

ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

БОСЕНКО Анатолий Иванович

УДК 612.769:796-053.2

ВЫЯВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМ
У ПОДРОСТКОВ ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

14.00.17 - нормальная физиология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ТАРТУ 1986

Работа выполнена на кафедре анатомии и физиологии Одесского государственного педагогического института им. К. Д. Ушинского

Научный руководитель: доктор биологических наук,
профессор ЦОНЕВА Т. Н.

Официальные оппоненты: доктор медицинских наук,
профессор КАРУ Т. Э.
доктор биологических наук,
с. н. с. БЕТЕЛЕВА Т. Г.

Ведущее учреждение: Ленинградский ордена Ленина и ордена
Красного Знамени государственный институт
физической культуры им. П. Ф. Лесгафта

Защита диссертации состоится "13" октября 1986 г.
в "10" часов на заседании специализированного совета
К 069.02.07 Тартуского государственного университета по адресу:
ЭССР, 202400, г. Тарту, ул. Юликооли, 18.

С диссертационной работой можно ознакомиться в Научной
библиотеке Тартуского государственного университета.

Автореферат разослан "13" сентября 1986 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор медицинских наук, профессор

Ю. Хуссар
ХУССАР Ю. П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В настоящее время в физиологии труда и спорта на взрослом контингенте лиц разрабатывается проблема функциональных резервов организма человека, лежащих в основе всех адаптивных процессов (В.В.Парин, Ф.З.Меерсон, 1962; М.П.Бресткин, 1968; А.С.Мозжухин, 1979-1985; В.В.Кузнецов, 1983 и др.). Это продиктовано задачами прогнозирования состояний организма и его систем при различных режимах физической и умственной деятельности, определением границ безвредного воздействия экстремальных факторов.

Определяющее значение в обеспечении процессов адаптации растущего организма придается функциональным возможностям нервной и сердечно-сосудистой систем (Т.Г.Бетелева с соавт., 1977; Р.А.Калужная, 1980; Д.А.Фарбер, А.Г.Хрипкова, 1983). Однако их роль в формировании и реализации резервов детского организма мало изучена. Не определены особенности, механизмы мобилизации и методические приемы выявления скрытых возможностей этих систем у школьников с различным уровнем физической подготовленности. Это лимитирует разработку принципов дифференцированного дозирования учебно-тренировочных нагрузок на основе адаптивных возможностей обучающихся (П.И.Гуменер, 1967, 1981; А.С.Мозжухин, 1979; Л.И.Абросимова, 1980, 1985; А.Г.Хрипкова, 1985).

В этом плане большую актуальность приобретает изучение функциональных резервов и способности к их мобилизации у детей на каждом отдельном этапе индивидуального развития и особенно в подростковом возрасте, характеризующимся некоторым ухудшением качества регуляции жизненно важных функций, обусловленным активацией процессов полового созревания, и потому требующим строгого подхода к нормированию физических нагрузок (А.Э.Колчинская, 1973; А.Г.Хрипкова, М.В.Антропова, 1982; Б.И.Козлов, Д.А.Фарбер, 1983).

Целью настоящей работы явилось выявление резервов адаптации центральной нервной и сердечно-сосудистой систем у подростков 12-13 лет при выполнении индивидуально дозированной предельной работы на выносливость. В этой связи были поставлены следующие задачи :

1. Изучить изменения работоспособности мальчиков 12-13 лет, не занимающихся спортом и тренирующихся в видах спорта, развивающих выносливость, при мышечной нагрузке до произвольного отказа в условиях обычной и повышенной мотивации.
2. Исследовать динамику показателей общего функционального состояния мозга, зрительно-моторных реакций и омега-потенциала под влиянием предельных мышечных нагрузок в указанных условиях.
3. Установить особенности реакций сердечно-сосудистой системы подростков на выполнение напряженной мышечной работы в различных условиях мотивации.
4. Выявить механизмы мобилизации физиологических резервов организма тренированных и нетренированных подростков при работе до отказа в условиях повышенной мотивации.

Научная новизна . Выявлены функциональные возможности центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, физической работоспособности и пути их мобилизации при напряженных мышечных нагрузках у мальчиков 12-13 лет различного уровня физической подготовленности. Установлено, что повышение физической работоспособности при дополнительной мотивации деятельности у нетренированных подростков обеспечивается в основном удлинением фазы скрытого утомления, а у тренированных - за счет периода оптимального состояния. В этих условиях у незанимающихся спортом преимущественно возрастает время удержания предельного рабочего уровня физиологических функций, а у юных спортсменов - время его достижения.

Обнаружена высокая корреляционная зависимость физической работоспособности от названных показателей.

При повышенной мотивации деятельности реакции сердечно-сосудистой системы характеризуются более низкой частотой сердечных сокращений и одновременно высокой напряженностью регуляторных и гомеостатических механизмов. Это выражается в возрастании ригидности кардиоритма, большем увеличении индекса напряжения, активации центрального контура регуляции сердечной деятельности и глубоких (более двух сигм) изменениях параметров функционального состояния нервной системы. Получены новые данные о динамике сверхмедленных биоэлектрических процессов головного мозга подростков в покое, непосредственно в ходе мышечных нагрузок до отказа и в раннем периоде восстановления. Для каждой фазы работы (оптимальное состояние, скрытое и явное утомление) установлен диапазон снижения их уровня. Показано, что положительная мотивация повышает устойчивость сверхмедленной биоэлектрической активности. Выделены два основных типа послерабочих изменений показателей, характеризующих общее функциональное состояние центральной нервной системы.

Выработана математическая модель резервов выносливости, позволяющая прогнозировать уровень физической работоспособности тренированных и нетренированных подростков.

