

УДК 612.769:796.015.572

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПЛОВЦОВ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К СПЕЦИФИЧЕСКИМ ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Погодина С.В.

Изучение адаптивных возможностей организма спортсменов с целью дальнейшего повышения спортивного мастерства, расширения функциональных резервов и сохранения здоровья является актуальной проблемой многолетней спортивной тренировки [1]. Особенно важным в современных условиях следует считать исследование возрастных особенностей адаптивных реакций организма к тренировочным нагрузкам, которые детерминированы уровнем энергетического обмена [2 – 4]. Известно, что в результате долговременной адаптации формируется функциональная система оптимального энергообеспечения организма, специфической особенностью которой является функциональная сопряженность и коррелированность различных составляющих, возрастные особенности и физиологическое значение которых полностью не выяснено [5]. До сих пор недостаточно также изучены многие аспекты возрастной динамики вентиляторной и газообменной функции легких юных спортсменов в процессе адаптации к физическим нагрузкам, в особенности в видах спорта, в которых кроме физической нагрузки присутствует дополнительный внешний фактор [6]. Такой спецификой обладает спортивное плавание. Поэтому целью исследования стало изучение возрастных закономерностей формирования энергетического потенциала и особенностей реакций кардио-респираторной системы юных пловцов в процессе адаптации к специфическим физическим нагрузкам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование осуществлялись в 2 этапа. На первом этапе были проведены исследования физического развития спортсменов с помощью антропометрии, спирометрии, динамометрии. Исследование физической работоспособности проводили с помощью велоэргометрического теста с последующим расчетом максимальной скорости потребления кислорода. В исследованиях приняли участие 603 пловца мужского пола в возрасте от 9 до 18 лет. На этом же этапе проводили гематологические исследования, включавшие в себя определение лейкоцитарной формулы, концентрации гемоглобина, величины гематокрита, скорости оседания эритроцитов (обследовано 75 пловцов мужского пола в возрасте от 9 до 16 лет) и биохимические исследования для определения концентрации молочной кислоты в

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

периферической крови пловцов, и скорости образования порога анаэробного обмена (обследовано 75 пловцов мужского пола в возрасте от 14 до 18 лет). На втором этапе проводили исследования систем кровообращения и дыхания. Исследование системы кровообращения спортсменов проводили реографическим методом. Для этого использовали реоанализатор РА 5-01. Исследование функций системы внешнего дыхания проводили спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора Спиро-тест-РС. Газообменную функцию изучали с помощью газоанализаторов типа ПГА-КМ, ПГА-ДУМ. Для нивелирования влияния на показатели функционального состояния легких ряда величин и внутренних факторов все объемные показатели приводили к условиям ВTPS, а показатели газов к условиям STPD (т.е. учитывалась температура воздуха, окружающее атмосферное давление, насыщение водяными парами). Исследования проводили как в состоянии покоя, так и при выполнении ступенчато-повышающейся нагрузки на велоэргометре. В исследованиях приняли участие 75 спортсменов в возрасте от 9 до 16 лет. Полученные данные обрабатывали статистически.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследований юных пловцов в возрасте от 9 до 18 лет, большинство частных и интегральных морфофункциональных показателей изменялись по мере их взросления, оказывая при этом существенное влияние на формирование аэробного потенциала организма спортсменов. Так, выявлено, что наиболее выраженные скачки ростовых процессов наблюдались в возрасте 12-13 и 14-16 лет, которые совпали с изменениями в функциональном состоянии мышечной ткани. Показано, что по мере взросления спортсменов расширение аэробных возможностей сопровождалось уменьшением влияния антропометрических параметров и усилением влияния функциональных показателей. Так, в 9-10 лет выявлены существенные корреляционные взаимосвязи максимального потребления кислорода (МПК) с показателями массы тела ($r=0,66$), окружностью грудной клетки на вдохе и на выдохе ($r=0,88$; $r=0,76$), жизненного индекса ($r=0,49$), жизненной емкостью легких ($r=0,47$). В 11-13 лет в большей степени на аэробные возможности влияли тотальные размеры тела, а в возрасте 14-16 лет - резервы системы внешнего дыхания, ($r=0,88$), силовые возможности мышечной ткани ($r=0,48$).

