

10. Montgomery, H. Angiotensin-converting enzyme gene insertion / deletion polymorphism and response to physical training / H. Montgomery [et al.] // Lancet. – 1999. – Vol. 53, № 9152. – P. 541–545.
11. Insertion / deletion polymorphism of the angiotensin I-converting enzyme end arterial oxygen saturation at high altitude / D. Woods [et al.] // Fm. J. Respir. Crit. Care Med. – 2002. – Vol. 166, № 3. – P. 362–366.
12. Hanukoglu, I. Steroidogenic enzymes: structure, function, and role in regulation of steroid hormone biosynthesis / I. Hanukoglu // J. Steroid Biochem. Molec. Biol. – 1992. – Vol. 43, № 8. – P. 779–804.
13. Гилеп, А.А. Структура и функция стероид 17 α -гидроксилазы / 17,20-лиазы / А.А. Гилеп, С.А. Усанов // Биорегуляторы: исследования и применение: сб. науч. тр. / под ред. Ф.А. Лахвича. – Минск, 2009. – Вып. 2. – С. 192–211.
14. A Common promoter variant in the cytochrome P450c17a (CYP17) gene is associated with bioavailable testosterone levels and bone size in men / J.M. Zmuda [et al.] // J. of bone and mineral research. – 2001. – Vol. 16, № 5. – P. 911–917.
15. CYP17A1 gene polymorphisms: prevalence and associations with hormone levels and related factors. a huge review / L. Sharp [et al.] // Am. J. of Epidemiology. – 2004. – Vol. 160, № 8. – P. 729–740.
16. Взаимосвязь структурного полиморфизма гена CYP17A1 (С/Т-34) с биохимическими и биоэнергетическими характеристиками человека / И.Л. Гилеп [и др.] // Вестник фонда фундаментальных исследований. – 2009. – № 4. – С. 118–125.

Поступила 19.05.2010

ВАРИАНТЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ГИПЕРТРОФИИ СЕРДЦА СПОРТСМЕНОВ-ЛЕГКОАТЛЕТОВ В СВЯЗИ С НАПРАВЛЕННОСТЬЮ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Е.Б. Комар,

Белорусский государственный университет физической культуры

В результате ультразвукового исследования сердца спортсменов-легкоатлетов высокой квалификации, занимающихся различными видами легкой атлетики, установлены варианты физиологической гипертрофии миокарда в ответ на физическую тренировку. Выявлена закономерность увеличения массы миокарда у спортсменов, занимающихся различными видами легкой атлетики.

Forms of physiological myocardial hypertrophy in elite track-and-field athletes of different specialties in response to physical training were stated in the process of ultrasound investigation. Regularity of myocardial mass growth in athletes of different track-and-field specialties was determined.

Высококвалифицированным спортсменам в течение профессиональной деятельности присущи многолетние физические нагрузки, которые вызывают как морфологическую, так и положительную функциональную адаптацию сердца,

затрагивающую все его камеры. Однако определенные сдвиги гемодинамических и морфометрических показателей вызывают также физические тренировки любой интенсивности. Морфологические изменения, характерные для «спортивного» сердца, не имеют патологической природы и зависят от характера мышечной нагрузки – статическая или динамическая.

В период интенсивного тренировочного процесса в ответ на перегрузку изменяются структура и функции сердца, что приводит к развитию ремоделирования миокарда. При этом увеличивается масса миокарда, расширяются полости сердца, а также изменяются геометрические характеристики желудочков. Ремоделирование представляет собой динамический процесс изменения толщины миокарда, размера и формы камер сердца, дисфункции правого и левого желудочков [1]. Увеличение размеров сердца является следствием либо расширения его полостей, либо утолщения стенок желудочков. В научной литературе, начиная с 2001 года, появился ряд работ, которые рассматривают процесс ремоделирования сердца на ультраструктурном уровне. Оказалось, что прогрессированию ремоделирования левого и правого желудочков и развитию сердечной недостаточности способствует повреждение митохондрий кардиомиоцитов, сопровождающееся образованием активных радикалов кислорода [5, 7, 8].

В настоящее время осуществляется диагностика различных морфологических изменений сердца при отборе к занятиям спортом и дозировании физических нагрузок – изучаются положительные сдвиги, возникающие в сердечно-сосудистой системе при адаптации к постоянно возрастающим физическим нагрузкам. Кроме того, все большее место занимают исследования возможных отрицательных изменений состояния сердечно-сосудистой системы, возникающих при нерациональном использовании физических упражнений [5, 8].