Практическая значимость проведенного исследования состоит в расширении представлений о функциональных возможностях центральной нервной и сердечно-сосудистой систем мальчиков 12-13 лет, находящихся на начальных стадиях полового созревания и вкладе в разработку проблемы резервов организма человека. В результате исследования механизмов адаптации и диапазона функциональных сдвигов центральной нервной и сердечно-сосудистой систем определены качественные показатели фаз работоспособности (оптимальное состоя-

ние, скрытое и явное утомление) и их продолжительность у подростков 12-13 лет, позволяющие нормировать физические нагрузки.

Методический прием тестирования в условиях обычной и повышенной мотивации может быть рекомендован для изучения резервных возможностей детей школьного возраста. Показана возможность прогнозирования длительности работы в различных мотивационных условиях не путем истощающих нагрузок до отказа, а по периоду достижения максимальных значений частоты дыхания и сердечных сокращений. Оценка резервных возможностей может быть также получена по данным времени удержания предельного уровня названных параметров.

Результаты исследования целесообразно использовать в спортивно-медицинской практике при прогнозировании выносливости подростков, оценке эффективности учебных и тренировочных занятий. Полученные сведения могут быть включены в курс лекций по возрастной физиологии и физиологии спорта.

Апробация работы. По материалам диссертации были сделаны доклады и сообщения на XI съезде Украинского физиологического общества (Днепропетровск, 1982), I Всесоюзной научно-практической конференции "Медицинские проблемы массовой физической культуры" (Таллин, 1983), II Всесоюзной конференции по физическому воспитанию и школьной гигиене (Одесса, 1983), XVII Всесоюзной научной конференции "Физиологические механизмы адаптации к мышечной деятельности" (Ленинград, 1984), III Всесоюзной конференции "Физиология развития человека" (Москва, 1985), научных конференциях ОГПИ им. К.Д.Ушинского (1979-1986), заседаниях Одесского общества физиологов (1981, 1983).

Публикации. Основные результаты исследований отражены в 13 опубликованных работах.

- Объем и структура диссертации. Работа изложена на 291 странице машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературных источников и приложения. Текст диссертации иллюстрирован 43 таблицами и 24 рисунками. Список литературы включает 272 отечественных и 43 иностранных источников. Приложение содержит 13 таблиц.

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛА И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованиях приняли участие две группы подростков - мальчики 12-13 лет. Первую группу (19 человек) составили школьники 6-7 классов СШ № 68 г. Одессы, не занимающиеся спортом, отнесенные к основной медицинской группе и отличающиеся средним уровнем физического развития. Во вторую группу (25 человек) вошли юные футболисты того же возраста со стажем регулярных тренировок 3-4 года. Основной массив обследованных подростков характеризовался второй и третьей стадиями полового созревания. На гипофизарной стадии находилось 45,9 % незанимающихся и 50,0 % занимающихся спортом, а на стадии активации гонад - соответственно 31,3 и 29,2 процентов. Всего проведено 117 обследований. Каждый испытуемый с перерывом в 5-7 дней выполнил три вида физических нагрузок на велоэргометре ВЭД - II, снабженном электронным устройством контроля фактически развиваемой мощности и сумматором произведенной работы. Темп педалирования равнялся 60 об/мин.

Первый вид нагрузки (А) - работа ступенчато-возрастающей мощности до индивидуального предела; вторая (Б) - непрерывная работа, мощностью 70 % от максимальной, выполняемая до отказа; третья (В) - такая же, как и Б, но выполняемая в условиях повышенной мотивации. Условия повышенной мотивации создавались соревновательной обстановкой работы, выполняемой параллельно двумя испытуемыми на двух установках. Участники каждого такого эксперимента

награждались сувенирами согласно показанному результату.

При оценке функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) и его сдвигов применялись известные методики измерения скрытого периода простых (СП ПЗДР) и сложных (СП СЗДР) зрительно-двигательных реакций (Е.И.Бойко, 1964; К.Е.Бугаев, 1967); общее функциональное состояние (ОФС) мозга регистрировалось по методике Т.Д.Лоскутовой (1975) для чего рассчитывались: функциональный уровень системы (ФУС), устойчивость реакции (УР) и уровень функциональных возможностей (УФВ). Омега-потенциал (ОП), характеризующий уровень активности сверхмедленных биоэлектрических процессов мозга, измерялся по методике В.А.Илюхиной, А.Г.Сычева с соавт. (1980). Способность к произвольному управлению движениями (УД) определялась по методике В.С.Фарфеля (1975). Изучалась также динамика величины мышечного усилия (ВМУ), развиваемого при реализации зрительно-двигательных реакций.

Для характеристики функциональных резервов сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (СД) систем в дополнение к традиционным методам - измерения артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и дыхания (ЧД), применялись вариационная (ВЛМ) и корреляционная пульсометрия, ритмокардиоскопия (В.В.Парин, Р.М.Баевский, 1968; Р.М.Баевский с соавт., 1970, 1978; Э.В.Земцовский, 1979), а также сейсмокардиография (Р.М.Баевский, Л.А.Казарьян, 1962; Р.М.Баевский, Ю.В.Белецкий, 1973). Определение функционального состояния ЦНС, ССС, СД осуществлялось до работы, в ходе ее выполнения и в течение 25-28 минут периода восстановления.

Физическая работоспособность обследуемых оценивалась по продолжительности, общему и относительному объему выполненной работы, длительности фаз оптимального состояния (предутомительного перио-

да), скрытого и явного утомления (зона падения мощности), а также по количеству выполненной работы в каждой из указанных фаз. Определяли также время достижения и удержания максимальных значений систолического (АДс) и пульсового (ПД) давления, ЧСС и ЧД.

Статистическая обработка материалов исследований проводилась с помощью общепринятых методов математического анализа и по специальной программе корреляционного, факторного и регрессионно-корреляционного анализа на ЭВМ ЕС - 1033.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами экспериментальные материалы свидетельствуют, что учащиеся среднего школьного возраста, особенно систематически занимающиеся в спортивных секциях, обладают значительными резервными возможностями и способностью к их мобилизации.