Изучение энергообеспечения нагрузок при плавании проводилось нами по показателями концентрации молочной кислоты в крови при проплывании спортсменами трех дистанций различной интенсивности. Результаты исследований показали, что увеличение концентрации молочной кислоты при предельной мощности до $8,42 \pm 0,157$ ммоль/л ($p < 0,01$) у спортсменов 14 лет, в сравнении со старшими спортсменами, свидетельствовало об усилении анаэробного звена энергообмена в обеспечении мышечной деятельности. Наиболее низкие темпы продукции молочной кислоты (L_a) при предельной мощности плавательных нагрузок зарегистрированы у 18-летних пловцов. Максимальная концентрация L_a у них не превышала величины $6,189 \pm 0,138$ ммоль/л, ($p < 0,01$), что свидетельствовало об усилении аэробного звена энергообеспечения. Повышение спортивного мастерства юных спортсменов сопровождалось увеличением скорости плавания в

условиях аэробного энергообеспечения. Так, в возрасте 14 лет порог анаэробного обмена (ПАНО) равнялся 1,4 м/с, тогда как у 18-летних пловцов он возрос до 1,6 м/с, ($p < 0,01$). Основной причиной увеличения скорости образования ПАНО и усиления продукции La явился значительный ацидотический сдвиг, который произошел в результате применения высокого циклового темпа при плавании, что потребовало вовлечения большого количества мышечной массы.

Оценка эффективности адаптации к физическим нагрузкам, которую проводили по соотношению лейкоцитов в лейкограмме, показала, что для детей в возрасте 9-10 лет характерным явилась эозинофилия на фоне реакции спокойной активации, что указывает на наличие элементов напряженности в регуляции механизмов адаптации [7]. В более старших возрастных группах характерным было формирование гармоничной реакции повышенной активации, что свидетельствует о переходе организма на более эффективный уровень функционирования. Выявлено, что высокий уровень адаптивных возможностей определялся усилением корреляционной зависимости между уровнем МПК и концентрацией гемоглобина, эозинофилами и нейтрофилами.

При исследовании приспособительных реакций системы кровообращения нами показано, что с возрастом в состоянии покоя происходило снижение частоты сердечных сокращений (ЧСС), а величины ударного объема сердца (УО) и минутного объема кровотока (МОК) наоборот увеличивались. У детей 9-10 лет увеличение МОК обеспечивалось реципрокными взаимодействиями между ЧСС и УО, который снизился на 10 мл в сравнении с уровнем покоя. Очевидно, основной причиной данного феномена нужно считать несовершенство механизмов миогенной ауторегуляции сердечной деятельности, а достигнутый уровень тахикардии в этом случае был причиной укорочения времени диастолического наполнения желудочков [3]. У детей 11-13 лет повышение объемной скорости кровотока обеспечивалось за счет частотных характеристик сердечной деятельности, УО практически не изменился. Отмеченная дисгармония очевидно связана с временной задержкой развития, когда структура миокарда может сохранять свойства, присущие ей в предшествующем возрасте. Кроме того, интенсивный рост мышечной ткани, присущий началу пубертатного периода, не сопровождался адекватным увеличением полостей сердца. У спортсменов 14-16 лет увеличение УО при субмаксимальных нагрузках осуществлялось за счет использования базального резервного объема. Возрастные этапы онтогенетического развития сопровождались формированием различных типов кровообращения. Для детей 9-10 лет характерным явился резистивный тип, с наименьшими приспособительными возможностями. По мере взросления спортсменов и совершенствования механизмов адаптации, система кровообращения принимала черты присущие емкостному типу. С возрастом увеличение массы сердечной мышцы и повышение функциональных возможностей системы кровообращения сопровождалось увеличением, с одной стороны, работоспособности левого желудочка, а с другой - повышением экономичности миокарда. Усиление нагнетательной способности сердца обеспечивалось у спортсменов 14-16 лет увеличением работоспособности левого желудочка более чем в 3 раза. В возрасте 11-13 лет этот прирост составлял 33,4 %, а у детей 9-10 лет лишь 18,5 %.

