References

1. Akulova F.D. Instrumentalnyi metody issledovaniya serdechno-sosudistoy sistemy [Instrumental methods of cardiovascular research]. Moscow: Meditsina, 1996, 416 p.
2. Arshavskiy I.A. Funktsionalnye osobennosti serdtsa pri fizicheskikh nagruzhkakh v vozrastnom aspekte [Heart functionality during exercise in the age aspect]. Stavropol: Dep. Education RSFSR, 1977, 234 p.
3. Vagapova A.M. Vliyaniye sposobov plavaniya na pokazateli nasosnoy funktsii yunyh plovtsov. Avtoref. dis. kand. biol. nauk [Influence of swimming techniques on pumping function indices of junior swimmers. PhD diss. abstract]. Kazan, 2009, 22 p.
4. Delyagin V.M., Novikova T.A., Olimpiewa S.P. Dokazatelny analiz rezultatov sutochnogo monitorirovaniya arterialnogo davleniya u detey i podrostkov [Evidence analysis of results of daily monitoring of blood pressure in children and adolescents]. Sistemnye gipertenzii, 2011, vol. 8, no. 2, p. 60.
5. Elistratov D.E. Osobennosti adaptatsii serdtsa yunoshey k fizicheskoy nagruzhke v zavisimosti ot tipa krovoobrascheniya i urovnya dvigatelnoy aktivnosti. Avtoref. dipp. kand. biol. nauk [Peculiarities of young men's heard adaptation to physical activity depending on circulation type and level of motor activity. PhD diss. abstract]. Kazan, 2013, 22 p.
6. Kalyuzhnaya R.A. Fiziologiya i patologiya serdechno-sosudistoy sistemy detey i podrostkov [Physiology and pathology of cardiovascular system of children and adolescents]. Moscow: Meditsina publ., 1973, 325 p.
7. Krylova A.V., Pobezhimova, O.K. Adaptivnyye vozmozhnosti serdechno-sosudistoy sistemy podrostkov na raznykh etapah pubertata [Adaptive capabilities of cardiovascular system of adolescents at different stages of puberty]. Mater. V Vseros. shkoly-konf. s mezhdunad. uchastiem «Fiziologiya krovoobrascheniya» [Proc. V Vseros. school-conf. with intern. participation "Physiology of blood circulation"]. Moscow: MAX Press, 2012, p. 87.
8. Mavliev F.A., Zotova F.R., Samsykin A.S. Osobennosti kardiogemodinamiki yunyh hokkeistov 10-11 let [Features of cardiohaemodynamics of junior hockey players aged 10-11 years]. Uchenye zapiski un-ta im. P.F. Lesgafta, 2012, no. 11 (93), pp. 81-86.
9. Pletnev A.A. Osobennosti funktsionalnogo sostoyaniya kardiorespiratornoy sistemy i statokinicheskoy ustoychivosti hokkeistov-lyubiteley: avtoref. dis. kand. biol. nauk [Features of functional state of cardiorespiratory system and statokinetic stability of amateur hockey players. PhD diss. abstract]. Chelyabinsk, 2010, 24 p.
10. Pushkar J.T., Tsvetkova A.A., Heimets G.I. Avtomatizirovannoe opredelenie minutnogo objema krovi metodom reografii [Rheography for automated assessment of minute volume]. Byul. Vsesoyuz. kardiol. nauch. tsentra AMN SSSR, 1980, no. 1, pp. 45-48.
11. Spivak E.M., Pechnikova N.V. Osobennosti vegetativnoy regulyatsii serdechno-sosudistoy sistemy pri pervichnoy arterialnoy gipertenzii u podrostkov [Features of autonomic regulation of cardiovascular system in primary arterial hypertension in adolescents]. Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik, 2012, vol. 3, no. 3, pp. 155-157.