Подростки, не занимающиеся спортом, в условиях повышенной мотивации по показателям физической работоспособности, как интегральном критерии функциональных возможностей, достигали превышения своих результатов, показанных ранее в эксперименте без дополнительного стимулирования, в среднем на 35,0 % (табл. I). Юные спортсмены в этих условиях смогли увеличить производительность на 42,4 % ($p < 0,001$). Время, абсолютный и относительный объем выполненной ими работы были большими как в обычных, так и в соревновательных условиях (в последнем случае соответственно на 33,8, 47,1 и 27,4 процентов ($p < 0,05 - 0,01$)).

Главной особенностью изменения физической работоспособности испытуемых явилось то, что нетренированные подростки пролонгировали работу преимущественно за счет малоэкономичного периода - компенсированного утомления, а тренированные - за счет более рациональной фазы оптимального состояния. Следовательно, у подрост-

Таблица I

Показатели работоспособности мальчиков 12-13 лет при выполнении напряженной мышечной работы в условиях обычной и повышенной мотивации

Группа	Показатели	Вид работы	Фазы работы			Всего
			Оптимальное состояние	Скрытое утомление	Явное утомление	
Незанимающиеся спортом	Время работы (мин)	Б	14,36	8,45	2,59	25,4 ± 2,7
			± 1,72	± 1,57	± 0,95	
	В	19,1	12,86	2,32	34,2 ± 3,7	
		± 1,81	± 2,24	± 0,19		
	Объем работы (кДж)	Б	92,99	52,98	16,70	162,67 ± 15,66
			± 10,01	± 9,30	± 2,01	
В	124,11	80,50	14,86	218,75 ± 20,32		
	± 10,73	± 13,24	± 1,15			
Объем работы на кг массы тела (кДж/кг)	Б	2,54	1,47	0,46	4,47 ± 0,47	
		± 0,31	± 0,26	± 0,05		
В	3,38	2,23	0,41	6,03 ± 0,64		
	± 0,31	± 0,37	± 0,03			
Дневные спортсмены	Время работы (мин)	Б	17,92	11,48	2,77	32,17 ± 1,62
			± 1,17	± 0,9	± 0,12	
	В	37,33	15,57	2,98	45,8 ± 1,96	
		± 1,79	± 1,36	± 0,14		
	Объем работы (кДж)	Б	126,12	81,46	19,47	227,22 ± 14,47
			± 8,21	± 6,77	± 0,81	
В	190,08	108,42	20,55	318,23 ± 16,97		
	± 12,49	± 8,10	± 1,06			
Объем работы на кг массы тела (кДж/кг)	Б	3,02	1,95	0,47	5,44 ± 0,32	
		± 0,21	± 0,17	± 0,02		
В	4,58	2,63	0,50	7,68 ± 0,33		
	± 0,29	± 0,21	± 0,02			

ков 12-13 лет различного уровня физической подготовленности в условиях повышенной мотивации возрастает способность более длительно поддерживать обусловленные параметры нагрузки. Эти данные согласуются с результатами исследований Д.Н.Давиденко, А.С.Мозжухина с соавт. (1979), выявившими у взрослых спортсменов увеличение объема выполняемой работы в подобных условиях на 48 %, а также с наблюдениями М.Н.Ильиной (1978), Г.Ф.Алехиной с соавт. (1983) и др., отметившими возрастание работоспособности учащихся в соревновательной обстановке.

Динамика показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем в ходе выполнения работы большой мощности до отказа, как и у взрослых спортсменов, носила фазовый характер (Ю.И.Данько, 1972; *M. Kartley*, 1977; Т.А.Матсин, А.А.Виру, 1978, 1980; Т.Э.Кару, 1984). В этих условиях артериальное давление достигало своих предельных величин в фазе оптимального состояния, а частота сердечных сокращений и дыхания - в фазе явного утомления. Частота пульса нередко составляла 214 уд/мин, а частота дыхания - 67 цикл/мин. Корреляционный анализ показал, что максимальный уровень деятельности сердечно-сосудистой системы тем выше, чем меньше пульсовое давление и больше ритм сердечных сокращений на предыдущих этапах работы, чем выше функциональное состояние ЦНС в покое и процессе выполнения обоих видов нагрузки.

Мышечная работа в условиях повышенной мотивации сопровождалась феноменом экономизации и повышением эффективности сердечной деятельности, в большей степени характерными для юных спортсменов и выразившимися в снижении максимальных значений ЧСС и более длительном сохранении ПД ($p < 0,05 - 0,01$). Этот факт отмечался и другими исследователями (С.А.Разумов, 1968, 1981; Д.А.Алипов, 1982; О.Ф.Назарчук, 1982 и др.). Интеркорреляция параметров ССС и ЦНС

в этом случае отличалась увеличением числа и значимости зависимостей, что, опираясь на данные А.Г.Фалалеева (1981), В.Л.Марищука (1983), Д.А.Фарбер, А.Г.Хрипковой (1983), можно объяснить возросшими возможностями регуляторных механизмов организма.

Несмотря на то, что у тренированных подростков отмечался быстрый выход на высокий уровень функционирования, предельные значения параметров ЧСС и СД регистрировались гораздо позже, чем у их сверстников-неспортсменов. Следует отметить, что при работе с дополнительной мотивацией этот период увеличивался в обеих группах испытуемых, но достоверно в большей степени - у занимающихся спортом. Нами выявлена высокая положительная зависимость между уровнем работоспособности и временем достижения максимальных значений частоты пульса и дыхания ($r = 0,57 - 0,94$, $p < 0,01$). Полученные данные согласуются с результатами исследований Т.Н.Макаровой с соавт. (1974), Л.Я.Евгеньевой с соавт. (1975), Т.А.Матсина, А.А.Виру (1980), А.А.Виру, П.К.Курге (1983), показавшими зависимость спортивных результатов от устойчивости различных систем организма. Увеличение физической работоспособности юными спортсменами за счет оптимального состояния может быть объяснено перестройкой внутри- и межсистемных связей, обеспечивающей экономизацию функций и повышение производительности. У нетренированных достижение максимальных результатов связано с большими, часто нерациональными, сдвигами в системах кровообращения и дыхания, тормозящими дальнейшее выполнение работы (А.Г.Фалалеев, 1967, 1981; М.М.Синайский, 1971 и др.).