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

В процессе роста и развития организма формируется тип взаимодействия кардио-гемодинамических параметров, направленный на обеспечение максимального приспособительного эффекта. Количество достоверных внутрисистемных взаимодействий может характеризовать активность системы в регуляции уровня кровотока. Так, у детей 9-10 лет в состоянии покоя выявлено 20 внутрисистемных корреляционных взаимосвязей. Очевидно, вследствие недостаточной сократительной способности миокарда включение большего числа внутрисистемных взаимодействий повлекло за собой снижение экономичности функционирования всей системы. У спортсменов 11-13 лет число взаимосвязей уменьшилось до 14, что можно связать с разбалансировкой системы, которая происходит в разных фазах пубертатного периода. У спортсменов 14-16 лет повышение числа связей до 18 может быть связано с формированием оптимальной координированности системы кровообращения после пубертатного скачка. При субмаксимальной нагрузке уменьшение числа взаимосвязей до 11 у детей 9-10 лет может свидетельствовать о напряжении в работе системы. В дальнейшем с возрастом повышение числа достоверных корреляционных взаимосвязей, обусловлено ростом степеней свободы, которые регулируют формирование оптимального варианта включения системы в обеспечение уровня МОК в условиях мышечной деятельности [5].

Исследование функций системы внешнего дыхания показало, что физическая нагрузка оказывала воздействие на мобилизацию дыхательной функции легких у всех спортсменов. Так, у детей 9-13 лет прирост вентиляции в большей мере осуществлялся за счет частоты дыхательных движений. Увеличение дыхательного объема происходило за счет резервного объема вдоха при почти полной мобилизации функциональных резервов респираторной системы. Такая неэффективная вентиляторная реакция способствовала снижению жизненной емкости легких вследствие уменьшения резервного объема выдоха. То есть приспособительные реакции организма юных пловцов к физическим нагрузкам протекали по респираторному типу. У спортсменов старшей группы отмечалось значительное увеличение объемных характеристик в формировании минутного объема дыхания. При увеличении дыхательного объема более чем на 1500 мл, частота дыхания возросла всего на 8 циклов. Сформировавшийся паттерн дыхания явился предпочтительным с точки зрения повышения эффективности вентиляции. Однако, обеспечить продолжительно в условиях физических нагрузок режим дыхания с показателями дыхательного объема в пределах 57% от жизненной емкости легких довольно сложно, поскольку это влечет за собой развитие утомления респираторных и вспомогательных мышц. Это и явилось причиной снижения жизненной емкости легких у пловцов приблизительно на 500 мл на последней ступени нагрузки. С повышением объема воздушного потока, проходящего через легкие, увеличивалась бронхиальная проходимость. Интенсивность воздушного потока определялась объемом легких спортсменов и силой дыхательной мускулатуры. Значительными возможностями для реализации метаболического запроса организма обладали спортсмены 14-16 лет. Пиковая объемная скорость (ПОС), характеризующая максимальную интенсивность

воздушного потока во время форсированного выдоха, у них была значительно выше, чем у более молодых спортсменов и возрастала по мере выполнения нагрузок, вплоть до максимальной (рис.1). Та же тенденция проявлялась и на всех уровнях бронхиального дерева. Наибольшие величины объемной скорости воздушного потока в бронхах большого, среднего и малого диаметра были зафиксированы в спортсменов 14-16 лет. У детей 9-13 лет наблюдалась относительная стабилизация объемной скорости выдоха в больших, средних и малых бронхах на последней степени нагрузки. Очевидно, увеличение частоты дыхания способствовало снижению радиально-направленного давления, сдерживающего спадание бронхов, следствием чего может быть уменьшение бронхиальной проходимости при форсированном дыхании. Повышение мощности системы внешнего дыхания в процессе онтогенетического развития и под влиянием плавательных нагрузок сопровождалось ростом ее эффективности.