Результаты динамических наблюдений показали, что гипертрофия миокарда возникает в основном уже в первые годы напряженной тренировки, после чего формируется индивидуально-оптимальный вариант адаптации сердца, который в последующем времени поддерживается в ходе напряженной тренировки, сравнительно мало меняясь в зависимости от динамики тренированности. Четкой корреляции со спортивным стажем и уровнем мастерства до настоящего времени не выявлено [7, 8].

Сердце спортсмена может быть больших размеров по сравнению с нетренированными людьми, однако, гистологическая его структура при этом не изменяется.

Остановимся отдельно на тех адаптивных структурных изменениях в сердце спортсменов, которые составляют понятие физиологической гипертрофии.

Наибольшую работоспособность спортсменов обеспечивает оптимальный адаптированный вариант соотношения толщины стенки желудочков и размеров их полостей [2, 4, 11]. Это способствует тому, что сердечный выброс достигает таких величин, которые позволяют спортсмену выдерживать максимальные физические нагрузки. При этом происходит увеличение абсолютной толщины стенок и правых, и левых камер сердца.

Все виды физических нагрузок можно разделить на динамические (изотонические) и статические (изометрические). Динамические нагрузки приводят к увеличению нагрузки объемом, а статические – к нагрузке давлением.

У интенсивно и длительно тренирующихся спортсменов развивается естественная адаптивная комбинация, включающая расширение полости левого желудочка и увеличение толщины его стенки, что влияет на увеличение массы миокарда левого желудочка. Данные показатели различаются у спортсменов с силовой направленностью тренировочного процесса и у спортсменов, специализирующихся в видах спорта, где доминирующим является показатель выносливости. Показатели расширения полости левого желудочка имеют большие значения в динамических видах спорта, направленных на развитие выносливости, в то время как увеличение толщины стенки левого желудочка немного превалирует в статических видах спорта и динамических с преимущественным проявлением силы [2, 5, 10].

Различают два типа гипертрофических изменений левого желудочка сердца спортсменов – концентрическая и эксцентрическая гипертрофии.

Увеличение толщины стенки левого желудочка, а, следовательно, и массы миокарда, без изменений размеров полости левого желудочка приводит к развитию концентрической гипертрофии. Расширение же полости левого желудочка и пропорциональное увеличение толщины его стенки является эксцентрическим типом гипертрофии [6, 10].

У спортсменов с преобладанием динамического компонента в физической нагрузке отмечается увеличение диаметра полости левого желудочка и умеренное утолщение его стенки. У данной группы спортсменов при эхокардиографическом исследовании наблюдается небольшое симметричное утолщение стенки левого желудочка в сочетании с увеличенными конечно-диастолическими размерами и нормальными (или даже слегка уменьшенными) конечно-систолическими размерами [11]. Можно сделать вывод, что для динамически тренированных спортсменов характерна эксцентрическая гипертрофия. Причем, максимальным физиологическим значением толщины стенки левого желудочка принято считать 16 мм [13].

Большую массу левого желудочка имеют спортсмены с преимущественно статической нагрузкой, а также занятые в игровых видах спорта. При этом у таких спортсменов наблюдается более значительное увеличение толщины стенки левого желудочка без увеличения его объема [10, 13]. Это дает возможность определить у таких спортсменов концентрический вариант гипертрофии левого желудочка.

Эксцентрическая же гипертрофия более характерна для видов спорта, требующих проявления выносливости (бег на длинные дистанции, лыжные гонки, плавание, велосипедные гонки и др.). Скоростно-силовые виды спорта (спринтерский бег, тяжелая атлетика, метание диска и др.) способствуют формированию элементов концентрической гипертрофии сердца спортсменов.

У спортсменов, которые в равной мере испытывают высокие динамические и статические нагрузки (велосипедисты, конькобежцы, гребцы и др.), отмечают смешанный (эксцентрически-концентрический) тип гипертрофии левого желудочка [5, 10].

Таким образом, анализ оценки состояния организма и, в первую очередь, сердца спортсменов корректно и перспективно проводить не по видам спорта, а с точки зрения направленности тренировочного процесса.