Значимость длительности периодов достижения максимальных величин ЧСС и ЧД, а также фазы оптимального состояния в проявлении резервов выносливости подростков 12-13 лет подтверждается их большими факторными весами в ведущих факторах при всех вариантах об-

следования.

Между физической работоспособностью и временем удержания предельных значений ЧСС, ЧД и ПД также существует тесная корреляционная связь ($r = 0,45 - 0,87$; $p < 0,05 - 0,01$). При этом степень увеличения производительности в соревновательных условиях за счет этого отрезка времени в большей мере свойственна нетренированным подросткам, хотя длительность рассматриваемой фазы по абсолютным значениям была больше у юных спортсменов. Они проявили большие способности к поддержанию заданного режима нагрузок в условиях максимальной мобилизации функций.

Корреляционный анализ позволил выявить, что время сохранения максимального уровня функционирования сердечно-сосудистой системы тем больше, чем ниже ее начальная активность и медленнее она повышалась в оптимальном состоянии, чем теснее взаимосвязь и стабильнее удерживаются предельные значения каждого параметра, чем выше исходное и рабочее состояние ЦНС.

Данные, полученные при помощи вариационной пульсометрии, свидетельствуют о формировании при дополнительной мотивации более благоприятного исходного состояния ССС и отделов, регулирующих ее деятельность, у занимающихся спортом. У неспортсменов в этих условиях отмечается большая напряженность регуляторных систем.

Показатели ВПМ на I-ой мин восстановления подтверждают явление экономизации деятельности ССС тренированных подростков при выполнении нагрузок в условиях повышенной мотивации по сравнению с работой в обычных условиях: средняя и модальная частота пульса в этот период была значительно меньше ($p < 0,001$, табл.2). Наряду с этим у них сохранялась высокая напряженность регуляторных механизмов за счет достоверного возрастания ригидности кардиоритма, особенно во втором случае (ΔX составила $0,04 \pm 0,0026$ с

Таблица 2

Максимальные значения показателей ССС тренированных подростков 12-13 лет при работе до отказа в условиях обычной (Б) и повышенной (В) мотивации

Показатели	Работа Б		Работа В	
	М ± m	Сдвиг %	М ± m	Сдвиг %
ЧСС (уд/мин)	200,4 ± 2,26	148,6	190,8 ± 1,55	152,6
ЧД (цикл/мин)	60,67 ± 1,57	223,6	58,15 ± 1,56	228,7
АДс (мм рт.ст.)	142,08 ± 1,57	35,1	142,0 ± 1,49	37,5
АДд -"-	64,58 ± 3,15	-7,5	60,53 ± 2,49	-3,15
МоRR (с) на I мин восстановления	0,35 ± 0,007	-51,4	0,41 ± 0,01	-46,5
АМо (%) -"-	55,8 ± 2,83	172,5	53,8 ± 2,64	214,6
ΔX (с) -"-	0,056 ± 0,002	-79,3	0,04 ± 0,0026	-87,5
Мо/ΔX -"-	6,5 ± 0,46	92,3	9,7 ± 0,7	234,5
ИН (усл.ед.)	1538,9 ± 108,3	20,6 раза	1660,0 ± 127,6	35,6 раза
A ₁ СКГ (мм) на 2 мин восстановления	23,0 ± 0,28	44,7	23,9 ± 2,0	52,2
A ₂ (мм) -"-	16,01 ± 0,8	12,0	10,2 ± 0,83	-7,3
A ₁ /A ₂ -"-	1,49 ± 0,08	35,5	2,5 ± 0,34	72,4
МСП (%) -"-	43,62 ± 0,77	16,9	46,9 ± 1,19	26,1
Время достижения макс. ЧСС (мин)	18,17 ± 1,36	-	28,0 ± 2,25	54,1*
Время удержания макс. ЧСС (мин)	19,8 ± 1,2	-	23,1 ± 1,3	16,7*

*Изменение по сравнению с работой Б

против $0,056 \pm 0,002$ с в работе без мотивации, $p < 0,001$), отражающего активацию центрального контура управления сердечной деятельности и высокую "цену" адаптации (В.В.Парин, 1968; Р.М.Баевский, 1968, 1979; Э.Гринене, 1981; А.С.Радченко, Н.В.Смагин, 1982 и др.). Отношение Мо/ΔX, характеризующее, согласно литературным

данным (А.Г.Хрипкова, М.В.Антропова, 1982), активность гуморального звена регуляции сердечного ритма, свидетельствует о высокой напряженности гомеостатических механизмов на I-ой мин восстановления после мышечной деятельности с дополнительной стимуляцией, и составляет $9,7 \pm 0,7$, что достоверно выше аналогичного показателя при обычном обследовании, и более чем в 3 раза превышает исходные значения. Эти данные отражают высокий уровень адренэргических влияний при работе с мотивацией и соответствуют результатам исследований других авторов (С.А.Разумов, 1981; А.А.Виру, П.К.Кьрге, 1983). Восстановление уровня регуляции сердечного ритма у систематически тренирующихся подростков после обоих вариантов работы проходило быстрее, но к 25-ой мин отдыха еще не завершилось.

Наблюдаемые в наших исследованиях колебания текущего состояния центральной нервной системы, выражающиеся в значительном изменении ОФС мозга при работе в условиях повышенной мотивации, можно рассматривать как следствие глубокого истощения резервных возможностей и ухудшения процессов саморегуляции. Об этом свидетельствуют данные Н.Н.Василевского (1972), Т.Д.Лоскутовой (1975), А.М.Зимкиной (1978), Е.Б.Сологуб с соавт. (1981), отметившие подобные сдвиги у взрослых лиц при сильном утомлении или болезни.