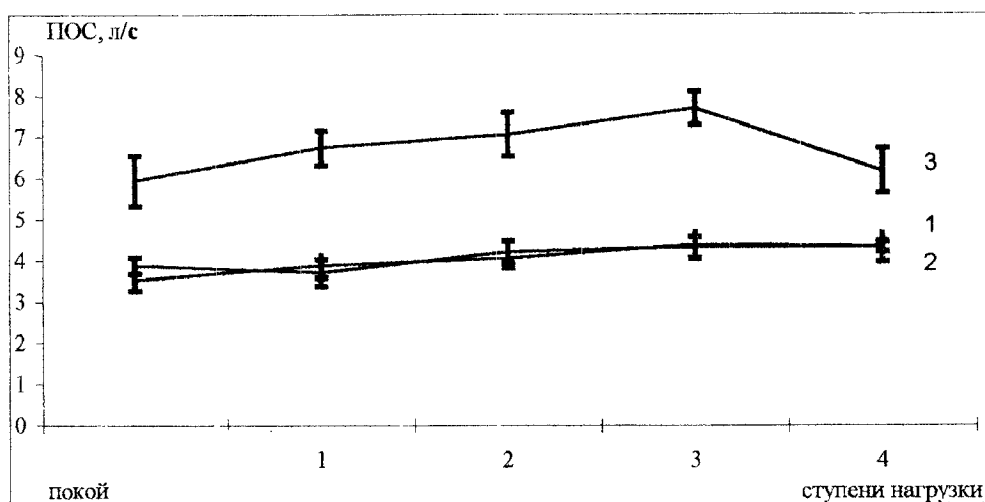


Рис. 1. Возрастная динамика максимальной объемной скорости потока воздуха при форсированном выдохе в состоянии покоя и при физических нагрузках различной мощности.

Примечание: 1- 9—10 лет; 2- 11—13 лет; 3- 14—16 лет.

Кислородный эффект дыхательного цикла у спортсменов старшей группы при мощности нагрузки в 150 Вт равнялся $122,6 \pm 5,1$ мл/мин./цикл., ($p < 0,01$), и значительно превышал этот показатель у других спортсменов. Эффективность приспособительных реакций организма спортсменов определялась нами по энергетической стоимости, которая приходилась на единицу мощности выполняемой работы. Наибольшие относительные энергетические траты были зафиксированы у пловцов 9-10 лет, при нагрузке в 50 Вт скорость потребления кислорода на один ватт мощности составила у них $45,6 \pm 2,7$ мл/мин. В дальнейшем, по мере взросления спортсменов и расширения функциональных резервов организма, отмечалось снижение энергозатрат.

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

Для определения степени участия компонентов системы внешнего дыхания в обеспечении максимального приспособительного эффекта нами был проведен корреляционный анализ основных показателей механики дыхания и газообменной функции легких с интегральным энергетическим параметром МПК. Результаты корреляционного анализа представлены на рисунке 2.

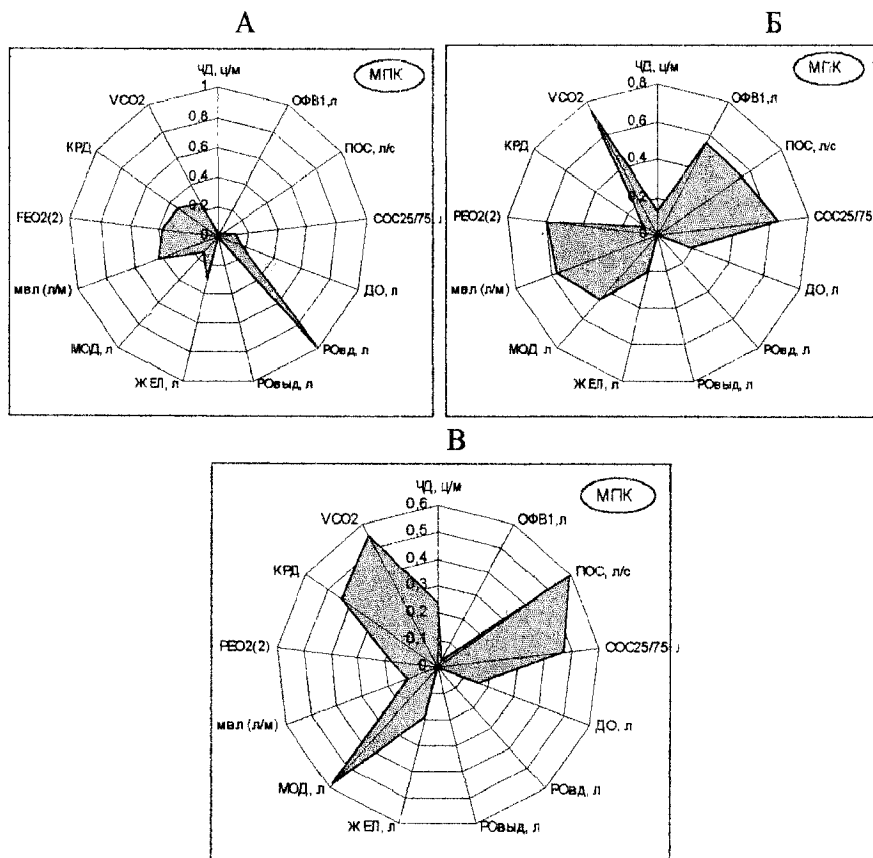


Рис. 2. Корреляционные взаимосвязи между уровнем МПК при выполнении субмаксимальной физической нагрузки и показателями системы внешнего дыхания у пловцов различного возраста.