Для нашего исследования мы выбрали спортсменов, занимающихся легкой атлетикой. Она является циклическим видом спорта, который включает упражнения в ходьбе, беге, прыжках, метаниях и составленные из этих видов многоборья. Данный вид спорта объединяет спортсменов в группы, существенно отличающихся друг от друга по характеру и направленности тренировочного процесса. Это оправдывается историческими традициями развития легкой атлетики. Тренировки спринтера, стайера и метателя молота очень резко отличаются, поэтому рассматривать легкую атлетику как единый вид спорта не целесообразно.

Под влиянием характера и направленности тренировочного процесса формируются морфологические и функциональные особенности организма спортсменов [1, 7]. Основываясь на классификации основных видов спорта по степени интенсивности и требованиям динамической и статической работы [9], виды легкой атлетики можно представить следующим образом. Спринтерский бег относится к виду легкой атлетики высокой интенсивности, с высокими динамическими и статическими требованиями. Спортивная ходьба и стайерский бег – высокая интенсивность, высокие динамические, но низкие статические требования. Прыжки и метания – высокая интенсивность, низкие динамические, но высокие статические требования.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что легкоатлеты, занимающиеся спортивной ходьбой и стайерским бегом, имеют эксцентрический вариант развития гипертрофии миокарда левого желудочка. Это связано с преобладанием у спортсменов данного вида спорта динамического компонента в физических нагрузках. На основании высоких статических требований к тренировкам спортсменов, специализирующихся в прыжках и метаниях, можно говорить о концентрическом типе гипертрофии. И, соответственно, спринтеры должны иметь смешанный тип гипертрофии, исходя из высоких как динамических, так и статических требований к физическим нагрузкам.

Выдвинутое нами предположение было обосновано данными, полученными в результате ультразвукового исследования сердца спортсменов высокой квалификации, занимающихся различными видами легкой атлетики.

Цель исследования – определить типы физиологической гипертрофии сердца спортсменов-легкоатлетов с разной направленностью тренировочного процесса.

В нашем исследовании мы разделили виды легкой атлетики на 3 группы. Первую группу составили такие виды легкой атлетики, как спринт, бег на 800 м и бег с барьерами. Во вторую группу вошли многоборье (7-борье, 10-борье), а также прыжки (высота, длина, тройной) и метания. Третья группа – бег на 1500,

3000, 5000 м, марафон и спортивная ходьба. Все перечисленные виды легкой атлетики имеют высокую степень интенсивности тренировочного процесса, однако, разные динамические и статические требования.

Введенное нами деление видов легкой атлетики на приведенные выше группы объясняется тем, что бег с барьерами, спринт, бег на 800 м мы относим к скоростным видам легкой атлетики. Скоростно-силовые виды – многоборье (7-борье, 10-борье), прыжки (высота, длина, тройной), метания. Виды легкой атлетики на выносливость – бег на 1500, 3000, 5000 м, марафон, спортивная ходьба.

Изучение функциональных параметров сердца спортсменов-легкоатлетов проведено с использованием метода эхокардиографии (ЭхоКГ). Метод ультразвукового исследования сердца широко применяется в последние годы в спортивной практике и позволяет получить данные о характере морфологической перестройки сердца у спортсменов (Н.Д. Граевская, Г.А. Гончарова, Г.Е. Калугина, А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский, З.Б. Белоцерковский, В.Л. Карпман и др.).

Благодаря эхокардиографии появилась возможность осуществлять прижизненную диагностику морфофункциональных особенностей сердца у спортсменов с различными видами двигательной активности. Таким образом, оценка эхокардиографических параметров спортсменов должна принимать во внимание специфику вида спорта.

Нами было проведено обследование 60 спортсменов-легкоатлетов высокой спортивной квалификации – МСМК, МС и КМС. Спортсмены являлись представителями различных видов легкой атлетики. Из них в первую группу вошли 23 человека, во вторую – 26 и в третью – 11 легкоатлетов.

Методом эхокардиографии производилась оценка следующих параметров сердца спортсменов-легкоатлетов: толщина межжелудочковой перегородки (МЖП, d – в диастолу, s – в систолу); толщина задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ, d – в диастолу, s – в систолу); диаметр полости левого желудочка (ЛЖ) – конечно-диастолический (КДР) и конечно-систолический размеры (КСР); масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ).

По сравнению с общепринятыми нормальными значениями всех вышеуказанных показателей наши группы спортсменов имели физиологическую гипертрофию миокарда, тип, которой нам и необходимо определить.