Результаты проведенного исследования позволили установить особенности и границы адаптивных реакций ОФС мозга, а также показали, что самым константным из его параметров является функциональный уровень системы. Более заметное его снижение наблюдалось в обеих обследуемых группах после второй предельной нагрузки. При индивидуально выполняемой работе до отказа ФУС уменьшался на 5,7 (с $4,74 \pm 0,11$ до $4,47 \pm 0,10$ у нетренированных) и 8,1 (с $4,70 \pm 0,06$ до $4,32 \pm 0,07$ у опытных спортсменов), а в условиях дополнительной мобилизации резервов - на 9,1 (с $4,62 \pm 0,09$ до

4,20 \pm 0,18) и 14,1 (с 4,68 \pm 0,11 до 4,02 \pm 0,17) процентов ($p < 0,05$). Критерий устойчивости реакции оказался наиболее чувствительным к действию стрессовых раздражителей. У незанимающихся спортом УР снижался при первом и втором обследовании на 20, (с 1,93 \pm 0,12 до 1,53 \pm 0,12) и 40,6 (с 1,65 \pm 0,14 до 0,98 \pm 0,23), а у систематически тренирующихся - на 29,4 (с 1,97 \pm 0,10 до 1,39 \pm 0,10) и 37,8 (с 1,93 \pm 0,14 до 1,20 \pm 0,06) процентов. Уровень функциональных возможностей в этих условиях понижался у нетренированных подростков на 10 (с 3,65 \pm 0,19 до 3,26 \pm 0,11) и 22 (с 3,38 \pm 0,13 до 2,58 \pm 0,29) процентов, а у юных спортсменов соответственно на 17,6 (с 3,57 \pm 0,11 до 2,94 \pm 0,11) и 28,8 (с 3,58 \pm 0,16 до 2,55 \pm 0,23) процентов.

Выявленная нами индивидуальная направленность изменений показателей ОФС мозга обусловлена различным (при высоком - снижение, при низком - повышение) предрабочим его уровнем. Очевидно, что флюктуации функционального состояния ЦНС ограничены определенным диапазоном (В.И. Коршунова, 1976; А.М. Зимкина, 1978; В.И. Климова-Черкасова, 1978). При нахождении его показателей у нижней границы, динамика возможна только в сторону повышения и, наоборот, - при высоком исходном уровне происходит только их снижение. По-видимому, значительное повышение тонуса мозга, как и снижение его, следует рассматривать как нарастание функциональной напряженности (К.М. Смирнов, 1979).

Несмотря на глубокую послерабочую степень сдвигов (снижение) параметров ОФС мозга у юных спортсменов, абсолютный уровень активности мозга у них оставался таким же, как у неспортсменов, поскольку резерв его обеспечивался большими исходными значениями ОФС, УР и УФВ. Результаты факторного анализа дают основание заключить, что способность к более полному использованию резервов

регуляторных механизмов ЦНС мозга является неперенным условием проявления высоких функциональных возможностей подростков. Факторная значимость исходного и послерабочего уровня активности мозга, по-видимому, объясняется наличием положительных функциональных связей с мощностью функционирования ССС в процессе мышечной деятельности и напряжением регуляторных систем, существенно влияющими на работоспособность подростков ($r = 0,35 - 0,74$). Данный факт находится в соответствии с результатами исследования С.П.Бьюшкиной (1980), обнаружившей у нетренированных детей связь между БУС, УР, УЭВ и величинами максимального потребления O_2 , легочной вентиляции, кислородного пульса.

Функциональное состояние ЦНС непосредственно в процессе работы характеризовалось по динамике параметров простой и сложной ЗДР, а также по величине мышечного усилия, развиваемого при их реализации. Анализ полученных нами результатов обнаружил выраженное ухудшение большинства показателей простой и сложной зрительно-двигательной реакции в фазах скрытого и явного утомления ($p < 0,05 - 0,01$), особенно при работе с дополнительной мобилизацией резервов. У тренированных подростков в процессе работы в условиях повышенной мотивации в фазе явного утомления СР ПЗДР увеличился на 29,7, его диапазон колебания - на 73,8, межцифровая вариативность - на 100, а у их сверстников, не занимающихся спортом, соответственно - на 25,4, 41,8 и 22,0 процента. Это свидетельствует о большей мобилизации регуляторных механизмов мозга у первых. Величина мышечного усилия ПЗДР во время выполнения напряженной мышечной работы возрастала к концу ее, но в меньшей степени в условиях повышенной мотивации; у незанимающихся спортом, напротив, в фазе явного утомления отмечалось заметное снижение этого показателя, что следует рассматривать, согласно данным А.В.Аболенской (1966),

А.Г.Сухарева, В.Т.Романова (1968), *G. Buterznick, M. Storaandl* (1972), *J. Laffin, K. Disch* (1972), как один из признаков глубины развивающегося утомления. Нарастание ВМУ, несмотря на углубляющееся утомление, отражает большие резервные возможности мозга юных спортсменов.

Об этом же свидетельствует и динамика дифференцирования мышечных усилий как при работе в обычных условиях, так и при нагрузках с мотивацией. В последнем случае от покоя к явному утомлению порог произвольного дифференцирования мышечных усилий у них возрастал всего на 1,36, а у подростков-неспортсменов на 23,4 процента ($p < 0,001$). Обнаруженный феномен может быть понят с позиции перераспределения функциональных резервов, связанного с доминантой, сформированной на положительной мотивации, эмоциях и психологической установке (В.И.Медведев, 1982; В.Л.Марищук, 1983), либо с позиции их мобилизации, выражающейся в возрастании когерентности потенциалов между лобными и моторными областями коры головного мозга, обеспечивающими более длительное сохранение системы управления движениями при истощающих нагрузках в условиях повышенной мотивации (Е.Б.Сологуб, О.В.Старостина, 1981; О.В.Старостина, 1981; Е.Б.Сологуб, 1984).

