

## **«Спортивное» сердце: зоны тренировочных нагрузок**

**Тюрюмин Я.Л.**

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные варианты «спортивного» сердца: эксцентрический и концентрический типы гипертрофии левого желудочка. Обсуждаются механизмы регуляции частоты сердечных сокращений и фракции выброса левого желудочка в зависимости от зоны тренировочной нагрузки, механизма ресинтеза АТФ и потребления кислорода.

**Ключевые слова:** гипертрофия левого желудочка, эксцентрический и концентрический тип, фракция выброса, аэробные и анаэробные нагрузки.

The athlete's heart: zones of training exercises

**Abstract.** The article discusses the main variants of the athletic heart: the eccentric type of left ventricular hypertrophy and the concentric type of left ventricular hypertrophy. The mechanisms of regulation of heart rate and left ventricular ejection fraction are discussed depending on the zones of training exercises, the mechanism of ATP resynthesis and oxygen consumption.

**Key words:** left ventricular hypertrophy, eccentric and concentric type, ejection fraction, aerobic and anaerobic exercise.

Сердечно-сосудистая система является важной составляющей в кислородтранспортной системе. Функциональное состояние сердца определяет количество крови, поступающее в большой и малый круг кровообращения. При увеличении физической нагрузки сердце перестраивает свою работу [3-7, 9-10].

Механизмов адаптации сердца к физической нагрузке два:

1. увеличение фракции выброса из левого желудочка;
2. увеличение частоты сердечных сокращений.

Соответственно, физиологическими критериями оценки эффективности работы левого желудочка считают: ударный объем левого желудочка, фракцию выброса из левого желудочка и частоту сердечных сокращений. В покое фракция выброса из левого желудочка обычно составляет 55-65% от конечно-диастолического объема [3-7, 9-10].

Частота сердечных сокращений у обычного человека в покое составляет 60-80 ударов в минуту, у спортсменов, имеющих признаки спортивного сердца, частота сердечных сокращений замедляется до 40-60 ударов в минуту [3-7, 9-10].

При постоянных аэробных или анаэробных физических нагрузках различной мощности формируется «спортивное» сердце.

Формирование «спортивного» сердца идет по двум основным механизмам [3-7, 9-10]:

1. увеличение конечно-диастолического объема левого желудочка (эксцентрическая гипертрофия левого желудочка);
2. увеличение толщины миокарда левого желудочка (концентрическая гипертрофия левого желудочка).

Увеличение конечно-диастолического объема левого желудочка (эксцентрическая гипертрофия левого желудочка) чаще наблюдается при длительных аэробных физических нагрузках различной мощности. Увеличение толщины миокарда левого желудочка (концентрическая гипертрофия левого желудочка) чаще наблюдается при длительных анаэробных физических нагрузках различной мощности [1-10].

Идеальное «спортивное» сердце – это когда два механизма адаптации к различным типам физической нагрузки протекают параллельно. Конечно-диастолический объем левого желудочка может увеличиваться со 100 мл до 200 мл (d – гипертрофия), толщина миокарда левого желудочка может повышаться с 7-8 мм до 12-15 мм [3-7, 9-10]. Выделяют небольшое увеличение, умеренное увеличение, выраженное увеличение и значительно выраженное увеличение конечно-диастолического объема, толщины миокарда задней стенки левого желудочка и межжелудочковой перегородки [1-10]. Сформированное «спортивное» сердце значительно повышает возможности спортсмена для выполнения в большей степени аэробно-анаэробных тренировочных нагрузок большой и субмаксимальной мощности [3-7, 9-10].

При ЧСС = 70 ударов в минуту в покое основную физическую работу выполняют мышечные волокна I типа (100%), дыхательный коэффициент равен 0.70. В сердечной мышце для ресинтеза АТФ используются свободные жирные кислоты (100%). При ЧСС = 70 ударов в минуту соотношение систолы к диастоле желудочков составляет 2/3.

При повышении ЧСС = 70-100 ударов в минуту к выполнению физической работы мышечными волокнами I типа (80%) присоединяются окислительные мышечные волокна IIa типа (20%), дыхательный коэффициент равен 0.76. В сердечной мышце для ресинтеза АТФ используются свободные жирные кислоты (80%) и глюкоза (20%). При ЧСС = 100 ударов в минуту соотношение систолы к диастоле желудочков составляет 1/1.

При повышении ЧСС = 100-140 ударов в минуту доля вовлечения окислительных мышечных волокон IIa типа повышается до 40%, дыхательный коэффициент равен 0.82. В сердечной мышце для ресинтеза АТФ используются свободные жирные кислоты (60%) и глюкоза (40%). При ЧСС = 140 ударов в минуту соотношение систолы к диастоле желудочков составляет 3/2.