Примечание: А – 9-10 лет, Б – 11-13 лет, В – 14-16 лет, ЧД- частота дыхания; ОФВ₁- объем форсированного выдоха в 1 секунду; ПОС – пиковая объемная скорость форсированного выдоха; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ДО – дыхательный объем; СОС 25/75 - средняя объемная скорость на уровне 25-75 % ЖЕЛ; РОвд – резервный объем вдоха; РОвыд – резервный объем выдоха; МОД – минутный объем дыхания; МВЛ – максимальная легочная вентиляция; РЕО₂ – напряжение кислорода в выдыхаемом воздухе; VCO₂ – скорость выделения двуокси углерода; КРД – коэффициент резервных возможностей системы внешнего дыхания.

Исходя из принципа мозаичности, структурные компоненты системы при предъявлении к ним функциональных требований распределяют эту нагрузку

между собой, выбирая такое количество и качество структурных компонентов, которое будет адекватно конкретным требованиям. В зависимости от возраста спортсменов происходили изменения корреляционного паттерна, что показано на плоскости диаграмм А, Б и В. Резкое снижение количества корреляционных связей у пловцов 9-10 лет свидетельствовало о значительном напряжении системы в обеспечении кислородного режима организма. Возрастное увеличение их числа можно связать с расширением степеней свободы с целью реализации приспособительного эффекта.

ВЫВОДЫ

1. Исследования, проведенные на первом этапе показали, что по мере взросления спортсменов расширение аэробных возможностей сопровождалось уменьшением влияния антропометрических параметров и усилением влияния функциональных показателей. Метаболические реакции на нагрузки различной мощности сопровождались расширением аэробного звена в энергообеспечении мышечной деятельности. На гомеостатическом уровне для пловцов младшей возрастной группы, характерным явилось формирование атипичных адаптационных реакций, тогда как для старших спортсменов – формирование гармоничных адаптационных реакций.

2. Результаты второго этапа исследований показали, что приспособительные реакции кардио-респираторной системы пловцов 9-13 лет к физическим нагрузкам были малоэффективными, тогда как для старших спортсменов явилось характерным повышение мощности и экономичности кардио-респираторной системы при выполнении этих нагрузок. Достижение оптимального приспособительного эффекта на разных этапах онтогенеза происходило за счет формирования определенных типов взаимосвязей между компонентами кардио-респираторной системы, а также за счет различной степени вовлечения этих компонентов в обеспечение максимального приспособительного результата. Полученные данные позволяют использовать выявленные закономерности как физиологическое обоснование нормирования физических нагрузок в многолетнем тренировочном процессе юных пловцов.

Список литературы

1. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
2. Апанасенко Г. Л. Физическое развитие детей и подростков. – К.: Здоров'я, 1985. – 80 с.
3. Возрастная физиология: (Физиология развития ребенка): Учеб. Пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / М.М.Безруких, В.Д.Сонькин, Д.А.Фарбер. – М.: Академия, 2002. – 416 с.
4. Матицин О.В. Сенситивные периоды для интенсивного формирования специальной подготовленности юных спортсменов в процессе многолетней тренировки в настольном теннисе // Теория и практика физической культуры. – 2002. – №1. – С. 28-29.
5. Основы физиологии функциональных систем. / Под ред. К.В.Судакова. – М.: Медицина, 1983. – 272 с.
6. Савельев Б.Г., Ширяева И.С. Функциональные параметры системы дыхания у детей и подростков: Руководство для врачей. – М.: Медицина, 2001. – 232 с.
7. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. Сигнальные показатели антистрессорных адаптационных реакций и стресса у детей // Педиатрия. – 1996. – №5. – С.107-109.

Поступила в редакцию 20.02.2006 г.