Согласно представлениям Н.П.Бехтеревой с соавт. (1980), В.А.Илюхиной с соавт. (1980, 1982), В.А.Илюхиной (1982, 1984), показателем, характеризующим сохранность или нарушение адаптивных механизмов организма, является величина омега-потенциала, отражающая уровень сверхмедленной активности головного мозга. Динамика омега-потенциала, наблюдаемая в группе юных спортсменов, в процессе выполнения работы до отказа отличалась большой вариативностью, однако с наступлением утомления его изменения в большинстве случаев становились односторонними и выражались в снижении значе-

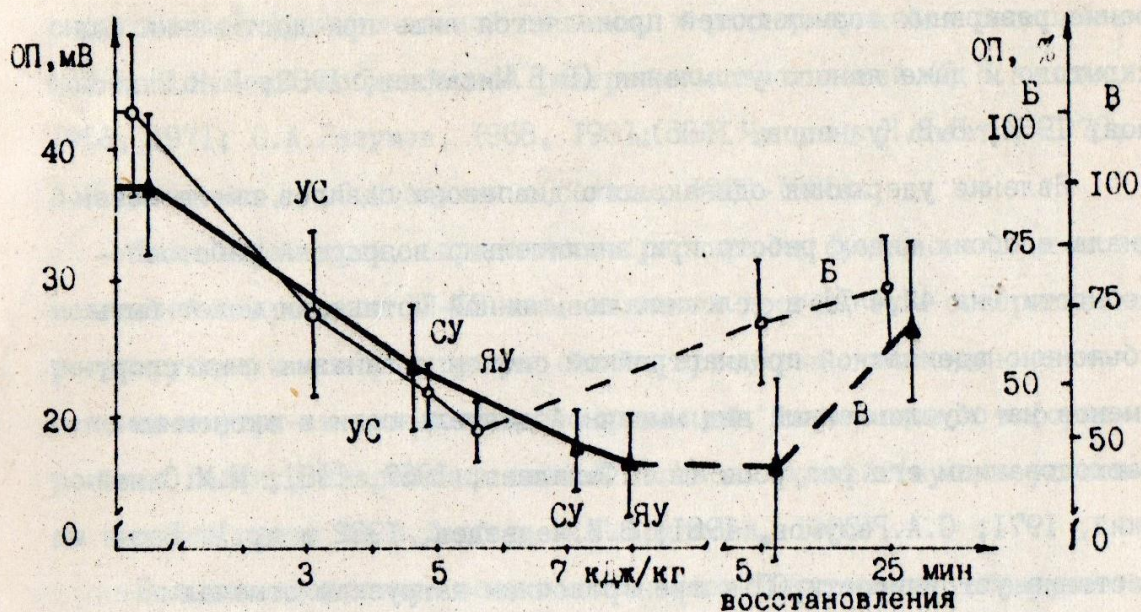


Рис. 1 Изменение омега-потенциала (ОП) у тренированных подростков 12-13 лет при работе до отказа в условиях обычной (Б) и повышенной (Б) мотивации.

ний более чем в 2 раза (рис. 1). У отдельных индивидуумов к концу работы (в фазе явного утомления) отмечалось падение величин ОП на 80 и более процентов. Полученные нами данные согласуются со сведениями других авторов (В.А.Илюхина с соавт., 1980, 1982; А.Г.Сычев с соавт., 1980), наблюдавшими подобное снижение ОП (на 50-60 %) у взрослых спортсменов при наращивании силы или времени воздействия стрессора. Столь глубокий сдвиг значений омега-потенциала рассматривается ими как состояние перенапряжения, вызванное исчерпанием мобилизуемых резервных возможностей мозга и организма в целом. По мнению указанных авторов, тренировочный процесс следует вести только при положительной динамике ОП, в противном случае нагрузки следует снижать. Эти рекомендации, как показали наши исследования, не могут быть отнесены к нагрузкам на выносливость мощностью 70 % от максимальной, поскольку уже в ОС снижение ОП составляет 35 %, а тренировочный эффект и расти-

рение резервных возможностей проявляется лишь при достижении фаз скрытого и даже явного утомления (В.В.Михайлов, 1982; Б.Н.Платонов, 1984; В.В.Кузнецов, 1985).

Явление удержания одинакового диапазона сдвигов омега-потенциала в обоих видах работы при значительно возросшей работоспособности (на 42,4 %) в условиях повышенной мотивации может быть объяснено адекватной преднастройкой систем организма юных спортсменов на обусловленный вид мышечной деятельности и экономным расходом его ресурсов (А.Г.Фалалеев, 1967, 1981; М.М.Синайский, 1971; С.А.Разумов, 1981; В.И.Медведев, 1982 и др.). Возрастание устойчивости ОП к тренировочным нагрузкам отмечал Г.И.Барышев (1981) у высококвалифицированных спортсменов по мере улучшения их подготовленности. Это отражает совершенствование механизмов всех уровней саморегуляции в адаптивных процессах (В.А.Илюхина с соавт., 1982). Исходный уровень ОП и степень его снижения в ходе мышечной деятельности выделены в VI факторе при нагрузках с обычной, и в IV факторе - при работе с повышенной мотивацией, которые интерпретированы нами как способность к мобилизации резервных возможностей мозга и организма в целом.