В результате проведенного исследования мы получили данные, позволяющие заключить следующее. В процессе тренировки III группы спортсменов происходит увеличение толщины как межжелудочковой перегородки, так и задней стенки левого желудочка. Обращает на себя внимание также и рост конечно-диастолического размера левого желудочка. В этой группе легкоатлетов регистрируется и наибольшая масса миокарда левого желудочка. Таким образом, представители видов легкой атлетики, тренирующие проявления выносливости, имеют большие линейные размеры полости левого желудочка.

У спортсменов данной группы стенка левого желудочка утолщена симметрично. При этом конечно-диастолические размеры его были увеличены, а

конечно-систолические размеры находились в пределах нормы. Можно сделать вывод, что для динамически тренированных спортсменов характерна эксцентрическая гипертрофия.

II группа испытуемых отличается увеличением показателей толщины стенки левого желудочка без существенного увеличения его диаметра. Это дает возможность определить у таких спортсменов концентрический вариант гипертрофии левого желудочка. Скоростно-силовые виды легкой атлетики способствуют формированию элементов концентрической гипертрофии сердца спортсменов. Утолщение стенок миокарда у спортсменов, развивающих скоростно-силовые качества, является признаком увеличения напряжения стенки миокарда и рассматривается как компенсаторная реакция сердца в ответ на предельную нагрузку [7].

Переходя к данным, касающимся I группы легкоатлетов, следует отметить, что линейные размеры сердца – КДР, КСР, МЖП в систолу и диастолу, ЗСЛЖ в систолу и диастолу, а также ММЛЖ в этой группе имели наименьшие значения по сравнению с показателями в двух других группах. I группа спортсменов в равной мере испытывает высокие динамические и статические нагрузки и отличается наличием смешанного (эксцентрически-концентрического) типа гипертрофии левого желудочка, исходя из полученных данных.

Выявлена закономерность увеличения массы миокарда у спортсменов, занимающихся различными видами легкой атлетики. Данный параметр увеличивается по мере возрастания динамического компонента в физической нагрузке тренирующихся. Так, у спортсменов III группы (бег на 1500, 3000, 5000 м, марафон и спортивная ходьба) показатели ММЛЖ были наибольшими. Вероятно, спортсмены данной группы обладают большей массой миокарда левого желудочка вследствие большего внутреннего диаметра левого желудочка и значительного утолщения его стенки по сравнению со спортсменами других групп.

Утолщение задней стенки левого желудочка и межжелудочковой перегородки чаще обнаруживается у тренирующихся на выносливость и в скоростно-силовых видах спорта [3]. В нашем исследовании II и III группы спортсменов являются представителями именно таких видов легкой атлетики и полученные в ходе исследования данные это подтверждают. По сравнению с I группой, спортсмены II и III групп имели большую толщину задней стенки левого желудочка в систолу и диастолу. Показатели толщины межжелудочковой перегородки в систолу и диастолу в этих группах также отличались большими значениями.

Для спортсменов, специализирующихся в длительной работе на выносливость (III группа), характерна направленность на увеличение линейных размеров сердца и диаметра полости левого желудочка (дилатацию), что находит подтверждение в исследованиях других авторов [5, 7].

Выводы

1. Анализ оценки состояния организма, и в первую очередь сердца, спортсменов корректно и перспективно проводить с точки зрения направленности тренировочного процесса, что подтверждается многими работами (Р.Д. Дибнер, Л.А. Иоффе, М.Б. Казаков и др.).

2. На основании изучения линейных размеров сердца и массы миокарда левого желудочка у высококвалифицированных спортсменов-легкоатлетов был установлен ряд факторов, с одной стороны подтверждающих сложившееся представление о вариантах гипертрофии сердца в ответ на физическую тренировку (R. Fagard, Н.А. Фомин, Е.В. Елисеев, Д.А. Затейщиков и др.), с другой – вносящих уточнения в определении типов гипертрофии у спортсменов, занимающихся различными видами легкой атлетики.

Чрезмерное увеличение массы миокарда сердца, а также внутреннего диаметра желудочков, утолщение стенок сердца могут с большой вероятностью привести к внезапной сердечной смерти спортсменов из-за нарушения сердечного ритма.

Кроме того, принято считать, что утолщение стенки левого желудочка более 13 мм является предвестником возникновения гипертрофической кардиомиопатии [9, 13]. Гипертрофическая кардиомиопатия является самой общей причиной внезапной смерти в спорте. Однако четкого определения диапазона значений толщины стенки желудочков сердца, по которым можно было бы отличить физиологическую гипертрофию сердца от умеренной формы гипертрофической кардиомиопатии, нет. Параметры ЭхоКГ информативны в целях выявления отличий гипертрофической кардиомиопатии от физиологической гипертрофии сердца спортсмена.