При повышении ЧСС = 140-155 ударов в минуту выполнение физической работы между мышечными волокнами I типа (50%) и окислительными мышечными волокнами IIa типа (50%) выравнивается, дыхательный коэффициент равен 0.85. В сердечной мышце для ресинтеза АТФ используются свободные жирные кислоты (50%) и глюкоза (50%). При ЧСС=155 ударов в минуту спортсмен переходит порог аэробного обмена.

При повышении ЧСС = 155-170 ударов в минуту (анаэробный порог) выполнение физической работы мышечными волокнами I типа снижается до минимума и окислительными мышечными волокнами IIa типа повышается до максимума, дыхательный коэффициент равен 1.0. При ЧСС=170 ударов в минуту спортсмен переходит порог анаэробного обмена.

В этот период увеличивается доля вовлечения гликолитических мышечных волокон IIa типа на фоне истощения возможностей утилизации молочной кислоты окислительными мышечными волокнами IIa типа. Как следствие, повышается концентрация молочной кислоты в гликолитических мышечных волокнах IIa типа. В сердечной мышце для ресинтеза АТФ используются свободные жирные кислоты (30%), глюкоза (60%) и молочная кислота (10%). При ЧСС = 170 ударов в минуту соотношение систолы к диастоле желудочков составляет 2/1. Интервал TP = 0.02 с.

При повышении ЧСС = 170-190 ударов в минуту избыток молочной кислоты, образовавшийся в гликолитических мышечных волокнах IIa типа, не захватывается окислительными мышечными волокнами IIa типа и начинает выходить в кровь, повышается концентрация не метаболического CO<sub>2</sub>, дыхательный коэффициент повышается 1.17-1.34 [1-10]. В сердечной мышце для ресинтеза АТФ используются свободные жирные кислоты (10%), глюкоза (60%) и молочная кислота (30%). При ЧСС = 190 ударов в минуту соотношение систолы к диастоле желудочков составляет 7/3. Интервал TP = 0 (ЧСС hwr – heart without rest).

При ЧСС от 70 до 170 уд/мин имеется прямая зависимость между дозированием физической нагрузки, ЧСС и уровнем потреблением кислорода (тест PWC-170) [3-7, 9-10]. Прирост минутного объема крови (МОК) сопровождается параллельным увеличением ЧСС и фракции выброса с 60% до 90% [3-7, 9-10].

При ЧСС более 170 уд/мин прирост минутного объема крови сопровождается увеличением ЧСС и уменьшением фракции выброса с 90% до 70-80% [3-7, 9-10]. Снижение фракции выброса с 90% до 70-80%, по-видимому, обусловлено уменьшением общей паузы сердца до 0-0.01 с.

При ЧСС 190-200 уд/мин возможно использование креатинфосфата сердечной мышцей на короткий период до 20-30 секунд [3-7, 9-10].

Таким образом, механизмы ресинтеза АТФ и уровень потребления кислорода для выполнения упражнений различной мощности могут определять механизмы ресинтеза АТФ в сердечной мышце, соотношение систолы к диастоле желудочков и ЧСС-зоны тренировочной нагрузки.

#### Список литературы

1. Ватутин, Н.Т. Рекомендации по использованию эхокардиографии при артериальной гипертензии у взрослых / Н.Т. Ватутин, Е.В. Склянная, А.Н. Шевелек, Г.Г. Тарадин, А.С. Смирнова, Е.В. Ещенко, В.С. Колесников // Практическая ангиология. – 2015. – Том 4, № 71. – С. 41-54.
2. Волков, Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Песен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. – К.: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.

3. Горбенко, А.В. Спортивное сердце: норма или патология / А.В. Горбенко, Ю.П. Скирденко, Н.А. Николаев, О.В. Замахина, С.А. Шерстюк, А.В. Ершов // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2020. – Том. 24, № 2. – С. 16-25.
4. Дембо, А.Г. Спортивная кардиология. Руководство для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский. – Л.: Медицина, 1989. – 464 с.
5. Земцовский, Э.В. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский. – СПб.: Гиппократ, 1995. – 448 с.
6. Морман, Д. Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. – СПб.: Питер, 2000. – 256 с.
7. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
8. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца // Российский кардиологический журнал. – 2012. – Том. 95, № 3. – С. 1-28.
9. Талибов, А.Х. Критерии оценки эхокардиографических показателей у спортсменов / А.Х. Талибов, М.А. Фадейкин, Е.С. Дмитриева // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – Том. 3, № 121. – С. 142-146.
10. Шарыкин, А.С. Основные направления в формировании морфологических изменений сердца спортсменов / А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, П.А. Субботин, З.Г. Рубаева, Н.Е. Попова, М.Н. Хохлова // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2014. – Том. 13, № 5. – С. 94-102.

**Тюрюмин Я.Л.** «Спортивное» сердце. Зоны тренировочных нагрузок // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные и прикладные гуманитарные исследования в сфере физической культуры, спорта и олимпизма: традиции и инновации» (30 ноября – 1 декабря 2022 г). – Москва, 2022. – с. 235-239.