Ряд работ (О.Л.Виноградова, Я.М.Коц с соавт., 1974; К.В.Судаков, 1974; Г.Селье, 1977; Я.Рейковский, 1979; С.А.Разумов, 1981) указывает на ведущую роль эмоций в мобилизации функциональных резервов организма человека. Эмоциональный фон оказывает организующее влияние не только на внешнюю реакцию, но и на внутренние регуляторные процессы. Условием, способствующим повышению производительности в соревновательных ситуациях, является знание и понимание поставленных задач и конечного результата (Я.Рейковский, 1979; А.Г.Фалалеев, 1981). Это способствует формированию соответственно предстоящей деятельности (в большей степени у

спортсменов) функциональной системы, характеризующейся рациональной и экономной мобилизацией резервных возможностей (П.К.Анохин, 1968, 1971; С.А.Разумов, 1968, 1981; Н.Р.Чаговец с соавт., 1978; Д.Н.Давиденко, А.С.Мозжухин с соавт., 1979-1985).

Важным фактором, определяющим расширение функциональных возможностей подростков 12-13 лет, является достаточное совершенство регулирующих и контролирующих систем организма, рациональное изменение внутри- и межсистемных корреляций, выражающееся в формировании гибких, пластичных связей согласно воздействующим условиям внешней среды (Д.А.Фарбер, А.Г.Хрипкина, 1983).

Большие адаптивные возможности юных спортсменов, обнаруженные в нашем исследовании обуславливаются как морфологическими, так и функциональными изменениями органов и систем, возросшим диапазоном их регуляции, выработанным в процессе онтогенеза и спортивных тренировок (Т.Э.Кару, 1975; Н.Н.Яковлев, 1976; А.А.Виру, 1980; П.И.Гуменер, 1981; Р.Е.Мотылянская, В.Н.Артамонов, 1982).

На основании физиологических характеристик мышечных нагрузок, выполняемых в условиях обычной и повышенной мотивации, выработана функциональная модель резервов выносливости подростков 12-13 лет различного уровня физической подготовленности.

Для незанимающихся спортом уравнение регрессии имеет следующий вид : $Y = 2,067 + 0,032 X_1 + 0,438 X_6 - 0,087 X_7 \pm 3,809$, где Y - разность между временем работы в условиях повышенной и обычной мотивации, X_1 - время работы без мотивации, X_6 - время достижения максимальной ЧСС и X_7 - время достижения максимальной частоты дыхания.

У юных спортсменов функциональная модель выглядит так :
 $Y = -33,478 - 0,259 X_1 - 0,342 X_2 + 0,595 X_7 + 0,290 X_8 + 7,759 X_{11} \pm 7,247$, где X_1 - время работы без мотивации, X_2 -

- длительность оптимального состояния, X_7 - пульсовое давление в покое, X_8 - время достижения максимальной ЧСС, X_{II} - функциональный уровень ЦНС в покое.

Значения совокупного коэффициента множественной детерминации для нетренированных и тренированных подростков соответственно составляют 0,935 ($p < 0,01$) и 0,707 ($p < 0,05$).

ВЫВОДЫ

1. Комплексные исследования физической работоспособности, реакций центральной нервной и сердечно-сосудистой систем мальчиков 12-13 лет на дозированную нагрузку, выполняемую до произвольного отказа в условиях обычной и повышенной мотивации, показали, что при повышенной мотивации у подростков достоверно увеличиваются абсолютный и относительный уровни работоспособности: на 35 % у незанимающихся и на 42 % у регулярно занимающихся физическими упражнениями. Повышение работоспособности у нетренированных подростков обеспечивается в основном путем удлинения фазы скрытого утомления, а у тренированных - за счет периода оптимального состояния.

2. При мышечной деятельности с повышенной мотивацией возрастает время достижения и удержания максимальных значений показателей кардиодинамики и дыхания. У нетренированных подростков преимущественно увеличивается фаза удержания предельного уровня частоты сердечных сокращений и дыхания (в среднем на 53 %), а у юных спортсменов - период его достижения (в среднем на 56 %), что отражает более экономный режим функционирования сердечно-сосудистой системы тренированных подростков.

3. Реакция сердечно-сосудистой системы подростков 12-13 лет на физическую нагрузку в условиях повышенной мотивации характе-

ризуется более низкой рабочей частотой пульса, особенно у занимающихся спортом, и одновременно высокой напряженностью ряда регуляторных механизмов сердечной деятельности: возрастанием ригидности кардиоциклов, повышением уровня адренэргических влияний и активацией центрального контура управления ритмом сердечных сокращений. Индекс напряжения, являющийся комплексным показателем степени напряжения регуляторных систем, в результате нагрузки увеличивается у нетренированных подростков в 6,4, а у тренированных в 4 раза.

4. Выполнение напряженной мышечной работы до отказа вызывает как у тренированных, так и у нетренированных подростков в фазах скрытого и явного утомления увеличение скрытого периода простых и сложных двигательных реакций (на 20-30 %), диапазона его колебаний (на 50-100 %), числа ошибочных ответов при выполнении сложной реакции (на 55-75 %), что свидетельствует о неустойчивости текущего функционального состояния мозга и ослаблении тормозных процессов. На фоне ухудшения функционального состояния центральной нервной системы способность к управлению динамическими параметрами движений в условиях повышенной мотивации снижается у нетренированных подростков (на 57,5 %) и стабильно удерживается у тренированных.

5. Выделено два основных типа послерабочих изменений показателей общего функционального состояния мозга (ОФС) в зависимости от их исходных величин: 1-й тип характеризуется повышением ОФС и отмечается у лиц с низкими исходными показателями, 2-й тип - снижением ОФС и наблюдается у подростков с высокими предработными их значениями. При нагрузках с усиленной мотивацией в среднем в 65 % случаев просходит существенное (до 40 %) снижение уровня общего функционального состояния мозга, свидетельствующее о высо-

ком напряжении его адаптивных и гомеостатических механизмов.

6. Анализ динамики сверхмедленных биоэлектрических процессов головного мозга у подростков 12-13 лет показал, что перед работой в условиях повышенной мотивации у большинства обследуемых выявлен средний (20-40 мВ) уровень омега-потенциала. Выполнение предельных циклических нагрузок как в обычных, так и в соревновательных условиях вызывает снижение величины омега-потенциала в оптимальном состоянии на 35 %, в фазе скрытого утомления - на 47 % и перед отказом от работы - на 56 %, что характеризует перенапряжение механизмов адаптивной саморегуляции. Во время работы с дополнительной мотивацией возрастает устойчивость омега-потенциала и такое падение его происходит при выполнении достоверно большего (на 42 %) объема работы.