В дальнейших исследованиях мы планируем остановиться на рассмотрении диастолической функции желудочков сердца в целях выявления частоты случаев гипертрофической кардиомиопатии у спортсменов-легкоатлетов в различных группах. В зарубежной литературе приводятся данные, что физиологическая гипертрофия сердца характеризуется нормальной диастолической функцией, в то время как в случае гипертрофической кардиомиопатии наблюдается диастолическая дисфункция [11–13].

1. Белоцерковский, З.Б. Динамика внутренней поверхности полости левого желудочка сердца у спортсменов / З.Б. Белоцерковский // Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов: сб., посвящ. 25-летию каф. спорт. медицины им. проф. В.Л. Карпмана. – М.: РГАФК, 1994. – С. 154–161.

2. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 318 с.

3. Граевская, Н.Д. Еще раз к проблеме «спортивного сердца» / Н.Д. Граевская, Г.А. Гончарова, Г.Е. Калугина // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 4. – С. 2–5.

4. Дембо, А.Г. Спортивная кардиология: руководство для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский. – Л.: Медицина, 1989. – 464 с.

5. Елисеев, Е.В. Поведение центральной гемодинамики и сократительной функции миокарда в зависимости от направленности тренировочного процесса / Е.В. Елисеев // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 1. – С. 39–41.

6. Селуянов, В.Н. Моделирование адаптационных процессов в миокарде у спортсменов / В.Н. Селуянов, В.В. Рыбаков, В.В. Феофилактов // Юбилейный сб. тр. ученых РГАФК, посвящ. 80-летию академии. – М.: РГАФК. – 1998. – Т. 3. – С. 163–167.

7. Фомин, Н.А. Особенности гемокардиодинамики у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / Н.А. Фомин, Н.М. Горохов, Л.В. Тимошенко // Физическая культура. – 2005. – № 2. – С. 29–34.

8. Фомин, Н.А. Морфофункциональные предпосылки возрастных изменений кардио- и гемодинамики при занятиях спортом / Н.А. Фомин, Н.Н. Дятлова // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 2. – С. 21–26.
9. ABC of Sports Medicine: Sudden death in sport / W.S. Hillis [et al.] // BMJ. – 1994. – Vol. 309. – P. 657–660.
10. Fagard, R. Athlete's heart / R. Fagard // General cardiology. – 2003. – Vol. 89. – P. 1455–1461.
11. Giusti, G. Physiological hypertrophy (the athlete's heart) / G. Giusti; ed. by Desmond J. Sheridan. – London, 1998. – 208 p.
12. Lauschke, J. Athlete's heart or hypertrophic cardiomyopathy? / J. Lauschke, B. Maisch // Clin Res Cardiol. – 2009. – Vol. 98 (2). – P. 80–88.
13. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes / A. Pelliccia [et al] // N. Engl. J. Med. – 1991. – Vol. 324, № 5. – P. 295–301.

Поступила 18.05.2010

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СТАНДАРТНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

**И.В. Листопад, канд. пед. наук, доцент,
Заслуженный тренер Республики Беларусь,
Белорусский государственный университет физической культуры**

В статье представлены результаты изучения сравнительного анализа исследования механизмов энергообеспечения спортсменов в лыжных гонках с использованием различных видов тестирования. Приведены данные статистической обработки результатов велоэргометрического тестирования и тестирования с использованием специального лыжного эргометра MetaMax 3B. Выявлена достоверная корреляционная зависимость показателей МПК, ПАНО и максимальной частоты сердечных сокращений при проведении лабораторного тестирования на велоэргометре и на лыжном эргометре.

Comparative analysis of research data of athletes' energy supply mechanisms in ski races are presented in the article. Different testing methods were applied in the process of the scientific research. The data of the statistical processing of the testing results on bicycle-ergometer and specific ski-ergometer MetaMax 3B are cited. Reliable correlation dependence of VO_{2max} , anaerobic metabolism threshold, and maximal heart rate indices were revealed in the process of a laboratory testing on bicycle-ergometer and ski-ergometer.

Введение. В современных условиях спорта высших достижений проблема отбора и определения перспективности спортсменов приобретает все большую значимость. В общем процессе целенаправленной подготовки спортсменов вы-