7. В результате статистического анализа данных определена факторная структура резервов выносливости и установлено, что прогнозирование функциональных возможностей подростков 12-13 лет с достаточной надежностью осуществимо при использовании линейной математической модели множественной регрессии. При аппроксимации резервных возможностей, по данным исследования в условиях обычной мотивации, в уравнение регрессии вошли : общее время работы, время оптимального состояния и достижения максимальной частоты пульса и дыхания, данные исходных величин пульсового давления и функционального уровня центральной нервной системы.

8. Системный анализ выявленных закономерностей свидетельствует о том, что у нетренированных и тренированных подростков 12-13 лет мобилизация резервных возможностей организма связана с формированием функциональных систем, обеспечивающих процессы оптимизации и максимизации функций. У тренированных подростков в сравнении с нетренированными в большей мере проявляются : повышение устойчи-

ности гомеостатических механизмов, расширение границ адаптации и формирование оптимального исходного функционального состояния организма.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Босенко А.И. Выявление стадий адаптации при выполнении индивидуально-дозированных нагрузок на выносливость // Научно-практическая конф. и республиканский семинар по реабилитации больных с поражением ЦНС и заболеваниями опорно-двигательного аппарата: (1-2 октября 1981). - Одесса, 1981. - С.30-31.

2. Босенко А.И., Жабская Ю.Л., Нежинец А.Г. Изменение ОЦС мозга спортсменов при работе на выносливость // Тез.докл. XI съезда Украинского физиологического общества: (Днепропетровск, сентябрь 1982). - Киев: Наукова думка, 1982. - С.48-49.

3. Босенко А.И., Цонева Т.Н. Оценка функциональных резервов кардиореспираторной системы подростков при напряженной мышечной деятельности // Тез.докл. XI съезда Украинского физиологического общества: (Днепропетровск, сентябрь 1982). - Киев: Наукова думка, 1982. - С.49-50.

4. Цонева Т.Н., Босенко А.И. Функциональные резервы ЦНС и КРС как критерий физической работоспособности // Тез.докл. XVI Всесоюзной конф. по физиологии мышечной деятельности / Физиологические факторы, определяющие и лимитирующие спортивную работоспособность: (Смоленск, 26-28 октября 1982). - М., 1982. - С.210-211.

5. Босенко А.И., Добрев К.М., Цонева Т.Н., Штеренгерц А.Е. Значение двигательной активности в повышении функциональных возможностей организма детей // Тез.докл. совещания / Профилактика заболеваний и формирование здорового образа жизни населения СССР в свете решений июньского (1983 г.) Пленума ЦК КПСС и постановле-

ния ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О дополнительных мерах по улучшению охраны здоровья населения". - Запорожье, 1983. - Часть I: Теоретические основы профилактики заболеваний. - С.207-209.

6. Цонева Т.Н., Босенко А.И. Использование интегрального показателя функционального состояния организма при выполнении предельных мышечных нагрузок // Тез. докл. I Всесоюзной конф. / Медицинские проблемы массовой физической культуры : (Таллин, 21-23 сентября 1983). - М., 1983. - С.139-140.

7. Цонева Т.Н., Босенко А.И., Дудник А.И., Никитина А.С., Кевко-Жукова В.А. Развитие выносливости школьников при выполнении физических нагрузок в условиях повышенной мотивации // Тез. докл. II Всесоюзной конф. по физическому воспитанию и школьной гигиене / Педагогические и физиолого-гигиенические основы совершенствования физического воспитания учащихся общеобразовательных школ : (Одесса, 18-20 сентября 1983). - М.: АПН СССР, 1983. - С.138-139.

8. Цонева Т.Н., Босенко А.И., Штеренгерц А.Е. О прогнозе работоспособности юных спортсменов // Тез. докл. VII научно-метод. конф. по проблемам физического воспитания и спортивной медицины на Севере, посвященной 400-летию основания города Архангельска. - Архангельск, 1984. - С.104.

9. Босенко А.И., Жабская Ю.Л. Омега-потенциал как критерий адаптивных возможностей юных спортсменов при работе до произвольного отказа // Тез. докл. XVII Всесоюзной науч. конф. / Физиологические механизмы адаптации к мышечной деятельности : (Ленинград, 17-19 сентября 1984). - М., 1984. - С.31-32.

10. Босенко А.И., Цонева Т.Н. Особенности мобилизации резервов выносливости у юных спортсменов // Пути мобилизации функциональных резервов спортсмена : Сб. науч. трудов. - Л., 1984. - С.55-64.

11. Цонева Т.Н., Босенко А.И., Пертая А.В. Особенности утомле-

ния подростков при работе в условиях повышенной мотивации деятельности // Тез. докл. Всесоюзной конф., посвященной 100-летию со дня рождения академика АН УССР Г.В. Фольборта / Физиологические проблемы утомления и восстановления : (Черкассы, 4-6 сентября 1985). - Киев-Черкассы, 1985. - Ч. II. - С. 201-202.

12. Босенко А.И., Дудник А.И., Пертая А.В. Зависимость резервов выносливости подростков от уровня их физического развития и физической подготовленности // Тез. III Всесоюзной конф. "Физиология развития человека" / Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков : (17-19 декабря 1985). - М., 1985. - С. 63-64.

13. Цонева Т.Н., Босенко А.И. Состояние механизмов регуляции функций у нетренированных подростков и юных спортсменов в условиях мобилизации резервов выносливости // Актуальные проблемы функциональных резервов спортсмена. - Л.: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта, 1985. - С. 58-64.

Ф. 8. 1/2